

INSTITUTE OF SOIL SCIENCE AND AGROCHEMISTRY

BELARUS SOCIETY OF SOIL SCIENTISTS  
AND AGROCHEMISTS

RECOVERY OF SOIL FERTILITY  
AND THEIR PROTECTION  
IN MODERN FARMING

MATERIALS OF THE INTERNATIONAL  
RESEARCH AND PRACTICE CONFERENCE  
AND V CONGRESS OF SOIL SCIENTISTS AND AGROCHEMISTS  
(Minsk, 22–26 June, 2015)

In 2 Parts

*Part 2*

Minsk 2015

Editorial board:

V. Lapa (chief editor), A. Tsyganov, A. Chernysh,  
M. Rak, G. Tsytron, S. Kas'yanchik,  
A. Yukhnovetz, N. Zhabrovskaya

**Recovery** of soil fertility and their protection in modern farming :  
Materials of the International Research and Practice Conference and  
V Congress of Soil Scientists and Agrochemists, Minsk, 22–26 June  
2015 / editorial board : V. Lapa [et al.] ; Institute of Soil Science and  
Agrochemistry. – Minsk, 2015. – V 2. – 375 p.

The results of research in soil and agrochemical sciences on genesis,  
soil classification and diagnose, their evolution and fertility, rational use of  
fertilizers and crop yield increase, environmental safety and economically  
profitable land use are pre-sented in these materials.

Author's edition is kept.

ИНСТИТУТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И АГРОХИМИИ

БЕЛОРУССКОЕ ОБЩЕСТВО ПОЧВОВЕДОВ  
И АГРОХИМИКОВ

# ВОСПРОИЗВОДСТВО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ИХ ОХРАНА В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
И V СЪЕЗДА ПОЧВОВЕДОВ И АГРОХИМИКОВ  
(Минск, 22–26 июня, 2015 года)

В двух частях

*Часть 2*

Минск  
«ИВЦ Минфина»  
2015

УДК 631.4(082)  
ББК 40.3я43  
В77

Редакционная коллегия:  
В.В. Лапа (главный редактор), А.Р. Цыганов, А.Ф. Черныш,  
М.В. Рак, Г.С. Цытрон, С.А. Касьянчик,  
А.В. Юхновец, Н.Ю. Жабровская

**Воспроизводство** плодородия почв и их охрана в условиях современного земледелия : материалы Междунар. науч.-практ. конф. и V съезда почвоведов и агрохимиков, Минск, 22–26 июля 2015 г. В 2 ч. Ч. 2 / редкол. : В. В. Лапа (гл. ред.) [и др.]. – Минск : ТВЦ Минфина, 2015. – 375 с.

ISBN 978-985-7133-19-2(ч. 2).

В материалах освещены результаты исследований почвенной и агрохимической наук по генезису, классификации, диагностике, эволюции и производительной способности почв, рациональному использованию удобрений и повышению урожайности сельскохозяйственных культур, экологически безопасному и экономически выгодному землепользованию.

УДК 631.4(082)  
ББК 40.3я43

ISBN 978-985-7133-19-2(ч. 2)  
ISBN 978-985-7133-17-8

© Институт почвоведения и агрохимии, 2015  
© Оформление. УП «ИВЦ Минфина», 2015

# РАСШИРЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ В СОВРЕМЕННОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

УДК 631.4

## ACCUMULATION OF CARBON AND MACRONUTRIENTS IN SOIL CULTIVATED WITH LEGUMES IN ORGANIC MANAGEMENT

**I. Liaudanskiene, J. Slepetyš, A. Slepetiene**

*Slepetiene Institute of Agriculture, Lithuanian Research Centre for Agriculture  
and Forestry, Akademija, Kedainiai distr., Lithuania*

Plant species can influence soil quality. This research determined soil organic carbon (SOC), total N and P accumulation in a sod gleyic loamy soil *Cambisol* under long-lived legume swards in organic system. The highest amount of SOC and total N after decade of experiment was accumulated in three-component sward (*Galega* + *Onobrychis* + *Festulolium*) – the multi-component swards had a greater effect on accumulation of SOC and N in the soil 0–30 cm layer as compared with mono-component ones. The highest amount of total P was determined in mono-component organically grown legume sward (*Galega orientalis* Lam). The content of SOC and macronutrients in soil decreased with depth in all investigated swards.

The elements carbon (C), nitrogen (N) and phosphorus (P) are central to all biological processes. It has been estimated that about 30% of the global C pool is stored in grasslands, much of it below-ground. The main functions of the soil are dependent on C pool directly. Introducing grass species with higher productivity or C allocation to roots has been shown to increase soil organic C (Smith et al., 2008). C sequestration implies transferring atmospheric CO<sub>2</sub> into long-lived pools and is caused by management systems that add high amounts of biomass to the soil, cause minimal soil disturbance (Lal, 2004). N fixed and accumulated by legumes can contribute to nutrient bal-

ance in soil. In Lithuania *Galega orientalis* L. is the most long-lived legume with a strong stem and root system (Slepetyš, Slepetyšienė, 2012), exhibiting good overwinter survival (Balezienė, Mikulionienė, 2006), and using as forage, in apiculture and energy production. However, a little is known about effect of *Galega orientalis* L. growing on soil properties. The aim of this research was to estimate the influence of *Galega orientalis* L. and other legume sward in a pure crop and in mixture with *Festulolium* on soil organic C and macronutrients content.

The field experiment was carried out on a sod gleyic loamy soil *Cambisol* in Central Lithuania (55°24' N, 23°52' E). Before experiment topsoil pH (1M KCl, W/v 1:2.5) was 7.0, soil organic C content was 11.9 and total N – 0.85 g kg<sup>-1</sup> in 0–30 cm layer, content of available phosphorus (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) and potassium (K<sub>2</sub>O) determined by Egner-Riem-Domingo (A-L) method was 128 and 211 mg kg<sup>-1</sup>, respectively. One of the objectives of the experiment was to ascertain the effect of seven legume swards grown under organic management on the distribution of soil organic C, total N and total phosphorus (P) in different soil layers. The following legume swards and their mixtures were investigated: 1) *Galega orientalis* L. 100%; 2) *Medicago sativa* L. 100%; 3) *Onobrychis viciifolia* Scop. 100%; 4) *Galega* 40% + *Medicago* 40% + *Festulolium* 20%; 5) *Galega* 40% + *Onobrychis* 40% + *Festulolium* 20%; 6) *Galega* 40% + *Medicago* 20% + *Trifolium pratense* L. 20% + *Festulolium* 20%; 7) *Galega* 40% + *Onobrychis* 20% + *Trifolium repens* L. 20% + *Festulolium* 20%. No mineral or organic fertilisers and pesticides were used. Soil samples were taken in three replications in each investigated site in 2012. Six samples per plot were taken randomly by a steel auger; each soil sample core was separated into 0–10, 10–20 and 20–30 cm depth, and combined by depth. All samples were air-dried, visible roots and plant residues were manually removed, then samples were crushed, sieved through a 2-mm sieve and homogeneously mixed. For the SOC, total N and P determination an aliquot of samples was passed through a 0.25-mm sieve. SOC content was determined according Nikitin (1999) modification of classical Tyurin method, total N – by the Kjeldhal method with photometric measure procedure at the wavelength of 655 nm, total P – by photometric procedure at the wavelength of 430 nm after wet digestion with sulphuric acid.

The experimental data were analysed by a one-factor analysis of variance recommended in agronomy science using ANOVA for *Excel* version 6.0 (Tarakanovas, Raudonius, 2003).

Although once the soil was cultivated, an intense degradation process begins. The replacement of arable land to the long-lived swards should reduce the rate of SOC decreasing due to lack soil disturbance, greater return of plant

residues and high root biomass. Around 10% of the C fixed in net photosynthesis can be recovered to soil, and root-derived C is the major input to soil if the above-ground biomass is removed from field (Rees et al., 2005). Our research data (Table) demonstrate that over the decade of field experiments all swards increased soil organic C content by 13–18% in 0–30 cm layer compared with C content before the conducting of the experiment.

Table

**Organic carbon, total nitrogen and phosphorus content in different soil layers, 2012**

Sward	Depth, cm	C	N	P	C : N	C : P
		g kg <sup>-1</sup>				
1. Galega orientalis L. 100%	0–10	17.20	1.534	0.483	11.21	35.61
	10–20	13.25	1.475	0.453	8.98	29.36
	20–30	10.60	1.185	0.407	8.93	26.04
	0–30	13.68	1.398	0.448	8.93	26.04
2. Medicago sativa L. 100%	0–10	16.50	1.568	0.472	10.52	34.99
	10–20	12.95	1.425	0.431	9.09	30.05
	20–30	11.00	1.175	0.400	9.37	27.54
	0–30	13.48	1.389	0.434	9.526	31.06
3. Onobrychis viciifolia Scop. 100%	0–10	17.05	1.590	0.478	10.72	35.64
	10–20	13.20	1.405	0.438	9.40	30.14
	20–30	10.45	1.140	0.397	9.15	26.32
	0–30	13.57	1.378	0.438	9.848	30.98
4. Galega 40% + Medicago 40% + Festulolium 20%	0–10	17.45	1.513	0.467	10.95	36.51
	10–20	13.00	1.340	0.402	9.71	32.42
	20–30	10.75	1.130	0.372	9.52	28.99
	0–30	13.73	1.355	0.408	10.13	33.65
5. Galega 40% + Onobrychis 40% + Festulolium 20%	0–10	17.45	1.735	0.473	10.11	37.04
	10–20	13.65	1.410	0.417	9.68	32.94
	20–30	11.15	1.125	0.391	9.89	28.53
	0–30	14.08	1.423	0.427	9.894	32.97
6. Galega 40% + Medicago 20% + Trifolium pratense L. 20% + Festulolium 20%	0–10	18.45	1.628	0.445	11.33	41.49
	10–20	12.55	1.245	0.385	10.08	32.59
	20–30	10.25	1.075	0.366	9.54	28.12
	0–30	13.75	1.316	0.399	10.56	34.46
7. Galega 40% + Onobrychis 20% + Trifolium repens L. 20% + Festulolium 20%	0–10	18.25	1.603	0.460	11.38	38.80
	10–20	12.65	1.290	0.398	9.81	31.90
	20–30	10.90	1.125	0.376	9.69	26.46
	0–30	13.80	1.339	0.411	10.43	33.58

Not only content of C, but also content of investigated macronutrients decreased with depth whereas the large percent of root biomass concentrated in upper soil layer. It is well documented that legume swards fixed atmospheric nitrogen, but less is known how long-lived swards affect the accumulation of N in the soil. The content of soil total N increased by 54–67% in 0–30 cm layer during the experiment. The highest content of SOC and total N was accumulated in 0–30 cm soil layer under three-component sward *Galega + Onobrychis + Festulolium* – 14.08 and 1.423 g kg<sup>-1</sup> respectively. The research revealed a positive effect of multi-component swards on SOC and total N compared with mono-component ones. Nitrogen from plant residues can be easily mineralised when soil C:N ratio is less than 20. In our research the C:N ratio exceeded 10 in 0–10 cm layer and was below 10 in deeper layers. Because of the C:N ratio of *Festulolium* biomass was greater than that of legumes and less favourable for mineralization, therefore the multi-component swards accumulated SOC better than mono-component swards, and the plant residues N was the only one source of nutrition for perennial sward in organic system. The highest amount of total P in 0–30 cm layer was determined in soil under *Galega orientalis* L. (0,448 g kg<sup>-1</sup>), and slightly lower – in soil of other mono-component swards. According to Parton et al. (1988), if the soil C:P ratio ranging from 30 to 80, phosphorus was placed in active pool, and the most stable P was placed in the passive pool with C:P ratio ranging from 90 to 200. The soil C:P ratio under investigated swards declined with depth, and this indicates that the most active transformations of P taking place in the deeper layers.

The investigated legume swards more affected soil nitrogen than carbon: during the decade of experiment the content of total N increased by 54–67%, and SOC increased by 13–18%. The multi-component swards had a more noticeable positive effect on accumulation of organic C and macronutrients in soil than mono-component ones.

## References

- Balezientiene L., Mikulioniene S. 2006. Chemical composition of galega mixtures silage. *Agronomy Research*, 4 (2): 483–492.
- Lal R. 2011. Sequestering carbon in soils of agro–ecosystems. *Food Policy*, 36 doi:10.1016/j.foodpol.2010.12.001
- Nikitin B.A. 1999. Methods for soil humus determination. *Agro Chemistry*, 3(2): 156–158.
- Parton W.J., Stewart J.W.B., Cole C.V. 1988. Dynamics of C, N, P and S in grassland soils: a model. *Biogeochemistry*, 5: 109–131.

Rees R.M., Bingham I.J., Baddeley J.A., Watson C.A. 2005. The role of plants and land management in sequestering soil carbon in temperate arable and grassland ecosystems. *Geoderma*, 128: 130–154.

Slepetyš J., Slepetyne A. 2012. Response of soil nitrogen and carbon to organic management of legume swards. *Zemdirbyste-Agriculture*, 99 (1): 9–16.

Smith P., Martino D., Cai Z., Gwary D., Janzen H.H., Kumar P., McCarl B., Ogle S., O'Mara F., Rice C.H., Sholes B., Sirotenko O., Howden M., McAllister T., Pan G., Romanenkov V., Schneider U., Towprayoon S., Wattenbach M., Smith J. 2008. Greenhouse gas mitigation in agriculture. *The Royal Society Philosophical Transactions B*, 363: 789–813.

Tarakanovas P., Raudonius S. 2003. The statistical analysis of agronomic research data using the software programs *ANOVA*, *STAT* and *SPLIT-PLOT* from package *SELEKCIJA* and *IRRISTAT*. *Akademija Kėdainių r.* (in Lithuanian).

### **Acknowledgements**

We acknowledge the financial assistance provided by the Project VP1-3.1-ŠMM-08-K-01-023 «Scientific validation of C3 and C4 herbaceous plants multi-functionality for innovative technologies: phyto-raw materials – bio-products – environmental effects».

УДК 631.878

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТОРФА В ЗЕРНОПРОПАШНОМ СЕВООБОРОТЕ**

**Т.Ю. Анисимова**

*ФГБНУ ВНИИОУ, г. Владимир, Россия*

Использование пространственно-временного анализа при проведении исследований по изучению влияния длительного применения органических удобрений на основе торфа и торфа в чистом виде дает возможность глубже изучить закономерности действия удобрений на урожай и его качество, а также на изменение плодородия почв легкого гранулометрического состава Мещерской низменности.

Исследования проводили на дерново-подзолистых супесчаных почвах опытного поля ВНИИОУ, расположенном в Судогодском районе Владимирской области. В полевом опыте изучали действие навоза подстилочного, торфа в чистом виде, торфонавозной смеси (в поле),

торфонавозного, торфопометного и торфосидератного компостов. Расчетные дозы органических удобрений были эквивалентны дозе навоза, содержащего 200 кг/га азота. Органические удобрения вносили под первую культуру звена севооборота – картофель на 2-х фонах: без минеральных удобрений и по фону NPK в четырехпольном севообороте: картофель – ячмень – однолетние травы – озимые зерновые культуры. Доза доведения минеральных удобрений зависела от содержания фосфора и калия в органических удобрениях, но не превышала N280P200K320 за ротацию севооборота. Площадь делянки – 48 м<sup>2</sup> (6х8), повторность – 3-кратная.

Применение изучаемых удобрений оказало различное влияние на некоторые агрохимические свойства пахотного слоя почвы. Так, применение торфа и минеральных удобрений оказало подкисляющее действие на почву в среднем на 0,50 ед. рН. Применение органоминеральной системы удобрения способствовало увеличению суммы обменных оснований в почве. Содержание подвижного фосфора в контроле и в варианте с торфом без NPK было наименьшим и за 4 года снизилось в среднем на 25 мг/кг почвы по сравнению с исходными значениями. В остальных вариантах опыта применение удобрений способствовало накоплению подвижного фосфора. Содержание обменного калия в почве через 4 года при использовании органических удобрений снизилось на 15–20 мг/кг почвы. При определении содержания общего гумуса за ротацию севооборота при использовании органической системы удобрения в пахотном слое почвы произошла его быль на 3–7%. Совместное применение органических и минеральных удобрений способствовало увеличению содержания гумуса на 4–9% в зависимости от вида применяемого удобрения. Сочетание минеральных и органических удобрений способствовало оптимизации агрофизических свойств почвы. За ротацию севооборота отмечено снижение плотности почвы на 2–5% и плотности твердой фазы – на 6–9%, вследствие чего увеличилась пористость почвы.

Продуктивность четырехпольного зернопропашного севооборота в 1-й ротации в варианте без применения удобрений составила 68,7 ц з.ед./га. Применение органической системы удобрения способствовало повышению продуктивности в среднем на 29,1 ц з.ед./га. Наибольший прирост суммарной продуктивности звена севооборота отмечен при совместном внесении органических и минеральных удобрений, и он составил 60,2 ц з.ед./га. В целом, за ротацию севооборота наиболее эффективны были минеральная и органоминеральная системы удобрения (рис. 1).

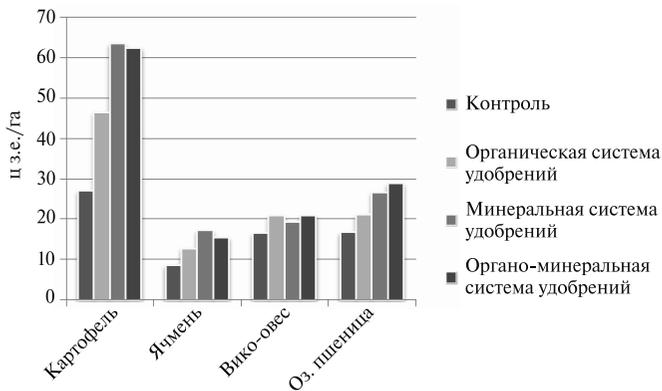
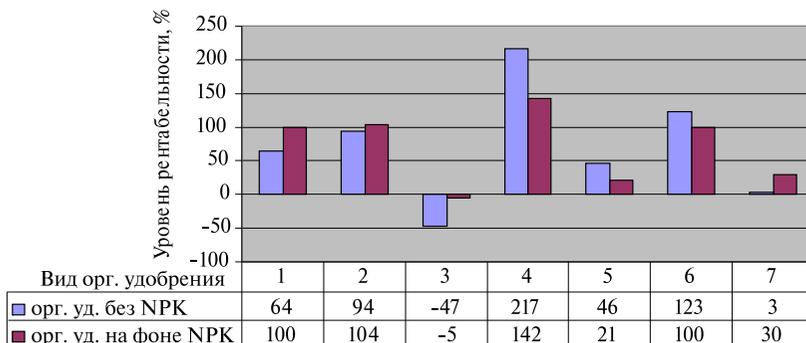


Рис. 1. Продуктивность культур зернопропашного севооборота при использовании различных систем удобрения

При расчете экономической оценки шести технологий по производству и применению органических удобрений на основе торфа придерживались реальных технологических операций, применяемых при проведении полевого опыта. Результаты оценки технологий показали, что наиболее экономически выгодной является технология по использованию торфонавозной смеси в поле, уровень рентабельности составил без NPK 217% на фоне NPK – 142% (рис. 2).

Экономическая эффективность органических удобрений на основе торфа и торфа в чистом виде в зернопропашном севообороте



1 – подстилочный навоз; 2 – эквивалент подстилочного навоза; 3 – торф;  
4 – дерново-навозная смесь; 5 – торфонавозный компост; 6 – торфопометный компост; 7 – торфосидератный компост

Рис. 2. Уровень рентабельности применения органических удобрений на основе торфа за ротацию четырехпольного севооборота

В результате исследований получены данные по сравнительной эффективности равных по азоту доз органических удобрений с участием торфа, указывающие на различие в их агрономической отдаче по возделыванию культур зернопропашного севооборота. Применение органических удобрений в прямом действии и последствии выявило низкую эффективность торфа и торфонавозной смеси в чистом виде. В третий год последствия отмечено проявление скрытых деградационных процессов в почве в контроле и при применении торфа, оцениваемых среднегодовой утратой параметров кислотности почвы  $pH_{\text{сол}}$  на 0,11 ед., подвижного фосфора — на 6,2 и обменного калия — на 3,7 мг/кг почвы.

Полностью предотвратить нежелательные процессы удается применением органоминеральной системы удобрения, которая способствует увеличению содержания общего гумуса и оптимизации агрофизических свойств и параметров питательного режима почвы, что в конечном итоге вливает на продуктивность зернопропашного севооборота.

Наибольший прирост среднегодовой продуктивности севооборота (без учета побочной продукции) при применении органических удобрений (без NPK) отмечен в варианте с торфопометным компостом и составил 112 ц з.ед./га при 68,7 ц з.ед./га в контроле. По фону минеральных удобрений во всех вариантах опыта получена существенная прибавка урожая, наибольшая получена в вариантах с подстилочным навозом — 16,6 ц з.ед./га и с торфопометным компостом — 18,2 ц з.ед./га.

Если рассматривать применение органических удобрений на основе торфа с точки зрения экономической эффективности, то расчеты показали, что использование торфа и торфосидератного компоста без NPK было нерентабельно.

УДК 631.812.2

## **ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОГО ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ В ПОСЕВАХ ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО**

**Е.С. Артемьева**

*Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии  
им. А.Н. Соколовского»,  
г. Харьков, Украина*

В настоящее время в качестве безопасной альтернативы минеральным удобрениям в сельском хозяйстве представляют большой интерес жидкие органоминеральные удобрения (ОМУ), состоящие из органи-

ческого вещества и связанных с ним химически или адсорбционно-минеральных соединений.

Применение жидких ОМУ в сельскохозяйственном производстве преследует многие цели: повышение засухо- и морозоустойчивости растений, предотвращение полегания зерновых культур, а также повышение урожайности и качества выращиваемой продукции. В результате применения жидких ОМУ восстанавливается почвенное плодородие, происходит значительная активизация почвенной микрофлоры, ускоряется дыхание и газовый обмен, разложение и синтез органического вещества, увеличивается запас органического вещества, происходит более быстрая и полная гумификация растительных остатков. Дополнительные количества элементов питания переходят в доступную растениям форму. За счет увеличения содержания органики и большой корневой биомассы улучшается агрегатное состояние почвы ее структурирование, что приводит к значительному улучшению водного и газового режимов.

Исследования по применению жидких ОМУ проводились в 2014 г. на Слобожанском опытном поле ННЦ «ИПА имени А.Н. Соколовско-го» (Чугуевский район Харьковская область).

Полевой опыт заложен согласно действующим методикам на черноземе типичном тяжелосуглинистом с содержанием общего азота по методу Кьельдаля – 0,26–0,29%, гумуса – 5,4–5,6% по Тюрину, подвижных форм фосфора по Чирикову – 87,0–130,5 мг/кг, подвижного калия по Чирикову – 93,0 – 162,7 мг/кг, рН – 6,7–6,9.

Схема опыта, представленная в табл. 1, включала три фона: – внесение карбамид – аммиачной селитры ( $N_{40}$ ) (КАС) под предпосевную культивацию (фон 1), внесение ОМУ–1 (фон 2), внесение ОМУ–2 (фон 3). На трех фонах проводилась внекорневая подкормка растений КАС ( $N_6$ ) и жидкими ОМУ соответствующей концентрации в три фазы развития растений (кущение, выход в трубку, колошение).

Таблица 1

**Влияние жидких ОМУ на урожай зерна ячменя ярового**

Вариант		Урожайность (среднее из 3-х повторе- ний), т/га	Прирост урожая по сравнению с контролем		Прирост урожая от внекорневой подкормки по сравнению с фоном	
предпосевная культивация	внекорневая подкормка		т/га	%	т/га	%
			Контроль		2,10	–
	+ КАС ( $N_6$ )	2,24	0,14	7	–	–

Вариант		Урожайность (среднее из 3-х повторе- ний), т/га	Прирост урожая по сравнению с контролем		Прирост урожая от внекорневой подкормки по сравнению с фоном	
предпосевная культивация	внекорневая подкормка		т/га	%	т/га	%
Фон 1 КАС (N <sub>40</sub> )		2,31	0,21	10	—	—
	+ КАС (N <sub>6</sub> )	2,46	0,36	17	0,15	7
	+ ОМУ–1	2,42	0,32	15	0,11	5
	+ ОМУ–2	2,44	0,34	16	0,13	6
Фон 2 ОМУ–1		2,20	0,10	5	—	—
	+ КАС (N <sub>6</sub> )	2,28	0,18	9	0,08	4
	+ ОМУ–1	2,34	0,24	11	0,14	6
	+ ОМУ–2	2,69	0,59	28	0,49	22
Фон 3 ОМУ–2		2,38	0,28	13	—	—
	+ КАС (N <sub>6</sub> )	2,60	0,5	24	0,22	9
	+ ОМУ–1	2,45	0,35	17	0,07	3
	+ ОМУ–2	2,88	0,78	37	0,5	21
НСР <sub>05</sub>		0,02				

*Примечание.* Жидкие ОМУ–1 – КАС + 5% гумат, жидкие ОМУ–2 – КАС + 15% гумат.

Полученные данные по урожайности ячменя ярового указывают на довольно высокую эффективность жидких ОМУ.

Прирост урожая зерна ячменя ярового на первом агрохимическом фоне составлял 0,21 т/га (10%), на втором 0,10 т/га (5%). Максимальный прирост, полученный от применения жидких ОМУ на фоне 3–0,28 т/га (13%) по сравнению с контролем. В случае внесения жидких ОМУ–1 и ОМУ–2 отмечается тенденция к увеличению урожайности зерна. Прирост урожая зерна от внекорневой подкормки растений жидкими ОМУ–1 и ОМУ–2 на первом агрохимическом фоне был на уровне 0,11 т/га (5%) и 0,13 т/га (6%). На агрохимических фонах 2 и 3 от внесения жидких ОМУ–2 получен практически одинаковый прирост урожая на уровне 0,5 т/га (21–22%).

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА БЕЛОРУССКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОКУЛЬТУРИВАНИЯ ПЕСЧАНЫХ ПОЧВ ПРИ ОЗЕЛЕНЕНИИ ПУСТЫННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ОАЭ**

**Н.Н. Бамбалов, Г.А. Соколов**

*Институт природопользования НАН Беларуси,  
г. Минск, Беларусь*

В аридной и семиаридной зонах первичному освоению, что становится все более актуальным, подлежат пустынные и полупустынные песчаные земли, практически не содержащие органического вещества. В странах Африки и Ближнего Востока это связано с необходимостью производства продовольствия, для быстро увеличивающегося населения. В этих регионах имеющих природные преимущества (сумма активных температур, ФАР) для расширения окультуриваемых площадей, что позволяет получать по 2–3 урожая в год, при условии организации автоматизированного орошения и оптимизации свойств почв. Важнейшей особенностью названных зон является выпотной водный режим почв, обуславливающий аккумуляцию в почвах вредных примесей, сопутствующих минеральным удобрениям, применяемым в больших нормах, поэтому во избежание ускоренной контаминации и в целях улучшения физико-химических, водно-физических и биологических свойств почв, применение органических удобрений и почвоулучшителей здесь является основной составляющей земледелия.

Содержание в песках частиц с размерами менее 0,01 мм колеблется от 1 до 5% или от 30 до 150 т/га сухой массы обрабатываемого слоя. Эти частицы имеют огромную поверхность и обладают высокой сорбционной способностью, однако общее их количество в песчаных почвах недостаточно для формирования полноценного поглощающего комплекса, поэтому при окультуривании таких почв целесообразно применение не только органических, но и минеральных или органо-минеральных материалов, содержащих коллоидные частицы. Поэтому средства улучшения песчаных пустынных почв и повышения их плодородия должны обладать: способностью удерживать и предохранять от испарения влагу в почве; способностью обогащать почву устойчивыми формами гумуса, минеральными и органо-минеральными коллоидными частицами, устойчивыми к разрушению и обеспечивающими

положительный эффект по комплексному улучшению свойств почв, в том числе, их пищевого и водного режимов на десятки лет; способностью противодействовать развитию корневых гнилей и других заболеваний растений.

Авторами в течение ряда лет выполнены серии полевых исследований в Объединенных Арабских Эмиратах (ОАЭ) с целью выяснения возможности использования торфа, сапропеля, их смесей для первичного освоения песчаных пустынных почв, причем торфо-сапропелевые смеси использовались как до, так и после активизации их органического вещества.

Исследования выполнялись на нескольких опытных участках. Возделывание культур — кукурузы, люцерны, овощных, цитрусовых, манго, финиковых пальм, казурина и др. декоративных растений осуществлялось в соответствии с принятыми региональными нормами. Орошение возделываемых культур было капельное либо чековое с нормами ежедневных поливов в соответствии с местными рекомендациями.

В качестве эталона были приняты местные технологии возделывания указанных культур с использованием компоста на основе навоза КРС.

Испытывали низинный древесно-тростниковый торф со степенью разложения 40–45% из месторождения Бахинь, сапропель из оз. Червоное, их смеси, а также торфо-сапропелевый мелиорант, приготовленный по специальной технологии путем активизации их органического вещества.

Опыт с кукурузой сорта Jubilee выполнен на участке площадью 0,5 га никогда не использованной в культуре близ Овощной испытательной станции Баниас. Схема опыта включала 7 вариантов в 4-кратной повторности. В предпосевную обработку почвы были внесены минеральные удобрения в дозах:  $N_{50}P_{60}K_{60}$  кг/га. Все виды испытываемых органических удобрений и мелиоранта вносили в рядки и заделывали в почву роторным культиватором на глубину до 20–22 см, как принято в ОАЭ. Нормы минеральных удобрений были скорректированы по вариантам опыта с учетом содержания доступных форм азота, фосфора и калия в органических материалах. В процессе ухода за посевами провели четыре подкормки минеральными удобрениями, что в сумме на каждом варианте составило по  $N_{450}P_{160}K_{180}$  кг/га.

Результаты опыта показали, что торф и сапропель в дозах по 60 т/га уступали местному компосту по урожайности надземной массы и початков кукурузы, а также по средней массе одного початка, но при

внесении в почву 120 т/га смеси торфа и сапропеля, равных дозе местного компоста. Урожай массы кукурузы был на 11 ц/га больше эталона, а активизированный торфо-сапропелевый мелиорант дал урожай массы кукурузы на 101 ц/га выше варианта с местной технологией, а смесь торфа и сапропеля даже на фоне значительных подкормок азотом, фосфором и калием не обеспечила достоверной прибавки урожайности.

Опыт с люцерной проведен также на песчаной почве в системе 64 чеков (16 вариантов) с 4 бетонированными водоводами при поливе методом затопления. Такой метод полива выбран в связи с высокой общей минерализацией поливной воды 5,30 г/л при допустимой концентрации солей в поливных водах не более 1 г/л. При этом около 4,0 г/л составляли соли токсичных для растений ионов. Для рассоления почвы на одном из вариантов применяли фосфогипс в дозе 60 т/га.

При поливе затоплением неизбежен вынос растворенных питательных веществ за пределы корнеобитаемого слоя почвы, однако, в связи с испарением влаги часть их снова поднималась к верхнему слою почвы, что наряду со спецификой корневой системы люцерны, позволяло растениям использовать часть вымытых питательных веществ.

По агрономической эффективности торфо-сапропелевый мелиорант существенно превосходил эквивалентные, и даже двойные дозы торфа и сапропеля по отдельности. Так, в варианте при внесении в почву 120 т/га сапропеля урожай люцерны составлял 78,2 ц/га, в то время как на варианте с дозой мелиоранта 60 т/га урожай был 147,1 ц/га, что подтвердило преимущество применения готового мелиоранта при возделывании люцерны в условиях полива затоплением и слабый эффект от раздельного применения этих каустобиолитов.

Опыт с овощными культурами. Лук и бамию выращивали в условиях капельного орошения на участке Аль Хазна. Для этих культур схемы опытов включали по 6 вариантов в 4-кратной повторности и были практически одинаковыми. Отличия состояли лишь в подкормках при уходе за посевами.

За время вегетации лука проведено три подкормки: две полным минеральным удобрением  $N_{46}P_{42}K_{60}$  и одно опрыскивание 0,1% раствором микроудобрения Кемира. Орошение осуществляли пресной водой.

Бамию дважды подкармливали карбамидом по  $N_{70}$ , один раз нитратом калия ( $N_{20}K_{65}$ ), два раза полным удобрением ( $N_{46}P_{42}K_{60}$ ) и один раз опрыскивали 0,1% раствором микроудобрения Кемира. Плоды бамии убирали каждые 4–6 дней, всего – 10 сборов.

В варианте без внесения органических удобрений был получен наиболее низкий урожай лука – 2,9 т/га. Местный компост в дозе 120 т/га дал меньший урожай лука по сравнению с 60 т/га торфа или сапропеля. Смесь торфа и сапропеля по 30 т/га на 20–30% превосходила торф и сапропель, внесенные раздельно в дозах по 60 т/га. Наибольший урожай лука был получен варианте с 60 т/га мелиоранта.

Урожай бамии без внесения органического вещества получен не был, так как в варианте с  $N_{46}P_{42}K_{60}$  погибли все растения, в то время как в вариантах с раздельным внесением торфа и сапропеля урожай бамии были 1,8 и 2,9 т/га соответственно. Торфо-сапропелевая смесь не имела достоверного преимущества в сравнении с их раздельным внесением. Самый большой урожай бамии получен также в варианте с внесением торфо-сапропелевого мелиоранта.

Таким образом, все выполненные опыты по первичному освоению пустынных песчаных почв в ОАЭ, однозначно показали, что торфо-сапропелевый мелиорант, прошедший предварительную технологическую обработку, создавал более благоприятные условия для роста и развития растений в сравнении с простой их смесью. В результате технологического воздействия возникает качественно новое образование, обладающее комплексным мелиорирующим действием, агрономическая эффективность которого намного выше эффективности исходных компонентов и местных компостов.

Спустя 12 лет после завершения названных исследований, к аналогичному выводу пришли японские и китайские специалисты при освоении пустынной песчаной почвы в Китае.

УДК 631.41

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДВИЖНОСТИ И ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА СОЕДИНЕНИЙ ЦИНКА В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Т.В. Бауэр, Т.М. Минкина, А.В. Кушнарева**

*Южный федеральный университет,  
г. Ростов-на-Дону, Россия*

Ростовская область играет огромную роль в обеспечении продовольственной безопасности всей страны. Здесь расположены и занимают наибольшую территорию самые плодородные почвы мира –

черноземы. Их принято считать почвами оптимального микроэлементного состава, своего рода эталонами. Однако из-за высокой карбонатности в природных условиях отмечается недостаток многих микроэлементов, в частности цинка. Определение состава соединений цинка в почвах с учетом их региональных особенностей необходимо для прогнозирования и оценки обеспеченности данным элементом растений и животных, разработки систем применения удобрений с целью оптимизации питания растений, экологического мониторинга.

Целью данной работы является изучение состава соединений Zn в черноземе обыкновенном естественных ландшафтов Ростовской области.

Для проведения исследований отбирался верхний 0–20 см слой почвы целинного участка, представленный черноземом обыкновенным тяжелосуглинистым на лессовидных суглинках. Исследуемая почва характеризуется следующими физическими и химическими свойствами:  $C_{\text{орг.}}$  – 6,3%, pH – 7,2; ЕКО – 371  $\text{мМ}\cdot\text{кг}^{-1}$ ; обменные катионы ( $\text{мМ}\cdot\text{кг}^{-1}$ ):  $\text{Ca}^{2+}$  – 310,  $\text{Mg}^{2+}$  – 45,  $\text{Na}^{+}$  – 1,  $K_{\text{обм.}}$  – 228;  $\text{CaCO}_3$  – 0,1%;  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{подв.}}$  – 1,6 мг/100 г; физическая глина – 48,1%, ил – 28,6%.

Для определения подвижных форм Zn использовали (Минкина и др., 2008): 1 н. ацетатно–аммонийный буфер (ААБ) с pH 4,8, извлекающий обменные формы элемента; 1% ЭДТА в ААБ с pH 4,8, извлекающий обменные и комплексные формы и 1н HCl, извлекающий кислоторастворимые формы. По разнице между содержанием Zn в вытяжке смешанного реагента и ААБ определялось количество комплексных соединений. Количество специфически сорбированных соединений находили по разнице между содержанием элемента в вытяжке HCl и ААБ. Суммарное содержание обменных, комплексных и специфически сорбированных соединений образует группу непрочно связанных соединений элемента, характеризующей подвижность элемента в почве. Содержание цинка в вытяжках определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС).

Для выявления роли различных компонентов почвы в связывании элемента был использован метод последовательных селективных экстракций Тессьера (1979), в котором фракционирование ведется по схеме, представленной в табл. 1. Определение цинка в экстрактах проводили методом ААС.

Схема последовательных селективных экстракций [6]

Соединения металлов	Экстрагент	Соотношение почва:раствор	Условия экстрагирования
Обменные	1M MgCl <sub>2</sub> , pH 7,0	1:8	Взбалтывание 1 ч при комнатной температуре
Связанные с карбонатами	1M NaCH <sub>3</sub> COO, pH 5,0 (с CH <sub>3</sub> COOH)	1:8	Взбалтывание 5 ч при комнатной температуре
Связанные с (гидр)оксидами Fe, Al, Mn	0,04M NH <sub>2</sub> OH·HCl в 25%-ой CH <sub>3</sub> COOH	1:20	Нагревание 8 ч при t = 96 ± 3 °C при периодическом взбалтывании
Связанные с органическим веществом	0,02M HNO <sub>3</sub> + 30% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , pH 2,0 (с HNO <sub>3</sub> ), затем 3,2M NH <sub>4</sub> CH <sub>3</sub> COO в 20%-ой HNO <sub>3</sub>	1:20	Нагревание 5 ч при t = 85 ± 2 °C при периодическом взбалтывании
Остаточная фракция	HF + HClO <sub>4</sub> , затем HNO <sub>3</sub> <sub>конц.</sub>	1:25	Выпаривание

Результаты и обсуждение. Общее содержание Zn в исследуемой почве (0 – 20 см) составляет 85 мг/кг и соответствует фоновому уровню для черноземов обыкновенных (Минкина, 2008).

Установлена следующая закономерность в распределении Zn по формам соединений (мг/кг) : специфически сорбированные (10,9 ± 1,2) > комплексные (1,4 ± 0,1) > обменные (0,3 ± 0,01). Содержание наиболее подвижных обменных форм Zn очень низкое – 0,3 мг/кг. Растения в таких условиях могут испытывать недостаточную обеспеченность этим элементом. Непрочно связанные соединения Zn в основном представлены специфически сорбированными формами (13% от общего содержания), что объясняется присутствием карбонатов, их высокодисперсной мицелярной формой и слабощелочной реакцией среды (Агафонов, 1994).

Специфически сорбированные формы представлены в основном (табл. 2) соединениями металла с Fe–Mn оксидами (17% от общего содержания). Значительное содержание элемента в данной фракции может быть связано с тем, что металлы входят в структуру гидроксидов Fe и Mn, образующихся в почвах в процессах гидролиза и окисления (Добровольский, 1983). Нередко в различных почвах не менее поло-

вины общего содержания металлов связано с гидроксидами Fe (Водяницкий, 2008).

Содержание Zn во фракции, связанной с органическим веществом, составляет 13%. Zn обладает низкой способностью образовывать стабильные комплексы типа хелатов. Он преимущественно образует неустойчивые внешнесферные или внутрисферные комплексные соединения (Минкина и др., 2005).

Таблица 2

**Фракционное распределение Zn в черноземе обыкновенном**

Обменная фракция	Фракция, связанная с карбонатами	Фракция, связанная с Fe-Mn оксидами	Фракция, связанная с органическим веществом	Остаточная фракция	Общее содержание
0,6	1,8	14,2	11,5	56,9	85,0
1	2	17	13	67	

*Примечание.* Над чертой – Zn, мг/кг, под чертой – Zn, % от общего содержания.

Главной особенностью фракционного состава соединений Zn в исследуемой почве является значительное преобладание остаточной фракции (67% от общего содержания), характеризующей связь металла с силикатами (табл. 2).

Таким образом, низкая подвижность в сочетании с высокой долей специфически сорбированных на карбонатах соединений Zn среди их подвижных форм является региональной особенностью черноземов обыкновенных. Анализ фракционного состава показал, что наибольшее количество изученного элемента в черноземе обыкновенном аккумулируется в составе глинистых минералов. Также активное участие в поглощении Zn принимают Fe-Mn оксиды.

*Работа поддержана грантами Министерства образования и науки № 5.885.2014/К, РФФИ № 14–05–00586*

**Список литературы**

1. Агафонов, Е.В. Тяжелые металлы в черноземах Ростовской области. Е.В. Агафонов // Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах: сб. науч. статей. – Новочеркасск, 1994. – С. 22–26.
2. Водяницкий, Ю.Н. Сродство тяжелых металлов и металлоидов к фазам-носителям в почвах / Ю.Н. Водяницкий // Агрохимия. – 2008. – № 9. – С. 87–94.

3. Добровольский, В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние / В.В. Добровольский. – М.: Мысль, 1983. – 272с.
4. Минкина, Т.М. Соединения тяжелых металлов в почвах Нижнего Дона, их трансформация под влиянием природных и антропогенных факторов: автореф. дис. ...докт. биол. наук / Т.М. Минкина. – Ростов н/Д, 2008. – 49 с.
5. Трансформация соединений тяжелых металлов в почвах степной зоны / Т.М. Минкина [и др.] // Почвоведение. – 2008. – № 7. – С. 810–818.
6. Поглощение меди, цинка и свинца черноземом обыкновенным при моно- и полиэлементном загрязнении / Т.М. Минкина [и др.] // Агрохимия. – 2005. – № 8. – С. 58–64.
7. Tessier, A. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals / A. Tessier, P.G.C. Campbell, M. Bisson // Analytical chemistry. – 1979. – V. 51. – № 7. – P. 844–850.

УДК 631.461

## **ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГУМИНОВОГО УДОБРЕНИЯ БИО-DON В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ**

**О.С. Безуглова, Е.А. Полиенко, А.В. Горовцов, В.А. Лыхман**

*Донской НИИСХ, Южный федеральный университет,  
г. Ростов-на-Дону, Россия*

Существует множество гуминовых препаратов и удобрений, получаемых различными способами, при этом разнятся как исходное сырье, так и методы экстракции гуминовых соединений из него. Различна и форма гуминовых препаратов: жидкие и твердые, порошкообразные и гранулированные, чистые препараты и обогащенные микроэлементами. О.С. Якименко (2010) показала, что состав, свойства и эффективность промышленных гуминовых препаратов определяются не только технологией их получения, но и генезисом органического сырья: гуминовые вещества (ГВ) углей обогащены конденсированными ароматическими фрагментами и высокомолекулярны; ГВ торфов моложе, сохраняют фрагменты липидных и лигнинных структур растительных тканей, остатки азота и значительное количество фульвокислот. В пелоидах гумификация протекает в условиях недостатка кислорода, и в отличие от ГВ терригенного происхождения основу макромолекул составляет не лигно-протеиновый комплекс, а углеводно-протеиновый. ГВ компостов самые молодые, в их структуре еще

сохраняются полисахариды, а остальные свойства могут очень сильно варьировать в зависимости от природы компостируемого материала. Тем не менее, автору не удалось выявить различия в проявлении ростостимулирующего эффекта гуминовых препаратов в зависимости от их сырьевого источника.

В наших экспериментах было показано, что различия все-таки имеются. Так, в полевых опытах с жидкими гуминовыми препаратами на черноземе южном наибольшая прибавка урожая картофеля получена при внесении биогумуса, в то время как под озимой пшеницей лучше проявил себя лигногумат (Безуглова, Полиенко, 2011). Мы предполагаем, что различия в ростостимулирующей активности гуминовых препаратов могут быть обусловлены не только химическим составом и структурой молекул ГВ удобрений, но и сопутствующими свойствами, обусловленными особенностями сырья, из которого они получены.

Действительно, микробиологический анализ гуминового удобрения Bio-Don, представляющего собой результат экстракции из вермикомпоста, показал, что биопрепарат содержит ценные с агрономической точки зрения культуры микроорганизмов. Самыми многочисленными оказались бактерии, растущие на МПА, причем 78% из них представлены спорообразующими бактериями р. *Bacillus*, что связано с условиями производства биопрепарата и высоким значением рН. Отмечено не менее трех различных видов данного рода (на основании морфологии). Данные бактерии являются непатогенными представителями нормальной почвенной микрофлоры, активными гидролитами, участвующими в разложении свежих органических веществ. Кроме спорообразующих бактерий р. *Bacillus* были выявлены неспорообразующие грамположительные кокки, предположительно принадлежащие к р. *Rhodococcus* или р. *Micrococcus*. Однако суммарный титр бактерий достаточно низок —  $10^4$  (при обычном для микробиологических препаратов титре до  $10^9$ ), и при разбавлении биопрепарата они, вероятно, не будут оказывать прямого влияния на состояние растений или почвы. В то же время означенные бактерии вполне могут играть роль своеобразного стимулятора развития полезной микрофлоры в почвах, биологическая активность которых после многолетнего применения минеральных удобрений и пестицидов является недопустимо низкой.

На стационаре Донского зонального научно-исследовательского института на 48 га был заложен производственный опыт с целью изучения влияния на биологическую активность почвы способов и доз

внесения гуминового удобрения Bio-Dop под озимую пшеницу сорт Дон Эко. Гуминовое удобрение Bio-Dop – это щелочная вытяжка из вермикомпоста, продукта переработки навоза популяцией технологического червя. В нем содержится 2–4 г/л гуминовых кислот, элементы минерального питания, и, как показано выше, полезные спорообразующие бактерии р. *Bacillus*. Схема опыта приведена в табл. 1. Почва – чернозем обыкновенный карбонатный. Отбор почвенных образцов проводили из пахотного слоя до посева озимой пшеницы, и в фазы кушения, кушения – выхода в трубку, созревания зерна – уборки.

Изучение влияния этого биопрепарата на урожайность сельскохозяйственных растений и свойства почвы подтвердило его высокую эффективность. Эксперимент показал, что прибавка урожайности озимой пшеницы при использовании удобрения Bio-Dop составила от 6,9 до 12,8 ц/га, то есть до 35% по сравнению с фоном – минеральным питанием согласно рекомендациям техкарты для данной зоны (табл. 1).

Таблица 1

**Влияние биологически активных препаратов Bio-Dop и Вигор Форте на урожайность озимой пшеницы сорт Дон Эко на черноземе обыкновенном карбонатном**

Вариант	Урожай- ность	Прибавка к фону
	ц/га	
1. Фон + обработка семян Вигор Форте 0,025 кг/т	41,9	+6,4
2. Фон + предпосевное внесение в почву Bio-Dop – 1 л/га	42,4	+6,9
3. Фон + обработка семян Bio-Dop – 0,25 л/т	43,3	+7,8
4. Фон + 2-кратная обработка посевов (фазы выхода в трубку и колошение) Bio-Dop – 1 л/га	46,0	+10,5
5. Фон + предпосевное внесение в почву Bio-Dop + 2-кратная обработка посевов (фазы выхода в трубку и колошение) Bio-Dop – 1 л/га	48,3	+12,8
6. Фон минерального питания: припосевное внесение диаммофоски – 10:26:26 – 30 кг/га; весенняя подкормка – аммиачная селитра 100 кг/га)	35,5	–

Изучение динамики элементов минерального питания, ферментативной активности, микробиологического состава подтвердило, что гуминовое удобрение Bio-Dop активно влияет на соотношение эле-

ментов питания в растворе, биологическую активность почвы, способствуя оптимизации условий роста и развития растений. Например, содержание подвижного фосфора на протяжении всей вегетации на вариантах с Bio-Dop было выше, чем на фоновом: если минеральные удобрения дали только среднюю обеспеченность озимой пшеницы фосфором, то биологически активные вещества на фоне тех же доз минеральных удобрений способствовали формированию высокой обеспеченности. В условиях дефицита фосфора, свойственного карбонатным черноземам, это явилось одним из факторов оптимизации питания растений.

Предпосевное внесение биопрепарата в почву (вариант 3), особенно в сочетании с обработкой посевов (вариант 4) способствует росту биологической активности почвы. Стимуляция численности почвенной микрофлоры достигала у некоторых групп микроорганизмов (например, грибов и целлюлозоразрушающих актиномицетов) более чем 150%.

Развитие этих групп может оказаться важным для успешной минерализации пожнивных остатков в осенне-зимний период. Но и в общей картине биологической активности почвы такой результат не следует недооценивать. Определение ферментативной активности показало, что на вариантах с биологически активными веществами по сравнению с фоном увеличивается активность каталазы и инвертазы – ферментов, участвующих в разложении перекиси водорода и гидролизе полисахаридов. Наблюдается также улучшение структурного состояния: увеличивается доля агрономически ценных фракций и водопрочность структурных отдельностей, а, следовательно, улучшается водно-воздушный режим почвы.

Похожие результаты были получены и в производственных условиях на полях хозяйств Ростовской области в ЗАО «Шумилинское» на черноземах южных и в ЗАО «им. Ленина» на темно-каштановой почве, что позволяет говорить об универсальности препарата.

### Список литературы

1. Безуглова, О.С. Применение гуминовых препаратов под картофель и озимую пшеницу / О.С. Безуглова, Е.А. Полиенко // Проблемы агрохимии и экологии. – 2011. – № 4. – С. 29–32.
2. Якименко, О.С. Химическая структура и свойства промышленных гуматов различного происхождения: материалы Междунар.конф. «Гумінові речовини і фітогормони в сільському господарстві». – Днепропетровск, 2010. – С. 48–50.

## **ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПОЧВ НА ЗАЛЕЖНЫХ ГЕОСИСТЕМАХ В УСЛОВИЯХ ЗАПОВЕДНОГО РЕЖИМА**

**А.Л. Белоконь**

*Курский Государственный университет,  
г. Курск, Россия*

Курская область, располагаясь в Центрально-Черноземном районе, является сельскохозяйственным регионом со значительной степенью распаханости. Во второй половине XX века доля пашни достигла 80% от общей площади. В результате кризиса, связанного с переходом к рыночной системе хозяйства, многие сельскохозяйственные предприятия разорились и в значительной степени свернули свою деятельность. Огромные площади пашни были выведены из сельскохозяйственного оборота и переведены в залежь. По данным областного департамента растениеводства, площадь пашни, необрабатываемой 3 и более лет, в Курской области на 2000 г. составляла 110,6 тыс. га, в 2003 г. – 241 тыс. га, в 2007 г. – 102 тыс. га. По данным Всероссийской переписи, на 1 июля 2006 года залежных земель в области было 255,23 тыс. га (по данным переписи, залежными считаются земли, не обрабатываемые более 1 года).

Таким образом, на залежных землях Курской области в современных условиях формируются постсельскохозяйственные геосистемы с присущими им особенностями. Развитие таких геосистем зависит от природных особенностей региона, деятельности человека, наличия вертикальных и горизонтальных взаимосвязей.

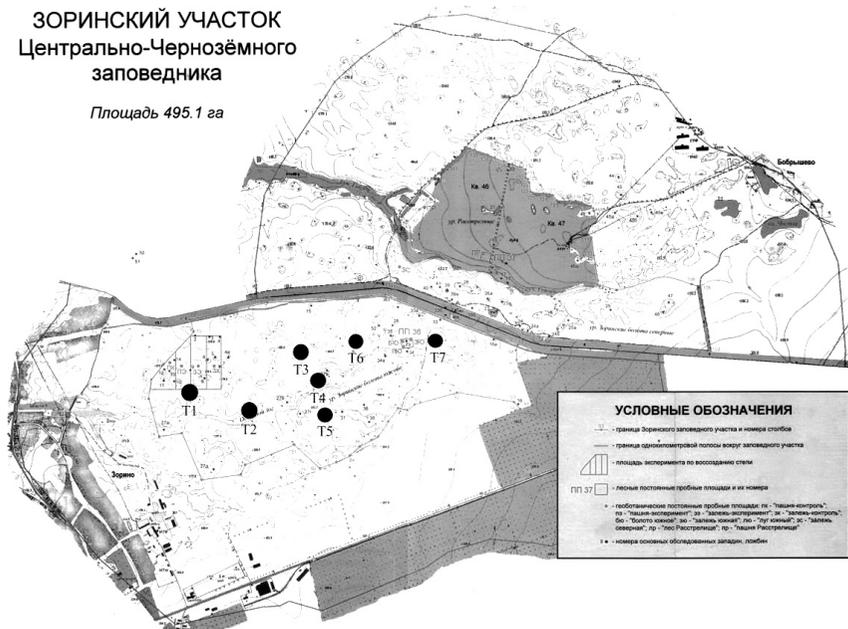
На сегодняшний день залежные земли представляют научный интерес, связанный с выяснением их состояния, динамики, влияния на прилегающие территории и возможным их вовлечением в земледелие.

В своей работе мы провели исследование почвенного покрова Зоринского участка Центрально-Черноземного заповедника.

Для исследования изменений происходящих в пахотном слое почвы при переходе экосистемы из состояния агроценоза в залежное состояние или состояние с меньшей экологической нагрузкой (сенокосы, пастбища), было произведено исследование 7 контрольных точек, указанных на рисунке 1, летом 2014 года.

**ЗОРИНСКИЙ УЧАСТОК**  
**Центрально-Чернозёмного**  
**заповедника**

Площадь 495,1 га



*Рис. 1.* Картограмма территории и научных стационаров Зоринского участка Центрально-Черноземного заповедника

При исследовании разновозрастных залежей для оценки современного их состояния нами были установлены и проанализированы такие физико-химические показатели почвы как: содержание азота, фосфора, калия, различные показатели кислотно-основных свойств почвы, сумма поглощенных оснований, а так же содержание тяжелых металлов Cu, Pb, Zn, Ni, Cd, Mn, Fe.

Как показали исследования, актуальная кислотность почв контрольных точек находится в пределах от 4,8 до 7,7 ед. рН, что указывает на слабую кислотность почв, это можно объяснить характером почвообразующих пород.

Содержание гумуса в верхних горизонтах исследуемых почв колеблется в пределах от 0,3 до 5,7%, что нехарактерно для черноземных почв. Это связано с долгим периодом использования этих земель в сельскохозяйственных целях. С увеличением возраста залежи наблюдается рост содержания гумуса.

Общее содержание азота очень низкое, меняется оно параллельно изменению содержания гумуса в пределах от 6 до 118 мг/кг.

Таким образом, в постсельскохозяйственный этап развития почвы в заповедных залежных геосистемах стремятся к восстановлению своих свойств со временем, но этот процесс длителен. В современный период ведения хозяйства вовлечение залежных земель в оборот потребует значительных затрат на проведение мелиоративных работ.

### Список литературы

1. Белоконь, А.Л. Геосистемный анализ восстановительных сукцесий залежных агроценозов в условиях заповедного режима / А.Л. Белоконь, Н.П. Неведров, С.А. Анненков // XI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та, 2014. – № 05(21). – 324 с.
2. Динамика состояния почв залежных геосистем Зоринского участка Центрально-Чернозёмного биосферного заповедника им. В.В. Алёхина / Е.Ф. Лозинская [и др.] // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. Т. 114, вып. 3. 2009 г. Приложение 1. Часть 2. Экология. Природные ресурсы. Рациональное природопользование. Охрана окружающей среды. – М., 2009. – С. 30–36.

УДК 631.8

## **ВЛИЯНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ЗЕРНА ОЗИМОЙ РЖИ**

**И.Н. Белоус, С.И. Мелихова, М.С. Сычев**

*ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»,  
г. Брянск, Россия*

В течение длительного времени минеральному составу продукции растениеводства, а именно зерну уделяется очень мало внимания. Однако минеральный состав продукции растениеводства наряду с витаминным является определяющим. Исследования последних 20–30 лет свидетельствуют, что в связи с интенсификацией земледелия и ростом урожайности сельскохозяйственных культур продукция (зерно, корма и т. д.) стала обедняться целым рядом минеральных веществ. Дело в том, что с минеральными туками в почву поступает ограниченное число минеральных веществ (фосфор, калий, кальций и частично магний), но многие из них отчуждаются из почвы (селен, цинк, медь, и т. д.). Однако, как показывают исследования, очень многие минеральные вещества необходимы для живых организмов.

В качестве питательных веществ минералы в организме выполняют три функции: обеспечивают «строительным материалом» костные и другие соединительные ткани, участвуют в генерации и проведении нервных импульсов, и, наконец, сами выступают как катализаторы либо поддерживают биологические катализаторы – ферменты в физиологических процессах, таких как репликация ДНК, синтез белка и других. Многие из этих процессов без минералов невозможны.

В связи с этим целью наших исследований являлось изучить влияние различных доз минеральных удобрений и химических средств защиты растений на минеральный состав зерна озимой ржи. Экспериментальные исследования проводили в течение 2012–2013 гг. на стационарном полевом опыте Брянской государственной сельскохозяйственной академии ныне Брянского ГАУ, на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии по тематическому плану «Эффективность производства зерна озимой ржи при разном уровне применения агрохимических средств».

Посевы озимой ржи размещали в севообороте со следующим чередованием культур: картофель – вико-овсяная смесь на зеленый корм – озимая пшеница – бобово-злаковая смесь на зерно – озимая рожь. Схема опыта включала следующие варианты: 1. Контроль (без удобрений); 2. Базируется на использовании минеральных туков в расчетных нормах под планируемый урожай зерна 50,0 ц/га  $N_{120}P_{120}K_{120} + N_{45}$ ; 3. Основан на применении сниженных на 25% норм минеральных удобрений  $N_{90}P_{90}K_{90} + N_{45}$ ; 4. Предусматривает снижение использования минеральных туков на 50%  $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{45}$ . Кроме того в опыте изучались эти же системы удобрения в сочетании с пестицидами.

Минеральные удобрения вносили локальным способом перед посевом поперек предстоящего направления сева ниже глубины заделки семян (сеялкой СЗ-3,6) в форме азофоски (16:16:16), подкормку аммиачной селитрой ( $N_{45}$ ) проводили во время возобновления весенней вегетации. Из химических средств защиты растений применяли: Секатор Турбо 0,05–0,1 л/га + Суми-альфа 0,2 л/га + Фалькон 0,6 л/га.

Посевная площадь делянок, рассчитана на уборку урожая комбайном, составляла 220,0 м<sup>2</sup> (22,0x10,0 м), повторность вариантов опыта трехкратная.

За исключением применения удобрений и химических средств защиты растений агротехника возделывания озимой ржи в опытах соответствовала общепринятой для региона. Уборку урожая проводили поделяночно зерноуборочным комбайном «Сампо-500» методом прямого комбайнирования.

Объектами исследований служили агроценозы озимой ржи сорта Татьяна. Почва участка серая лесная легкосуглинистая, содержание гумуса 3,9–4,3%,  $P_2O_5$  – 182 и  $K_2O$  – 164 мг на кг почвы (по Кирсанову), реакция почвенного раствора слабокислая (рН 5,2).

Структура комковато-зернистая переходящая в верхнем горизонте в комковато – пылеватую, способную заплывать и слипаться после дождей, уплотняться и образовывать трещины в сухую погоду.

Наблюдения и исследования в опытах осуществляли в соответствии с общепринятой методикой (Доспехов, 1979). Урожай зерна определяли путем его взвешивания отдельно, с каждой делянки с последующим пересчетом на 100% чистоту и 14% влажность. Макро- и микроэлементарный химический анализ зерна выполнен во Всероссийском научно-исследовательском институте минерального сырья им. Н.М. Федоровского (ВИМС) масс-спектральным (ICP-MS) и атомно-эмиссионным с индуктивно связанной плазмой (ICP–AES) методами на спектрометре Elan-6100.

В результате проведенных нами исследований установлено, что урожайность зерна озимой ржи в значительной степени зависела от применяемых удобрений и химических средств защиты растений (табл. 1). Применение минеральных удобрений обеспечило достоверную прибавку урожая – 12,9–18,0 ц/га, что превышает контроль на 41,2–57,5%. Комплексное использование средств химизации способствовало дальнейшему росту урожайности, где прибавка составила 18,0–21,50 ц/га или 57,5–68,7%. Максимальная урожайность зерна озимой ржи 52,8 ц/га достигнута по фону  $N_{90}P_{90}K_{90} + N_{45}$  в сочетании с пестицидами.

Таблица 1

Урожайность зерна озимой ржи, ц/га

№	Вариант	2012 г.	2013 г.	Среднее за 2 года	Прибавка ± к контролю
1	Контроль	33,9	28,7	31,30	-
2	$N_{120}P_{120}K_{120} + N_{45}$	53,9	44,7	49,30	18,00
3	$N_{90}P_{90}K_{90} + N_{45}$	53,0	41,5	47,25	15,95
4	$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{45}$	47,2	41,2	44,2	12,90
5	$N_{120}P_{120}K_{120} + N_{45} + П$	56,6	48,5	52,55	21,25
6	$N_{90}P_{90}K_{90} + N_{45} + П$	56,2	49,4	52,80	21,50
7	$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{45} + П$	51,4	47,2	49,30	18,00
	$HCP_{05}$	2,4	2,2	–	–

Содержание биогенных макроэлементов в зерне озимой ржи также имело определенные различия в зависимости от применяемых удобрений и химических средств защиты растений (табл. 2).

Таблица 2

Содержание макроэлементов в зерне озимой ржи, г/кг  
(среднее за 2012–2013 гг.)

Вариант	P	K	Ca	Mg	Na	S
Контроль	1500	2550	275	630	9,3	680
$N_{120}P_{120}K_{120} + N_{45}$	1650	2900	330	715	9,8	740
$N_{90}P_{90}K_{90} + N_{45}$	1650	2800	310	680	8,3	750
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{45}$	1600	2900	280	665	7,5	755
$N_{120}P_{120}K_{120} + N_{45} + П$	1700	3000	300	720	10,6	770
$N_{90}P_{90}K_{90} + N_{45} + П$	1550	2600	290	680	7,2	711
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{45} + П$	1550	2600	280	645	6,5	695

Минимальное содержание практически всех макроэлементов за исключением натрия отмечено на контроле. При усилении уровня интенсификации технологии имела место тенденция повышения накопления макроэлементов в основной продукции. Применение дозы минеральных туков  $N_{120}P_{120}K_{120} + N_{45}$  способствовало максимальному накоплению в зерне озимой ржи ценных биогенных макроэлементов. Особенно выделилась технология с применением минеральных доз  $N_{120}P_{120}K_{120} + N_{45}$ , включающая комплексную защиту растений от вредных объектов. Если критерием для сравнения взять 10% (принято по анализам этой категории), то по фосфору, калию, кальцию, магнию, натрию и сере он значительно перекрывается по сравнению с контролем.

Микроэлементами называются элементы, содержание которых в организме мало, но они участвуют в биохимических процессах и необходимы живым организмам. Поэтому содержание микроэлементов в организме не менее важно.

Нашими исследованиями выявлено, что накопление микроэлементов в основной продукции озимой ржи находилось в пределах оптимальных значений для продовольственного зерна по всем изучаемым технологиям (табл. 3).

Четкой тенденции к изменению концентрации микроэлементов за годы проводимых исследований в зависимости технологии не установлено.

Таблица 3

**Содержание микроэлементов в зерне озимой ржи, г/кг  
(среднее за 2012–2013 гг.)**

Технология	Mo	Cu	B	Cr	Co	Ge	Si	Li	Mn	V	Zn	Se	Ni
Контроль	0,495	2,80	1,05	0,1	0,007	0,002	35	0,005	21	0,05	13	0,04	0,22
$N_{120}P_{120}K_{120} + N_{45}$	0,560	3,30	1,03	0,1	0,006	0,002	34	0,005	25	0,05	16	0,04	0,12
$N_{90}P_{90}K_{90} + N_{45}$	0,430	2,80	0,92	0,1	0,002	0,002	23	0,001	15	0,05	11	0,04	0,07
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{45}$	0,565	2,75	1,07	0,1	0,007	0,002	41	0,004	26	0,05	17	0,04	0,12
$N_{120}P_{120}K_{120} + N_{45} + П$	0,600	2,85	0,96	0,3	0,010	0,002	55	0,010	23	0,05	13	0,04	0,09
$N_{90}P_{90}K_{90} + N_{45} + П$	0,545	3,00	1,15	0,1	0,012	0,002	57	0,012	29	0,05	15	0,04	0,21
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{45} + П$	0,445	2,70	2,05	0,1	0,006	0,002	46	0,007	21	0,05	12	0,04	0,19

В список самых токсичных минеральных веществ входят алюминий, кадмий, мышьяк, ртуть, свинец. Все это свидетельствует о важности изучения содержания токсичных веществ в растительной продукции и закономерностей его изменения в результате практической деятельности человека.

В результате проведенных нами исследований установлено, что содержание всех токсичных элементов, в изученных образцах, находится значительно ниже уровня ПДК, а повышение уровня интенсификации технологии не вело к ухудшению качества урожая (табл. 4).

Таблица 4

**Содержание антинутритивных минеральных веществ в зерне озимой ржи, г/кг  
(среднее за 2012–2013 гг.)**

Технология	Al	Cd	As	Hg	Pb	Sr	Cs
Контроль	4,70	0,0036	0,02	0,005	0,021	1,65	0,0015
$N_{120}P_{120}K_{120} + N_{45}$	4,15	0,0055	0,02	0,005	0,022	1,75	0,0015
$N_{90}P_{90}K_{90} + N_{45}$	1,40	0,0048	0,02	0,005	0,020	1,50	0,0010
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{45}$	6,55	0,0048	0,02	0,005	0,135	2,20	0,0016
$N_{120}P_{120}K_{120} + N_{45} + П$	10,50	0,0059	0,02	0,005	0,046	1,95	0,0020
$N_{90}P_{90}K_{90} + N_{45} + П$	14,15	0,0066	0,02	0,005	0,034	4,40	0,0023
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{45} + П$	8,35	0,0063	0,02	0,005	0,025	1,70	0,0019
ПДК	—	0,1	0,2	0,03	0,5	—	—

Таким образом, накопление ценных биогенных макроэлементов в зерне озимой ржи достигло максимальных показателей по технологии, включающей применение расчетной дозы  $N_{120}P_{120}K_{120} + N_{45}$  в сочетании с пестицидами. Содержание микроэлементов находилось в пределах оптимальных значений для продовольственного зерна по всем технологиям.

Концентрация антинутритивных веществ в зерне озимой ржи была значительно ниже уровня ПДК. Следовательно, полученное зерно является экологически безопасным по содержанию токсичных элементов и может быть использовано для производства продуктов питания функционального назначения.

УДК 631.81:633.491:631.445.2

## **ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ НА ВЫСОКООКУЛЬТУРЕННОЙ ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТОЙ СУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ**

**Ю.А. Белявская**

*РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,  
г. Минск, Беларусь*

В последние годы в средствах массовой информации много внимания уделяется органическому земледелию. Основными задачами, которые должна решать органическая система ведения сельского хозяйства являются производство пищевых продуктов с высокой степенью безопасности для здоровья человека и охрана окружающей среды.

Цель данной работы – установить влияние органической системы земледелия на урожайность картофеля и дать сравнительную оценку её по отношению к традиционной и биологизированной системам земледелия.

Исследования проводятся в полевом технологическом опыте, заложенном в ОАО «Гастелловское» Минского района на дерново-подзолистой оглеенной внизу суглинистой, развивающейся на мощном легком лессовидном суглинке, почве. Агрохимические показатели почвы:  $pH_{KCl} - 5,7-6,0$ , содержание гумуса – 2,52–2,99 %, подвижных форм  $P_2O_5$  733–818 мг/кг и  $K_2O$  375–404 мг/кг почвы.

Объектом исследования является картофель Лилея, который возделывается в севообороте: овес + люпин пожнивно на сидерацию – кар-

тофель + озимая рожь на сидерацию – гречиха – кабачок. Повторность вариантов в опыте – четырехкратная, размер делянки – 29,4 м<sup>2</sup>. Опыт заложен в двух последовательно открывающихся полях. В каждом поле изучаются три системы агроприемов возделывания культур. Первая система – интенсивная с применением традиционных форм минеральных удобрений и средств защиты растений согласно технологическому регламенту. Вторая система – биологизированная, предусматривает наряду с внесением минеральных удобрений применение органических и микробиологических удобрений, заашку соломы и посев сидератов; в данной системе применяются средства защиты растений аналогично традиционной. Третья система – органическая, исключая применение синтетических удобрений и пестицидов (предусматривается применение агротехнических и биологических средств защиты растений, органических и бактериальных удобрений, удобрений, приготовленных из натуральных продуктов). Схема применения удобрений в каждой системе земледелия представлена в таблице.

Таблица

**Влияние систем земледелия и удобрений на урожайность картофеля и показатели качества клубней**

Система	Вариант	Урожайность, ц/га	NO <sub>3</sub> , мг/кг	Крахмал, %
Традиционная	1. Подстил. навоз КРС, 60 т/га	312	155	13,0
	2. Подстил. навоз КРС, 60 т/га + NPK	389	178	13,9
Биологизированная	1. Солома + Сидерат – Фон	298	103	14,6
	2. Фон + Подстил. навоз КРС, 40 т/га	341	132	14,0
	3. Фон + Полифункур, 2 т/га	344	114	13,7
	4. Фон + Вермикомпост, 10 т/га	359	77	15,3
	5. Фон + Байкал ЭМ1, 3+3 л/га	349	113	15,2
	6. Фон + Подстил. навоз КРС, 40 т/га + Байкал ЭМ1, 3+3 л/га	347	165	14,4
Органическая	1. Солома + Сидерат – Фон	263	116	14,5
	2. Фон + Подстил. навоз, 40 т/га	336	138	13,5
	3. Фон + Полифункур, 2 т/га	247	66	15,2
	4. Фон + Вермикомпост, 10 т/га	265	151	13,8
	5. Фон + Байкал ЭМ1, 3 + 3 л/га	197	85	15,1
	6. Фон + Подстил. навоз КРС, 40 т/га + Байкал ЭМ1, 3+3 л/га	324	114	13,5
	НСР <sub>05</sub>	22	7	1,1

ПДК содержания нитратов в клубнях картофеля на продовольственные цели составляет 150 мг/кг, на фураж – 500 мг/кг. В опыте минимальное содержание нитратов в клубнях картофеля отмечено при органической системе земледелия, в вариантах с традиционной системой удобрения содержание нитратов превышало ПДК для продовольственного картофеля. Содержание крахмала в клубнях картофеля в вариантах с биологизированной и органической системами возделывания было выше, чем при традиционной системе удобрения.

Под урожай картофеля 2014 г. с органическими удобрениями в почву поступило в вариантах с внесением на 1 га: 60 т подстилочного навоза КРС – 300 кг азота, 162 кг фосфора, 174 кг калия, 4,2 т углерода; 40 т подстилочного навоза КРС – 208 кг азота, 128 кг фосфора, 228 кг калия, 3,3 т углерода; 10 т вермикомпоста – 74 кг азота, 46 кг фосфора, 83 кг калия, 0,8 т углерода; 3,9 т соломы овса – 22 кг азота, 22 кг фосфора, 90 кг калия, 161 кг углерода; 5 т сидеральной массы люпина – 25 кг азота, 7 кг фосфора, 21 кг калия, 30 кг углерода; 2 т полифункура – 30 кг азота, 30 кг фосфора, 20 кг калия.

Довсходовая защита картофеля от сорняков при традиционной и биологизированной системах земледелия проведена гербицидом Аркаде КЭ (4,5 л/га). В фазу начало бутонизации проведена обработка посевов баковой смесью фунгицида Ридомил Голд МЦ, ВДГ (2,5 кг/га) и инсектицида Децис профи, ВДГ (0,03 кг/га). Повторная обработка посевов картофеля от фитофтороза, альтернариоза и колорадского жука проведена в фазу цветения посевов баковой смесью фунгицида Дитан Нео Тек 75, ВДГ (1,4 кг/га) и инсектицида Децис профи, ВДГ (0,03 кг/га). При традиционной и биологизированной системах земледелия проведено 2 окучивания: слепое до обработки посевов гербицидом и одно окучивание по вегетации с целью улучшения аэрации корней. При органической системе земледелия для уничтожения сорняков проведено 4 окучивания. От альтернариоза и фитофтороза защиту посевов картофеля проводили биологическим препаратом Ксантрел фунгицидного действия, 2 % р-р (6 л/га) в фазу начало бутонизации и в стадию цветения. Защиту картофеля от колорадского жука проводили биологическим препаратом Ксантрел инсектицидного действия с использованием ранцевого опрыскивателя по мере заселения растений локально (всего 5 обработок).

Оценка фитосанитарной ситуации в посевах картофеля, выполненная сотрудниками РУП «Институт защиты растений», показала, что эффективность применения бактериального препарата Ксан-

трел с фунгицидным действием была существенно ниже химических средств защиты: с переходом на возделывание картофеля по органической системе опасность поражения культуры альтернариозом в условиях 2014 г. возростала в 4,4 раза, фитофторозом в 3 раза. Применение препарата Ксантрел с инсектицидным действием было в 4 раза менее эффективно по сравнению с химическими средствами защиты: заселенность растений личинками колорадского жука при биологизированной системе возделывания составила – 3,8%, при органической системе – 15,8%. Степень повреждения листового аппарата колорадским жуком в конце июля увеличивалась от 10% площади листьев при применении химических средств защиты до 25% (очажно до 50–80%) при применении биологической защиты.

В результате неблагоприятное фитосанитарное состояние посевов картофеля при органической системе возделывания явилось одной из причин недобора урожая. В варианте с возделыванием картофеля по соломе овса и зеленой массы люпина урожайность клубней составила 263 ц/га, что на 34 ц/га ниже, чем в аналогичном варианте при биологизированной системе земледелия (табл.). В варианте с двукратной обработкой посевов бактериальным препаратом Байкал ЭМ1 на фоне удобрения соломой и сидератом замена химической защиты от болезней и вредителей биологической привела к недобору урожая клубней на уровне 152 ц/га, в вариантах с внесением Полифункура (2 т/га) и вермикомпоста (10 т/га) недобор урожая составил 96 и 94 ц/га. Однако при достаточном обеспечении растений картофеля элементами питания (вариант с внесением подстилочного навоза КРС в дозе 40 т/га), урожайность клубней была практически одинаковой как при биологизированной системе возделывания (341 ц/га), так и при органической (336 ц/га).

В погодных условиях вегетационного периода 2014 г., при органической системе возделывания, ни одно из изучаемых удобрений, кроме подстилочного навоза КРС, не обеспечило достоверную прибавку урожайности картофеля по сравнению с фоном.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ**

**О.А. Бирюкова, Д.В. Божков, Т.М. Минкина, Ж.А. Чепко,  
В.Д. Сидоренко**

*Южный федеральный университет,  
г. Ростов-на-Дону, Россия*

Производство озимой пшеницы, в значительной степени, определяет экономические показатели Южного и Северо-Кавказского федеральных округов Российской Федерации. По урожайности она уступает лишь рису: средняя урожайность по Российской Федерации – 30 ц/га, в передовых хозяйствах – 50-60 ц/га. Самый высокий урожай в России был получен в Краснодарском крае – 103,6 ц/га, а в мире – 170 ц/га (Канада). Подсчитано, что с возрастающим мировым населением глобальный спрос на пшеницу возрастает на 40% к 2020 г.

Поэтому прогнозирование урожайности и качества зерна, основанное на установлении взаимосвязей между свойствами почв, химическим составом растений, является актуальным. К настоящему времени в наибольшей степени изучена взаимосвязь между обеспеченностью зерновых культур азотом и его содержанием в зерне. Однако качество зерна определяется также содержанием в нем и других макро- и микроэлементов, взаимосвязь которых с химическим составом растений в разные фазы их развития и свойствами почв практически не изучена.

Многолетние полевые исследования проводили на производственных посевах озимой пшеницы в Ростовской области. Для формирования базы экспериментальных данных проводили сопряженный отбор почвенных и растительных образцов по микроучасткам с использованием методики, изложенной в «Методических рекомендациях по определению нормативов соотношений макро- и микроэлементов в растениях по системе ИСОД».

Анализы почвенных образцов проводили по стандартным методикам. В растительных образцах рентгено-флуоресцентным и атомно-абсорбционным методами были определены следующие макро- и микроэлементы: P, K, Cl, S, Si, Fe, Ni, Sr, Mn, Zn, Cu, Br, Cr, Al, Ca,

Mg. Содержание азота в растениях, клейковины в зерне и его стекловидность определяли по соответствующим ГОСТ.

Сформированную базу данных использовали для изучения реакции растений на внутривидовую неоднородность условий произрастания статистическими методами. Для более полного отображения этой реакции и изучения сбалансированности изменения различных показателей использовали формулы интегрированной системы оперативной диагностики (ИСОД). С их помощью записывают результаты диагностики обеспеченности растений большим числом макро- и микроэлементов.

Многолетние данные показали, что обрабатываемые черноземы обыкновенные карбонатные характеризуются высокой пространственной пестротой по агрохимическим показателям и продуктивности озимой пшеницы. Выявлено, что соотношения важнейших свойств почв в пахотном слое имеют более широкую амплитуду колебания, чем их отдельные значения. Так, максимальный уровень содержания обменного калия (Kp) в исследуемом черноземе превышает его нижний уровень в 1,9 раза, а обменного кальция (Cар) – в 1,3 раза. Соотношение же этих показателей различаются в 3,1 раза. Этот пример свидетельствует о том, что исследуемое соотношение более полно отражает микропестроту почв, чем отдельно взятые их свойства. Высокая пространственная вариация характерна также и для элементного состава надземной массы пшеницы в фазу выхода в трубку.

Естественно возникает вопрос о степени согласованности вариации показателей продуктивности пшеницы, химического состава ее надземной массы с приведенными выше агрохимическими данными почвы. Для его решения был проведен множественно-регрессионный анализ многолетней базы данных. Высокодостоверная и устойчивая связь урожая зерна озимой пшеницы наблюдалась только при одновременном учете большого числа показателей, характеризующих состояние растений и почвы: содержание N, Si, P, K, (%), Fe, Ni, Cu, Mn, Sr, Zn, (мг/кг), соотношение Fe/Mn, N/K, K/P в надземной массе растений в фазу выхода в трубку; содержание гумуса (G, %); подвижного фосфора (Pp) и обменного калия в мг/кг почвы; обменного кальция и суммы обменных оснований (Cар + Mgr, мг-экв/100г) в пахотном слое почвы.

Эти показатели мы определяем, как систему индикаторов прямо или опосредовано указывающих на условия произрастания пшеницы. Высокая диагностическая информативность перечисленных выше по-

казателей вполне объяснима, так как они в большой степени связаны с агрохимическими особенностями чернозема обыкновенного карбонатного.

Лучшей моделью по степени отражения агрохимических особенностей почвы и точности прогнозирования величины урожая озимой пшеницы оказалась модель с использованием 17 показателей (модель 1):

$$\begin{aligned} \text{Урожай, ц/га} = & -132,00 + 5,65N - 9,76Si + 13,65P - 12,60K + \\ & + 0,20Mn - 0,05Fe - 0,47Ni + 0,16Sr + 0,56Cu + 3,74Pp - \\ & - 2,16Kp + 75,80Kp/Cap + 3,24Cap/Mgp + 3,40(Cap+Mgp) + \\ & + 3,75Fe/Mn - 8,40N/K + 1,64K/P \\ F = 2,1 \quad R^2 = 0,70 \end{aligned} \quad (1)$$

Установлено, что изменение урожайности пшеницы по различным градициям свойств почвы и их соотношений оказалось не хаотичным, а закономерным и имеет криволинейную форму. Это позволяет наметить допустимые и недопустимые изменения свойств почв применительно к озимой пшенице. К недопустимым пределам изменения свойств почв мы относим такие, при которых отмечено снижение урожая зерна по отношению к максимальному на 15 % и более. Особенно резкое снижение урожая зерна озимой пшеницы наблюдается на почвах с рН более 7,4. Почвы с узким соотношением подвижного фосфора к гумусу (менее 0,8) и обменного калия к содержанию поглощенного кальция  $Kp/Cap$  более 1,9 и менее 1,0 также неблагоприятны для выращивания пшеницы.

Исследования показали, что содержание белка в зерне озимой пшеницы зависит, в первую очередь, от степени дефицита азота (N) и его сбалансированности с Fe, P, Mn. Из-за антагонизма этих элементов может снижаться содержания белка в зерне (модель 2).

$$\begin{aligned} \text{Белок, \%} = & 12,7 - 0,31Pp + 0,06Kp + 1,55Pp/G + 0,54N - \\ & - 0,73N/K - 4,2Cl - 0,012Mn - 0,74P + 0,011Fe/Zn \\ F = 3,5, \quad R^2 = 0,8 \end{aligned} \quad (2)$$

Аналогично проанализированы данные по влиянию агрохимических свойств почвы, биометрических показателей (M – сырая масса растений, г) и химического состава растений в фазу выхода в трубку на содержание клейковины (модель 3).

$$\begin{aligned} \text{Клейковина, \%} = & 4,7 + 0,09Mn - 6,9P - 7,1M/Mgp - \\ & - 7,9 M/Cap+Mgp - 3,3Mgp/N - 41,2 M/Mn + 2,4M \\ F = 2,0; \quad R^2 = 0,54 \end{aligned} \quad (3)$$

Это дало возможность выявить систему индикаторов для раннего прогнозирования важнейших показателей качества зерна озимой пшеницы.

Многолетние исследования показали, что чернозем обыкновенный карбонатный характеризуется высокой пестротой агрохимических показателей. Их вариация усиливает неоднородность сбалансированности питания растений по большому числу макро- и микроэлементов, с которыми связаны величина, качество урожая и его экологическая безопасность.

В качестве индикаторов условий произрастания озимой пшеницы на черноземе обыкновенном карбонатном эффективны следующие показатели: содержание и соотношение N, P, K, Fe, Zn, Ca в надземной массе растений в фазу выхода в трубку; содержание гумуса, подвижного фосфора в почве и их соотношения, а также количество обменного калия и его соотношения с обменным кальцием и суммой обменных оснований.

Выявлены достоверные зависимости величины урожая от содержания химических элементов и их соотношений, которые позволяют на раннем этапе развития растений прогнозировать их продуктивность, оценивать плодородие почв с использованием экологически важных соотношений химических элементов (P/Ca, Fe/Mn, Sr/Ca и др.).

Установлено, что содержание белка и клейковины в зерне озимой пшеницы на черноземе обыкновенном карбонатном в большой степени зависит от сбалансированности N с Mn, P, Fe, Zn, K в растениях в фазу выхода в трубку.

Применение интегрированной системы диагностики питания растений расширяет возможности прогнозирования величины и качества урожая зерна озимой пшеницы на черноземе обыкновенном карбонатном.

*Работа поддержана грантом Министерства  
образования и науки № 5.885.2014/К*

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ И ДОЗ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В ЗВЕНЕ СЕВООБОРОТА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ**

**О.М. Бирюкова, Т.М. Серая, Е.Н. Богатырева, Т.М. Кирдун,  
Ю.А. Белявская**

*РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,  
г. Минск, Беларусь*

Применение научно обоснованной системы удобрения под сельскохозяйственные культуры должно оцениваться как с точки зрения агрономической эффективности, сохранения плодородия почвы и экологической безопасности, так и с позиции экономической целесообразности.

На современном этапе сельскохозяйственного производства, при сокращении объемов применения подстилочного навоза, увеличении доли жидких отходов животноводства, появлении новых видов органических отходов, применяемых в качестве удобрений, актуальным является экономический аспект применения различных видов и доз традиционных и новых органических удобрений.

Цель исследований – провести сравнительный анализ экономической эффективности различных видов и доз органических удобрений в зависимости от расстояния поля от фермы.

Исследования проводили в звене севооборота кукуруза – рапс яровой – тритикале озимое в 2010–2013 гг. в ГП «Экспериментальная база им. Суворова» на дерново-подзолистой супесчаной почве. Агрохимическая характеристика пахотного слоя:  $pH_{KCl}$  – 5,5–5,7, содержание гумуса – 2,25–2,62%, подвижных форм  $P_2O_5$  – 129–141 мг/кг,  $K_2O$  – 227–247 мг/кг почвы. В опыте дозы компостов и сапропелей (варианты 5–10) выровнены по азоту, внесенному с подстилочным навозом КРС (вариант 3). Дозы органических удобрений в вариантах 14, 16 и 18 эквивалентны по азоту дозе азота, внесенного с минеральными удобрениями под кукурузу (вариант 2). В вариантах 15, 17, 19 дозы органических удобрений по азоту равноценны двойной дозе минерального азота (таблица). Все органические удобрения внесены под

кукурузу. Дозы минеральных удобрений под кукурузу  $N_{90+60} P_{60} K_{140}$ , под рапс яровой  $N_{80+30} P_{60} K_{120}$ , под тритикале озимое  $N_{70+30+40} P_{60} K_{120}$ .

Расчет экономической эффективности проведен по методике, разработанной РУП «Институт почвоведения и агрохимии» в 2010 г. Используются нормативы затрат на технологические процессы и цены на удобрения и сельскохозяйственную продукцию по уровню цен на 2013 г. в долларовой эквиваленте USD.

Экономическая эффективность применения удобрений в опыте зависела от их агрономической эффективности, затрат на приобретение, приготовление, хранение, транспортировку и внесение удобрений. Расчеты выполнены при внесении удобрений на расстояние 5 км, 10 и 15 км от склада (для минеральных) и фермы (для органических).

Установлено, что расстояние от склада до поля мало влияло на экономическую эффективность применения минеральных удобрений. Так, при условии, что поле находится в 5 км от склада чистый доход от внесения минеральных удобрений в звено севооборота кукуруза на з.м. – яровой рапс – озимое тритикале составил 216 USD/га, при удалении поля от склада на 15 км – чистый доход был бы ниже только на 15 USD/га (табл.).

За исключением вермикомпоста, внесение которого было убыточно из-за высокой стоимости удобрения, применение твердых и жидких органических удобрений в опыте оказалось экономически эффективным приемом при удалении поля от фермы на 5 км, чистый доход в этом случае составил 138–746 USD/га в зависимости от вида удобрения и дозы.

При транспортировке органических удобрений на расстояние 10–15 км рентабельным было внесение только тех видов удобрений, которые в связи с высоким содержанием элементов питания вносятся в небольших дозах, таких как подстилочный куриный помет и органические удобрения, получаемые на выходе биогазовой установки. Так использование отходов производства биогаза в качестве удобрений под сельскохозяйственные культуры, обеспечило получение 213–351 USD/га чистого дохода, в дозе 30 т/га, 260–537 USD/га – в дозе 60 т/га за звено севооборота при удалении поля от фермы на 5–15 км. В сравнении с удобрениями, используемыми для производства биогаза, внесенными в дозах, выровненных по азоту, чистый доход от применения органических удобрений, получаемых на выходе биогазовой установки, выше, чем от жидкого навоза КРС в 1,8–2,1 раза при транспортировке на расстояние 5 км и в 1,4 раза уступает подстилочному куриному помету.

**Влияние удобрений на продуктивность звена севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве и их экономическая эффективность, среднее 2010–2013 гг.**

Вариант	Продуктивность, ц к.д./га	Прибавка к контролю, ц к.д./га	Стоимость прироста, USD	Внесение на расстояние					
				5 км		10 км		15 км	
				общие затраты	чистый доход	общие затраты	чистый доход	общие затраты	чистый доход
1. Без удобрений (контроль)	174,9	—	—	—	—	—	—	—	—
2. N <sub>400</sub> P <sub>180</sub> K <sub>380</sub>	278,6	103,7	1197	981	216	992	205	996	201
3. Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	231,9	57,0	692	442	250	742	-50	1042	-350
4. Подстилочный навоз КРС, 60 т/га + N <sub>400</sub> P <sub>180</sub> K <sub>380</sub>	315,4	140,5	1625	1372	253	1682	-58	1987	-362
5. ТЛСНК, 60 т/га	230,1	55,2	654	516	138	816	-162	1116	-462
6. ТЛСНК, 60 т/га + N <sub>400</sub> P <sub>180</sub> K <sub>380</sub>	316,3	141,4	1649	1455	194	1765	-116	2070	-421
7. ТЖДСНК, 60 т/га	237,3	62,3	718	494	224	794	-75	1094	-375
8. ТЖДСНК, 60 т/га + N <sub>400</sub> P <sub>180</sub> K <sub>380</sub>	315,6	140,7	1648	1417	231	1728	-80	2032	-384
9. Сапропель кремнеземистый, 45 т/га + N <sub>400</sub> P <sub>180</sub> K <sub>380</sub>	311,8	136,9	1581	1417	164	1653	-72	1882	-302
10. Сапропель органо-известковистый, 40 т/га + N <sub>400</sub> P <sub>180</sub> K <sub>380</sub>	308,2	133,2	1519	1393	126	1604	-85	1808	-289
11. Вермикомпост, 15 т/га	230,2	55,3	688	1638	-950	1676	-988	1713	-1025
12. Вермикомпост, 5 т/га + N <sub>400</sub> P <sub>180</sub> K <sub>380</sub>	290,5	115,6	1342	1511	-169	1534	-192	1551	-209
13. Вермикомпост, 15 т/га + N <sub>400</sub> P <sub>180</sub> K <sub>380</sub>	315,3	140,4	1649	2574	-925	2622	-972	2664	-1014
14. Жидкий навоз КРС, 75 т/га	230,5	55,6	572	382	190	539	32	727	-155
15. Жидкий навоз КРС, 150 т/га	266,7	91,8	981	726	255	1041	-60	1416	-435
16. Подстилочный куриный помет, 15 т/га	238,6	63,7	710	241	469	316	394	391	319
17. Подстилочный куриный помет, 30 т/га	278,4	103,5	1175	429	746	596	596	729	446
18. ОУ с биогазовой установкой, 30 т/га	230,9	56,0	582	231	351	294	288	369	213
19. ОУ с биогазовой установкой, 60 т/га	263,7	88,8	949	412	537	538	410	688	260
НСР <sub>05</sub>	11,3	11,3							

Самая высокая стоимость прибавки урожая, полученной за звено севооборота, отмечена в вариантах с органоминеральной системой удобрения – 1519–1649 USD/га, однако и затраты на получение дополнительной прибавки урожая в данных вариантах были самые высокие – 1372–1455 USD/га. Тем не менее, следует отметить, что в вариантах с внесением подстилочного навоза КРС, 60 т/га, торфо-лиггино-соломисто-навозного (ТЛСНК), торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозных (ТЖДСНК) компостов, в аналогичных дозах, предпочтительной была органоминеральная система удобрения, так как по сравнению с органической, при близком чистом доходе, обеспечила более высокую продуктивность.

Применение органоминеральной системы удобрения с внесением в качестве органических удобрений кремнеземистого и орвано-известковистого сапропелей обеспечило получение чистого дохода в размере 164 и 126 USD/га, при транспортировке удобрений на расстояние 5 км, и было убыточным при расстоянии 10 и более километров.

УДК 631.872:631.445.2

## **ВЛИЯНИЕ ЗАПАШКИ СОЛОМЫ НА ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ**

**Е.Н. Богатырева, Т.М. Серая, О.М. Бирюкова**

*РУП «Институт почвоведения и агрохимии»  
г. Минск, Беларусь*

Оценка изменения гумусного состояния почв под воздействием различных агроприемов имеет большое научное и практическое значение, позволяя не только прогнозировать направленность современных процессов гумусообразования, но и выявлять наиболее приоритетные приемы, обеспечивающие устойчивое функционирование агроэкосистемы в целом.

В последние годы в Республике Беларусь в сельскохозяйственных организациях широко применяется заправка соломы на удобрение, которая обеспечивает не только повторное включение в круговорот биогенных элементов питания, но и влияет на протекание физико-химических, химических и микробиологических превращений в почве, что сказывается на изменении их гумусного состояния.

В этой связи цель исследований заключалась в установлении влияния запаханной соломы сельскохозяйственных культур на гумусное состояние дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы.

Исследования проводили в 2006–2010 гг. в СПК «Щемыслица» Минского района на легкосуглинистой, развивающейся на мощном лессовидном суглинке, почве в севообороте: кукуруза – яровой рапс – озимое тритикале – люпин узколистный – ячмень. Агрохимическая характеристика пахотного слоя перед закладкой опыта:  $pH_{KCl}$  – 5,4–5,7, содержание  $P_2O_5$  – 275–315 мг/кг,  $K_2O$  – 180–200 мг/кг почвы, гумуса – 1,65–1,80%. В целом за севооборот внесено  $N_{435}P_{290}K_{590}$ ; подстилочный навоз КРС в дозе 60 т/га внесен под кукурузу. За ротацию севооборота в зависимости от вариантов опыта в почву запахано соломы возделываемых культур (рапса, тритикале, люпина и ячменя) от 10,3 до 18,3 т/га. При запахке соломы для создания оптимального соотношения C/N в почву было дополнительно внесено 68–142 кг/га азота в зависимости от количества запахиваемой соломы.

При анализе гумусного состояния установлено, что в легкосуглинистой почве в варианте без внесения удобрений преобладают фульвокислоты, суммарное содержание которых составило 31,6%, что превышало содержание гуминовых кислот в 1,4 раза. В составе фульвокислот доминирующая роль принадлежала подвижным фракциям ФК-1а и ФК-1, количество которых достигло 6,1 и 16,0% соответственно при низком содержании ФК-2 (3,5% от общего углерода почвы). В группе гуминовых кислот также преобладали гуминовые кислоты 1-й фракции, уровень которых в соответствии с градацией гумусного состояния оценивался как средний (46,0%) (табл.). Содержание второй фракции гуминовых кислот, связанных с кальцием, классифицировалось как низкое (23,2%) при высокой доли 3-й фракции – 30,8%. При соотношении  $C_{ГК}/C_{ФК}$  равным 0,71 тип гумуса характеризовался как гуматно-фульватный со средней степенью гумификации органического вещества (22,5%).

Минеральная система удобрения не оказала влияния на отношение  $C_{ГК}/C_{ФК}$  и степень гумификации, однако отмечены отрицательные тенденции в гумусном состоянии изучаемой почвы, что проявилось в снижении доли ГК-2 в сумме гуминовых кислот и свидетельствовало о деструкции гуматов кальция. Показатель лабильности гумуса ( $P_{Г} = C_{ГК-1+ФК-1a+ФК-1}/C_{ГК-2+ФК-2}$ ) увеличился до уровня 4,33, что указывало на более интенсивное увеличение подвижных фракций по сравнению с образованием гумусовых веществ, связанных с кальцием.

Влияние заправки соломы на показатели гумусного состояния дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы

Вариант	Степень гумификации, %	$C_{TK}/C_{Фк}$	$C_{TK-1}^*$ , % от суммы $C_{TK}$	$C_{TK-2}^*$ , % от суммы $C_{TK}$	$C_{Фк-1a}^*$ , % от $C_{обл.}$	$C_{TK-1}/C_{Фк-1}$	$P_{длб}$
<b>Без заправки соломы</b>							
Без удобрений	22,5	0,71	46,0	23,2	6,1	0,64	3,72
$N_{435}P_{290}K_{590}$	22,7	0,72	48,5	20,7	6,5	0,67	4,33
Подстилочный навоз, 60 т/га	24,0	0,82	46,9	24,9	5,3	0,84	2,84
Подстилочный навоз, 60 т/га + $N_{435}P_{290}K_{590}$	24,6	0,83	48,8	23,6	5,5	0,86	3,12
<b>С заправкой соломы</b>							
Без удобрений	22,6	0,72	46,5	22,6	6,0	0,66	3,77
$N_{435}P_{290}K_{590}$	22,9	0,72	49,3	21,0	6,4	0,69	4,32
Подстилочный навоз, 60 т/га	25,0	0,89	47,2	26,4	4,8	0,98	2,45
Подстилочный навоз, 60 т/га + $N_{435}P_{290}K_{590}$	25,7	0,91	50,0	24,2	5,1	1,02	2,79

Более позитивные изменения в гумусном состоянии легкосуглинистой почвы выявлены при органической и органоминеральной системах удобрения. Положительное влияние на гумусовый комплекс прослеживается при анализе такого важного показателя как степень гумификации, который показывает долю гуминовых кислот в составе гумуса и указывает насколько полно органические остатки преобразуются в гуминовые кислоты. Для гумуса исследуемой почвы в этих вариантах характерно увеличение степени гумификации до 24,0–24,6% при отношении  $C_{ГК}/C_{ФК}$  на уровне 0,82–0,83, также свидетельствующим о процессе накопления гуминовых кислот и снижении фульвокислот. При оценке степени лабильности гумуса и напряженности процесса гумификации на стадии новообразования гуминовых кислот и формирования их подвижных форм выявлено уменьшение показателя  $P_{\text{лаб}}$  до 2,84–3,12 и увеличение  $C_{ГК-1}/C_{ФК-1}$  до 0,84–0,86, что указывало на усиление гуматности гумуса исследуемой почвы.

На фоне заправки соломы показатели гумусного состояния дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в зависимости от систем удобрения изменялись по аналогии с вариантами без использования побочной продукции. Установлено, что заправка соломы способствовала направлению процесса гумусообразования в гуматную сторону, на что указывало увеличение относительного суммарного содержания гуминовых кислот, сумма фульвокислот уменьшалась в основном за счет подвижных фракций  $ФК-1a$  и  $ФК-1$ . При этом наиболее положительные изменения гумусового комплекса выявлены при органоминеральной системе удобрения (Подстилочный навоз, 60 т/га +  $N_{435}P_{290}K_{590}$ ) на фоне заправки соломы. Стабилизирующее влияние запаханной соломы на гумусное состояние легкосуглинистой почвы диагностировано величиной степени гумификации и отношением  $C_{ГК}/C_{ФК}$ , которые в данном варианте достигли максимальных показателей по опыту (25,6% и 0,91 соответственно). Наиболее высокие значения получены и для показателя интенсивности процесса гумификации на стадии новообразования гуминовых кислот и формирования их подвижных форм ( $C_{ГК-1}/C_{ФК-1} = 1,02$ ) при снижении степени лабильности гумусовой системы:  $P_{\text{лаб}}$  находился на уровне 2,79.

При сравнении всех опытных вариантов между собой установлено, что, несмотря на позитивные тенденции в изменении гумусного состояния легкосуглинистой почвы под влиянием применяемых систем удобрений, выявленные различия не превышали оценочные градации: степень гумификации во всех опытных вариантах классифицирова-

лась как средняя с гуматно-фульватным типом гумуса. Исследуемая почва характеризовалась средней долей свободных гуминовых кислот, низкой долей гуминовых кислот, связанных с кальцием, при высоком долевом участии гуминовых кислот 3-й фракции и средним содержанием «агрессивной» фракции фульвокислот.

Таким образом, за ротацию севооборота наиболее положительные изменения в гумусном состоянии дерново-подзолистой легкосуглинистой почве по совокупности всех признаков установлены при органо-минеральной системе удобрения на фоне заправки соломы: отношение  $C_{ГК}/C_{ФК}$  составило 0,91, степень гумификации – 25,7%, что было выше, чем при аналогичной системе удобрения без заправки соломы. При этом напряженность процесса гумификации на стадии новообразования гуминовых кислот и формирования их подвижных форм характеризовалась наиболее высокой по опыту величиной равной 1,02, при уменьшении показателя лабильности до 2,79, что также указывало на позитивную направленность процесса гумусообразования.

УДК 633:631.8

## **ПОЧВЕННО-АГРОХИМИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ УДОБРЕНИЙ**

**И.М. Богдевич<sup>1</sup>, Н.Д. Терещенко<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,  
г. Минск, Беларусь*

*<sup>2</sup>КУП «Гомельская ОПИСХ», г. Гомель, Беларусь*

Удобрения являются важным и неотъемлемым фактором интенсификации земледелия, так как в сочетании со средствами защиты растений обеспечивают свыше половины формируемого урожая сельскохозяйственных культур. Воспроизводство плодородия почв в современных условиях невозможно без рационального использования минеральных и органических удобрений. В связи с удорожанием энерготехнических ресурсов возрастает значимость окупаемости затрат на удобрения прибавкой урожайности сельскохозяйственных культур. Важным условием рационального применения минеральных удобрений является оценка их эффективности.

Цель наших исследований – дать количественную оценку влияния почвенно-агрохимических и экономических факторов на эффективность минеральных удобрений и урожайность культур в условиях производства. В настоящей работе обсуждаются пути повышения эффективности удобрений на основе учета плодородия почв и экономических факторов.

Расчеты агрономической эффективности базируются на предварительном прогнозировании урожайности, которая определяется как сумма слагаемых, обусловленная потенциальным плодородием почв и нормативной прибавкой урожая от внесенных удобрений, дифференцированной по уровню плодородия почв, согласно методики Института почвоведения и агрохимии, 2010 г. Используются текущие цены на продукцию и удобрения. Для сравнимости результатов по годам расчеты проведены в условных единицах – долларах США.

Оценка зависимости окупаемости удобрений от почвенно-агрохимических факторов проведена на материале крупномасштабного обследования пахотных и луговых почв Беларуси и отчетно-статистических данных о возделывании основных сельскохозяйственных культур. Собран, перифицирован и проанализирован массив данных по 118 районам республики за 2009-2014 гг. Используются корреляционный и регрессионный анализы, чтобы установить характер и тесноту взаимосвязи между исследуемыми факторами.

Увеличение капиталовложений и техническое переоснащение хозяйств, позволили заметно повысить урожайность зерновых, технических и кормовых культур за последние годы. Под зерновые, картофель и технические культуры вносятся оптимальные дозы минеральных удобрений (табл.) на фоне среднегодового уровня применения навоза около 10 т/га пашни.

Таблица

**Эффективность минеральных удобрений в Беларуси (2011–2014 гг.)**

Культура	НРК, кг/га	Урожайность, ц/га	Окупаемость, кг продукции на 1 кг НРК	Чистый доход, долл. США	Рентабельность, %
Зерновые и зернобобовые	275	33,3	6,0	70	28
Кукуруза, зерно	332	56,6	8,1	190	39
Рапс, семена	313	16,9	2,9	43	17
Лен, волокно	235	8,9	1,9	-28	-13

Культура	НРК, кг/га	Урожай- ность, ц/га	Окупае- мость, кг продукции на 1 кг НРК	Чистый доход, долл. США	Рента- бель- ность, %
Картофель	330	227	25	799	147
Сахарная свекла	456	460	51	409	56
Кукуруза, з. м.	284	269	43	-116	-33
Многолетние травы, з. м.	143	240	79	57	45
Сенокосы и пастбища, з. м.	104	154	58	6	6

Удобрения, вносимые под зерновые культуры, обеспечивают прибавку урожайности в среднем 6,0 кг зерна на кг НРК и 70 долларов чистого дохода на гектар посева при рентабельности 28%. Еще лучше удобрения окупаются под кукурузу на зерно, обеспечивая чистый доход по 190 долларов с гектара при рентабельности 39%. Наибольшая окупаемость удобрений традиционно наблюдается на картофеле. Здесь каждый внесенный кг НРК окупается прибавкой урожайности 25 кг клубней, при среднем доходе 799 долларов/га и рентабельности 147%. Хорошо окупаются удобрения под сахарную свеклу, озимый и яровой рапс, многолетние травы. Удобрения под лен-долгунец и кукурузу на зеленый корм не окупаются, вследствие технологических погрешностей и несоответствия урожайности вложенным ресурсам.

В целом, в многолетней динамике доля урожая зерна, формируемого за счет минеральных удобрений, имеет тенденцию к повышению— с 42—43% в 2001—2003 гг. до 46—49% в 2012—2014 гг. Это происходит как за счет увеличения доз внесения удобрений, так и за счет некоторого повышения эффективности их использования. Средняя взвешенная прибавка урожайности зерна на 1 кг НРК за период 2001—2003 гг. составила 5,7 кг зерна, а за последние три года — 6,2 кг зерна. Вместе с тем, среднегодовая окупаемость удобрений прибавкой урожая зерна сильно различается по районам, от 3,5 до 9,5 кг зерна.

Затраты на приобретение и внесение удобрений, уборку и доработку прибавки урожая росли опережающими темпами при значительных колебаниях цен реализации зерна. Поэтому уровень рентабельности удобрений под зерновые культуры по годам и районам сильно различался — от 105 до —47%. Очевидна необходимость исследовать влияние основных факторов, определяющих эффективность удобрений в условиях производства. Для уменьшения маскирующего влияния погодных условий, для исследования использованы средние показатели

урожайности зерновых культур и эффективности минеральных удобрений за четырехлетний период по 118 районам Беларуси.

Установлена тесная корреляционная зависимость величины окупаемости 1 кг NPK прибавкой урожая, кг зерна (Y) от показателя балла плодородия почвы (X), которая описывается уравнением:  $Y = 0,2397 X - 1,60$ ,  $R^2 = 0,67$ . Показатели окупаемости удобрений прибавкой урожая зерна увеличивались в районах с повышенным содержанием в почвах подвижных форм фосфора и калия и, наоборот, снижались по мере повышения доли кислых почв.

Величина окупаемости 1 кг NPK прибавкой урожая зерна (Y) находится также в прямой корреляционной связи с интегральным показателем интенсификации производства зерна. Этот показатель выражен стоимостью материально-денежных затрат на гектар посева (X, в диапазоне 197–772 долларов на гектар), и описывается уравнением:  $Y = 0,0086 X + 2,47$ ,  $R^2 = 0,56$ . Это значит, что по мере увеличения суммы затрат на каждые 100 долларов США на гектар посева, окупаемость 1 кг NPK удобрений повышается на 0,86 кг зерна.

Практическое значение имеет также зависимость, которая показывает, что повышение окупаемости 1 кг NPK удобрений прибавкой урожая на каждый кг зерна сопровождается увеличением чистого дохода на 34 доллара на гектар посева. Самоокупаемое производство зерна в период 2011–2014 гг. отмечено в 93 районах, где прибавка зерна на 1 кг NPK удобрений была на уровне 5,0 и более кг зерна. При окупаемости 1 кг NPK 7,1–9,5 кг зерна рентабельность зернового хозяйства была на уровне 30–62%.

В целом, по всем районам окупаемость 1 кг NPK прибавкой урожая (Y, кг зерна) находилась в достоверной корреляционной зависимости от следующих факторов: уровня плодородия почв ( $X_1$  – балл пашни), уровня внесения органических удобрений ( $X_2$  – т/га пашни), уровня интенсификации ( $X_3$  – сумма всех затрат на гектар посева) и описывалась производственной функцией:  $Y = -1,04 + 0,15760 X_1 + 0,004415 X_2 + 0,00395 X_3$ ,  $R^2 = 0,77$ ,  $p < 0,01$ . Предложенную функцию можно использовать для прогноза окупаемости удобрений с учетом почвенно-агрохимических и экономических особенностей районов и хозяйств.

Целенаправленное изменение приведенных характеристик факторов создает предпосылки для более полной реализации потенциала плодородия почв и удобрений. Очевидно, что рациональное применение удобрений является важным инструментом повышения экономической эффективности капиталовложений в сельскохозяйственное

производство. Повышается роль почвенно-агрохимического мониторинга для систематической оценки плодородия каждого поля, чтобы оптимизировать агрохимические свойства почв, от которых зависит окупаемость удобрений.

УДК 631.81

## **ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ И СОИ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ**

**Д.В. Божков<sup>2</sup>, В.В. Носов<sup>1</sup>, О.А. Бирюкова<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Южный федеральный университет,  
г. Ростов-на-Дону, Россия*

*<sup>2</sup>Филиал Международного института питания растений,  
г. Москва, Россия*

Разработка технологий, направленных на повышение и стабилизацию производства качественного зерна кукурузы и семян сои при экономном использовании материальных ресурсов приобретает в настоящих условиях значительную актуальность. Особая роль в данном вопросе отводится экологической интенсификации сельского хозяйства, т.е. повышению продуктивности культур без причинения какого-либо ущерба агроэкосистемам. В этой связи в рамках Глобального проекта по кукурузе совместно с Международным институтом питания растений проводится стационарный полевой опыт в севообороте кукуруза – соя, направленный на разработку агротехнологий возделывания кукурузы, удовлетворяющих критериям экологической интенсификации.

Целью нашей работы явилась оптимизация технологии выращивания кукурузы (гибрид Фурио) и сои (сорт Донская 9) с учетом энерго- и ресурсосбережения на черноземе обыкновенном Западного Предкавказья.

Полевые опыты были начаты в 2011 г. на Целинском ГСУ Ростовской области. Опыт повторяется в пространстве и ежегодно включает два экспериментальных участка (под кукурузой и соей). Предшественником в 2010 г. была озимая пшеница. В опыте сравниваются две системы применения удобрений, а именно: практика хозяйств, т.е. средние дозы минеральных удобрений, применяемые в хозяйствах региона, и экологическая интенсификация.

Кроме того, изучалось действие азотных удобрений при использовании данных агротехнологий. Варианты опыта для кукурузы были

следующими: 1) N9P40 под предпосевную культивацию; 2) N30P40 под предпосевную культивацию (практика хозяйств); 3) N17P70K40, включая N12P50K20 под предпосевную культивацию и N5P20K20 при посеве (2 см сбоку семян); 4) N85P70K40, включая N50P50K20 под предпосевную культивацию, N5P20K20 при посеве и N30 в между-рядную подкормку в стадию 3–5 листьев (экологическая интенсификация). В вариантах 3 и 4 проводилось опудривание семян кукурузы сульфатом цинка, поскольку, почвы Целинского района имеют низкую обеспеченность подвижным цинком.

Для сои изучались следующие варианты с внесением удобрений под культивацию: 1) N9P40 (практика хозяйств); 2) N20P40; 3) N10P45K30; 4) N30P45K30 (экологическая интенсификация). В вариантах 3 и 4 в первый год выращивания сои проводилась инокуляция семян ризоторфином и обработка молибдатом аммония, а в последующие годы – только обработка молибдатом аммония. Уборку урожая проводили прямым комбайнированием.

Почва в опытах – чернозем обыкновенный карбонатный со следующей исходной характеристикой пахотного горизонта (0–20 см): гумус – 2,94%; рН (H<sub>2</sub>O) – 7,90; N-NH<sub>4</sub> – 20,0, N-NO<sub>3</sub> – 14,2 мг/кг почвы; подвижные Р и К (по Мачигину) – 21.9 и 312мг соответственно P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O/кг почвы.

Наиболее благоприятные погодные условия наблюдались в 2011 г., когда в сумме за июнь-июль выпало 92 мм осадков, согласно данным установленной в опыте метеостанции. В 2012 г. этот показатель снизился до 71 мм, а в 2013 – до 39 мм, что привело к сильному снижению урожайности (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность зерна кукурузы в стационарном опыте (т/га)

Вариант опыта	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Среднее	Прибавка от повышения дозы N, %
N9P40	7,64	6,58	3,96	6,06	-
N30P40	7,98	6,64	4,36	6,33	4
N17P70K40*	8,19	6,86	4,20	6,42	-
N85P70K40*	8,62	7,20	4,65	6,82	6
HCP <sub>0.05</sub>	0,26	0,07	0,22	-	-

\* В данных вариантах проводилась обработка семян цинком.

Как следует из таблицы 1, экологическая интенсификация с внесением N85P70K40 под кукурузу способствовала получению 6.82 т/га зерна в среднем за 3 года исследований, что на 8% выше по сравнению с практикой хозяйств (N30P40). В среднем за 2011–13 гг. относитель-

ная прибавка урожайности при повышении доз азотных удобрений на двух изученных фонах была невысока и составила 4–6%, что объясняется хорошей обеспеченностью почвы минеральным азотом как перед закладкой опыта, так и в дальнейшем при возделывании кукурузы после сои (данные не представлены).

Агрономическая эффективность фосфорных и калийных удобрений (окупаемость прибавкой урожая зерна кукурузы) в среднем за 3 года составила 6,9 и 4,7 кг зерна/кг д.в. соответственно. По нашим оценкам, в текущих экономических условиях порог окупаемости фосфора прибавкой урожая кукурузы составляет порядка 6,4 кг зерна на 1 кг  $P_2O_5$ . Для калия этот показатель равен примерно 3,2 кг зерна на 1 кг  $K_2O$ . При данном анализе мы исходили из средних цен 4-го квартала 2013 г. на зерно кукурузы и удобрения – аммофос и стандартный хлористый калий (при поставке насыпью и 30-процентной наценке на дистрибуцию).

Экологическая интенсификация с внесением N30P45K30 под сою способствовала получению максимальной урожайности семян – 1,98 т/га в среднем за 3 года исследований (табл. 2), что на 25% выше по сравнению с практикой хозяйств (N9P40). Прибавка урожайности в результате повышения доз азотных удобрений на двух изученных фонах не всегда была достоверной и в среднем за 2011–13 гг. составила 6–7%. Однако увеличение доз азота способствовало существенному повышению содержания белка в семенах сои (в среднем на 2,2–2,3%). При приросте в урожайности семян это обеспечило значительное увеличение сбора белка (табл. 3). Максимальный сбор белка (789 кг/га в среднем за 3 года) был получен в варианте с внесением N30P45K30. Таким образом, результаты 3-х лет исследований свидетельствуют о том, что на черноземе обыкновенном карбонатном в условиях Южной природно-сельскохозяйственной зоны Ростовской области можно считать оправданным внесение азота под сою в дозе 30 кг/га для повышения урожайности и качества продукции.

Таблица 2

**Урожайность семян сои в стационарном опыте (т/га)**

Вариант опыта	2011	2012	2013	Среднее	Прибавка от повышения дозы N, %
N9P40	1,83	1,23	1,70	1,59	-
N20P40	1,89	1,28	1,93	1,70	7
N10P45K30*	2,08	1,47	2,04	1,86	-
N30P45K30*	2,23	1,52	2,19	1,98	6
НСР <sub>0,05</sub>	0,11	0,11	0,16		

\* В данных вариантах в первый год выращивания сои проводилась инокуляция семян и обработка молибденом, а в последующие годы – только обработка молибденом.

Таблица 3

**Технологическое качество семян сои в стационарном опыте (среднее за 3 года)**

Вариант опыта	Содержание, %**		Сбор, кг/га	
	Белка	Жиры	Белка	Жиры
N9P40	40,1	18,3	556	248
N20P40	42,4	17,8	629	260
N10P45K30*	43,4	19,2	706	309
N30P45K30*	45,6	19,2	789	328

\* Примечания, как в табл. 2. \*\* На абсолютно сухое вещество.

В заключение следует отметить, что оптимизация минерального питания кукурузы и сои на черноземе обыкновенном карбонатном – это важный фактор повышения продуктивности культур. Согласно полученным результатам, экологическая интенсификация способствует росту урожайности зерна кукурузы на 8%, а семян сои – на 25% по сравнению со сложившейся практикой хозяйств. Кроме того, использование агротехнологий возделывания сои, удовлетворяющих критериям экологической интенсификации, позволяет улучшить качество продукции – повысить содержание белка в семенах.

*Работа поддержана грантом Министерства образования  
и науки № 5.885.2014/К*

УДК 631.8.022.3/633.11

## **МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ ПРИРОСТОВ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ В ПРИЧЕРНОМОРСКОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ**

**С.И. Бурькина, Е.В. Коваленко**

*Институт сельского хозяйства Причерноморья НААНУ,  
г. Одесса, Украина*

В статье представлены результаты исследований 2007–2014 гг., полученные в условиях полевого стационарного опыта заложенного в 1971 г. на черноземе южном малогумусном тяжелосуглинистом. Повторность в опыте трехкратная с систематическим размещением вариантов и повторений, во времени – четырехкратная с последова-

тельным вхождением в севооборот одним полем. Посевная площадь – 240 м<sup>2</sup>, учетная – 80.

Минеральные удобрения в виде аммиачной селитры, суперфосфата простого и калийной соли применяли под основную обработку. Схема опыта включает 17 вариантов. Минеральный азот вносился как в чистом виде в нормах 60, 120 и 180 кг, так и по двум фонам: P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> и P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Кроме того, присутствовали варианты парных сочетаний: N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>, N<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, N<sub>180</sub>P<sub>60</sub>, N<sub>180</sub>K<sub>60</sub>, что позволило вычлнить влияние каждого из изучаемых элементов минерального питания на формирование приростов зерна пшеницы озимой и оценить эффективность их применения. Следует отметить, что к началу представляемого периода исследований пахотный слой почвы всех вариантов опыта, за исключением контрольного, характеризовался высоким содержанием подвижного фосфора, очень высоким – обменного калия (вытяжка по Чирикову) и средним – доступным для растения азотом.

Пшеница озимая сорт Кнопa, в пятой ротации полевого севооборота размещалась по четырем предшественникам: пар черный, пар сидеральный (вика озимая), озимая пшеница (после сидерального пара) и рапс озимый. Технология ее выращивания – общепринятая для зоны Причерноморской степи Украины. Учет урожая проводили прямым комбайнированием «Сампо 100».

Проводя энергетическую оценку эффективности использования минеральных удобрений, учитывали материально-энергетические затраты только по изучаемому элементу технологии и за содержание энергии, накопленной в продукции, принимали энергию прибавки урожая, что допускается существующими методиками [1, 2].

При рассмотрении данных таблицы 1 очевидно, что при внесении минерального азота в чистом виде, приросты урожая пшеницы озимой увеличиваются, а окупаемость единицы удобрений зерном уменьшается в ряду N<sub>60</sub> → N<sub>120</sub> → N<sub>180</sub> и абсолютные величины увеличения урожая растут в цепочке: черный пар → пар сидеральный → пшеница озимая (после сидерального пара) → рапс озимый. Внесение этих же норм азота в составе полного минерального удобрения уменьшает абсолютные величины приростов, хотя закономерность изменения по дозам внесения и предшественникам сохраняется. В этом случае процент потери прироста максимальный по черному пару и составляет от 62,5 при N<sub>60</sub> до 51,1 при N<sub>180</sub>, минимальный – по пару сидеральному: 7,9 и 5,5 соответственно, пшеница озимая и рапс озимый занимают промежуточное положение: 12,9...52,2 и 32,4...42,2.

Таблица 1  
**Приросты урожаев и окупаемость минеральных удобрений зерном пшеницы озимой (среднее за 2007–2014 гг. )**

Норма внесения, кг д.в./га	Прирост урожая, ц/га				Приходится кг зерна на 1 кг д.в. удобрений				
	пар		рапс озимый	пшеница озимая	предшественник		рапс озимый	пшеница озимая	
	черный	сидеральный			черный	сидеральный			
	сидеральный	пар	сидеральный	пар	сидеральный	пар	сидеральный		
N <sub>60</sub>	9,60	9,50	12,03	11,65	16,00	15,83	20,04	19,42	
N <sub>120</sub>	12,44	17,25	21,95	18,60	10,37	14,37	18,29	15,50	
N <sub>180</sub>	12,40	20,32	23,08	22,90	6,89	11,29	12,82	12,72	
на фоне P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>									
N <sub>60</sub>	3,60	8,75	8,13	10,15	1,00	14,58	13,54	16,92	
N <sub>120</sub>	4,38	13,05	9,30	10,40	3,65	10,75	7,75	8,67	
N <sub>180</sub>	6,06	19,20	13,33	10,95	3,67	10,67	7,40	6,10	
полное минеральное удобрение									
N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	10,74	12,05	14,98	15,85	8,95	10,04	12,48	13,21	
N <sub>120</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	12,38	14,10	19,58	21,05	6,88	7,84	10,88	11,70	
N <sub>180</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	15,50	19,48	20,85	21,8	6,46	8,12	8,69	9,09	
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	10,80	12,68	21,53	22,45	6,00	7,04	11,96	12,48	
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	14,58	16,83	22,70	22,70	6,07	7,01	9,46	9,46	
N <sub>180</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	16,26	23,12	26,72	23,25	5,42	7,71	8,91	7,75	
НСР <sub>05</sub>	5,63	4,40	6,84	3,88	5,48	4,42	6,58	3,91	
F <sub>критическое</sub>	1,68	1,68	1,68	2,10	1,68	1,68	1,68	2,10	
F <sub>фактическое</sub>	4,29	12,10	6,93	17,80	2,05	2,95	2,11	5,75	

Определение долевого влияния азота, фосфора и калия в формировании прироста зерна пшеницы озимой в среднем за годы исследований (табл. 2) показало, что на варианте  $N_{60} P_{60} K_{60}$  азотные удобрения в зависимости от предшественника обеспечивают 60,6...54,8% от общего действия полного минерального удобрения, фосфорные – 29,3...16,0 и калийные – 10,1...29,2; на варианте  $N_{180} P_{60} K_{60}$  – 45,9...64,6; 32,1...15,8 и 22,0...16,6.

Таблица 2

**Доля влияния отдельных элементов питания минеральных удобрений на приросты зерна пшеницы озимой**

Норма внесения, кг д.в./га		% от общего прироста зерна			
		пар		рапс озимый	пшеница озимая
		черный	сидеральный		
$N_{60} P_{60} K_{60}$		100,0	100,0	100,0	100,0
в т.ч.	$N_{60}$	60,6	57,6	54,8	56,5
	$P_{60}$	29,3	26,9	16,0	20,3
	$K_{60}$	10,1	15,5	29,2	23,1
$N_{180} P_{60} K_{60}$		100,0	100,0	100,0	100,0
в т.ч.	$N_{180}$	45,9	64,6	61,9	55,3
	$P_{60}$	32,1	15,8	21,5	22,7
	$K_{60}$	22,0	19,6	16,6	22,0

Таким образом, азотные удобрения обеспечивают получение более половины общего прироста урожая и, в принципе, доля влияния элемента соответствует начальному уровню обеспеченности почвы опытных участков тем или иным элементом: чем выше уровень обеспеченности, тем меньше доля влияния. Мы отмечали, что обеспеченность по азоту – средняя, фосфором – высокая и калием – очень высокая и по этой же цепочке ниспадает эффективность элементов питания: максимальная – азот ( в среднем 57,2%), фосфор – 23,0 и калий – минимальная (19,8).

Энергетическая эффективность использования минеральных удобрений под озимую пшеницу в зависимости от нормы азота, внесенного в чистом виде или в составе полного минерального удобрения, составила в среднем: при  $N_{60}$  – 2,1;  $N_{120}$  – 1,7 и  $N_{180}$  – 1,5. Колебания значений по предшественникам указаны в таблице 3.

Таблица 3

**Энергоотдача при использовании минеральных удобрений под пшеницу озимую**

Норма внесения, кг д.в./га	Энергоотдача	Интервал колебания в зависимости от предшественника
$N_{60}$	2,0	1,93–2,20
$N_{120}$	1,8	1,47–2,11

Норма внесения, кг д.в./га	Энергоотдача	Интервал колебания в зависимости от предшественника
$N_{180}$	1,5	1,09–1,70
$N_{60}P_{30}K_{30}$	2,1	1,91–2,39
$N_{120}P_{30}K_{30}$	1,6	1,39–1,90
$N_{180}P_{30}K_{30}$	1,4	1,24–1,54
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,1	1,78–2,62
$N_{120}P_{60}K_{60}$	1,7	1,50–2,00
$N_{180}P_{60}K_{60}$	1,5	1,25–1,77

### Список литературы

1. Методика определения энергетической эффективности применения минеральных, органических и известковых удобрений / Г.В. Василюк [и др.]. – Минск, 1996. – 50 с.
2. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва (науково-методичне забезпечення)[за наук. ред. докт. с.-г. наук Ю.О. Татаріко]. – К.: Аграрна наука, 2005. – 199 с.

УДК 631.8:631.51:631.461.61

## ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ И СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ НА ЦЕЛЛЮЗОРАЗЛАГАЮЩУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ

**Е.Ф. Валейша, А.И. Горбылева, М.М. Комаров**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Беларусь*

В настоящее время разработан большой набор биологических показателей, в той или иной степени характеризующих плодородие почвы и достаточно тесно коррелирующих с урожайностью сельскохозяйственных культур. Наиболее доступным из них является целлюлозоразлагающая активность почвы. Она очень устойчива к воздействию физических и химических факторов, но легко разлагается целлюлозоразрушающими микроорганизмами. При этом высвобождается большое количество энергии, углерода, промежуточных продуктов распада (сахаров, органических кислот), которые используются другими различными группами микроорганизмов, в том числе и такими как азотобактер и клостридиум. В целом, комплекс условий, необходимый для активной

деятельности целлюлозоразлагающих аэробных микроорганизмов, совпадает с условиями, необходимыми для роста и развития растений.

При разных способах механической обработки почвы растительные остатки заделываются на разную глубину, где биологические процессы протекают в различных условиях. Поэтому биогенность почвы прямо и косвенно связана с интенсивностью ее обработки. Прямым следствием является изменение аэрации, влажности и других условий жизнедеятельности микроорганизмов, а косвенным – перераспределение по слоям почвы органического вещества – источника пищи и энергетического материала микрофлоры.

Исследования проводились на двух полях в звене зернопашного севооборота стационарного опыта кафедры почвоведения в 2008–2010 гг. УНЦ «Опытные поля БГСХА» Тушково. Целлюлозоразлагающая активность почвы изучалась методом аппликации в слое почвы 0–20 см. Срок компостирования – 1 месяц. В 2008 г. на поле 1 и в 2009 г. на поле 2 – в опыте возделывали ячмень сорта Гоннар, в 2009 г. на поле 1 и в 2010 г. на поле 2 – кукурузу сорта Бемо 180, в 2010 году – на поле 1 – яровую пшеницу сорта Банти.

В опыте контролем служил вариант без удобрения, изучались минеральная, органоминеральная с внесением навоза и соломы системы удобрения. При этом органические удобрения (60 т/га) и солома (6 т/га) были внесены под кукурузу.

Установлено, что целлюлозоразлагающая активность зависела как от погодных условий, так и от применяемых систем удобрения и способов основной обработки почвы. Схожие метеорологические условия по водному и температурному режиму (близкие к средним многолетним данным) за период компостирования бумаги в 2008–2010 гг. обусловили близкие по значению темпы целлюлозоразлагающей активности. Увеличение ее темпов отмечено в 2008 и 2010 гг., что объясняется повышенными значениями температуры и осадков за этот период. Общей закономерностью явилось увеличение темпов минерализации независимо от способов обработки по органоминеральной системе удобрения, так как она обеспечивает дополнительное внесение органического вещества и элементов питания для растений и микроорганизмов. При этом более густой травостой приводит к менее сильному нагреву поверхности почвы и её иссушению, что также сказывается на целлюлозоразлагающей активности.

Так, в 2008 г. интенсивность разложения клетчатки в посевах ячменя оказалась выше, чем в 2009 г. и изменялась в 2008 г. от 28,8 до 33,3%, а в 2009 – от 4,7 до 20,9% (табл. 1).

Таблица 1

**Влияние системы удобрения и способов обработки почвы на  
целлюлозоразлагающую активность в посевах зерновых, %**

Способы обработки	Система удобрения	Ячмень, 2008 г.	Ячмень, 2009 г.	Яровая пшеница, 2010 г.
Отвальная традиционная	Без удобрения	28,8	4,9	11,5
	НПК	30,8	4,7	11,3
	НПК + навоз	32,1	9,8	18,2
	НПК + солома	30,4	12,1	17,7
Безотвальная (минимальная) прямой посев,	Без удобрения	30,2	16,3	20,9
	НПК	30,7	19,9	20,9
	НПК + навоз	33,3	20,9	22,9
	НПК + солома	31,1	19,7	22,8
НСП <sub>05</sub> обработка удобрения		2,75	2,42	1,99
		3,89	3,42	2,81

При обоих способах обработки почвы потери в массе бумаги были наименьшими в вариантах без применения удобрения и составили на фоне отвальной традиционной обработки почвы и прямого посева соответственно в 2008 г. — 28,8 и 30,2%, а в 2009 г. — 4,9 и 16,3%. Минеральная система удобрения несколько увеличила темпы минерализации клетчатки. Однако на фоне отвальной традиционной обработки прибавка по отношению к контролю в значении изучаемого показателя оказалась несущественной. На обоих фонах обработки почвы наиболее высокая целлюлозоразлагающая активность почвы была выявлена в вариантах с органоминеральной системой удобрения с внесением навоза и составила на фоне отвальной традиционной 32,1%, а на фоне прямого посева — 33,3%.

В 2009 г. в посевах ячменя интенсивность разложения клетчатки составила от 4,9 до 20,9%. Наименьшие потери в массе бумаги были на контроле и составили на фоне прямого посева 16,3%, отвальной традиционной обработки почвы — 4,9%. При применении минеральной системы удобрения — 19,9 и 4,7% соответственно. Несколько увеличила темпы минерализации клетчатки органоминеральные системы удобрения, причем на фоне отвальной традиционной обработки почвы она была выше с внесением соломы и составила 12,1%, а на фоне прямого посева с внесением навоза и составила 20,9%. При этом отмечена тенденция к увеличению темпов разложения клетчатки на фоне прямого посева в 2 раза по отношению к отвальной традиционной обработки почвы.

Такая же закономерность прослеживается и в посевах яровой пшеницы в 2010 г. Наиболее высокой она была при применении органоминеральных систем удобрения и составила на фоне безотвальной (минимальной) обработки почвы с внесением навоза 22,9%, с внесением соломы – 22,8%, а на фоне отвальной традиционной – 18,2 и 17,7% соответственно.

Применение безотвальной (минимальной) обработки почвы увеличило целлюлозоразлагающую активность почвы более чем в 2 раза. При этом более высокой биологической активностью на обоих фонах обработки почвы отличались варианты с применением органо-минеральных систем удобрения с внесением навоза и соломы.

В посевах кукурузы она колебалась от 21,2 до 31,0% в 2009 г. и от 26,3 до 52,4% в 2010 г. Она была наименьшей на контроле и в вариантах с минеральной системой удобрения составила на фоне отвальной традиционной обработке почвы – 21,2 и 24,8%, на фоне безотвальной (минимальной) – 23,1 и 23,4% соответственно. При этом на фоне безотвальной (минимальной) обработки почвы различия в значении данного показателя между контрольным вариантом и вариантом с минеральной системой удобрения были незначительны в 2009 г. Более высокой биологической активностью отличались органоминеральные системы удобрения, при этом на фоне отвальной традиционной обработки почвы наибольшее значение показателя было с внесением соломы и составило 30,6%, а на фоне безотвальной (минимальной) обработки почвы с внесением навоза – 31,0% (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние системы удобрения и способов обработки почвы на целлюлозоразлагающую активность в посевах кукурузы, %**

Способ обработки	Система удобрения	Кукуруза, 2009 г.	Кукуруза, 2010 г.
Отвальная традиционная	Без удобрения	21,2	26,3
	НПК	24,8	29,9
	НПК + навоз	29,5	34,2
	НПК + солома	30,6	34,2
Безотвальная (минимальная)	Без удобрения	23,1	32,9
	НПК	23,4	33,3
	НПК + навоз	31,0	52,4
	НПК + солома	29,9	45,9
НСП <sub>05</sub> обработка удобрения		3,36 4,76	2,27 3,31

В 2010 г. разница была существенной как по способам обработки почвы, так и при применении систем удобрения. Так, на фоне безотвальной (минимальной) обработки почвы при применении органоминеральных систем удобрения с внесением навоза и соломы она составила 52,4 и 45,9% соответственно, а на фоне отвальной традиционной – 34,2% как с добавлением навоза, так и с добавлением соломы.

Применение безотвальной (минимальной) обработки почвы увеличило темпы разложения клетчатки в 1,2–1,5 раза, что составило 4,2 и 6,7% по сравнению с отвальной традиционной обработкой почвы.

Таким образом, установлено, что целлюлозоразлагающая активность зависела как от погодных условий, так и от применяемых систем удобрения и способов обработки почвы. Применение прямого посева и безотвальной (минимальной) обработки почвы увеличило целлюлозоразлагающую активность почвы более чем в 1,5 раза по сравнению с отвальной традиционной обработкой почвы. При этом более высокой биологической активностью на обоих фонах обработки почвы отличались варианты с применением органоминеральных систем удобрения с внесением навоза и соломы.

УДК 631.8:633.13

## **ВЛИЯНИЕ МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ, РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПЛЕНЧАТОГО И ГОЛОЗЕРНОГО ОВСА**

**И.Р. Вильдфлуш, О.В. Мурзова**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»  
г. Горки, Беларусь*

Важнейшей задачей, стоящей перед сельскохозяйственным производством является дальнейшее совершенствование интенсивной технологии возделывания сельскохозяйственных культур на основе оптимизации лимитирующих факторов, что должно обеспечить получение максимальное урожайности при высоком качестве продукции.

В последнее время разработаны новые формы микроудобрений в хелатной форме, а также комплексные удобрения для некорневых подкормок, позволяющее оптимизировать питание растений на протяжении всей их вегетации. Резервом повышения урожайности и качества продукции является использование регуляторов роста растений, которые повышают устойчивость растений к неблагоприятным условиям и позволяют существенно увеличить урожайность и качество сельскохозяйственных культур при минимальных затратах [1, 2]. Большой интерес представляет использование комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста, их эффективность слабо изучена на овсе [3].

Цель исследований – на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве северо-восточной части Беларуси исследовать влияния азотных, фосфорных и калийных удобрений, водорастворимого комплексного удобрения Нутривант плюс, микроудобрения Адоб Медь, комплексного удобрения на основе микроэлементов и регулятора роста МикроСтим Медь и регулятора роста Экосил на урожайность и качество голозерного овса сорта Гоша и пленчатого овса сорта Запавет.

Исследования проводились на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемым с глубины около 1 м моренным суглинком с голозерным сортом овса Гоша и пленчатым сортом овса Запавет. Почва опытного участка по годам исследований имела  $pH_{KCl}$  5,4–6,1, содержание гумуса 1,2–1,7%, подвижных форм фосфора 225–291, калия 186–238 и меди 1,2–2,2 мг/кг почвы.

До посева использовали в опытах карбамид (46% N), аммофос (12% N, 52%  $P_2O_5$ ) и хлористый калий (60%  $K_2O$ ). В подкормку применяли 0,8 л/га Адоб Медь (жидкий концентрат удобрения, содержащий 6,43% меди в хелатной форме, 9% азота и 3% магния), а также комплексный препарат на основе микроэлементов и регуляторов роста в дозе 1 л/га МикроСтим-Медь (медь 78,0 г/л, азот 65,0 г/л, гуминовые вещества 0,6–5,0 мг/л). Для некорневой подкормки в фазу кущения и выхода в трубку на посевах овса применялось водорастворимое комплексное удобрение Нутривант плюс (N – 6%,  $P_2O_5$  – 23%,  $K_2O$  – 35%, MgO – 1%, B – 0,1%, Zn – 0,2%, Cu – 0,25%, Fe – 0,05%, Mo – 0,002% и фертивант (прилипатель)) в дозе 2 кг/га. Регулятор роста Экосил применяли в дозе 75 мл/га в фазе начала выхода в трубку.

Подкормка овса проводилась карбамидом в фазе начала выхода в трубку.

В среднем за два года урожайность зерна на овсе пленчатом сорта Запавет в варианте  $N_{90}P_{60}K_{90}$  по сравнению с контролем возросла на 15,6 ц/га, а у голозерного сорта овса Гоша – на 10,7 ц/га соответственно. Окупаемость 1 кг NPK кг зерна по этому варианту опыта у сорта Запавет составила 6,5 кг, а у сорта Гоша – 4,5 кг. В варианте опыта с дробным внесением азота ( $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30 \text{ мочеv}}$  в подкормку) урожайность зерна по сравнению с разовым внесением у пленчатого и у голозерного сорта овса была на одном уровне (табл.).

Некорневая подкормка пленчатого и голозерного овса на фоне  $N_{90}P_{60}K_{90}$  микроудобрением Адоб Медь повышала урожайность зерна овса на 5,4 ц/га и 6,2 ц/га, окупаемость 1 кг NPK кг зерна у них составила 8,8 кг и 7,0 кг соответственно. Использование комплексного препарата МикроСтим Медь также увеличивала урожайность зерна овса у пленчатого сорта на 6,0 ц/га, у голозерного сорта – на 4,7 ц/га. Окупаемость 1 кг NPK кг зерна в этом варианте опыта у сорта Запавет составила 9,0 кг, а у сорта Гоша – 6,4 кг.

Применение регулятора роста Экосил по сравнению с фоновым вариантом  $N_{90}P_{60}K_{90}$  увеличивало урожайность зерна у пленчатого сорта на 5,3 ц/га, а у голозерного сорта на 5,9 ц/га. Окупаемость 1 кг NPK кг зерна при этом у сорта Запавет составила 8,7 кг, а у сорта Гоша – 6,9 кг.

В варианте опыта с использованием комплексного удобрения Нутривант плюс по сравнению с фоновым вариантом  $N_{90}P_{60}K_{90}$  урожайность зерна у пленчатого сорта овса возросла на 5,5 ц/га, а у голозерного сорта – на 6,9 ц/га. Окупаемость 1 кг NPK кг зерна в этом варианте опыта у сорта Запавет составила 8,8 кг, а у сорта Гоша – 7,3 кг.

Важным показателем качества зерна овса является сырой белок. Наиболее высокое содержание сырого белка (15,6%) было у голозерного сорта овса в варианте, где на фоне  $N_{90}P_{60}K_{90}$  применялись Адоб Медь, МикроСтим Медь и Нутривант плюс (табл.). Пленчатый овес по сравнению с голозерным имел меньшее содержание сырого белка. Максимальное содержание сырого белка у пленчатого сорта Запавет отмечено также в вариантах с обработкой посевов на фоне  $N_{90}P_{60}K_{90}$  Адоб Медь, Нутривант плюс и МикроСтим Медь, которое составило 13,1; 13,2 и 13,0%.

Влияние систем удобрения на урожайность и качество зерна овса

Вариант опыта	Урожайность, ц/га		Средняя урожайность, ц/га	Окупаемость 1 кг NPK, кг зерна	Сырой белок, среднее за 2 года, %
	2013 г.	2014 г.			
	Пленчатый сорт овса Запавет				
1. Без удобрений (контроль)	18,7	36,3	27,5	-	10,3
2. N16P60K90	25,5	42,4	34,0	3,9	11,1
3. N60P60K90	30,1	47,3	38,7	5,3	11,4
4. N90P60K90 <sub>фон</sub>	32,1	54,1	43,1	6,5	11,8
5. N60P60K90 + N30 <sub>молев.</sub> в фазе начала выхода в трубку	33,7	54,5	44,1	6,6	12,5
6. Фон + Адоб Мель в фазе начала выхода в трубку	34,8	62,1	48,5	8,8	13,1
7. Фон + Экосил в фазе начала выхода в трубку 75 мл/га	34,9	61,8	48,4	8,7	12,6
8. Фон + МикроСтим Мель в фазе начала выхода в трубку	36,4	61,8	49,1	9,0	13,0
9. Фон + Нутривант плюс – 2 обработки	36,0	61,2	48,6	8,8	13,2
НСР <sub>05</sub>	3,0	5,1	2,9	-	0,7
<b>Голозерный сорт овса Гоша</b>					
1. Без удобрений (контроль)	14,8	27,3	21,1	-	13,6
2. N16P60K90	18,8	30,9	24,9	2,3	14,4
3. N60P60K90	25,4	34,5	30,0	4,2	14,6
4. N90P60K90 <sub>фон</sub>	27,2	36,4	31,8	4,5	14,8
5. N60P60K90 + N30 <sub>молев.</sub> в фазе начала выхода в трубку	28,6	38,8	33,7	5,0	14,9
6. Фон + Адоб Мель в фазе начала выхода в трубку	32,9	43,0	38,0	7,0	15,6
7. Фон + Экосил в фазе начала выхода в трубку 75 мл/га	32,8	42,6	37,7	6,9	15,2
8. Фон + МикроСтим Мель в фазе начала выхода в трубку	30,9	42,0	36,5	6,4	15,6
9. Фон + Нутривант плюс – 2 обработки	31,9	45,5	38,7	7,3	15,6
НСР <sub>05</sub>	2,8	3,5	2,3	-	0,9

Обработка посевов микроудобрением Адоб Медь, комплексным удобрением Нутривант плюс и комплексным препаратом на основе меди и регулятора роста МикроСтим Медь на фоне  $N_{90}P_{60}K_{90}$  повышала урожайность голозерного овса сорта Гоша на 6,2 ц; 6,9 ц и 4,7 ц/га, а пленчатого овса сорта Запавет – 5,4 ц; 5,5 ц и 6,0 ц/га. Экосил на фоне  $N_{90}P_{60}K_{90}$  увеличил урожайность пленчатого овса на 5,3 ц/га, а голозерного – на 5,9 ц/га.

Наиболее высокое содержание сырого белка в зерне у пленчатого овса (13,2%), было при применении Нутриванта плюс на фоне  $N_{90}P_{60}K_{90}$ , а у голозерного овса (15,6%) при обработке посевов Адоб Медь, Нутривантом плюс и МикроСтимом Медь на фоне  $N_{90}P_{60}K_{90}$ .

Пленчатый овес сорта Запавет был более урожайный, чем голозерный сорт Гоша. Голозерный овес отличался более высоким содержанием сырого белка в зерне.

### Список литературы

1. Саскевич, П.А. Применение регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / П.А. Саскевич, В.Р. Кажарский, С.Н. Козлов. – Горки: БГСХА, 2009. – 296 с.

2. Пономаренко, С.П. Регуляторы роста растений / С.П. Пономаренко – Киев: Ин-т биоорганической химии, 2003. – 319 с.

3. Вильдфлуш, И.Р. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2011 – 293.

УДК 631.472.08:631.41:631.445.24:631.61

## **ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ ОКУЛЬТУРИВАНИЯ НА СТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ**

**С.Е. Витковская**

*ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»,  
Санкт-Петербург, Россия*

При введении целинных дерново-подзолистых почв в сельскохозяйственный оборот происходит постепенный процесс их окультуривания, который сопровождается существенным нивелированием неоднородности почвенных свойств, присущей нативным почвам,

изменением морфологических признаков и качественного состава вовлеченных в этот процесс почвенных горизонтов [1]. Скорость и направленность этих процессов зависит от почвенно-климатических условий и применяемой агротехники. Исследование изменения параметров плодородия дерново-подзолистых почв при окультуривании важно для разработки мероприятий по управлению плодородием почв и продукционным процессом сельскохозяйственных культур, а также для оценки масштабов экологических последствий интенсивного воздействия на агроэкосистемы [2].

Изучение изменения строения почвенного профиля и агрохимических параметров дерново-слабоподзолистой легкосуглинистой почвы при окультуривании проводили в 2011 г. на 2-х объектах: 1) хорошо окультуренной почве стационарного полевого опыта; 2) сходной по генезису почве в прилегающем нативном лесном массиве. Опыт был заложен в 2006 г. в Меньковском филиале Агрофизического института, состоит из 3 парцелл (площадью 0,5 га каждая), различающихся дозами внесенных органических удобрений (бесподстилочный навоз КРС). Выбранный для закладки опыта участок характеризовался следующими исходными агрохимическими показателями (2003 г.):  $pH_{KCl} - 5,5-5,7$ ;  $P_2O_5 - 287-305$  мг/кг;  $K_2O - 190-255$  мг/кг;  $N_{общ} - 0,11-0,15\%$ ; орг. вещество — 2,6–3,2%. Формирование парцелл (внесение органических удобрений) проводили в период 2003–2009 гг.: 1) органические удобрения не вносили; 2) за 7 лет внесено органических удобрений 240 т/га, извести 1 т/га; 3) за 7 лет внесено органических удобрений 680 т/га, извести 3 т/га. Парцеллы разбиты на 3 повторности, каждая из которых включает 3 делянки, различавшиеся дозами ежегодно вносимых минеральных удобрений. Длина делянки — 43 м, ширина — 5,5 м. В период 2006–2011 гг. суммарное количество внесенных минеральных удобрений, кг/д.в./га, составило на парцелле 1: вар. 1 — N70P20K70, вар. 2 — N200P30K120, вар. 3 — N295P100K215; на парцелле 2: вар. 1 — N70P20K60, вар. 2 — N250P90K260, вар. 3 — N365P150K345; на парцелле 3: вар. 1 — N90P20K40, вар. 2 — N270P90K320, вар. 3 — N405P130K345. Осенью 2011 г. с целью изучения влияния окультуривания на морфологические признаки и агрохимические параметры дерново-подзолистой почвы на 3-м варианте каждой из 3-х парцелл и в прилегающем лесном массиве (объект 2) были заложены почвенные разрезы. По картографическому материалу было установлено, что окультуривание почв тестируемого земельного массива продолжается примерно в течение 160 лет. Аналитические испытания почвенных

проб выполнялись в 3-кратной повторности по стандартным методикам.

Сравнительно-морфологическое исследование показало, что при окультуривании дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы основные изменения в строении почвенного профиля коснулись верхнего слоя 0–40 см. За 160 лет антропогенного воздействия произошло формирование горизонтов Апах и А1А2 (0–30 см) за счет горизонтов А0, А1 и частично – А2В. Изменение некоторых агрохимических параметров горизонтов пахотной почвы по сравнению с нативной выявлено на глубине 1 м и более (табл. 1).

Содержание подвижного фосфора в горизонтах Апах + А1А2 превысило среднее содержание элемента в горизонтах А1 + А2В нативной почвы в 8–12 раз. Существенное увеличение содержания подвижных фосфатов наблюдали во всех тестируемых горизонтах пахотной почвы по отношению к почве под лесом. Рассчитанные по линейной модели средние скорости накопления фосфора за 160 лет составили  $1,7 \pm 0,04$ ,  $1,9 \pm 0,2$  и  $2,3 \pm 0,6$  мг/кг·год<sup>-1</sup> – для парцелл 1-3 соответственно. В период 2003–2011 гг на парцеллах 2 и 3 содержание  $P_2O_5$  возросло со скоростью  $10 \pm 2$  и  $20 \pm 8$  мг/кг·год<sup>-1</sup> соответственно. За ротацию севооборота (2006–2011 гг.) баланс подвижного  $P_2O_5$  на тестируемом варианте (вариант 3) парцелл составил, кг/га: –148 (парцелла 1), +45 (парцелла 2), +206 (парцелла 3).

Среднее содержание обменного калия в горизонтах Апах + А1А2 парцелл 1–3 возросло по отношению к среднему содержанию в горизонтах А1 + А2В нативной почвы в 3, 6 и 6 раз соответственно. Установлен элювиально-иллювиальный характер распределения обменного калия по профилю пахотной дерново-подзолистой почвы: в почве всех парцелл опыта наблюдали увеличение содержания элемента в горизонте В1 по отношению к горизонту А2В. Скорость накопления обменного калия в период до 2006 г. составила  $1,2 \pm 0,02$ ,  $1,9 \pm 1$  и  $2,4 \pm 1,9$  мг/кг·год<sup>-1</sup> на парцеллах 1–3 соответственно. В последующие 5 лет содержание элемента в пахотном горизонте на указанных парцеллах линейно снижалось со скоростью 27, 48 и 74 мг/кг·год<sup>-1</sup> соответственно. За ротацию севооборота (2006–2011 гг.) баланс обменного  $K_2O$  на тестируемом варианте (вариант 3) парцелл составил, кг/га: –667 (парцелла 1), –148 (парцелла 2), +416 (парцелла 3). Суммарное за 9 лет внесение органических удобрений в дозах 240 и 680 т/га повлияло на увеличение содержания органического вещества в горизонтах Апах + А1А2 парцелл 2 и 3 на 36 и 78% соответственно по отношению к парцелле 1 (без органических удобрений). Окультуривание существенно отразилось на кислотно-основных свойствах почвы. Ре-

акция почвы изменилась от сильнокислой до слабокислой и близкой к нейтральной. Различия величины  $pH_{KCl}$  пахотной и нативной почв наблюдали до глубины не более 80 см. Окультуривание существенно повлияло на гидролитическую кислотность во всех тестируемых горизонтах пахотной почвы – до глубины 1.5 м и более (табл.1). Среднее содержание обменного  $Ca^{2+}$  в горизонтах Апах + А1А2 парцелл 1–3 возросло по отношению к среднему содержанию в горизонтах А1 + А2В нативной почвы в 9, 12 и 12 раз соответственно.

Таблица 1

**Строение почвенного профиля и агрохимические параметры горизонтов пахотной и нативной почв**

Горизонт	Мощность, см	Показатель					органич. в-во, %
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N <sub>r</sub>	pH <sub>KCl</sub>	органич. в-во, %	
		мг/кг					
<i>Парцелла 1 (без органических удобрений)</i>							
Апах	0–22	294±15	89±4	2.4±0,1	5.5±0,1	2.8±0,1	
А1А2	22–31	295±10	85±4	3,0±0,2	5.4±0,1	2.7±0,1	
А2В	31–48	221±9	58±3	1.4±0,08	5.2±0,1	0.4±0,02	
В1	48–79	123±7	120±5	3.3±0,3	3.9±0,08	0.4±0,01	
В2	79–106	122±3	66±3	2.2±0,2	3.9±0,08	0.2±0,01	
С	106–155	152±5	19±0,4	0.99±0,07	4.5±0,09	0.1±0,005	
<i>Парцелла 2 (органические удобрения 240 т/га + известь 1 т/га)</i>							
Апах	0–22	389±8	217±10	1.4±0,1	6.2±0,1	3.7±0,1	
А1А2	22–30	366±18	182±7	1.28±0,08	6.3±0,1	4,0±0,1	
А2В	30–55	374±13	66±3	0.67±0,05	5.7±0,1	0.5±0	
В1	55–81	170±8	124±2	0.89±0,05	5.2±0,1	0.4±0,003	
В2	81–104	136±5	43±2	0.81±0,06	4.7±0,09	0.3±0,005	
С	104–145	146±6	62±1	1.98±0,14	3.9±0,08	0.3±0,003	
<i>Парцелла 3 (органические удобрения 680 т/га + известь 3 т/га)</i>							
Апах	0–22	376±11	159±5	2.2±0,1	5.7±0,1	4.2±0,2	
А1А2	22–33	553±11	221±11	2.0±0,2	6.0±0,1	5.9±0,2	
А2В	33–50	169±6	50±2	1.37±0,08	4.0±0,08	0.2±0,01	
В1	50–75	108±4	163±7	1.03±0,06	4.2±0,08	0.6±0,03	
В2	75–120	159±9	128±6	1.6±0,1	4.1±0,08	0.2±0,005	
С	120–165	164±8	81±4	1.18±0,09	4.2±0,08	0.2±0,01	
<i>Лес</i>							
А1	5–15	19±0,6	46±2	>17	3.1±0,06	8.1±0,5	
А2В	15–45	59±2	15±0,3	4,4±0,3	4.2±0,06	1.3±0,05	
В1	45–76	30±2	46±2	6,0±0,4	3.5±0,07	0.4±0,02	
В2	76–105	45±2	35±1	4,0±0,2	3.8±0,08	0.2±0,004	

## Список литературы

1. Витковская, С.Е. Методы оценки неоднородности почвенного покрова при планировании и проведении полевых опытов / С.Е. Витковская. – СПб.: АФИ, 2011. – 52 с.
2. Витковская, С.Е. Изменение строения профиля и агрохимических параметров дерново-подзолистой почвы при окультуривании / С.Е. Витковская А.И. Иванов, П.А. Филиппов //Агрохимия. – 2014. – № 7. – С. 9–16.

УДК 633.31:632.51

## **ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СЕМЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЮЦЕРНЫ**

**С.В. Гавриков, В.М. Макаро, Л.С. Рутковская**

*РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси»,  
г. Щугин, Беларусь*

В последние годы большое внимание специалистов по кормопроизводству обращено на расширение посевов многолетних бобовых трав, которые значительно увеличивают содержание растительного белка в кормовом рационе животных, что особенно актуально в условиях ограниченных материально-технических ресурсов. Одной из таких культур является люцерна.

В настоящее время в Беларуси наряду с импортными районировано три отечественных сорта люцерны: Превосходная, Будучыня и Мария. По данным авторов они обладают стабильной и высокой урожайностью зелёной массы, зимостойкостью, продуктивным долголетием травостоя. Однако широкое расширение посевов этих сортов сдерживается недостатком посевного материала, что в свою очередь связано с трудностью получения их семян.

Интенсивная технология производства семян данной культуры предъявляет высокие требования к оптимизации режима питания растений, поэтому рациональное использование удобрений, способствующее сохранению и повышению почвенного плодородия, является одним из важных элементов формирования посевов с высокой и устойчивой семенной продуктивностью на протяжении всего периода эксплуатации.

РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси» в 2006–2009 гг. проводил исследования по изучению эффек-

тивности применения комплексных минеральных удобрений (АФК) на семенных посевах люцерны.

Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая с глубины 0,7 м моренным суглинком. Агрохимическая характеристика пахотного слоя: рН – 5,9–6,0, гумус – 1,3–1,4%, содержание  $P_2O_5$  – 240–247 и  $K_2O$  – 160–170 мг/кг почвы.

Схема опыта включала следующие варианты: 1. Контроль (без удобрений); 2.  $P_{60}K_{60}$  до посева +  $P_{30}K_{60}$  весной следующего года в подкормку; 3.  $N_{10}P_{32}K_{70}$ ; 4.  $N_{15}P_{48}K_{105}$ ; 5.  $N_{20}P_{64}K_{140}$ ; 6.  $N_{25}P_{80}K_{175}$ ; 7.  $N_{12}P_{42}K_{64}V_{0,34}Zn_{0,42}$ ; 8.  $N_{18}P_{63}K_{96}V_{0,51}Zn_{0,63}$ ; 9.  $N_{24}P_{84}K_{128}V_{0,68}Zn_{0,84}$ ; 10.  $N_{30}P_{105}K_{160}V_{0,85}Zn_{1,05}$ .

В исследованиях использовались две марки комплексных удобрений, разработанные РУП «Институт почвоведения и агрохимии» –  $N_5P_{16}K_{35}$  и  $N_6P_{21}K_{32}V_{0,17}Zn_{0,21}$  (варианты 3–10) и простые виды минеральных удобрений: суперфосфат простой и хлористый калий (вариант 2).

Посев люцерны сорта Превосходная проведен беспокровно широкорядным способом (45 см) с нормой высева семян 8 кг/га.

В результате установлено, что применение комплексных удобрений способствовало формированию семенной продуктивности люцерны в сумме за два года использования на уровне 126–232 кг/га (табл.). При этом, в сравнении с вариантом, где использовались простые формы удобрений в рекомендованных в настоящее время нормах существенный положительный эффект на рост урожайности семян обеспечили следующие дозы АФК:  $N_{25}P_{80}K_{175}$ ,  $N_{12}P_{42}K_{64}V_{0,34}Zn_{0,42}$ ,  $N_{18}P_{63}K_{96}V_{0,51}Zn_{0,63}$ ,  $N_{24}P_{84}K_{128}V_{0,68}Zn_{0,84}$  и  $N_{30}P_{105}K_{160}V_{0,85}Zn_{1,05}$  (данный показатель повышался на 32–91 кг/га).

Таблица

**Эффективность применения комплексных удобрений на семенном травостое люцерны (среднее 2007–2009 гг.)**

Вариант опыта	Урожайность семян, кг/га	Содержание $P_2O_5$ , мг/кг почвы			Содержание $K_2O$ , мг/кг почвы		
		в начале	в конце	+	в начале	в конце	+
1. Контроль (без удобрений)	68	245	210	-35	169	126	-43
2. $P_{60}K_{60}$ до посева + весной следующего года $P_{30}K_{60}$ в подкормку	141	241	247	+6	168	172	+4
3. $N_{10}P_{32}K_{70}$	126	242	214	-28	170	140	-30
4. $N_{15}P_{48}K_{105}$	140	240	215	-25	166	143	-23

Вариант опыта	Урожай- ность семян, кг/га	Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг почвы			Содержание K <sub>2</sub> O, мг/кг почвы		
		в на- чале	в конце	+	в на- чале	в конце	+
5. N <sub>20</sub> P <sub>64</sub> K <sub>140</sub>	147	244	232	-12	161	146	-15
6. N <sub>25</sub> P <sub>80</sub> K <sub>175</sub>	173	240	241	+1	167	171	+4
7. N <sub>12</sub> P <sub>42</sub> K <sub>64</sub> B <sub>0,34</sub> Zn <sub>0,42</sub>	189	247	225	-22	160	129	-31
8. N <sub>18</sub> P <sub>63</sub> K <sub>96</sub> B <sub>0,51</sub> Zn <sub>0,63</sub>	199	246	231	-15	170	142	-28
9. N <sub>24</sub> P <sub>84</sub> K <sub>128</sub> B <sub>0,68</sub> Zn <sub>0,84</sub>	217	241	238	-3	164	148	-16
10. N <sub>30</sub> P <sub>105</sub> K <sub>160</sub> B <sub>0,85</sub> Zn <sub>1,05</sub>	232	242	250	+	165	172	+7
НСР <sub>05</sub>	6,9						

К формированию же наивысшего уровня семенной продуктивности (232 кг/га) приводило применение максимальной дозы сложных удобрений с микроэлементами (N<sub>30</sub>P<sub>105</sub>K<sub>160</sub>B<sub>0,85</sub>Zn<sub>1,05</sub>).

В исследованиях также изучалось влияние различных доз удобрений на обеспеченность почвы подвижным фосфором и обменным калием за весь период использования семенного травостоя. Увеличение содержания данных элементов питания в почве происходило при использовании простых форм минеральных удобрений в рекомендованных дозах, а также комплексных удобрений в дозах N<sub>25</sub>P<sub>80</sub>K<sub>175</sub> и N<sub>30</sub>P<sub>105</sub>K<sub>160</sub>B<sub>0,85</sub>Zn<sub>1,05</sub> (на 1–8 мг/кг почвы P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 4–7 мг/кг почвы – K<sub>2</sub>O). В остальных вариантах отмечено снижение величины данных показателей.

Таким образом, для получения высокой семенной продуктивности люцерны в сумме за два года использования (на уровне 232 кг/га), а также сохранения исходного почвенного плодородия целесообразно использовать бор- и цинксодержащее комплексное удобрение марки N<sub>6</sub>P<sub>21</sub>K<sub>32</sub>B<sub>0,17</sub>Zn<sub>0,21</sub> в количестве 5 ц/га, применяемое под предпосевную культивацию на весь период использования семенного травостоя.

## **РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ С НАИБОЛЬШЕЙ ИХ ОКУПАЕМОСТЬЮ В УСЛОВИЯХ ЮГА УКРАИНЫ**

**В.В. Гамаюнова**

*Николаевский национальный аграрный университет,  
г. Николаев, Украина*

Применение удобрений является одним из основных приемов в земледелии, максимально влияющим на урожайность, качество сельскохозяйственных растений, а также на плодородие почвы в процессе ее использования. Вместе с тем известно, что естественное плодородие почв, к сожалению, постепенно ухудшается, снижается их обеспеченность основными элементами питания, физические свойства, содержание гумуса и другие важные показатели качества его составляющие.

Связано это с целым рядом отклонений от научно обоснованных рекомендаций возделывания сельскохозяйственных культур, в частности, несоблюдением рекомендованного их чередования в севооборотах, недостаточным включением в них бобовых культур и особенно многолетних трав, которые являются не только одним из способов почвоулучшения, но и накопителями бесплатного биологического азота, не выполняется закон возврата в почву питательных веществ и др. [1, 2].

В последние годы практически не применяют органические удобрения, намного меньше нормы и не под каждую культуру вносят минеральные. Вместе с тем без применения удобрений обойтись невозможно, ведь при оптимизации питательного режима урожайность сельскохозяйственных культур в среднем увеличивается на 30–40%, а на орошаемых землях — на 75% и больше [3]. При сбалансированном питании в значительной степени возрастает накопление вегетативной массы растений в т. ч. и листовой поверхности, т.е. усиливается фотосинтетическая активность и способность сельскохозяйственных культур синтезировать органическое вещество, от чего непосредственно зависит уровень их продуктивности.

В таких условиях необходимо искать пути, каким же образом при минимуме затрат оптимизировать питание растений, от удобрений и биологических препаратов, применяемых в незначительных количествах, получать максимальную отдачу. Решению этих вопросов и посвящены наши исследования.

Эффективность удобрений существенно повышается и это установлено для многих регионов, в т.ч. и нами в условиях южной Степи Украины [4], при применении их в расчетных дозах на запланированный уровень урожайности балансовым методом по разнице между выносом NPK урожаем и содержанием их в подвижной форме в почве конкретного поля. Окупаемость удобрений, внесенных в расчетной дозе, по сравнению с оптимальной рекомендованной на разных культурах, с которыми мы проводили исследования (пшеница, ячмень, рожь, тритикале, рапс, озимые и яровые, сориз, кукуруза, суданская трава, соя, овощные культуры и др.) возрастает от 2,4 до 5,7 раз в зависимости от уровня обеспеченности почвы элементами питания.

Эффективность или отдача от удобрений существенно увеличивается при локальном их применении, что также широко известно и сейчас это нужно использовать. Нами установлено, что применение под картофель половинной дозы минеральных удобрений  $N_{45}P_{45}K_{45}$  локально в слой почвы 0–12 см, в сравнении с рекомендованной для зоны исследований дозой  $N_{90}P_{90}K_{90}$  взброс, урожайность клубней всех исследуемых сортов формируется одинаковой (таб.).

Таблица

**Урожайность товарных клубней сортов картофеля и окупаемость единицы минерального удобрения прибавкой дополнительного урожая <sup>\*)</sup>, (среднее за 2010–2012 гг.)**

Вариант питания	Исследуемые сорта								
	Тирас			Забава			Славянка		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. Без удобрений – контроль	16,6	0,0	0,0	18,0	0,0	0,0	19,1	0,0	0,0
2. Без удобрений + обработка растений диазофитом	17,5	0,0	0,0	18,7	0,0	0,0	19,7	0,0	0,0
3. Без удобрений + обработка растений адаптофитом	17,7	0,0	0,0	18,9	0,0	0,0	19,9	0,0	0,0
4. Без удобрений + обработка растений агростимулином	18,1	0,0	0,0	18,9	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0
5. $N_{90}P_{90}K_{90}$ – взброс	23,1	6,5	24,1	25,1	7,1	26,3	26,8	7,7	28,5
6. $N_{90}P_{90}K_{90}$ + обработка растений диазофитом	24,2	6,7	24,8	25,9	7,2	26,7	27,1	7,4	27,4
7. $N_{90}P_{90}K_{90}$ + обработка растений адаптофитом	24,8	7,1	26,3	26,4	7,5	27,8	27,4	7,5	27,8
8. $N_{90}P_{90}K_{90}$ + обработка растений агростимулином	24,9	6,8	25,2	26,7	7,8	28,9	27,6	8,5	31,5

Вариант питания	Исследуемые сорта								
	Тирас			Забава			Славянка		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
9. $N_{45}P_{45}K_{45}$ – локально в слой почвы 0-12 см	23,2	6,6	48,9	25,1	7,1	52,6	26,8	6,8	50,4
10. $N_{45}P_{45}K_{45}$ - локально в слой почвы 0-12 см + обработка растений диазофитом	24,7	7,2	53,3	26,0	7,3	54,1	27,4	7,7	57,0
11 $N_{45}P_{45}K_{45}$ – локально в слой почвы 0-12 см + обработка растений адаптофитом	25,0	7,3	54,1	26,5	7,6	56,3	27,6	7,7	57,0
12 $N_{45}P_{45}K_{45}$ – локально в слой почвы 0-12 см + обработка растений агростимулином	25,1	7,0	51,9	26,7	7,8	57,8	27,6	7,6	56,3

\*) 1 – средняя урожайность клубней т/га; 2 – прибавка урожая от минеральных удобрений, т/га; 3 – окупаемость 1 кг д. в. NPK дополнительно сформированным урожаем клубней картофеля, кг.

При обработке посевов росторегулирующими препаратами в период бутонизации растений она увеличивается в среднем на 1,7–2,4 т/га. Связано это с тем, что в последние годы хозяйствования без применения органических удобрений, в формировании урожая возрастает роль и значение микроэлементов [5]. Приведенные в таблице данные также свидетельствуют, что при локальном применении удобрений значительно возрастает (в два раза) их окупаемость дополнительно сформированной урожайностью клубней.

Аналогичные результаты получены в исследованиях с тритикале яровым (сорт Оберег харьковский) и пшеницей яровой (сорт Элегия мироновская). Как зерновая продуктивность, так и окупаемость единицы NPK приростом урожая, существенно увеличиваются при применении подкормок посевов растений биопрепаратами в основные периоды вегетации.

Так, если без удобрений зерна тритикале получено 1,65 т/га, то при внесении  $N_{30}P_{30}$  урожайность повысилась до 2,18 т/га, или на 32,1%. Проведение подкормки в период выхода растений в трубку по этому фону способствовало увеличению урожая зерна в среднем по исследуемым препаратам до 2,45 т/га – на 48,5% больше в сравнении с контролем и на 12,4% с фоном  $N_{30}P_{30}$ . При двукратной обработке посева еще и в период налива зерна продуктивность возросла до 2,65 т/га, или соответственно на 60,6% и 21,6%. Установлено, если для традиционной подкормки в фазу налива зерна использовать карбамид, то

урожайность зерна не увеличивается в сравнении с двукратной обработкой растений биопрепаратами, а окупаемость удобрений при этом снижается с 16,67 до 10,56 кг зерна/кг д. в. НРК соответственно.

Такие же результаты получены и при выращивании пшеницы яровой и масличной культуры рыжика ярового сорта Степной. При обработке семян рыжика и проведении подкормок как современными биопрепаратами, так и кристаллоном продуктивность культуры возросла. Если без обработки семян по фону основного внесения  $N_{15}P_{15}K_{15}$ , урожайность зерна рыжика составила 3,77 ц/га, то от этого приема в среднем по препаратам она возросла до 5,95 т/га, что связано со значительно лучшей всхожестью растений и оптимизацией питания в начальный период вегетации в засушливых условиях юга Украины. При проведении листовых подкормок зерновая продуктивность рыжика существенно возросла как без обработки семян биопрепаратами, так и в еще большей степени по ее фонам.

Естественно, что при таком подходе к улучшению питания растений окупаемость внесенных до посева минеральных удобрений в минимальной дозе  $N_{15}P_{15}K_{15}$  увеличивается в 2,2–2,7 раза.

Таким образом, в связи со сложившейся ситуацией в землепользовании и экономике, следует искать возможности оптимизации питания сельскохозяйственных культур, так как этот прием при возделывании их как без полива, так и при орошении, обеспечивает получение гарантированной, стабильной урожайности. Применение расчетной или половинной дозы удобрений локально в сравнении с рекомендованной вразброс обеспечивает получение одинаковых уровней урожайности. Обработка семян и посевов растений в основные периоды их вегетации биопрепаратами при незначительных материальных затратах обеспечивает высокую эффективность как в увеличении продуктивности сельскохозяйственных культур, так и окупаемости этих приемов и удобрений.

### Список литературы

1. Добровольский, Г.В. Сохранение почв и их плодородия - важнейшая экологическая проблема XXI века / Г.В. Добровольский // Почвы и их плодородие на рубеже столетий: материалы II съезда Белорусского общества почвоведов. – Кн. 1. «Теоретические и прикладные проблемы почвоведения». – Минск, 2001. – С. 74–75.
2. Системи удобрення сільськогосподарських культур / І.Д. Філіп'єв [та ін.] // Наукові основи охорони та раціонально говикористання з рошуваних земель України / [за ред. С.А. Балука, М.І. Ромашенка, В.А. Шашука]. – К.: Аграрна наука, 2009. – С. 279–299.

3. Гамаюнова, В.В. Сучасний стан, проблеми та перспективизагосударства добрив у зрошуваному землеробстві південної зони України / В.В. Гамаюнова, І.Д. Філіп'єв, О.В. Сидякіна // Вісник Харківського НАУ ім. В.В. Докучаєва. Серія «Грунтознавство, агрохімія, землеробство, лісового господарство». — Харків, 2004. — № 1. — С. 181–186.

4. Гамаюнова, В.В. Определение доз удобрений под сельскохозяйственные культуры в условиях орошения / В.В. Гамаюнова, И.Д. Филиппев // Вісник аграрної науки. — 1997. — № 5. — С. 15–19.

5. Оценка обеспеченности почв Украины подвижными формами микроэлементов для выращивания зерновых культур / А.И. Фатеев [и др.] / Агрохімія і ґрунтознавство (міжвід. темат. наук. зб.) — Спецвипуск до IX з'їзду УТГА, кн. 1, Пленарні доповіді. — Харків, 2014. — С.162–171.

УДК 631.524.84:631.671.3:633.179:631.472.71

## **ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ОДНОЛЕТНИХ ЗАСУХОУСТОЙЧИВЫХ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР НА ДЕРНОВО-ГЛЕЕВЫХ ПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ**

**А.Н. Гапонюк, А.В. Сорока, В.А. Бачило**

*ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси»,  
г. Брест, Беларусь*

Особенностью почвенных условий Белорусского Полесья является преобладание легких песчаных и супесчаных почв с неустойчивым водным режимом из-за повторяющихся засух и особенностей легких почв [1].

Пестрота почвообразующих пород и невыровненность рельефа обусловили повышенную комплексность почвенного покрова Полесья, где преобладающее значение имеют следующие типы почв: дерново-заболоченные, дерново-подзолистые заболоченные, дерново-подзолистые, торфяно-болотные и торфяно-минеральные почвы [2].

В Полесском регионе дерновые заболоченные (дерново-глееватые, дерново-глеевые) почвы занимают на сельскохозяйственных угодиях 17,1% или площадь 518755,9 га. Общая площадь данных песчаных почв на сельскохозяйственных угодиях равна 217927 га [3]. Дерновые заболоченные почвы формируются в понижениях с неглубоким залеганием жестких грунтовых вод, что способствует развитию дернового и глеевого процессов почвообразования и созданию сравнительно мощного гумусового горизонта в их генетическом профиле [4]. Данные почвы,

согласно изученности отечественными и зарубежными учеными, являются пригодными для возделывания кормовых культур.

Однолетние кормовые культуры являются источником зеленых кормов в системе зеленого конвейера. Важным биологическим свойством однолетних трав является их скороспелость от сева до уборки на зеленый корм проходит немногим более двух месяцев. За такой короткий срок они успевают нарастить 300 ц/га зеленой массы и более. Высев их в разные сроки позволяет регулировать поступление зеленого корма и получать его в нужное для хозяйства время [5].

В связи с этим цель исследований заключалась в изучении продуктивности однолетних кормовых трав на дерново-глеевых песчаных почвах Полесского региона.

Оценка продуктивности однолетних кормовых культур изучалась на протяжении 2012–2014 гг. в условиях полевого стационарного опыта ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси» на опытном стационаре «Мухавец» в ГУСП «Племзавод Мухавец» Брестского района.

Объектами исследований являлись дерново-глеевая песчаная почва на водно-ледниковом связном песке, сменяемом с глубины 0,4 м рыхлым песком и однолетние засухоустойчивые просовидные кормовые культуры, адаптированные к почвенно-климатическим условиям Полесья: пайза (сорт Удалая; 12,0 кг/га), просо (сорт Белорусское; 30,0 кг/га), а также бобово-злаковая смесь: пелюшка (сорт Агат; 160,0 кг/га) + овес (сорт Запавет; 70,0 кг/га) – контроль. Нормы высева культур учитывались при 100%-ной посевной годности семян. Общая площадь делянки – 20 м<sup>2</sup>. Мощность пахотного горизонта 20–25 см. Общее количество делянок – 12. Агротехника возделывания сельскохозяйственных культур общепринятая для республики. Минеральные удобрения под однолетние травы внесены согласно отраслевым регламентам: под просо и пайзу в дозе N<sub>60</sub>P<sub>70</sub>K<sub>110</sub>, под пелюшко-овсяную смесь – N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>.

Пахотный горизонт дерново-глеевой песчаной почвы опытного стационара характеризовался следующими агрохимическими показателями: pH<sub>(КС1)</sub> – 5,98, содержание гумуса – 4,18%, фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – 118 мг/кг, калия (K<sub>2</sub>O) – 150 мг/кг почвы.

В наших исследованиях (2012–2014 гг.) установлено, что в среднем за три года на исследуемой дерново-глеевой песчаной почве урожайность сухого вещества однолетних трав находилась в пределах 29,8–38,3 ц/га в зависимости от видовых особенностей просовидных культур (табл. 1).

Таблица 1

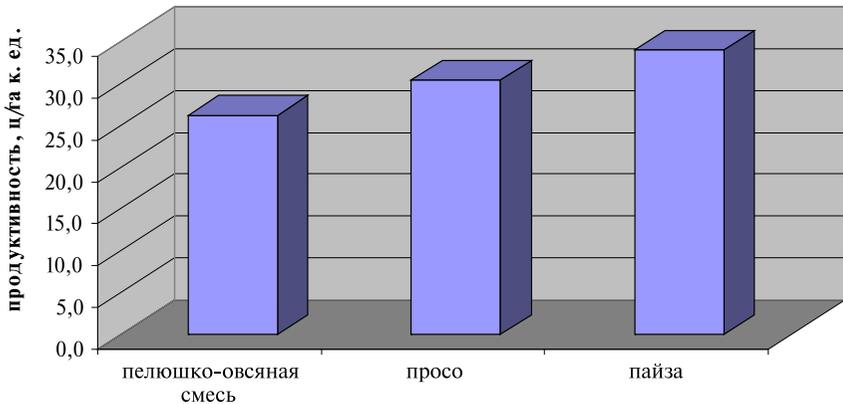
**Урожайность сухого вещества однолетних трав по годам на дерново-глеевой  
песчаной почве, ц/га**

Культура	Урожайность сухого вещества, ц/га			
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	среднее за три года
Овес + пелюшка (контроль)	30,9	27,4	31,2	29,8
Просо	33,3	34,5	38,5	35,4
Пайза	35,4	39,1	40,4	38,3
НСР <sub>05</sub>	1,8	2,1	1,7	

На дерново-глеевой песчаной почве среди однолетних культур урожайность сухого вещества пайзы как по годам, так и в среднем за три года оказалась наибольшей, которая составила 38,3 ц/га. Просо по урожайности сухого вещества занимало промежуточное положение относительно пайзы и пелюшко-овсяной смеси. Самая низкая урожайность сухого вещества наблюдалась у пелюшко-овсяной смеси.

Выход кормовых единиц и сбор сырого протеина среди однолетних трав в среднем за три года оказались наибольшими у пайзы (рис. 1, 2) – 34 ц/га и 5,6 ц/га соответственно.

У проса отмечен меньший выход кормовых единиц и сбор сырого протеина по сравнению с пайзой. Самые низкие показатели по выходу кормовых единиц отмечены у пелюшко-овсяной смеси (рис. 1, 2).



*Рис. 1.* Выход кормовых единиц однолетних трав на дерново-глеевой песчаной почве (в среднем за 3 года), ц/га

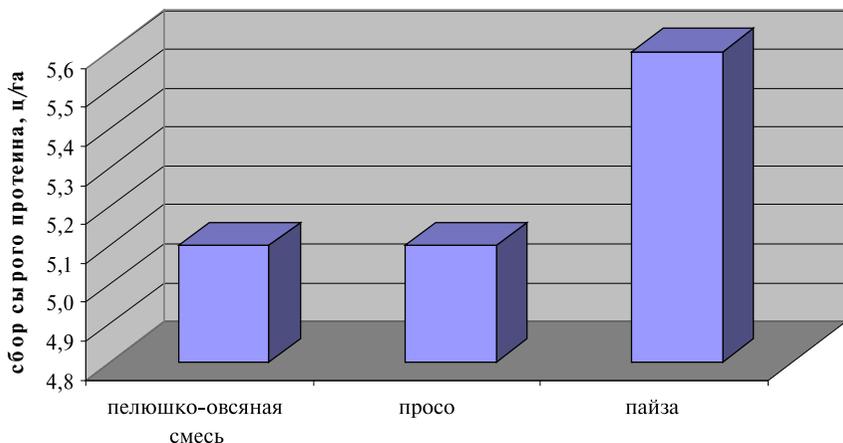


Рис. 2. Сбор сырого протеина однолетних трав на дерново-глеевой песчаной почве (в среднем за 3 года), ц/га

Таким образом, в условиях Полесья на дерново-глеевых песчаных почвах продуктивность однолетних трав формируется на высоком уровне. Возделывание засухоустойчивой пайзы на дерново-глеевых песчаных почвах в Полесском регионе способствует получению корма с высоким сбором сырого протеина и выходом кормовых единиц с 1 га по сравнению с другими видами однолетних трав (просо, пелюшко-овсяная смесь).

### Список литературы

1. Копылович, В.Л. Продуктивность кормовых засухоустойчивых культур в экологическом сортоиспытании / В.Л. Копылович // Производство растениеводческой продукции: резервы снижения затрат и повышения качества: материалы МНПК г. Жодино, 10–11.07.2008. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – С. 133–135.
2. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: Практическое пособие / Г. И. Кузнецов [и др.]; под ред. Г.И. Кузнецова, Н.И. Смеяна. – Минск: Оргстрой, 2001. – С. 421–426.
3. Кузнецов, Г.И. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практ. пособие / Г.И. Кузнецов [и др.]. – Минск, 2001. – 432 с.
4. Черныш, А.Ф. Мониторинг земель: Пособие для студентов географического факультета / А.Ф. Черныш. – Минск: БГУ, 2002 – С. 8.
5. Шлапунов, В.Н. Кормовое поле Беларуси / В.Н. Шлапунов, В.С. Цыдик. – Барановичи: Баранов. укрупн. тип. – 2003 г. – 304 с.

## **ОРГАНИЧЕСКОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ**

**Т.М. Германович, Т.А. Гуринович**

*Белорусский государственный экономический университет,  
г. Минск, Беларусь*

Проблема качества пищевых продуктов и продовольственного сырья актуальна в мире. В последние два десятилетия мировой рынок экологически чистых продуктов питания бурно развивается и становится популярной альтернативой потреблению вредных и экологически небезопасных продуктов. Экологическая (биоорганическая) продукция – это продукция экологического сельского хозяйства и экологического природопользования, произведенная по основным правилам IFOAM, но с особенностями местных условий выращивания и производства. На основе базовых стандартов IFOAM создана структура, в рамках которой по всему миру работают органы по сертификации, разрабатывая с учетом почвенных, климатических и др. условий собственные стандарты в области сертификации [1].

В основе органического землепользования лежит взаимодействие традиционных и инновационных технологий, обеспечивающее благоприятное развитие всех форм жизни.

Органическое сельское хозяйство успешно развивается в большинстве стран мира, занимая 35 млн га сельскохозяйственных земель. Уже в 2010 г. мировой рынок органической продукции составил 60 млрд евро и оборот его постоянно растет, несмотря на кризис [2].

Спрос на органическую продукцию в мире достаточно велик, так что ниша для произведенной в будущем белорусской продукции есть. Вопрос о необходимости создания механизма производства и реализации экологически чистой продукции, который способен заинтересовать работников АПК является весьма актуальным.

К основным тенденциям сегмента чистой продукции мирового рынка относятся неуклонный рост производства, потребления и объема мировой торговли как в натуральном, так и в стоимостном выражении. Причем рост прослеживается по всем товарным позициям без исключения.

Доля органического сектора в основных показателях продовольственного рынка развитых стран растет на 2–3% ежегодно.

При этом сохраняется превышение спроса над предложением, что и делает органический сектор одним из локомотивов развития аграрного сектора многих стран [3].

В целом, к органической продукции в мире отношение позитивное как среди тех, кто потребляет органику, так и среди тех, кому она не доступна. Однако есть и тенденции противодействия развития органическому сектору.

Интенсивное сельское хозяйство подразумевает оптимизацию затрат, благодаря чему себестоимость продукции дешевле «штучного» производства. Полный отказ от минеральных удобрений и химических средств защиты растений приводит к снижению урожайности, а, следовательно, и объемов продовольствия и сырья.

Для биопродуктов характерна высокая себестоимость, так как у производителя нет возможности в полной мере влиять на урожай, скорость выращивания продукции, стойкость к болезням и вредителям.

Остается спорным вопрос: насколько органическое земледелие вообще является экологически чистым? Среди ученых нет единого мнения по данному вопросу.

Практика органического сельского хозяйства не может полностью исключить содержание в продукции остатков минеральных веществ в силу общего загрязнения окружающей среды, несмотря на то, что используются определенные методы для снижения уровня загрязнения воздуха, почвы и воды. Питанием для растений является все же не органика, а минеральные вещества, углекислый газ и свет, если минеральное питание, сбалансировано, то вредной продукция не будет. Все товары, произведенные в соответствии с санитарно-эпидемиологическими нормами, безопасны для потребления. Безопасная продукция должна соответствовать установленным экологическим требованиям и показателям, закрепленным в медико-биологических нормативах, стандартах, технических условиях и не представлять опасности для жизни и здоровья людей. В такой продукции токсичные вещества могут содержаться только в предельно допустимых для человека концентрациях. Правовой статус экологически чистой продукции должен определяться соответствующими санитарными и ветеринарными нормами и правилами.

Для почв Беларуси характерен низкий естественный уровень плодородия. Используя методы интенсивного хозяйствования в стране, мы добились высокой производительной продуктивности сельскохозяйственных угодий, при которой ежегодно растет урожайность, увеличиваются валовые сборы сельскохозяйственных культур, од-

нако, это достигается ценой постоянно возрастающей химизации наших полей [4].

Внесение органических удобрений вместо минеральных удобрений, требует значительно больших транспортных затрат, т.е. расхода топлива и не всегда оправдано экономически и энергетически.

Органика требует и времени, и многих условий для её перехода в доступную форму, что приводит к меньшему урожаю за тот же период.

Вся органика состоит из тех же элементов, что и минеральные удобрения, которыми и питаются растения.

Органические удобрения в первую очередь вносят как основной источник азота, в том числе и в нитратной форме. При недостаточном количестве доступного фосфора решить проблему его дефицита с помощью органических удобрений проблематично, как и проблему стабилизации уровня почвенного плодородия, дальнейшей деградации почв. За снижение показателей плодородия почв землепользователь должен возместить затраты, необходимые для восстановления плодородия. Экономические санкции за снижение плодородия почв должны определяться на основании сопоставимых данных очередного и предыдущего тура почвенного и агрохимического обследования почв.

Возникнет проблема ценовой доступности органической продукции, решить которую возможно только при внедрении новых энерго-ресурсосберегающих технологий.

Однако органическое земледелие – отрасль, открытая для инноваций, что должно позволить достичь в будущем принципиальных целей экологического производства и переработки в области производства продуктов питания экологически высокого качества, сохранения и повышения плодородия почв на долгосрочной основе, приостановлении деградации плодородия пахотных земель.

### Список литературы

1. <http://elf8.chat.ru/ekolo.htm#final> – Дата доступа 15.03.15
2. <http://regreenhub.ru/2010/12/globalnyji-rynok-organicheskikh-produktov-v-2009-g-rost-prodolzhaetsya/> – Дата доступа 10.03.15
3. Ревенко, Л. Мировые тенденции органического агропроизводства. – Л. Ревенко. – <http://ecpol.ru/2012-04-05-13-45-47/2012-04-05-13-46-45/309-mirovye-tendentsii-organicheskogo-agroproduzvodstva.html>. – Дата доступа 15.03.15
4. Органическое сельское хозяйство Беларуси: перспективы развития: материалы междунар. науч.-практ. конф. / сост. Н.И. Поречина. – Минск: До-нарит, 2012. – 104 с.

## **ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АЗОТА В ПОЧВЕ ПРИ ВНЕСЕНИИ БЕЗВОДНОГО АММИАКА**

**Е.Ю. Гладких, Н.Н. Мирошниченко**

*ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского»  
г. Харьков, Украина*

Азоту принадлежит ведущая роль в повышении урожая сельскохозяйственных культур. Д.Н. Прянишников подчеркивал, что главным условием, определяющим среднюю высоту урожая, была степень обеспеченности сельскохозяйственных растений азотом. Поэтому, не случайно в странах интенсивного земледелия, где в большинстве почв азот находится в минимуме, издавна стремились улучшить азотный баланс, найти новые высокоэффективные источники азотного питания растений [1].

По данным ФАО, в мире используется около 100 млн т азотных удобрений, однако эффективность их достаточно низкая – около 33%. Это обусловлено также высокими потерями азота за счет его улетучивания или вымывания, что существенно ухудшает экологическую ситуацию в агрофитоценозах [2].

Известно, что различные формы азотных удобрений отличаются по интенсивности миграции в почвенном профиле. Высокие потери азота наблюдаются при использовании нитратных удобрений, таких как аммиачная, натриевая, кальциевая, калийная селитры. Это вызвано быстрым вымыванием нитратов, особенно в периоды с высокой влажностью почвы. Большое количество хозяйств широко применяют КАСы – их удобно вносить, они содержат одновременно аммонийную, нитратную и амидную формы азота. Однако при повышенных температурах эффективность КАСов снижается. Также наблюдается низкая эффективность усвоения азота при поверхностном внесении мочевины без заделки. Потери азота при этом могут составлять 40% и более [3, 4]. Альтернативой вышеперечисленных азотных удобрений и решением вопроса снижения потерь азота является применение безводного аммиака в земледелии. Это связано с тем, что ионы  $\text{NH}^{4+}$  лучше фиксируются почвенными коллоидами и не вымываются из почвы. Предполагается, что при внесении аммония достаточное количество азота должно быть доступно культуре на протяжении всей вегетации.

Наши исследования по изучению влияния внесения разных форм азотных удобрений, в том числе безводного аммиака, на агрохимические

свойства чернозема оподзоленного, в частности на перераспределение азота по профилю почвы проводились в условиях производственного полевого опыта на базе демонстрационного опытного поля АО «Райз-Максимко» в Лохвицком районе Полтавской области. Исходные параметры исследуемой почвы в верхнем генетическом горизонте: содержание физической глины – 36,1%, емкость поглощения – 210 ммоль/кг почвы, степень насыщения кальцием – 79%, общее содержание гумуса – 2,3%, содержание щелочногидролизуемого азота – 114 мг/кг почвы, подвижного фосфора – 115 мг/кг почвы, подвижного калия – 65 мг/кг почвы, pH солевой – 5,3, гидролитическая кислотность – 21,1 ммоль/кг.

Схема опыта включает варианты с применением безводного аммиака и аммиачной селитры, которые вносили три года подряд осенью в дозе 100 кг д.в./га на фоне двух способов основной обработки почвы – дискование в 2 следа на глубину 12 см и вспашка на глубину 20 см. Безводный аммиак вносили в ленты на глубину 18 см с шириной между лапами инжектора 56 см, с помощью автоматизированного комплекса; аммиачную селитру – вразброс.

В первую очередь, следует отметить, что в зоне внесения безводного аммиака значительно повышается концентрация минерального азота. В нашем опыте через 3 дня после внесения безводного аммиака концентрация минерального азота в ленте составляла 44,5 мг/кг почвы, что более чем втрое выше, чем при разбросном внесении аммиачной селитры. Через полугодовой период после внесения удобрений концентрация минерального азота также была стабильно выше (в 1,1–1,2 раза) при внесении жидкой формы азотного удобрения в сравнении с традиционной аммиачной селитрой.

В отличие от внесения аммиачной селитры в разброс в зоне внесения безводного аммиака создается очаг концентрации минерального азота, в основном в аммонийной форме. Так, весной соотношение  $\text{NH}_4^+$ : $\text{NO}_3^-$  составляло 1,7:1, в то время как при внесении аммиачной селитры это соотношение было противоположным – 1:1,4. Как следствие, при внесении безводного аммиака общее содержание минерального азота в пахотном слое почвы сохранялось выше до конца вегетации растений.

Следует отметить, что размеры зоны распространения аммиака в почве зависят от способа (локально, вразброс) применения удобрений. Соответственно этому, определено, что при внесении безводного аммиака локально в ленты в междурядьях (между лапами аппликатора) содержание минерального азота ниже, чем при внесении аммиачной селитры, которая обеспечивает его более равномерное распределение в почве.

Важным показателем эффективности азотных удобрений, в частности безводного аммиака, является количество усвоения азота растения-

ми. Этот показатель, помимо прочего, зависит от процессов миграции нитратного азота по профилю. Благодаря взаимодействию с почвенно-поглощающим комплексом, аммиак удобрений в почве находится в обменной форме, сокращает опасность миграции минеральных форм азота за пределы профиля. С другой стороны, разовое внесение высоких доз азота ленточным способом, при благоприятных для нитрификации гидротермических условий, может привести к формированию очагов накопления нитратов и усиление их миграции в грунтовые воды.

На черноземе оподзоленном легкосуглинистого гранулометрического состава максимальное накопление нитратов при внесении безводного аммиака в 2013 г. наблюдалось на глубине 60–80 см, а в 2014 г. – на глубине 100–120 см, где их концентрация была вдвое выше, чем при внесении аммиачной селитры (рис.). Такая разница в интенсивности промывания нитратного азота по годам, обусловлена увеличением среднегодового количества осадков в 2014 г. на 76 мм. Концентрация нитратного азота непосредственно в ленте внесения жидкого безводного аммиака на глубине 80–120 см в 1,7 раза была выше, чем в почвенных образцах, отобранных в междурядье.

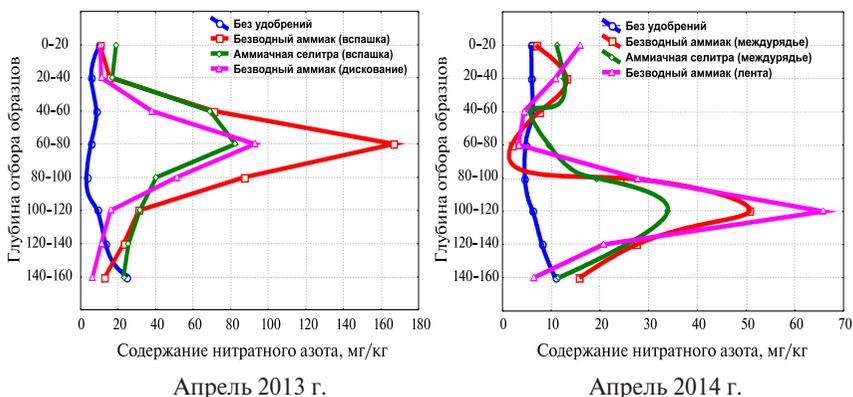


Рис. Миграция нитратных форм азота по профилю почвы под влиянием применения разных форм удобрений

Существенную роль в процессе миграции азота играет способ основной обработки почвы, замена вспашки дискованием сокращает зону выщелачивания азота.

Наряду с определенными рисками и ограничениями, которые, безусловно, нужно контролировать, специфика взаимодействия безводного аммиака с почвой обуславливает ряд преимуществ при приме-

нении этой формы удобрений. Об этом свидетельствуют расчеты коэффициента мобилизации азотного фонда почвы, который в 1,7–1,9 раза превышают соответствующие показатели на вариантах с применением аммиачной селитры. Использование растениями азота безводного аммиака также выше и достигает 69–89%, при применении аммиачной селитры – 40%.

### Список литературы

1. Жидкие азотные удобрения и их применение. – М., 1961. – С. 3–5.
2. Моргун, В.В. Фізіологічні основи формування високої продуктивності зернових злаків / В.В. Моргун, В.В. Швартау, Д.А. Кірізій // Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку. – Т. 1. – К.: Логос, 2009. – С. 11–42.
3. Эффект осеннего внесения аммонийного азота под озимую пшеницу / В.Моргун [и др.] // Зерно. Журнал современного агропромышленника. – № 8. – 2012.
4. Ходаніцький, В.К. Вплив осіннього внесення безводного аміаку на елементний склад ґрунту і рослин озимої пшениці / В.К.Ходаніцький, Л.М. Михальська // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. – Т. 25 (64). – 2012. – № 4. – С. 215–2119.

УДК 631.416.9:631.445.11:502.521

## **НАКОПЛЕНИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЖЕЛЕЗО-МАРГАНЦЕВЫХ КОНКРЕЦИЯХ КРИОГЕННЫХ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННО- ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ПОЧВ**

**С.В. Денева, А.Н. Панюков, Е.М. Лаптева, А.Б. Новаковский**

*Институт биологии Коми научного центра УрО РАН,  
г. Сыктывкар, Россия*

Систематизация сведений о свойствах конкреционных новообразований почв, оценка их информационного и диагностического значения, установление не только особенностей их генезиса, но и тесной связи свойств с литологическими, гидрологическими и гидрохимическими условиями гумидных ландшафтов позволят понять влияние этих новообразований на миграционные циклы элементов в педосфере и их вклад в процессы почвенного очищения, что особенно актуально в условиях интенсивного антропогенного воздействия. Авторами большинства работ, посвященных исследованию химического состава

конкреций, основное внимание уделяется содержанию главных конкрециеобразующих элементов (Fe и Mn), сведения о содержании обширной и важной для биоты группы макро и микроэлементов единичны и фрагментарны

В последние десятилетия на территории Российской Федерации существенно сократились площади земель, используемых в сельскохозяйственных целях. Процесс сокращения сельхозугодий затронул, в первую очередь, районы, так называемого, «экстремального земледелия». Один из таких на крайнем севере европейской части России расположен в районе промышленной Воркуты. Территория Воркутинского промышленного узла подвергается более 60 лет высоким техногенным нагрузкам вследствие развития угольной, строительной отраслей промышленности и теплоэнергетики. Ежегодно в атмосферу в радиусе до 20 км и более выбрасываются аэрозоли, содержащие Cd, Pb, Zn, Ca, Hg. Кроме того, здесь преобладают почвы, представляющие собой высокочемкие органо-сорбционные и глеевые барьеры для большинства токсичных микроэлементов.

Исследование роли железо-марганцевых конкреций (ЖМК) в процессах аккумуляции и миграции макро- и микроэлементов в почвах под влиянием природных и антропогенных факторов в окрестностях г. Воркута проведено на примере пылевато-суглинистых целинных почв (глееземов криометаморфических), формирующихся на холмисто-грядовых возвышенностях в кустарниковой бугорковатой южной с массивно-островным типом многолетнемерзлых пород на глубине 2–5 м, и освоенных почв сеяного луга (агроглееземов криометаморфических), находящихся в настоящее время в процессе постагрогенной эволюции или реградации.

Посев на исследуемом участке производили в 1986 г. по фону органического и минеральных удобрений смесью двух злаков местных форм — мятлика лугового (*Poa pratensis*) и лисохвоста лугового (*Alopecurus pratensis*), при норме высева семян 40 кг/га в соотношении 3:1. По разработанной системе ухода за многолетним лугом ежегодно вносили комплексное минеральное удобрение (compound fertilizer) 30 кг/га д.в. (primary nutrient basis) — в конце мая, либо в начале июня. Сенокошение происходило обычно в конце июля. С 1997 г. (12-го года жизни трав) внесение удобрений прекратилось, нерегулярно проводилась уборка урожая, которую позднее прекратили совсем.

Целью данной статьи является анализ результатов исследований за период 2007–2009 гг., когда агроглеезем криометаморфический находился 10 лет в процессе реградации. Поскольку коренной смены типа

растительного покрова в рассматриваемый период не происходило, почва лугового биогеоценоза сохраняла морфологические признаки, сформировавшиеся в предшествующий период развития сеяного луга, и характеризовалась устойчивыми агрохимическими показателями. Общая мощность культурного слоя составляла 10–13 см.

Под влиянием антропогенных факторов (залужение тундры) на участках с многолетними сеяными лугами происходит изменение воздушного и водного режимов, морфологических и физико-химических свойств почв, что соответственно оказывает воздействие на количество и фракционный состав конкреционных новообразований, а также на содержание в них макро- и микроэлементов.

Главные конкрециеобразующие компоненты – система различных соединений железа и марганца, в большей степени влияют на морфологические свойства конкреций. Поскольку (гидр)оксиды железа и марганца способны удерживать значительные количества микроэлементов в результате сорбции, соосаждения и окклюзии, в составе минеральной части макрообразований выделяется две группы микроэлементов: группа марганца, в которую входят Pb, Co, Cu, Ni, и группа железа, включающая Cd и As. Распределение каждой группы микроэлементов соответствует распределению связанного с ними основного минерального элемента при вероятности небольших отступлений. В конкрециях максимальное содержание микроэлементов группы железа обнаружено в верхнем минеральном оглеенном горизонте (Bg). Количество элементов группы марганца увеличивается с глубиной, максимальное содержание наблюдается в нижних минеральных горизонтах почвенных профилей.

В освоенных почвах дополнительное поступление макро- и микроэлементов, благодаря внесению удобрений, приводит к увеличению аккумуляции валовых форм макроэлементов, которые в фоновых условиях накапливаются слабо (Mg, Ca, K, Na), но уменьшению Fe и Al, относительно высокое содержание которых характерно для тундровых природных почв. Биоклиматические особенности тундр определяют низкую активность биогеохимических процессов, в т.ч. почвообразования. Химическое выветривание протекает слабо, при этом высвобождающиеся основания вымываются из почв. Почвы теряют калий, натрий, кальций, магний, но относительно обогащаются железом и алюминием. Для подвижных форм закономерности накопления элементов сходны с вышеописанными по валовому содержанию: также обращает на себя внимание увеличение количества макроэлементов Mg, Ca, K, Na и уменьшение железа.

Макро и микроэлементы в почвах представлены множеством разнообразных соединений. Большая часть из них находится в нерастворимом или труднорастворимом (прочносвязанном) состоянии. Относительное содержание подвижных или легкодоступных для растений форм микроэлементов варьирует в пределах десятых долей до 11, макроэлементов – до 60% и во вмещающем мелкозем, и конкреционных новообразованиях исследуемых почв. Наибольшей степенью подвижности ( $\omega$ , %), характеризующей склонность соединений элементов к трансформации, обладают соединения Ca, Na, Cu, Pb и Fe, меньшей – Cd, Zn, As. В Fe-Mn новообразованиях подвижные формы микроэлементов, находятся на поверхности образований, накопление инертных форм является результатом взаимодействия с минеральной фазой (Водяницкий, 2003).

По величине коэффициентов накопления (Kx) установлено, что наиболее активно конкреции природной почвы поглощают Fe, Mn, Co, Cd, Pb и As, в меньшей степени макроэлементы (Ca, Mg, K, Na), а также Zn, Cr, Al. Для конкреционных образований почв, используемых в сельскохозяйственном производстве, характерно увеличение интенсивности инактивации и поглощения элементов. В новообразованиях окультуренного слоя (ABg и Bg горизонтах) освоенной почвы в максимальных количествах представлены как микроэлементы Al, Zn, Cu, так и макроэлементы – Ca, Mg, K, Na. Элементы группы железа в наибольших количествах здесь отмечены в горизонте с переменным окислительно-восстановительным потенциалом B2.

Поскольку в исследуемых тундровых почвах преобладают конкреции мелких размеров (в основном до 3 мм), изменение накопления макро и микроэлементов в разных выделенных фракциях новообразований не наблюдается.

Более существенные различия по химическому составу Fe-Mn новообразований обнаруживаются в разных типах почв в переходных от органогенных к минеральным горизонтах (OB1) и при увеличении степени оглеения.

### **Выводы**

1. Главные конкрециеобразующие компоненты – система различных соединений железа и марганца, в большей степени влияют на морфологические свойства конкреций.

2. Для Fe-Mn новообразований почв, подвергшихся сельскохозяйственной обработке, характерны увеличение содержания валовых и подвижных форм макроэлементов Mg, Ca, K, Na и уменьшение железа по сравнению с новообразованиями природных почв.

3. В освоенных почвах дополнительное поступление макро- и микроэлементов из-за внесения удобрений приводит к увеличению интенсивности инактивации и поглощения элементов конкреционными новообразованиями. Наиболее высокие величины коэффициентов накопления в конкрециях отмечены для Pb, Cd, Co, Mn, Fe, As.

4. Макро- и микроэлементы в почвах и новообразованиях представлены множеством соединений. Наибольшей степенью подвижности обладают соединения Ca, Na, Cu, Pb и Fe, меньшей – Cd, Zn, As.

### Список литературы

1. Водяницкий, Ю.Н. Химия и минералогия почвенного железа / Ю.Н. Водяницкий. – М.: Почвенный ин-т им. Докучаева, 2003. – 238 с.

УДК 631.81:631.816.12

## **КОМПЛЕКСНАЯ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА – ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ АГРОПРОИЗВОДСТВА**

**А.В. Доценко, В.Н. Никоненко, Л.Н. Винниченко**

*ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского»,  
г. Харьков, Украина*

Существенное увеличение продуктивности сельскохозяйственных культур и улучшение качества продукции невозможно без использования интенсивных агротехнологий. Однако, значительные затраты на внесение минеральных удобрений требуют четкого агрономического и экономического обоснования. Традиционно определение необходимой дозы минеральных удобрений базировалось на результатах почвенной диагностики уровня его обеспеченности питательными веществами. С появлением новых приборов растительной диагностики появилась возможность дополнять и корректировать данные почвенной диагностики. Каждый из этих методов на определенных этапах онтогенеза имеет свои преимущества и недостатки. Использование их отдельно друг от друга не обеспечивает полной и достоверной информации для эффективного регулирования питательного режима растений. Формирование комплексного подхода к использованию данных почвенно-растительной диагностики на посевах сельскохозяйствен-

ных культур позволит достичь прогнозных показателей урожайности с обеспечением рентабельности выращенной продукции. Нами разработаны научные основы агрохимического сопровождения применения минеральных удобрений, которые включают комплекс агротехнических, организационно-хозяйственных и научно-исследовательских работ, которые можно разделить на следующие основные блоки по последовательности их выполнения:

- почвенная диагностика минерального питания растений;
- разработка рекомендаций для основного удобрения сельскохозяйственных культур или ранневесенней подкормки озимых зерновых и масличных культур и внедрение их в производство;
- растительная экспресс-диагностика с использованием приборов «SPAD-502 Plus» и «Агровектор ПФ–014»;
- разработка рекомендаций по подкормке сельскохозяйственных культур необходимыми макро- и микроэлементами в период их вегетации и внедрение соответствующих агроприёмов в производство.

Эффективная и своевременная реализация предложенного алгоритма действий в итоге определяет величину урожая сельскохозяйственных культур и показатели качества продукции.

Полевые исследования проводились на территории государственного учреждения «Слобожанское опытное поле» ННЦ «ИПА имени А.Н. Соколовского» Чугуевского района Харьковской области, расположенного в Левобережной Лесостепи Украины. Опытная культура – ячмень яровой сорта Парнас. На удобренном участке чернозема типичного среднегумусного легкоголинистого на лёссовых породах, который характеризовался повышенной обеспеченностью подвижными соединениями фосфора и калия (101 мг  $P_2O_5$  и 99 мг  $K_2O$  на 1 кг почвы по методу Чирикова) и низкой – минеральными соединениями азота (54 кг/га в слое почвы 0–60 см в конце фазы кушения), собрали 2,25 т/га зерна ячменя (табл.).

Таблиц 1

**Влияние подкормок на урожайность зерна ярового ячменя, 2014 г.**

Доза удобрений в предпосевное внесение	Доза удобрений в прикорневую подкормку	Удобрения при внекорневой подкормке	Урожайность, т/га	Прибавка урожая к контролю	
				т/га	%
–	–	–	2,25	–	–
$N_{46}$	–	–	2,65	0,40	17,8
$N_{46}$	$N_{34}$	$N_7+B+Cu+Zn$	3,89	1,64	72,9
НСР <sub>05</sub>			0,29	–	–

Низкий уровень урожайности объясняется поздними сроками сева (вторая декада апреля) опытной культуры. Предпосевное применение 1 ц/га карбамида позволило повысить урожайность зерна до 2,65 т/га. По результатам почвенной диагностики, проведенной в конце фазы кушения, на фоне предпосевного применения  $N_{46}$  выявлен низкий уровень запасов минеральных соединений азота в слое 0–60 см – 84 кг/га и принято решение о необходимости дополнительного улучшения азотного режима почвы за счет прикорневой подкормки. Благодаря проведению прикорневой подкормки посевов ячменя в дозе  $N_{34}$  и двух внекорневых подкормок раствором карбамида в дозе  $N_7$  с добавлением хелатов бора (1 л/га), меди (1 л/га) и цинка (2 л/га) по данным функциональной растительной диагностики с использованием прибора «Агровектор ПФ–014» урожай вырос до 3,89 т/га.

Таким образом, регулирование питательного режима чернозема типичного на основании данных почвенно-растительного диагностики при благоприятных агрометеорологических условиях 2014 г. обеспечило прибавку урожая зерна ярового ячменя 47% и условно чистую прибыль 67 \$ USA/га по сравнению с агрофоном  $N_{46}$  под предпосевную культивацию.

УДК 631.445.24:631.582:635.1.8

## **АГРОХИМИЧЕСКИЕ И ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ СТАЦИОНАРНОГО ОВОЩНОГО СЕВООБОРОТА**

**Ю.М. Забара, Л.Ю. Гребенникова**

*РУП «Институт овощеводства», аг. Самохваловици,  
Минский район*

По мнению ряда ученых в настоящее время пахотные почвы, используемые длительное время под овощные и другие культуры, все больше превращаются в абиотический субстрат.

Обработка полученных нами материалов полевых исследований позволила установить сходство почвенных разрезов четырех полей севооборота по морфологии и мощности генетических горизонтов.

Почвы выщелочены на большую глубину, вскипания от 10% раствора HCl не обнаружено до 2 м. Мощность пахотного горизонта составляет 22–28 см. Полностью сохранен и хорошо выражен подзолистый горизонт. Ниже подзолистого горизонта 27–32 см начинается горизонт отложения вымываемых продуктов ( $B_1$ ), а отдельные языки оподзоливания проникают до глубины 45–49 см (горизонт  $A_2B_1$ ).

По гранулометрическому составу почвы разрезов различаются незначительно вследствие идентичности почвообразующей породы. Так, содержание частиц физической глины ( $<0,01$  мм) в пахотных и подзолистых горизонтах колеблется в пределах 20,14–24,64%, а в иллювиальных доходит до 22,20–29,04%. Количество иловатых частиц ( $<0,001$  мм) в горизонтах  $A_{II}$  и  $A_2$  составляет 2,12–9,53%, а в иллювиальных горизонтах  $B_1$  и  $B_2$  возрастает до 4,48–18,70%. Во всех горизонтах почв преобладают частицы крупной пыли размером 0,05–0,01 мм, количество, которой колеблется в пределах от 39,64 до 63,14%.

Установлено, что содержание общего азота и гумуса в пахотном слое почвы составило соответственно 0,11–0,23% и 2,54–2,81%. В подзолистом горизонте  $A_2$  количество гумуса резко снижается до 0,72–0,48%. Далее вглубь по профилю отмечается уменьшение его от 0,59–0,29% в иллювиальных  $A_2B_1$  и  $B_1$  горизонтах до 0,10–0,07% в подстилающей породе горизонта D. Кислотность pH в KCl в пахотном горизонте составила 6,2–6,4, в глубжележащих горизонтах – 6,0–4,5. Сумма поглощенных оснований в пахотном горизонте почвы находилась в пределах 92,7–134,4 смоль(+)/кг при степени насыщенности основаниями 78–90%. Содержание подвижных форм фосфора и калия в пахотном горизонте составило соответственно 202–291 и 223–280 мг/кг, в подзолистом 171–262 и 142–243 и 42–95 мг/кг почвы – в глубжележащих горизонтах.

Нами установлено, что наиболее интенсивно микробиологические процессы, вследствие которых идет образование подвижных форм азота, протекают в верхнем 0–10 см слое почвы, где содержание  $N-NO_3$  под культурой огурца составило 113–147 мг/кг (табл.). В слое почвы 10–20 см количество нитратного азота уменьшается до 102–49 мг/кг. С увеличением глубины количество его постепенно снижалось и в 90–100 см слое составило 15,9–5,4 мг/кг почвы. После выпавших осадков 17 июня (46,5 мм) и 19 июня (54,8 мм) отмечено промывание нитратного азота на глубину до 70–80 см.

**Динамика содержания нитратного азота в метровом слое почвы  
под культурой огурца (почвенный разрез № 1)**

Слой почвы, см	17.VI			20.VI			21.VI			24.VI		
	температура почвы, С	влажность почвы, %	N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	температура почвы, °С	влажность почвы, %	N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	температура почвы, °С	влажность почвы, %	N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	температура почвы, °С	влажность почвы, %	N-NO <sub>3</sub> , мг/кг
0–10	20,0	13,7	118	18,0	20,4	147	17,0	18,9	120	15,0	16,4	113
10–20	19,0	17,4	49	17,5	19,4	68	16,5	20,6	102	14,0	19,1	66
20–30	18,0	17,4	30	17,5	18,6	35	17,0	20,1	57	15,0	20,1	54
30–40	18,0	17,3	24	17,8	19,2	38	16,5	19,8	27	15,0	19,7	33
40–50	18,0	17,9	30	18,0	19,7	41	16,5	20,3	26	15,2	20,0	30
50–60	18,0	18,8	22	17,0	19,3	37	16,2	18,3	29	15,6	19,8	29
60–70	17,2	19,0	27	17,0	18,3	34	16,0	18,8	30	16,0	18,9	23
70–80	17,2	17,0	19	17,0	10,8	25	16,0	18,3	25	16,2	19,3	25
80–90	15,5	5,4	13	17,0	3,3	12	16,0	4,6	14	16,0	12,6	19
90–100	16,0	5,1	16	16,0	3,3	5	16,0	4,7	6	16,0	4,0	11

*Примечание.* Температура почвы приведена по глубинам почвы 10, 20...100 см.

Температура в различных слоях почвы изменялась от 18,0 до 14,0 °С, а влажность составила 3,3–20,6% от массы абсолютно сухой почвы и зависела от степени естественного увлажнения и гранулометрического состава.

Как показали наши исследования, наиболее заметные изменения водно-физических свойств почв наблюдаются в верхней полуметровой толще. Общим является увеличение объемной массы почвы от пахотного (1,16–1,28 г/см<sup>3</sup>) до подзолистого (1,30–1,48 г/см<sup>3</sup>) и глубже лежащих горизонтов (1,32–1,59 г/см<sup>3</sup>), которое обусловлено изменениями почв в процессе почвообразования. Если сравнить данные объемной массы для каждого десятисантиметрового слоя, обращает на себя внимание чередование больших и меньших ее значений. Это объясняется в основном слоистостью почвообразующих пород, а в слое 20–30 см, кроме этого, образованием так называемой «плужной подошвы» при вспашке и промыванием в этот слой илистых частиц размером менее

0,001 мм выпадающими осадками и при поливах. В исследуемых почвах удельная масса в пахотных горизонтах колебалась от 2,55 до 2,61 г/см<sup>3</sup>, а в глубинных — от 2,53 до 2,72 г/см<sup>3</sup> и зависела в основном от гранулометрического состава и содержания в ней органического вещества. По нашим данным, в пахотных горизонтах исследуемых почв порозность составила 50–54%, а с глубиной она уменьшалась до 48–34%.

Гранулометрический состав и порозность почв оказывают существенное влияние на их водопроницаемость — одно из важнейших в агропроизводственном отношении свойств. Нами установлено, что водопроницаемость пахотного горизонта за первые 3 часа составила 3,69 мм/мин., а подзолистого и иллювиального горизонтов соответственно 2,53 и 0,32 мм/мин. Коэффициент фильтрации изменялся от 0,0007 см/с (60,5 см/сутки) в пахотном до 0,0005 см/с (43,2 см/сутки) в подзолистом и 0,00003 см/с (2,6 см/сутки) — и В<sub>2</sub> горизонтах. Полученные данные свидетельствуют о том, что снижение коэффициента фильтрации вниз по профилю почвогрунта после обильных осадков создает благоприятные условия для развития поверхностных и внутрипочвенных эрозийных процессов.

Определение водных констант почв севооборота показало, что величина максимальной гигроскопичности (МГ) и влажности завядания (В<sub>з</sub>) в пахотных горизонтах составила соответственно 3,1–3,6 и 5,1–5,4%, а в глубжележащих горизонтах — 3,0–5,0% от массы абсолютносухой почвы. Категория влаги, соответствующая влажности разрыва капилляров (ВРК) в верхних горизонтах изменялась в пределах 17,8–16,1%, а в глубжележащих — 14,7–12,8%. В верхних горизонтах исследуемых почв НВ колеблется в интервале от 25,9 до 29,3%, в нижних — от 21,0 до 18,2%. В верхних горизонтах полная влагоемкость колеблется от 46,2 до 29,3%, в глубжележащих — от 31,1 до 20,0%. Диапазон активной влаги в верхних горизонтах почвы соответствует 27,8–22,8 мм, что вполне достаточно для успешного произрастания растений.

В условиях интенсивных технологий возделывания овощных культур большое значение имеет разработка приемов повышения плодородия и рациональной обработки почвы.

Нашими исследованиями установлено, что с увеличением дозы внесения ТНК от 60 до 120 и 180 т/га на посадках капусты объемная масса почвы в конце вегетации уменьшалась с 1,38 до 1,30 г/см<sup>3</sup>. Весенняя обработка почвы плоскорезом-глубокорыхлителем ПГ–3–5 и чизель-культиватором КЧ–5,1 по фону осенней обработки плугом

ПЯ–3–35 снижала объемную массу почвы на 0,05 г/см<sup>3</sup> по сравнению с осенней вспашкой и весенней перепашкой зяби плугом ПЛН–4–35. Увеличение под капусту дозы внесения ТНК в сочетании с N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>135</sub> при отвальной вспашке под зябь обеспечило прибавку урожайности 7,2–11,5 т/га, а при плоскорезной и чизельной обработке почвы – 6,0–17,0 т/га. Продуктивность свеклы столовой по последствию органических удобрений в сочетании с N<sub>150</sub>P<sub>120</sub>K<sub>180</sub> при комбинированно-ярусной вспашке на зябь и весенней плоскорезной и чизельной обработке возрастала на 11–37% по сравнению с отвальной перепашкой зяби. Урожайность картофеля раннего в последствии после внесения органических удобрений совместно с N<sub>120</sub>P<sub>100</sub>K<sub>150</sub> увеличилась при отвальной вспашке с 16,4 до 21,5 т/га, при плоскорезной и чизельной обработках – с 12,1 до 18,7 т/га и с 14,3 до 19,3 т/га соответственно.

УДК 633.2:631.53

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИМБИОТИЧЕСКОГО АЗОТА КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ТИМОФЕЕВКИ ЛУГОВОЙ НА СЕМЕНА**

**В.Н. Золотарев**

*ФГБНУ «ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса»,  
г. Лобня, Московская обл., Россия*

В условиях ограниченной возможности потребления ресурсов важной задачей остается биологизация семеноводства на основе использования симбиотического азота бобовых культур. Новые сорта клевера лугового селекции ВНИИ кормов ультрараннеспелый Ранний 2 и раннеспелый Марс отличаются более интенсивным развитием и коротким периодом до созревания семян. В связи с этим, основываясь на положении В.Р. Вильямса (1949) о том, что «... злаки полевого травосеяния дают максимальный урожай на второй год пользования, а бобовые..., наоборот – на второй год снижают свой урожай ...», нами изучалась эффективность использования бобово-злаковой травосмеси для получения семян: в первый год пользования – клевера лугового, а во второй – тимофеевки луговой.

С целью уменьшения угнетающего влияния злаковой культуры смешанный травостой создавался с различным насыщением тимофеевкой (сорт ВИК 9) – 6, 4 и 2 кг/га семян при посеве с шириной междурядий 30 см под покров вико-овсяной смеси на зеленый корм (табл. 1).

Таблица 1

**Эффективность возделывания клевера лугового сорта Ранний 2 в смеси с тимофеевкой луговой при использовании травостоя на семена в 1-й и 2-й годы пользования (в среднем за четыре года по трем закладкам опыта)**

Культура, (норма высева, кг/га)	1-й год пользования			2-й год пользования	
	количество растений клевера, шт./м <sup>2</sup>	количество головок клевера, шт./м <sup>2</sup>	урожайность семян клевера, кг/га	количество султанов тимофеевки, шт./м <sup>2</sup>	урожайность семян тимофеевки, кг/га
Получение семян клевера с первого укоса					
Клевер луговой (одновидовой посев)	118	702	278	–	–
Клевер + тимофеевка, (2)	108	594	227	445	314
Клевер + тимофеевка, (4)	84	540	193	422	312
Клевер + тимофеевка, (6)	70	512	179	442	307
Получение семян клевера со второго укоса					
Клевер луговой (одновидовой посев)	106	381	141	–	–
Клевер + тимофеевка, (2)	94	380	138	425	310
Клевер + тимофеевка, (4)	82	292	135	454	319
Клевер + тимофеевка, (6)	70	269	123	437	314
НСР <sub>05</sub>		58	18	48	23

Результаты исследований свидетельствуют, что с увеличением нормы высева семян тимофеевки с 2 до 4 – 6 кг/га доля клевера в общей структуре фитомассы травосмеси в первый год пользования последовательно снижалась с 71 до 62–59%. Причем в более благоприятные для развития растений вегетационные сезоны доля клевера (фаза бутонизации – начало цветения) в смешанных посевах при этих же нормах высева тимофеевки составляла соответственно 88–75–71%.

Анализ ценотической активности клевера в травосмеси показал, что увеличение доли тимофеевки в структуре фитомассы с 29 до 41%

негативно влияло на густоту и развитие растений клевера. Изреживание бобовой культуры на неподкошенном травостое составило 8–41 %, на подкошенном – 13–34% по сравнению с одновидовым посевом. При этом в составе травосмеси отмечалось последовательное снижение количества стеблей клевера с 488 до 338 шт./м<sup>2</sup> при одновременном увеличении плотности стеблей тимофеевки с 330 до 435 шт./м<sup>2</sup>.

Исследования показывают, что при создании травостоя с целью получения в первый год семян клевера, наиболее высокая урожайность его формируется при самой низкой норме высева тимофеевки 2 кг/га (табл. 1). При таком количественном соотношении компонентов в смеси клевер луговой обеспечил наиболее высокий сбор его семян в травосмеси – 227 кг/га. С увеличением нормы высева тимофеевки до 6 кг/га урожайность клевера последовательно снижалась с 227 до 179 кг/га.

В годы исследований урожайность диплоидного сорта клевера Ранний 2 со второго укоса в среднем по двум закладкам опыта уступала сбору семян, полученному без подкашивания травостоя на 39–30% в смешанных посевах и на 49% – в одновидовом.

В связи с биологическими особенностями развития ультрараннеспелого клевера лугового, после формирования высокого урожая семян, в период перезимовки в совместных с тимофеевкой фитоценозах происходит изреживание его травостоя на 90–98%. Поэтому чистый посев третьего года жизни использовали для получения семян тимофеевки.

Сравнительная оценка урожайности показала, что сбор семян тимофеевки составил 307–319 кг/га и достоверно не различался в зависимости от нормы высева и режима хозяйственного использования травостоя в первый год.

Дополнительное изучение влияния подкашивания травосмеси на семенную продуктивность сортов клевера показало, что урожайность семян диплоидного ультрараннеспелого сорта Ранний 2 в первом и во втором укосе была или на одном уровне – 182–183 кг/га (табл. 2) или во втором была ниже (табл. 1). В то же время у тетраплоидного сорта Марс сбор семян во втором укосе на 10% был выше, чем в первом (табл. 2).

На третий год после выпадения клевера фактический сбор семян тимофеевки составил 424–432 кг/га и достоверно не различался в зависимости от сорта клевера и режима хозяйственного использования в предыдущий год.

Таблица 2

**Сравнительная оценка эффективности возделывания сортов клевера лугового  
в смеси с тимофеевкой на семена (в среднем за пять лет  
по трем закладкам опыта)**

Вариант	1-й год пользования		2-й год пользования	
	количество головок клевера*, султанов тимофеевки, шт./м <sup>2</sup>	урожайность семян клевера*, тимофеевки, кг/га	количество головок клевера*, султанов тимофеевки, шт./м <sup>2</sup>	урожайность семян тимофеевки, кг/га
Клевер Ранний 2 + тимофеевка, без подкашивания	694*	182*	551	424
Клевер Ранний 2 + тимофеевка, с подкашиванием	589*	183*	546	424
Клевер Ранний 2 + тимофеевка + N30 во 2-й г.п.	601*	176*	463	385
Клевер Марс + тимофеевка, без подкашивания	500*	152*	563	428
Клевер Марс + тимофеевка, с подкашиванием	546*	168*	562	432
Клевер Марс + тимофеевка + N30 во 2-й г.п.	542*	171*	530	407
Тимофеевка, без внесения N	347	224	390	265
Тимофеевка, N30	379	251	483	361
Тимофеевка, N45	406	284	526	402
Тимофеевка, N60	443	301	557	427
НСР <sub>05</sub>	58	28	50	34

Для определения агрономического эффекта последствия симбиотически фиксированного азота клевера были проведены исследования методом установления разницы в урожае семян тимофеевки в бобово-злаковом и одновидовом злаковом посеве при разном фоне азотных удобрений (табл. 2). По сравнению с одновидовым посевом тимофеевки без внесения азотных удобрений прибавка урожайности семян в травосмеси составила 38–39%. Количество биологического азота клевера в семенной культуре по последствию с учетом статистической погрешности эквивалентно внесению минерального азота в дозе N45-60. Сбор семян тимофеевки при посеве в травосмеси с клевером составил 424–432 кг/га против 402–427 кг/га при внесении N45-60 в одновидовом злаковом травостое. Дополнительное внесение

№30 на посеве тимофеевки в смеси с клевером, вследствие активного нарастания вегетативной массы и полегания, приводило к снижению количества генеративных побегов на 5–16% и уменьшению урожайности семян на 6–9%.

Таким образом, посев клевера лугового сортов раннеспелого типа в смеси с тимофеевкой луговой со сниженной до 2 кг/га нормой высева и междурядьями 30 см под покров вико-овсяной смеси позволяет получать в первый год – урожай семян клевера, а на следующий год, за счет последствия биологического азота бобовой культуры, – семена тимофеевки без внесения минеральных азотных удобрений.

УДК 631.45

## **ПРОЦЕССЫ АКУМУЛЯЦИИ-МИГРАЦИИ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЧВ ГУМИДНЫХ РЕГИОНОВ УКРАИНЫ**

**В.В. Зубковская, К.А. Десятник, А.И. Огородняя**

*НИИ «Институт почвоведения и агрохимии им. О.Н. Соколовского»,  
г. Харьков, Украина*

Значительную часть территории Украины занимает гумидный регион. Он включает в себя зону Полесья, Прикарпатья и часть Лесостепи [1].

Почвенный покров данного региона формируется под влиянием своеобразных факторов почвообразования: влажного климата, бедных на питательные элементы почвообразующих пород, грубый гранулометрический состав, близкое залегание подземных вод. Поэтому большую часть данного региона занимают кислые ненасыщенные основаниями почвы, с выраженными процессами оглеения, что обуславливает их слабые агроэкологические свойства.

Почвы этого региона имеют низкое природное плодородие. Они подвергаются процессам деградации, а именно подкислению, дегумификации, потере питательных элементов, за счёт их вымывания с корнеобитаемого слоя, что приводит к ухудшению их экологического состояния [2, 3].

Поэтому, приобретает актуальность исследования процессов аккумуляции-миграции питательных элементов, а именно фосфора и кальция, с почв данного региона под влиянием разных мелиорантов. С этой целью были проведены лабораторно-модельные исследования,

которые включали в себя промывание почвы дистиллированной водой, для имитации осадков за вегетационный период. Опыты были проведены в колонках типа лизиметра, в которые помещалась почвенная масса, отобранного слоя 0–20 см.

В результате было установлено, что на исследуемых почвах, которые характеризуются кислой средой и грубым гранулометрическим составом, возможны довольно высокие риски потери фосфора из-за вымывания во время проливных дождей. Поэтому для улучшения фосфатного режима дерново-подзолистых почв целесообразно держать их под растительным покровом и использовать менее растворимые фосфорные удобрения.

Вместе с опасностью нерентабельности затрат на мелиорацию и удобрение, из-за значительных потерь в результате вымывания, существует также экологическая опасность от данного явления. Ведь, почва является планетарным узлом экологических связей, которая объединяет в единое целое все при поверхностные оболочки Земли, которые контактируют и активно взаимодействуют между собой именно через нее. Поэтому, любые изменения в почве в результате антропогенной деятельности, отражаются и на функционировании других природных геосфер. Например, такие экологически опасные явления, что имеют место на кислых почвах при известковании: попадание с инфильтрационными водами загрязняющих веществ, что содержатся в мелиорантах в виде примесей; переизвесткование, а как следствие интенсификация процессов вымывания нитратов, кальция и водорастворимой органики в подземные воды, эмиссия двуокиси углерода и газообразных соединений азота с почвы в аэротоп, то есть усиление процессов эвтрофикации и загрязнения поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха [1].

Поэтому, особую актуальность приобретает оптимизация нормирования известковых мелиорантов, что позволит предотвратить возникновение негативных последствий известкования еще на этапе планирования мелиоративных мероприятий.

В результате исследований проведенных на ясно-серой лесной среднесуглинистой почве, было установлено, что вымывание кальцийсодержащих веществ при внесении мелиорантов, независимо от их вида в нормах определенных по графикам буферности, является значительно ниже, в сравнении с вариантами, где нормы определялись по гидролитической кислотности. Можно сделать вывод, что выявленная закономерность свидетельствует не только про экономическую нерентабельность данного метода подсчета норм мелиорантов, но и о риске загрязнения подземных вод.

Следует также отметить высокую как экономическую, так и экологическую эффективность мероприятий по фитомелиорации. Хорошо известно, что многолетние травы характеризуются мощным и долгосрочным эффектом и улучшая физические и физико-химические свойства, тем самым, также способствуют предотвращению потерь питательных веществ из почвы. Вместе с тем, многолетние травы подтягивают кальций из нижних шаров почвы.

В заключении, можно сделать вывод, что ведение сельско-хозяйственного производства, на почвах легкого гранулометрического состава гумидных регионов, требует системного и эколого-обоснованного подхода при планировании мероприятий по их окультуриванию.

### Список литературы

1. Хімічна меліорація ґрунтів (концепція інноваційного розвитку) // Харків: Міськдрук, 2012. – 129.
2. Клеменко, Н.А. Почвенные режимы гидроморфных почв Полесья УССР / Н.А.Клименко. – К.: Изд-во УСХА, 1990. – 176 с.
3. Ковалець, Ю.М. Агрогенна трансформація ґрунтів легкого гранулометричного складу західного полісся України / Ю.М. Ковалець, С.П. Позняк. – Львів: Український бестлер, 2010. – 219 с.

УДК 631:81

## ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ПОЧВ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТОЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ

**А.И. Иванов<sup>1</sup>, Ж.А. Иванова<sup>1</sup>, А.А. Конашенков<sup>2</sup>,  
Н.А. Цыганова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»,  
г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>КХ «Прометей» Гдовский район, Псковская область, Россия

<sup>3</sup>ФГБОУ «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»,  
г. Санкт-Петербург, Россия

Одним из современных направлений интенсификации земледелия является переход к так называемым точным агротехнологиям, базирующимся на объективном учёте фактической гетерогенности свойств почвы (Шпаар и др., 2009, Иванов, Якушев, Иванов, 2011). В условиях РФ точные системы удобрения, базирующиеся на повседневной реализации данных сплошных геореференсированных обследований почв

и посевов, с использованием прецизионного оборудования особенно перспективны в районах распространения дерново-подзолистых почв, отличающихся значительной горизонтальной и вертикальной дифференциацией агрофизических, агрохимических и биологических свойств (Якушев и др., 2008).

С целью оценки природных и антропогенных факторов формирования пространственной неоднородности пахотных дерново-подзолистых почв и поиска путей повышения эффективности систем удобрения на них было развернуто комплексное исследование. Основными направлениями в нем выступали: оценка фактического состояния и происхождения пространственной неоднородности важнейших агропроизводственных свойств почвы в серии агроэкологических полигонов с применением методологии геореференсированного прецизионного обследования с растром опробования 0,25 га (Иванов и др., 2009); отработка наиболее эффективных вариантов обоснования пространственного дифференцирования оптимальных доз мелиорантов, органических и минеральных удобрений в полевых и овощных севооборотах, выполненная в пяти многолетних стационарных опытах на фоне выраженной пестроты плодородия; оценка последствий снижения и поиск путей повышения равномерности применения удобрений внутри сравнительно однородных элементарных контуров (3 полевых опыта). Исследование проводилось в КХ «Прометей» Гдовского района Псковской области и в Меньковском филиале АФИ с 1995 г. в стационарных полевых опытах в системе развёрнутых во времени полевых и овощных севооборотов. Объектами исследования здесь выступали различные почвенные комбинации (пятнистости дерново-подзолистых автоморфных и полугидроморфных почв, мозаики литогенного происхождения, сформированные на морене от песчаного до тяжелосуглинистого гранулометрического состава), культуры полевых и овощных севооборотов, а также минеральные и органо-минеральные системы удобрения и отдельные приёмы их прецизионного внесения. Дерново-подзолистые почвы опытов имели резкие отличия по степени окультуренности (от слабо до хорошо окультуренных), гранулометрическому составу (от песчаного до среднесуглинистого), агрофизическим и агрохимическим кондициям. Содержание гумуса в них варьировало от 0,92 до 2,50%,  $pH_{KCl}$  — от 4,34 до 6,35, содержание подвижных фосфатов — от 125 до 550 мг/кг и подвижного калия — от 22 до 400 мг/кг.

В первом направлении было установлено, что высокая гетерогенность литологического характера свойственна не только зональным дерново-подзолистым, но и дерново-карбонатным почвам. При этом

максимальной неоднородностью отличаются кислотно-основные свойства и обеспеченность в пределах пахотного слоя подвижным калием. Коэффициенты их пространственной вариации находятся в пределах 25–40% в сравнительно однородных почвенных комбинациях (пятнистостях) и 50–100 и более % – в контрастных мозаиках и комплексах (Иванов и др., 2014). В наиболее контрастных почвенных комбинациях (мозаиках литогенного происхождения) резко выражена неоднородность ( $V = 30\text{--}35\%$ ) не только агрохимических, но и агрофизических свойств почвы (содержания физической глины, наименьшей влагоёмкости, полевая влажность и др.).

Показано, что на фоне низкого уровня культуры земледелия, не обеспечивающего равномерного распределения ресурсов удобрений между объектами применения существенно увеличивается крупномасштабная неоднородность свойств почв, а при нарушении технологий хранения и применения – ее мелкомасштабная составляющая. С 1966 по 2010 год коэффициент пространственной вариации основных агрохимических показателей почв пашни Псковской области увеличился с 32–48 до 57–87%. Аналогичная закономерность выявлена и по материалам прецизионного обследования почв ряда полигонов. Наиболее ощутимые последствия связаны с нарушением равномерности внесения органических удобрений и мелиорантов. В стационарном полевом опыте двукратное за ротацию севооборота внесение по 60 т/га навоза с распространенной в производстве неравномерностью 50–100% привело к увеличению коэффициента пространственной вариации показателей питательного режима в 2,5–12 раз, существенному росту риска получения недоброкачественной по содержанию нитратов продукции и двукратному снижению рентабельности и окупаемости (с 10,4 до 5,1 кг з.ед./1кг NPK) органической системы за ротацию севооборота. Напротив, научно обоснованная дифференциация доз удобрений и равномерное их внесение внутри однородных контуров позволяют снизить коэффициент пространственной вариации основных агрохимических показателей от 3 до 5 раз за 20–25 лет. Процесс нивелирования свойств может быть ускорен в 4–5 раз при использовании точной системы удобрения, базирующейся на базовом прецизионном окультуривании, при котором вариабельность агрохимических свойств снизилась с 14–67 до 5–24% за одну ротацию овощного севооборота.

Органические системы удобрения, как и минеральные, на неоднородных дерново-подзолистых почвах в овощных севооборотах существенно уступают органо-минеральным системам. Органические сис-

темы не балансируются по азоту и калию. Попытки компенсировать их недостаток гиперинтенсивным применением навоза (80–120 т/га в год) привели к резкому усилению выветривания калийсодержащих гидрослюдястых минералов, лессиважа и переосаждению продуктов миграции в нижней части иллювиального горизонта. В результате дополнительного улучшения физических свойств супесчаной почвы относительно доз 30 – 40 т/га в год не получено, а калийное состояние резко деградировало при положительном балансе элемента. Аналогичное положение и на фоне дефицитных по калию минеральных систем (Иванов, 1998).

В ходе отработки различных подходов обоснования пространственной дифференциации доз удобрений была показана невозможность использования с этой целью электронных карт урожайности предшествующих полевых культур, так как их отзывчивость на пространственно-временную динамику агроэкологических условий носит исключительно специфический характер. Дифференцированное применение органических удобрений оправдано только на фоне высокого уровня пестроты плодородия, при их дифференцированном внесении в прецизионном применении минеральных удобрений нет необходимости.

Точная система удобрения, предусматривающая дозирование с ежегодным учётом фактической неоднородности свойств почвы обеспечила увеличение окупаемости 1 кг NPK относительно зональной системы урожаем овощных культур на 18–21 %, полевых культур – на 12–17%. Агрономическая эффективность точной системы, основанной на прецизионном окультуривании почвы оказалась выше еще на 3–34%. На фоне среднегодовой продуктивности овощного севооборота в 9,6–9,9 т/га з.ед. превосходство в рентабельности перед зональной системой 38–49%, достигнув уровня в 253–401%. При этом существенно снизился коэффициент пространственной вариабельности урожайности овощных и полевых культур с 32–53 и 15–30 до 9–32 и 10–15% соответственно, увеличилось содержание в товарной продукции сырого протеина на 9–42%, калия – на 7–59%, витаминов – на 11–128%.

### Список литературы

1. Рекомендации по применению технологий проведения агрохимических, агробиологических и реабилитационных мероприятий / А.И. Иванов [и др.]. – С-Пб.: ГНУ Агрофизический НИИ РАСХН, 2009. – 207 с.
2. Оценка параметров пространственной неоднородности показателей почвенного плодородия / А.И. Иванов [и др.] // Агрохимия. – 2014. – № 2. – С. 39–49.

3. Иванов, И.А. Основы почвоведения, агрохимии и земледелия / И.А. Иванов, В.П. Якушев, А.И. Иванов. — СПб: Изд-во АФИ, 2011. — 236 с.
4. Шпаар, Д. Точное сельское хозяйство / Д. Шпаар, А.В. Захаренко, В.П. Якушев. — С.-Пб.-Пушкин: Изд. СПб СРП «Павел» ВОГ, 2010. — 397 с.
5. Реализация системы удобрения в точном земледелии / В.П. Якушев // Земледелие. — 2008. — № 5. — С. 18–20.

УДК 631.861:895

## **ВОСПРОИЗВОДСТВО ПЛОДОРОДИЯ ДЕГРАДИРОВАННОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВОГО ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ**

**Ж.А. Иванова, С.С. Баева, И.А. Фрейдкин**

*ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»,  
г. Санкт-Петербург, Россия*

Современные объёмы применения удобрений и извести на Северо-Западе РФ не позволяют обеспечить даже простое воспроизводство почвенного плодородия (Иванов, Иванов, 2006; Иванов и др., 2009). В результате развития скрытых деградационных процессов доля пахотных почв с повышенной кислотностью на Северо-Западе РФ увеличилась до 44%, низким содержанием гумуса — до 63%, калия — до 28%, фосфора — до 11% (Петриков и др., 2013). Однако на этом неблагоприятном фоне крайне слабо используются ресурсы местных удобрений. Только в Ленинградской области из 3,5 млн т навоза ежегодно вносятся в почву не более 1,4 млн т. Из неиспользуемого объёма почти 1 млн т приходится на птичий помёт, отличающийся потенциальной опасностью для окружающей среды и человека и неудовлетворительными технологическими свойствами (Еськов и др., 2001). С целью исправления ситуации совместно с ООО «Билавис» была разработана технология производства нового гранулированного органо-минерального удобрения (НОМУ) с влажностью до 2%, pH — 9–9,2, нейтрализующей способностью — 20%, содержанием органического вещества — 47–50%, 2,5–3% азота, 5–8% фосфора, 2–3% калия, 6–8% кальция, 1–2% магния, 83–97 мг/кг меди, 435–484 мг/кг цинка, 6,8–7,9 мг/кг никеля, 18–21 мг/кг свинца и 0,07–0,1 мг/кг кадмия.

Изучение его эффективности велось в системе микрополевых и мелкоделяночных опытов в различных звеньях полевых севооборотов в Меньковском филиале АФИ в 2010–2014 гг. На момент закладки опытов деградированная длительным использованием без удобрений супесчаная дерново-подзолистая почва обладала  $pH_{KCl}$  4,6–4,8, Нг – 3,46–3,74 мМоль/100г, Собм. – 3,71–3,95 мМоль/100г, содержанием органического вещества – 2,04–3,53%, подвижных соединений фосфора и калия – 163–268 и 70–106 мг/кг соответственно.

В отличие от минеральных и органических систем удобрения на основе навоза действие нового удобрения в дозах 2 и более т/га имело выраженный нейтрализующий эффект (Небольсин и др., 1997; Иванов, 2000). И если  $pH_{сол}$  повысился на фоне доз 2–4 и 7–10 т/га в среднем на 0,27 и 0,51 ед., то Нобм. (по Соколову) при этом снизилась на 33 и 42, а Нг. – на 15 и 16% соответственно. Усредненные по вариантам данные показывают, что при внесении 1 т/га НОМУ обменная и гидролитическая кислотность сокращались на 0,01 и 0,08 мМоль/100 г,  $pH_{сол}$  увеличивался на 0,08, а сумма обменных оснований – на 0,13 мМоль/100 г. Эти изменения согласуются с 20%-ной нейтрализующей способностью НОМУ, формируемой за счёт оксидов, карбонатов и гидрокарбонатов кальция, магния и калия добавляемой золы.

Положительное действие НОМУ на питательный режим почвы носило ещё более выраженный характер. Уже через 2 недели после внесения этого удобрения нитрификационная способность почвы (по Кравкову) увеличилась в среднем по вариантам мелкоделяночного и микрополевого опытов с  $21 \pm 2$  и  $17 \pm 3$  мг/кг в контроле до  $33 \pm 3$  и  $57 \pm 5$  мг/кг соответственно. Несмотря на известную изменчивость параметров обеспеченности почвы подвижными соединениями азота в течение вегетационного периода, приуроченную к биологической активности почвы, погодным условиям и развитию культурной растительности, в среднем за вегетацию в вариантах с применением НОМУ содержание обменного аммония было выше, чем в контроле на 28–40 %, а нитратного азота – на 33–62%. И хотя к концу вегетации гораздо лучше развитые растения удобренных вариантов, потребляя минеральные соединения азота почвы и удобрения, существенно снижают это превосходство, в наших опытах его уровень достигал 37–45%. Вероятно, это связано с теплыми погодными условиями конца вегетации, способствовавшими сохранению высокой биологической активности почвы.

На фоне доз НОМУ в 4 и более т/га заметно оптимизировалось содержание органического вещества, подвижных соединений азота, фосфора, обменных соединений кальция и магния и сохранялось ка-

лийное состояние. Стабильное улучшение последнего в звеньях полевых севооборотов обнаруживалось лишь на фоне очень высоких доз НОМУ дополненных калийным удобрением. В среднем по этим вариантам опытов при внесении 1 т/га нового удобрения содержание органического вещества в почве увеличилось на 0,04%, подвижных фосфатов – на 6 мг/кг, обменных соединений кальция и магния – на 0,12 и 0,05 мМоль/100 г соответственно.

Картина положительного действия НОМУ в дозах 4 т/га и более дополнилась весьма слабым влиянием на состояние средне- и высокоопасных токсикантов, при повышении обеспеченности отдельными соединениями биогенных металлов. Достоверные изменения здесь выражались в повышении валового содержания меди с 2,72–3,17 до 3,68–4,08 мг/кг, подвижных соединений цинка – с 0,62–0,70 до 0,77–1,06 мг/кг и кобальта – с 0,61–0,71 до 0,73–1,26 мг/кг соответственно. И, если увеличение содержания подвижных соединений цинка в большей степени было связано с поступлением элемента с удобрением (171–426 г/га), то изменение статуса соединений меди и кобальта, вероятно, объясняется резкой активизацией почвенной биоты и, прежде всего, микроорганизмов азотного цикла. При этом все параметры обеспеченности почвы тяжелыми металлами и металлоидами были многократно ниже установленных санитарно-гигиенических нормативов, а уровень содержания соединений кадмия, ртути, мышьяка и частично подвижных соединений свинца оказался в границах нижнего предела обнаружения стандартных аналитических методов.

Таким образом, было доказано, что новое технологичное органоминеральное удобрение на основе птичьего помета оптимизирует питательный режим почвы, позволяет сформировать положительный баланс азота, фосфора, кальция, магния, и в значительной мере компенсировать минерализационные потери органического вещества и продуктивное потребление калия. В среднем по вариантам опытов с оптимальными дозами при внесении 1 т/га этого удобрения обменная и гидролитическая кислотность сокращались на 0,01 и 0,08 мМоль/100 г, рН<sub>сол.</sub> увеличивался на 0,08, а сумма обменных оснований – на 0,13 мМоль/100 г, содержание органического вещества – на 0,04%, подвижных фосфатов – на 6 мг/кг, обменных соединений кальция и магния – на 0,12 и 0,05 мМоль/100 г соответственно. Его периодическое применение в дозах до 10 т/га является экологически безопасным и представляет собой мероприятие химической мелиорации, направленное на преодоление скрытых деградационных процессов интенсивно используемых дерново-подзолистых почв.

## Список литературы

1. Справочная книга по производству и применению органических удобрений / А.И. Еськов [и др.]. – Владимир: РАСХН, 2001. – 496 с.
2. Иванов, А.И. Почвенно-агрохимическое обоснование системы удобрения на хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах Северо-Запада России: дис. докт. ...с.-х. наук / А.И. Иванов. – Санкт-Петербург, 2000. – 295 с.
3. Рекомендации по применению технологий проведения агрохимических, агробиологических и реабилитационных мероприятий / А.И. Иванов [и др.]. – СПб.: ГНУ Агрофизический НИИ РАСХН, 2009. – 207 с.
4. Иванов, И.А. Научно-практические основы системы земледелия Северо-Западного района России / И.А. Иванов, А.И. Иванов. – Великие Луки, 2006. – 249 с.
5. Иванов, И.А. Изменение свойств подзолистых и дерново-подзолистых почв на песчаных породах при окультуривании / И.А. Иванов А.И. Иванов, Н.А. Цыганова // Почвоведение. – 2004. – № 4. – С. 489–499.
6. Научные основы и технология использования удобрений и извести / А.Н. Небольсин [и др.]. – С.-Пб.: СЗНИИСХ, 1997. – 52 с.
7. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения / А.В. Петриков [и др.]. – М.: Росинформагротех, 2013. – 148 с.

УДК 631.86

## **ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ**

**Л.Н. Иовик**

*ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси»,  
г. Брест, Беларусь*

По мере роста цен на нефть и природный газ все более популярными в мире становятся возобновляемые виды топлива и источники энергии. Для агропромышленного комплекса Беларуси на данном этапе альтернативой ископаемым ресурсам является использование биогазовых технологий. В основе процесса производства биогаза из органических отходов животного и растительного происхождения лежит анаэробное (метановое) сбраживание, т.е. преобразование органических отходов в биогаз с помощью микроорганизмов. Однако биогазовые комплексы не решают проблему утилизации жидкого навоза и навозных стоков, так как объем навоза после сбраживания уменьшается незначительно.

ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси» на основе отсепарированных органических удобрений, получаемых на выходе биогазовой установки, в сочетании с торфом, дефекатом и отходом грибного производства разработаны новые твердые органические удобрения с разным содержанием основных элементов питания, которые требуют проведения полевых исследований по изучению эффективности их внесения под сельскохозяйственные культуры.

Исследования проводили в 2013–2014 гг. в полевом опыте, заложенном в ОАО «СГЦ Западный» Брестского района на дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой с глубины 0,9 м суглинком, почве. Пахотный слой перед внесением удобрений имел:  $pH_{\text{кел}}$  – 5,5, гумус – 1,67%, подвижные формы  $P_2O_5$  – 198 мг/кг,  $K_2O$  – 261 мг/кг, обменные  $CaO$  – 1158 мг/кг,  $MgO$  – 132 мг/кг. Объектами исследований являлись яровой ячмень Зубр и новые виды органических удобрений, полученных на основе отхода биогазовой установки ОАО «СГЦ «Западный» Брестского района в жидкой и твердой форме.

Жидкое органическое удобрение Эффлюент получено в результате сбраживания навозных стоков (30%), твердой их фракции, отделенной на дуговых ситах (30%), отходов рыбного производства (30%) и растительной биомассы (10%) в биогазовой установке ОАО «СГЦ Западный». Сложный компост приготовлен смешиванием отсепарированного отхода биогазовой установки (50%), торфа (24,5%), дефеката (24,5%) и хлористого калия (1%). Органо-минеральное удобрение Биоудобрение-Гранулированное получено смешиванием тех же компонентов с последующей сушкой и грануляцией.

Таблица 1

**Химический состав органических удобрений, внесенных под ячмень, % на естественную влажность**

Вид удобрения	Влажность	Орг. углерод	N	$P_2O_5$	$K_2O$
Подстилочный навоз КРС	79	9,99	0,41	0,35	0,40
Отход грибного производства	59	13,80	0,85	1,04	0,84
Навозные стоки свиные	99	0,27	0,25	0,05	0,06
Эффлюент	89	4,57	0,50	0,37	0,16
Сложный компост	45	9,12	0,71	1,19	1,44
Биоудобрение-Гранулированное	16	16,77	0,78	1,88	2,13

Общая площадь делянки – 50 м<sup>2</sup>, учетная – 32 м<sup>2</sup>. Кратность вариантов – 4 повторности. Предшественник ячменя – многолетние травы. Учет урожая проводили сплошным способом поделаячно.

В ходе исследований установлено, что в среднем за два года за счет плодородия почвы был сформирован урожай ярового ячменя на уровне 46,0 ц/га (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние удобрений на урожайность зерна ячменя**

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га	Окупаемость 1 т (кг NPK) удобрений, кг зерна
1. Без удобрений (контроль)	46,0	—	—
2. N <sub>60+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	66,4	20,4	7,5
3. Подстилочный навоз, 40 т/га	59,5	13,5	33,8
4. Отход грибного производства, 20 т/га	58,3	12,3	61,5
5. Навозные стоки, 60 т/га	56,1	10,1	16,8
6. Навозные стоки, 120 т/га	60,4	14,4	12,0
7. Эффлюент, 20 т/га	56,2	10,2	50,8
8. Эффлюент, 40 т/га	61,6	15,6	38,9
9. Сложный компост, 30 т/га	54,2	8,2	27,2
10. Сложный компост, 40 т/га	59,5	13,5	33,6
11. Биоудобрение-Гранулированное, 20 т/га	57,3	11,3	56,5
12. Биоудобрение-Гранулированное, 30 т/га	60,7	14,7	48,8
НСР <sub>05</sub>	5,3		

Применение органических и минеральных удобрений оказало положительное влияние на урожайность зерна, которая изменялась в зависимости от варианта опыта и находилась в пределах 54,2–66,4 ц/га. По сравнению с контролем наибольшая прибавка получена в варианте с минеральными удобрениями – 20,4 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 7,5 кг зерна. Внесение Эффлюента в дозах 20 и 40 т/га способствовало увеличению урожайности по сравнению с контролем на 10,2 и 15,6 ц/га при оплате 1 т удобрения 50,8 кг и 38,9 кг зерна соответственно. Применение сложного компоста в дозах 30 т/га и 40 т/га обеспечило рост урожайности зерна на 8,2 ц/га и 13,5 ц/га. Оплата 1 т удобрения составила 27,2 кг и 33,6 кг зерна. Что касается органо-минерального удобрения Биоудобрение-Гранулированное, то его применение в дозах 20 т/га и 30 т/га обеспечило прибавку к контролю на уровне 11,3 и 14,7 ц/га соответственно или 56,5 и 48,8 кг зерна на 1 т удобрения.

В удобренных вариантах, в зависимости от вида удобрения и его дозы вынос азота с урожаем ячменя изменялся от 116 до 147 кг/га, фосфора – от 55 до 65 кг/га, калия – от 97 до 131 кг/га (табл. 3). Положительный баланс азота обеспечили твердые виды органических удобрений и двойные дозы жидких органических удобрений. Высоко положительным баланс фосфора и калия был при внесении сложного компоста и органоминерального удобрения Биоудобрение-Гранулированное. При внесении свиных навозных стоков и Эффлюента, в изучаемых дозах, во избежание снижения содержания подвижных форм калия в почвах требуется дополнительное внесение калийных удобрений.

Таблица 3

**Влияние применяемых удобрений на хозяйственный вынос с урожаем ячменя и баланс в почве основных элементов питания, кг/га**

Вариант	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
	вынос	баланс	ИБ*, %	вынос	баланс	ИБ, %	вынос	баланс	ИБ, %
1	92	-92	61	42	-42	95	79	-79	92
2	147	-57	137	63	-3	359	131	-11	164
3	120	44	146	60	156	366	97	63	157
4	116	54	115	57	151	50	107	61	35
5	131	19	207	60	-30	91	103	-67	57
6	145	155	82	66	-6	134	126	-54	31
7	122	-22	136	55	19	229	104	-72	50
8	147	53	173	65	83	645	127	-63	405
9	123	90	204	55	302	847	107	325	456
10	139	145	127	56	420	678	126	450	373
11	122	34	177	55	321	923	114	312	501
12	132	102	61	61	503	95	127	512	92

\* Интенсивность баланса (отношение поступления элементов питания к выносу с урожаем).

Таким образом, внесение органических удобрений, полученных на основе отсепарированных отходов биогазовой установки, является агрономически эффективным приемом, повышающим урожайность и обеспечивающим повышение плодородия почв.

## О ДИАГНОСТИКЕ ПИТАНИЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА

**Г.А. Капустина<sup>1</sup>, С.И. Бурькина<sup>2</sup>, С.Н. Ищенко<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Одесский филиал Государственное учреждение  
«Институт охраны погов Украины»,  
г. Одесса, Красный хутор, Украина*

*<sup>2</sup>Институт сельского хозяйства Причерноморья НААНУ,  
г. Одесса, Украина*

Подсолнечник считается культурой интенсивного минерального питания. На 1 т семян он выносит до 60 кг азота, 27 кг фосфора и 150 кг калия в зависимости от погодных-климатических и почвенных условий выращивания. Цикл питания подсолнечника, как и любой сельскохозяйственной культуры, меняется в течении вегетации. По данным многих ученых, критические периоды в его питании существуют от фазы четырех до 10 листьев. Так, в период четырех-шести листьев закладывается количество семян в корзинке, что во многом определяет величину урожая. Это требует периодического контроля состояния растений и оперативного вмешательства с целью корректировки условий минерального питания в сторону оптимизации. Как правило, контроль осуществляется с помощью растительной диагностики. В свое время, Д.Н. Прянишников отмечал, что нужно «спросить растение».

Общие оптимальные уровни содержания элементов питания в листьях подсолнечника предложены еще В.В. Церлинг: в фазе 4–6 листьев, содержание азота должно находиться в интервале 4,5–5,5%, фосфора – 0,39–0,44 и калия – 4,6–5,0. Но, мы считаем, что сложившиеся конкретные зональные почвенно-климатические условия требуют и разработки своих диагностических оптимумов, в данном случае, для условий южной Степи Украины.

Исследования проводили в течение 2006–2008 гг. на базе стационарного опыта с удобрениями Института сельского хозяйства Причерноморья. Подсолнечник был завершающей культурой восьми-польного паро-пропашного полевого севооборота по предшественнику – пшеница озимая. Почва – чернозем южный малогумусный тяжелосуглинистый на лессе. На момент проведения наблюдений заканчивалась четвертая ротация и на опытных вариантах сложились определенные уровни плодородия соответствующие изучаемым сис-

темам удобрения. Варианты, в которых изучали последствие удобрений:

1. Контроль без внесения удобрений;
2. Навоз 8 т/га + N<sub>56,5</sub>P<sub>47,8</sub>K<sub>41,8</sub> ;
3. N<sub>56,5</sub>P<sub>47,8</sub>K<sub>41,8</sub> ;
4. Навоз 15 т/га + N<sub>56,5</sub>P<sub>47,8</sub>K<sub>41,8</sub> .

Высевались гибриды Меридиан, Альянс, Альтес, Сержон, Хорс. Общая площадь посева 240 м<sup>2</sup>, каждого гибрида – 48, учетная – 25,2. оворность – трехкратная с систематическим размещением вариантов. Отбор растительных образцов проводили на фиксированных делянках в следующие фазы развития: 4–блистьев, бутонизация, цветение. Индикаторным органом служили молодые листья, закончившие развитие к моменту отбора, в которых после фиксации и высушивания определяли содержание азота, фосфора и калия по общепринятым методикам.

Основная цель заключалась в определении диапазона элементов, в пределах которого сохраняется оптимальный уровень питания и формируется максимальный или расчетный урожай. Как известно, урожай является интегральным показателем условий выращивания, в том числе, и качества минерального питания культуры. Для определения степени связи урожая и содержания в листьях основных элементов питания был проведен корреляционно-регрессионный анализ, усредненные по гибридам результаты которого представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Коэффициенты корреляции и детерминации признаков урожай-содержание NPK**

Фаза развития	Азот		Фосфор		Калий	
	R	R <sup>2</sup>	R	R <sup>2</sup>	R	R <sup>2</sup>
4–6 лист	0,88	0,77	0,71	0,51	0,74	0,55
Бутонизация	0,86	0,74	0,71	0,51	0,81	0,65
Цветение	0,72	0,52	0,70	0,49	0,80	0,64

Все значения коэффициентов корреляции (R) близки к 1, что свидетельствует о наличии линейной зависимости урожая от концентрации азота, фосфора и калия в листьях подсолнечника. Но следует отметить, что коэффициент корреляции между содержанием азота в листьях подсолнечника и урожаем наиболее высокий от фазы 4–6 листьев до бутонизации и уровень продуктивности на 77 и 74% (R<sup>2</sup>) определяется в эти фазы его концентрацией. Мера связи урожая и содер-

жания фосфора в листьях практически не изменяется по изучаемым фазам (0,71...0,70), а зависимость урожая от обеспеченности культуры калием возрастает к фазе бутонизации в среднем на 10%.

Вариабельность концентрации NPK в листьях в зависимости от гибрида внутри каждого варианта и фазы развития не выходила за пределы 10% по фосфору и 5% – по азоту и калию (табл. 2), что дает нам право усреднить данные при определении оптимального уровня питания и отметить его независимость от особенностей того или иного гибрида подсолнечника.

Таблица 2

**Коэффициенты вариации содержания основных элементов минерального питания в листьях в зависимости от гибрида подсолнечника**

№ варианта	Азот			Фосфор			Калий		
	фаза развития								
	4–6 лист	бутон	цветение	4–6 лист	бутон	цветение	4–6 лист	бутон	цветение
1	1,5	2,1	0,9	4,2	5,9	9,9	0,6	2,2	2,5
2	1,3	1,6	1,5	3,7	4,1	6,5	2,8	1,0	1,5
3	1,6	1,7	1,5	2,4	5,5	3,5	0,6	1,9	1,2
4	1,6	1,2	1,4	3,7	3,0	2,8	3,1	2,3	1,7

Максимальный урожай, в среднем за годы наблюдений и гибридам, получен на последствии органо-минеральной системы удобрения, где на гектар севооборотной площади в среднем за четыре ротации было внесено 15 т навоза и  $N_{36,5}P_{47,8}K_{41}$ . Прирост по сравнению с контрольным вариантом составил 46,1%, или 8,8 ц/га. Содержание макроэлементов питания в листьях данного варианта можно было бы принять за оптимальный уровень (табл. 3).

Таблица 3

**Уровни содержания элементов минерального питания в листьях подсолнечника варианта максимальной продуктивности**

Фаза развития	Азот		Фосфор		Калий	
	% на СВ	± к фазе 4–6 лист	% на СВ	± к фазе 4–6 лист	% на СВ	± к фазе 4–6 лист
4–6 лист	4,26	0	0,43	0	5,27	0
бутонизация	3,47	-0,79	0,38	-0,05	4,40	-0,87
цветение	3,09	-1,17	0,25	-0,18	4,26	-1,01
$HCP_{05}$	0,06		0,01		0,15	

С другой стороны, математический анализ показал отсутствие существенных различий в содержании фосфора между исследованными гибридами по всем фазам развития и по отдельным гибридам – в содержании калия в листьях контрольного варианта; на последствии систем удобрений его содержание увеличилось в листьях всех гибридов.

Отмечается, что для условий южной Степи Украины дефицитным для подсолнечника является азот и оптимальное его содержание колеблется от фазы 4-6 листьев до цветения в интервале 4,26...3,09% (табл. 3). Поскольку фосфором и калием растения обеспечивались, в основном, за счет естественного плодородия, то в качестве оптимальных – приняли их содержание в листьях контрольного варианта : фосфор в фазе 4–6 листьев – 0,38, бутонизации – 0,30 и цветения – 0,18; калий – 4,60, 3,61, 3,59, соответственно. Отбор образцов для проведения растительной диагностики подсолнечника можно проводить уже в фазе 4–6 листьев, что в производственных условиях дает возможность маневра во времени.

Таким образом, предложены оптимальные уровни содержания азота, фосфора и калия в листьях подсолнечника для условий южной Степи Украины, которые можно использовать для контроля и корректировки условий его минерального питания.

УДК 631.872:631.633.16

## **СОЛОМА В СИСТЕМЕ УДОБРЕНИЯ ЯЧМЕНЯ**

**Т.М. Кирдун, Т.М. Серая, Е.Н. Богатырева, О.М. Бирюкова,  
Ю.А. Белявская, М.М. Торчило**

*РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,  
г. Минск, Беларусь*

Ценность соломы как органического удобрения обусловлена высоким содержанием в ней органического вещества. Однако кроме 470 кг углерода с 1 т сухой соломы в почву поступают элементы минерального питания, количество которых зависит от ее вида: N – 4,7–12,0 кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 2,8–6,4 кг, K<sub>2</sub>O – 14,9–25,0 кг. При этом высвобождаемый из соломы азот поглощается микроорганизмами, которые ее разлагают, и в первый год после заделки в питание растений практически не участвует. В проведенных ранее исследованиях [1] установлено, что содержащийся в послеуборочных остатках калий практически весь высвобождается осенью до наступления устойчивых заморозков,

фосфор в первый год – на 80%. Это позволило предположить, что при запашке соломы предшествующей культуры, можно существенно снизить дозы калийных и фосфорных удобрений под последующую культуру. Кроме этого, до настоящего времени нет единого мнения среди ученых о необходимости внесения компенсирующей дозы азота по соломе при запашке ее под яровые культуры. Поэтому целью работы являлось установление влияния компенсирующей дозы азота по листоватой массе подсолнечника и скорректированных доз фосфорных и калийных удобрений, с учетом их высвобождения в первый год из запаханной соломы, на урожайность ярового ячменя.

Исследования проводятся в стационарном технологическом опыте, заложенном в 2010–2011 гг. в двух последовательно открывающихся полях в ГП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области на дерново-подзолистой супесчаной, развивающейся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 80 см моренным суглинком, почве в севообороте: кукуруза – подсолнечник – ячмень – гречиха – овес. Повторность вариантов в опыте четырехкратная. Общая площадь делянки – 31,2 м<sup>2</sup> (2,6×12), учетная – 22,0 м<sup>2</sup> (2,2×10).

Почва опытного участка перед закладкой полевого опыта характеризовалась следующими агрохимическими показателями пахотного слоя: рН<sub>KCl</sub> – 5,7–6,0, содержание гумуса – 2,15–2,64%, подвижных форм P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 120–160 мг/кг почвы, K<sub>2</sub>O – 135–172 мг/кг, обменных форм CaO – 885–1031 мг/кг, MgO – 172–218 мг/кг почвы.

Согласно схеме опыта в 2013–2014 гг. под ячмень запахано 6,1 т/га растительных остатков подсолнечника, внесена компенсирующая доза азота в виде карбамида (N<sub>42</sub>), жидкого навоза КРС (30 т/га). Кроме этого под предшествующие культуры было запахано: в 2010–2011 гг. – 3,1 т соломы ячменя, в 2011–2012 гг. – 6,3 т/га растительных остатков кукурузы при этом компенсирующие дозы азота в виде карбамида составили по 30 кг д.в./га и жидкого навоза КРС по 30 т/га.

Применяемые органические удобрения в опыте имели следующие показатели (в расчете на сухое вещество): жидкий навоз КРС: N – 2,87%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 2,27%, K<sub>2</sub>O – 4,44%, углерод – 30%, отношение C/N – 10; солома ячменя (под кукурузу): N – 0,57%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,39%, K<sub>2</sub>O – 1,50%, углерод – 47,1%, отношение C/N – 83; солома кукурузы: N – 1,10%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,49%, K<sub>2</sub>O – 1,72%, углерод – 47%, отношение C/N – 43; солома подсолнечника: N – 0,70%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,29%, K<sub>2</sub>O – 3,36%, углерод – 43,7%, отношение C/N – 49; зеленая масса сидерального люпина (под кукурузу): N – 2,98%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,45%, K<sub>2</sub>O – 2,35%, углерод – 48%, отношение C/N – 16.

В результате исследований установлено, что погодные условия вегетационного периода в 2014 г. были более благоприятны для влияния удобрений на рост и развитие растений ячменя, чем в 2013 г. Так, в среднем по удобренным вариантам урожайность зерна ячменя в 2014 г. была на 6,4 ц/га (12%) выше по сравнению с 2013 г. (табл.).

Таблица

**Влияние удобрений и компенсирующих доз азота по соломе урожайность зерна ячменя (влажность 14%)**

№ п/п	Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка, ц/га			
		2013 г.	2014 г.	Ø	к конт-ролю	от NPK	от со-ломы с доп. N	от доп. N
1	Без удобрений (контроль)	21,2	19,9	20,5	—	—	—	—
2	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	49,9	53,5	51,7	31,2	31,2	—	—
3	Солома + Сидераты	31,8	33,2	32,5	12,0		12,0	—
4	Солома + Сидераты + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	55,1	61,9	58,5	38,0	26,0	6,8	—
5	Солома + Сидераты + N <sub>90</sub> P <sub>49</sub> K <sub>0</sub>	52,3	60,7	56,5	36,0	24,0	4,8	—
6	Солома + Жидкий навоз КРС, 30 т/га	32,8	47,3	40,0	19,5		19,5	—
7	Солома + Жидкий навоз КРС, 30 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	56,6	64,6	60,6	40,0	20,5	8,9	—
8	Солома + Жидкий навоз КРС, 30 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>49</sub> K <sub>0</sub>	54,6	66,7	60,6	40,1	20,6	8,9	—
9	Солома + N <sub>42</sub> весной	43,9	49,2	46,5	26,0		26,0	15,4
10	Солома + N <sub>42</sub> осенью	32,8	36,9	34,9	14,3		14,3	3,8
11	Солома + N <sub>42</sub> осенью + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	57,9	61,9	59,9	39,4	25,0	8,2	4,0
12	Солома + N <sub>42</sub> осенью + N <sub>90</sub> P <sub>49</sub> K <sub>0</sub>	55,1	64,3	59,7	39,1	24,8	8,0	4,4
13	Солома	29,3	32,8	31,1	10,5		10,5	—
14	Солома + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	53,3	58,4	55,8	35,3	24,8	4,1	—
15	Солома + N <sub>90</sub> P <sub>49</sub> K <sub>0</sub>	51,9	58,7	55,3	34,8	24,2	3,6	—
	НСР <sub>05</sub>	3,1	3,3	3,2	3,2			

Примечание. \* 2-й год последствий сидерального люпина.

В среднем за 2 года, только за счет плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы, при соблюдении элементов технологии возделывания культуры получено 20,5 ц/га зерна ячменя. Внесение минеральных удобрений способствовало дополнительному формированию 31,2 ц/га зерна (табл.), при этом на 1 кг NPK дополнительно получено 11,5 кг зерна ячменя (10,6 кг – в 2013 г., 12,4 кг – в 2014 г.). Максимальная урожайность зерна ячменя сформирована в вариантах с применением минеральных удобрений на фоне заправки соломы с компенсирующими дозами азота – 59,7–60,6 ц/га (вар. 7, 8, 11, 12).

Установлено, что во всех вариантах с заправкой соломы получена достоверная прибавка урожая зерна ячменя. За счет заправки соломы предшествующих культур прибавка урожайности зерна ячменя в среднем за 2 года составила 10,5 ц/га. Осеннее внесение по соломе компенсирующей дозы азота обеспечило дополнительный рост урожайности на 3,8 ц/га, весеннее – на 15,4 ц/га. Внесение компенсирующей дозы азота по соломе в виде жидкого навоза КРС способствовало дополнительному сбору зерна – 19,5 ц/га или 9,0 ц/га за счет внесения жидкого навоза.

Скорректированные дозы фосфорных и калийных удобрений с учетом высвобождения фосфора и калия из соломы подсолнечника, которая была запахана под ячмень, обеспечили урожайность зерна ячменя на уровне полных доз минеральных удобрений и позволили снизить затраты на удобрения на 51 USD/га, или на 26%.

Таким образом, на дерново-подзолистой супесчаной почве с оптимальным содержанием гумуса при посеве ярового ячменя по соломе предшественника внесение компенсирующей дозы азота не является обязательным агроприемом. По влиянию на урожайность ячменя внесение компенсирующей дозы азота в виде карбамида и жидкого навоза КРС (30 т/га) было равноценным.

Снижение доз фосфорных и калийных удобрений с учетом высвобождения фосфора и калия из соломы в первый год после ее заправки при возделывании ярового ячменя по соломе предшественника агроэкономически целесообразно, позволяя получить урожайность зерна на уровне полных доз при более низкой себестоимости продукции.

### Список литературы

1. Высвобождение элементов питания при заделке соломы в дерново-подзолистые почвы в зависимости от ее видового состава и удобрения азотом / Т.М. Серая [и др.] // Агрехимия. – 2013. – № 3. – С. 70–77.

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА**

**В.П. Кирилук**

*Институт почвоведения, агрохимии и защиты почв им. Н.А. Димо,  
г. Кишинев, Молдова*

К настоящему времени по содержанию валовых и подвижных форм микроэлементов в почвах Молдовы накоплен обширный материал, который изложен в ряде обобщающих источников (Тома, 1973; Тома, Рабинович, Велисар, 1980; Бумбу, 1981; Кирилук, 2006 и др.). Сопоставление среднего содержания микроэлементов в почвах Молдовы с кларками элементов в почвах показывает (табл. 1), что в почвах республики выше или равный уровень содержания большинства элементов и ниже Be, Cd, Cr, Ca, Sr, V (что обусловлено своеобразными геохимическими условиями формирования почв Молдовы), которые в сельском хозяйстве практически не применяются. На Юге республики (Причерноморье) существует геохимическая провинция с высоким содержанием бора (до 100–200 мг/кг). Необходимо указать и на высокое содержания фтора (до 1000 мг/кг), что обусловлено высоким содержанием его в осадочных породах (особенно карбонатных) и интенсивным внесением с фосфорными удобрениями (как примесь). От недостатка или избытка микроэлементов могут возникать биогеохимические эндемии. В условиях Молдовы установлены эндемические заболевания, связанные с йодом (зоб), Co и Mn (усугубление проявления зоба, акабальтоз у животных), Zn (розеточность у растений), Cu и Fe (хлороз виноградной лозы), F (флюорозы), В (борные энтериты). Содержание валовых форм микроэлементов в почвах дает лишь ориентировочные представление об обеспеченности почв микроэлементами, о возможном дефиците или избытке их. Растения могут использовать только часть микроэлементов, находящихся в физиологически доступной подвижной форме. В Молдове уже более 30 лет применяется ацетатно-аммиачный буфер рН = 4,8 и вода (для F, В и I) в качестве экстрагентов для определения доступных микроэлементов.

При сопоставлении потребления микроэлементов растениями и их количеством, извлекаемым вытяжками, установлено что исполь-

зуются примерно 1% извлекаемых из почвы микроэлементов (Зырин, Стоилов, 1967; Лупинович, Дубиковский, 1969). Как видно из таблицы 1, средний процент подвижности большинства микроэлементов в почвах Молдовы составляет 2%. Согласно градаций обеспеченности сельскохозяйственных растений, большинство почв попадает по содержанию подвижных форм элементов в категории низкой (В, Zn, Mn, Cu, Cr и др.) и средней (F, I, Mo, Co и др.) обеспеченности. Следовательно, содержание подвижных форм большинства микроэлементов не в состоянии удовлетворить потребность растений в полной мере, что подтверждается многолетним положительным влиянием микроудобрений на урожай и качество основных сельскохозяйственных культур.

Таблица 1

**Пределы и среднее содержание микроэлементов в почвах Молдовы, мг/кг**

Элемент	Кларк в почвах	Валовые формы		Подвижные формы (в ацетатно-аммонийном буфере, pH = 4.8)		
		среднее	пределы	среднее	пределы	Средний процент подвижности
В	10	70	13–220	1.4	0.2–30	2
Zn	50	71	10–166	1.4	0.1–4.9	2
Mn	850	790	150–2250	9.4	0.4–195	1.2
Cu	20	32	2–400	1.6	0.1–60	5
Mo	2	3	0.9–4.8	0.15	0.01–0.9	5
Co	10	13	4–18	0.40	0.1–4.7	3
I	5	5.3	0.5–15	0.53	0.01–0.75	10
Ni	40	39	5–75	0.80	0.1–1.5	2
F	200	485	64–1047	7.4	0.2–13.7	1.5
Pb	10	20	5–30	0.40	0.01–0.6	2
V	100	91	15–165	0.90	0.01–1.3	1
Cr	200	91	25–145	0.91	0.3–1.9	1

Другим критерием степени обеспеченности растений микроэлементами являются сами растения, которые для своего роста и развития избирательно поглощают различные количества тех или иных химических элементов. Представители разных ботанических семейств существенно различаются содержанием и потреблением химических элементов (табл. 2).

**Пределы содержания микроэлементов в основных сельскохозяйственных растениях Молдовы (мг/кг сухого вещества)**

Элемент	Зерновые	Бобовые	Томаты	Подсолнечник	Свекла	Фруктовые	Виноград
B	1–14	16–40	20–150	34–68	15–96	4–100	30–60
Zn	3–80	20–50	1–6	30–213	40–166	1–90	10–60
Mn	22–65	20–200	35–250	20–142	80–285	20–500	60–150
Cu	2–27	1–16	5–20	4–43	10–41	3–80	20–50
Mo	0,1–4	1–9	1–15	1–3	1–6	0,4–3	0,2–0,4
Co	0,1–0,6	0,4–1,5	0,1–0,5	0,2–2	0,1–2	0,1–3	0,1–5
I	0,02–0,4	0,04–0,5	0,1–1	0,01–0,3	0,01–0,8	0,1–0,3	0,1–0,8
Ni	1–10	1–15	1–15	0,4–22	1–5	0,3–8	2–5
F	10–30	1–20	1–3	40–60	1–10	1–6	16–70
Pb	0,3–4,2	1–2	0,1–2	1–3	0,5–2	0,1–10	1–10
V	0,1–0,3	0,1–0,3	0,5–2	0,2–2	0,1–0,5	0,01–0,3	0,3–1
Cr	0,1–0,8	1–3	0,5–2	0,2–1	4–10	0,1–2	0,1–0,3

В условиях Молдовы бобовые сохранили способность накапливать Mo, а также V; пасленовые выделяются накоплением Li, а также – B, Co и I (особенно табак – Cr, Cu, F, Ni, V, Zn, Zr); виноградные содержат повышенное количество Co, Cu, Pb; розовые – Ag, Cu, Mn, Pb, Sr; капуста – Mo; кукуруза – Ba, F; сахарная свекла – B, Ti; подсолнечник – Zn.

Особенности геохимической среды Молдовы сказываются на химическом составе сельскохозяйственных растений, они характеризуются большим накоплением Cr, Cu, F, Fe, и Li, меньшим – I, Pb, Sr, V, Zn. Повышенное содержание меди, фтора, железа и пониженное ванадия, стронция, йода в растениях коррелирует с содержанием этих элементов в почвах; поступлению Zn в растения препятствует высокое содержание карбонатов в почвах республики, а поступлению свинца – его сильное поглощение и связывание органическим веществом почв.

Основным фактором, резко снижающим эффективность применения микроэлементов, является сегодня низкое содержание в почве подвижных форм макроэлементов: азота, фосфора и калия. Так в 1990 г. на 1 га посевных площадей вносилось 136 кг минеральных удобрений и 5,6 т органических, то к 2006 г. эти показатели снизились до 22 кг и 0,1 т соответственно, почти не увеличиваясь в последующие годы. В результате урожайность большинства сельскохозяйственных культур за 15 лет снизилась в 2–3 раза и находится в длительной стагнации (Муравский, 2007). А это обусловлено рядом экономических факторов –

высокая стоимость макро и микроудобрений, комплексных удобрений; горючего; ограниченный доступ к финансовым ресурсам; отсутствием у большинства фермеров необходимых знаний в области ведения бизнеса, использования современных технологий производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции и так далее.

### Список литературы

1. Тома, С.И. Микроэлементы в полеводстве Молдавии / С.И. Тома. – Кишинев: Штиинца, 1973. – 199 с.
2. Тома, С.И. Микроэлементы и урожай / С.И. Тома, И.З. Рабинович, С.Г. Велисар. – Кишинев: Штиинца, 1980. – 172с.
3. Бумбу, Я.В. Биогеохимия микроэлементов в растениях, почвах и природных водах Молдавии / Я.В. Бумбу. – Кишинев: Штиинца, 1981. – 276с.
4. Кирилюк, В.П. Микроэлементы в компонентах биосферы Молдовы / В.П. Кирилюк. – Кишинев: Pontos, 2006. – 156с.
5. Зырин, Н.Г. Еще о возможности использования метода проростков для определения подвижности микроэлементов в почвах / Н.Г. Зырин, Г.П. Стоилов // Агрехимия. – 1965. – С. 119–128.
6. Лупинович, И.С., Дубиновский Г.П. О зависимости между запасом подвижных форм микроэлементов в почве и выносом их растениями / И.С. Лупинович, Г.П.. Дубиновский / Вестник Белорус. гос. ун-та. – Серия II. – 1969. – С. 11–18.
7. Муравский, А. Сельское хозяйство для развития / А. Муравский Akademos // Revista de Ştiinţă, Inovare, Cultură şi Artă. Chişinău, Nr. 4(8). – 2007. – P. 15–20.

УДК 633.367.2.171:631.526.32

## **ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС ПАЙЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ БАКТЕРИАЛЬНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ**

**О.С. Корзун**

*УО «Гродненский государственный аграрный университет»,  
г. Гродно, Беларусь*

На опытном поле УО «ГГАУ» в 2011–2013 гг. проводили исследования, целью которых явилась оценка агрономической эффективности применения биологических препаратов для обработки вегетирующих растений пайзы.

Почва опытного участка дерново-подзолистая среднекультуренная супесчаная, подстилаемая с глубины 0,7 м моренным суглинком.

Учетная площадь опытной делянки 30 м<sup>2</sup>, размещение делянок систематическое, повторность полевого опыта трехкратная.

Метеорологические условия вегетационных периодов в годы исследований были в целом благоприятны для роста и развития растений пайзы, что способствовало достаточной эффективности действия биологических препаратов. Наиболее благоприятные погодные условия для роста и развития культуры сложились в 2011 г.

Технология возделывания пайзы сорта Удаляя 2 рекомендуемая для Беларуси [1]. Изучали следующие биологические препараты: ассоциативный азотфиксатор ризобактерин, фосфатмобилизующий препарат фитостимифос и многокомпонентное биоудобрение гордебак. Растения обрабатывали в фазе кушения 2% раствором препарата при расходе рабочего раствора 200 л/га. Использовали общепринятые методики проведения наблюдений и учетов зерновых злаковых культур.

Установлено, что продолжительность периода вегетации пайзы при обработке биологическими препаратами сокращалась на 1–5 дней по сравнению с вариантом с обработкой водой. Растения пайзы на контрольных делянках уступали опытному по высоте на 1–13 см и несущественно отличались от них по длине метелки, составившей соответственно 13,3 и 13,0–13,6 см (табл. 1).

Таблица 1

**Влияние обработки вегетирующих растений биологическими препаратами на показатели роста и развития пайзы (среднее за 2011–2013 гг.)**

Вариант	Высота растения, см	Длина метелки, см	Выживаемость, %
Обработка водой	130	13,3	80,6
Обработка ризобактерином	133	13,0	85,0
Обработка фитостимифосом	131	13,6	84,6
Обработка гордебаком	143	13,3	88,3

По высоте растений предпочтение следует отдать варианту с обработкой гордебаком: в среднем за 2011–2013 гг. она составила 143 см. Наилучший показатель выживаемости взошедших растений был получен при обработке растений гордебаком (88,3%).

У растений пайзы, обработанных гордебаком, значение массы 1000 зерен было выше уровня контроля на 0,47 г и достигало максимального значения 4,13 г (табл. 2).

Максимальный индекс продуктивной кустистости был отмечен у пайзы в случае применения гордебака (на 0,7 ед. больше по сравнению с контролем).

Таблица 2

**Влияние обработки вегетирующих растений биологическими препаратами на показатели структуры урожайности пайзы (среднее за 2011–2013 гг.)**

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Индекс продуктивной кустистости, ед.	Доля листьев в массе растения, %
Обработка водой	3,6	4,8	55
Обработка ризобактерином	3,8	5,2	59
Обработка фитостимифосом	3,9	5,1	56
Обработка гордебаком	4,1	5,5	64

Обработка посевов пайзы биологическими препаратами положительно влияла на увеличение доли листьев в массе растения. Наибольшее значение данного показателя имели растения с делянок, обработанных гордебаком: при обработке растений указанным препаратом доля листьев в массе растения возросла с 55 на контроле до 64% на опытных делянках с применением данного препарата.

При применении бактериальных препаратов по вегетирующим растениям пайзы коэффициент хозяйственной эффективности снижался с 0,11–0,15 до 0,09–0,14 ед.

#### Список литературы

1. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сборник отрасл. регл. — Минск: Беларуская навука, 2012. — С. 77–81.

УДК 633.853:631.5

## **ВЛИЯНИЕ НОВЫХ УДОБРИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ НА УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ЮГА РОССИИ**

**Н.Е. Кравцова, К.И. Гында, Т.А. Богданова**

*Южный федеральный университет,  
г. Ростов-на-Дону, Россия*

Производство зерна является главной отраслью земледелия, которое обеспечивает население продовольствием, животноводство — кормами и промышленность — сырьем. Дальнейший рост производства зерна является ключевой проблемой развития сельского хозяйства

России, в том числе и Ростовской области. В связи с этим, поиск лучших форм удобрений и оптимального соотношения питательных веществ, способствующих повышению урожайности зерновых культур и качества продукции, приобретает большую актуальность.

В полевом опыте изучено влияние сочетаний минеральных удобрений и экстракта кукурузного зерна на урожай и качество ярового ячменя и озимой пшеницы. Почва опытного участка – чернозём обыкновенный среднесиловый карбонатный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке. Агрохимическая характеристика почвы до закладки полевого опыта приведена в табл. 1. Опыт проводился согласно следующей схеме: 1. Контроль; 2. Аммиачная селитра – 34 кг д.в./га; 3. Карбамидно-аммиачная смесь (КАС) 32–16 кг д.в./га; 4. Карбамидно-аммиачная смесь (КАС) + Жидкое комплексное удобрение (ЖКУ) + Экстракт кукурузного зерна; 5. Экстракт кукурузного зерна (7,14 кг/г). Площадь опытного участка – 607,5 м<sup>2</sup>. Площадь делянки – 67,5 м<sup>2</sup>, повторность опыта – 3-кратная. Предшественник – озимая пшеница. Отбор почвенных образцов производился перед закладкой полевого опыта, в фазу полной спелости. Фенологические наблюдения, учет урожая, подсчеты и измерения, структурный анализ растений проводили по «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (1989). Качество зерна определяли на приборе ИНФРАЛЮМ ФТ. Массу 1000 зерен определяли по ГОСТ – 10842-89. Определение содержания нитратов в почве производилось потенциометрическим методом, обменного аммония по реакции с реактивом Несслера, содержание подвижного фосфора и калия в почве было определено методом Мачигина, определение гумуса – по методу Тюрина. Измерение рН-водной вытяжки на рН-метре.

Таблица 1

**Агрохимическая характеристика чернозема обыкновенного**

Глубина отбора, см	N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	N-NH <sub>4</sub> , мг/кг	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100 г	K <sub>2</sub> O, мг/100 г	Гумус, %	рН
0–20	13,27	44,45	5,82	6,23	2,21	7,64

Ячмень весьма требователен к уровню плодородия почвы. Это связано с коротким вегетационным периодом и, соответственно, быстрым прохождением фаз роста [1–3]. Он отличается высокой скоростью поступления питательных веществ.

В фазе полной спелости отмечено некоторое накопление подвижного фосфора в черноземе обыкновенном по сравнению с фазой кущения. При этом существенное увеличение наблюдается там, где

минеральные удобрения вносились в сочетании с экстрактом (КАС + ЖКУ + экстракт кукурузного зерна). Содержание минерального азота в почве существенно уменьшилось в фазе кущения по сравнению с первоначальным его уровнем. В этот период происходит развитие побегов кущения, ассимилирующего аппарата и формирование колоса у зерновых культур [1–3]. Поэтому яровой ячмень испытывает потребность в азотном питании.

К фазе полной спелости наблюдалось снижение уровня минерального азота в варианте с использованием экстракта кукурузного зерна относительно контроля. Однако в варианте КАС + ЖКУ + экстракт кукурузного зерна отмечалось достоверное увеличение изучаемого показателя.

Урожай ярового ячменя на контроле составил 13,6 ц/га. Наибольшая прибавка урожая получена в варианте 2 с аммиачной селитрой – 8,6 ц/га (табл. 2). Результаты морфо-биометрических измерений показали, что растения ярового ячменя в четвертом варианте достоверно отличались по высоте, размерам и площади листовых пластинок, приросту биомассы.

Колос – важный орган у растений ячменя, число зерен в котором напрямую влияет на урожайность. Важным показателем структуры урожайности является озерненность колоса. Согласно литературным источникам [4], число зерен в колосе – это сложный признак, который контролируется значительным числом генов. Показатель продуктивности колоса достоверно превышал контроль в вариантах 2–4. Содержание белка и клейковины в зерне повышалось во всех вариантах опыта.

Таблица 2

**Влияние удобрительных смесей на урожай и качество ярового ячменя**

Вариант опыта	Протеин, %	Клейковина, %	Масса 1000 зерен, г	Количество зерен в колосе, шт.	Урожай, ц/га
1	13,3	19,3	42,5	20	13,6
2	15,1	21,4	46,4	22	21,9
3	14,4	19,7	45,0	23	16,2
4	14,9	19,9	49,1	23	18,1
5	15,3	20,4	47,2	21	15,9
НСР <sub>0,5</sub>	1,1	0,9	2,4	2,3	1,8

Таким образом, удобрительная смесь жидкого комплексного удобрения с карбамидно-аммиачной смесью и экстрактом кукурузного зерна оказала наиболее положительный эффект на рост и развитие ярового ячменя, а также на его урожайность.

## Список литературы

1. Агафонов, Е.В. Применение азотных удобрений под ячмень в зоне недостаточного увлажнения / Е.В. Агафонов // Агрохимия. 1982. – № 3. – С. 17–20.
2. Влияние удобрительных смесей на плодородие чернозема обыкновенного / К.И. Гында [и др.] // Экология и биология почв: материалы междунар. науч. конф. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального ун-та, 2014. – 640 с.
3. Минеев, В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев. – М: КолосС, 2004. – 720 с.
4. Филиппов, Е.Г. Типы наследования числа зерен в колосе ярового ячменя во втором поколении гибридов в топкроссных скрещиваниях / Е.Г. Филиппов / А.А. Парамонов // Зерновое хозяйство России. – 2011. – № 1(13) – С. 28–32.

УДК 631.4/18:631.48:631.18

## **АГРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА В СТАРОПАХОТНЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ ОБЫКНОВЕННЫХ ПО ОТНОШЕНИЮ К ЦЕЛИННЫМ И ФИНАНСОВЫЙ МЕХАНИЗМ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОСТАНОВЛЕНИЯ УТРАЧЕННОГО ИХ ПЛОДОРОДИЯ**

**С.М. Крамарев<sup>1</sup>, В.И. Исаенков<sup>1</sup>, С.Ф. Артеменко<sup>1</sup>,  
А.С. Крамарев<sup>2</sup>, Л.Н. Токмакова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ГУ «Институт сельского хозяйства степной зоны НААН Украины»,  
г. Днепрпетровск, Украина

<sup>2</sup>ННЦ «Институт аграрной экономики НААН Украины»,  
г. Киев, Украина

<sup>3</sup>ГУ «Институт сельскохозяйственной микробиологии»,  
г. Чернигов, Украина

Наряду с азотом вторым по важности элементом минерального питания растений является фосфор. От уровня его усвоения зависят важные этапы онтогенеза растений и формирование элементов продуктивности агроценозов почти всех зерновых культур. В черноземах обыкновенных содержание минеральных форм фосфора преобладает над органическими фосфорсодержащими веществами, поэтому основная роль в фосфорном питании растений принадлежит минеральным формам. Но в этих почвах минеральные соединения в основном представлены слаборастворимыми фосфатами кальция, магния, алю-

миния и железа. Поэтому почти все сельскохозяйственные культуры, только за исключением тех их видов (гречиха, люпин, горох и т.д.) у которых соотношение  $\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$  выше 1,3 способны поглощать  $\text{P}_2\text{O}_5$  из  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , растворяя фосфаты своими эксудатами или освобождают фосфор за счет интенсивного поглощения с почвенного раствора катионов кальция, испытывают затруднение при усвоении соединений фосфора из почвенных запасов. Так, яровые и озимые зерновые культуры поглощают только подвижную его форму, поскольку в них выше названное соотношение значительно меньше этого показателя (Чириков, 1950). Это связано с тем, что озимые и яровые зерновые культуры (пшеница, рожь, ячмень, кукуруза) слабо усваивают труднорастворимые соединения фосфора из почвы. В связи с этим они хорошо реагируют на внесение легкорастворимых форм фосфорных удобрений, поскольку интенсивнее поглощают из почвы фосфор и в меньшей мере кальций. В связи с низкой обеспеченностью черноземных почв доступными для растений формами фосфора на них окупаемость фосфорных удобрений высокая – в среднем 1 кг  $\text{P}_2\text{O}_5$  обеспечивает прирост 4–5 кг зерна. В данном случае парадокс проблемы фосфорного питания состоит в том, что валовые запасы фосфора в черноземах обыкновенных почв значительные, а вот количество подвижных форм недостаточное. В процессе сельскохозяйственного использования земель в связи с низким уровнем внесения фосфорных удобрений, содержание в них подвижных форм фосфора постепенно снижается. Поэтому для того чтобы проследить за изменениями, которые произошли с подвижными формами фосфора и сравнить степень их подвижности в черноземах обыкновенных на старопашотных почвах по отношению к целине возникла необходимость в проведении этих исследований.

Исследования проводились на Эрастовской опытной станции ГУ «Института сельского хозяйства степной зоны НААН Украины» на черноземах обыкновенных малогумусных тяжелосуглинистых на карбонатном лессе. В пахотном слое этих почв содержится гумуса 3,8–4,1% (метод Тюрина), валового азота – 0,22–0,23%, фосфора – 0,12–0,13%, калия – 2,0–2,1%. Реакция почвенного раствора – нейтральная  $\text{pH}_{\text{водн.}} = 7,0$ .

Для определения изменений, которые произошли с подвижными формами фосфора в черноземах обыкновенных под воздействием длительного их использования в сельскохозяйственном производстве, было сделано два почвенных разреза глубиной 2 м, шириной 3 м и длиной 6 м каждый. Первый на целинном участке вблизи села Байковка Пятихатского района Днепропетровской области, а второй – на старопашотном участке, на расстоянии 300 м от первого. Начиная с верхней

части разрезов через каждые 5 см по всей глубине отбирали образцы почвы для определения содержания в них подвижных форм фосфора методом Чирикова, согласно ГОСТ 26204 и солевым методом Карпинского-Замятиной, согласно ГОСТ 4727.

Объективно оценить состояние и установить направление трансформации современных эволюционных изменений фосфорного режима чернозема обыкновенного дает возможность сравнение целинных и пахотных земель по содержанию в них подвижных форм фосфора, определяемых по методу Чирикова и солевым методом Карпинского и Замятиной.

Источником поступления фосфора на целине являются отмершие части растений, а на пахоте – удобрения и пожнивно-корневые остатки. Проблема усугубляется еще и безвозвратностью потерь фосфора, обусловленной основным выносом этого элемента питания из почвы товарной частью растений. Поскольку он в основном сосредоточен в зерне, а не в вегетативной массе, которая после уборки урожая в процессе микробиологического разложения пополняет запасы недоступных для растений элементов питания. В зерне сосредоточено основное количество фосфора (0,65–0,85%), которое почти в 3–4 раза превышает его содержание в листостебельной массе (0,20–0,28%). Поэтому оставленная на поле даже вся листостебельная масса не в состоянии полностью компенсировать вынесенного с урожаем зерна фосфора. Изменения содержания валового фосфора в почве на целинных и старопашотных черноземах обыкновенных присущи только верхнему (0–10 см) слою – 0,164% и 0,148% соответственно. Начиная со слоя почвы 10–20 см и глубже по профилю, его запасы находятся на одном и том же уровне. Поэтому в своих исследованиях основное наше внимание было сосредоточено на подвижных формах фосфора, которые (в большинстве случаев) являются лимитирующим фактором для роста и развития растений и формирования урожайности сельскохозяйственных культур. Изучение фосфатного состояния чернозема обыкновенного в почвенных профилях на пахоте и целине показало следующее: по содержанию подвижного фосфора (за методом Чирикова) почвы характеризуются высокой обеспеченностью фосфором – 167 мг  $P_2O_5$ /кг и 163 мг  $P_2O_5$ /кг почвы соответственно. Определение  $P_2O_5$  в этих почвах методом Карпинского-Замятиной показывает реальное природное содержание подвижного фосфора соответствующего так званому уровню динамического равновесия, т.е. 0,04–0,05 мг/дм<sup>3</sup>. Запасы фосфора в почве не постоянны, часть легкорастворимого фосфора усваивается растениями и «уходит» с урожаем. В отличие от стран Западной Европы, где достигнут оптимальный уровень содержания подвижного фосфора в почве, и фосфорные удобрения вносятся только для компенсации его выноса с урожаями, в степной зоне

Украины необходимо на черноземах обыкновенных вносить фосфорные удобрения не только для компенсации выноса, но и для увеличения его содержания в почве. Для того чтобы в почве не возникал отрицательный баланс фосфора, в нее необходимо возвращать этот важный элемент минерального питания вместе с фосфорсодержащими удобрениями, дозы которых устанавливают на основании данных о содержании подвижных форм фосфора в почве и его выноса вместе с запланированным урожаем. В условиях дефицита фосфорных удобрений внесение основных доз (30–40 кг/га д.в.) следует проводить только на пахотных землях с низким содержанием  $P_2O_5$  (менее 150 мг/кг почвы). На среднеобеспеченных фосфором почвах (150–250 мг/кг почвы) необходимо применять рядковое внесение фосфора под наиболее ценные культуры (озимую и яровую пшеницу, зерновые, рапс). На почвах с содержанием фосфора 250 мг/кг и более фосфорные удобрения можно временно (несколько лет) не применять. Такой подход позволит получить наиболее высокую окупаемость дорогих туков и не приведет к снижению достигнутого уровня содержания подвижного фосфора в почвах. В связи с тем, что в Украине практически все пахотные почвы находятся в аренде, необходимо перед сдачей ее в аренду провести детальное агрохимическое обследование почв. После завершения срока аренды выполнить повторное агрохимическое обследование с последующим определением разницы по отдельным агрохимическим показателям до и после использования почвы в сельскохозяйственном производстве. Полученную разницу между отдельными показателями использовать для проведения расчетов и определения необходимого количества внесения удобрения с целью компенсации потерь почвенного плодородия в денежном эквиваленте.

УДК 633.1:631.86

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛОМЫ В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

**А.Х. Куликова, Е.А. Яшин, А.Е. Яшин**

*ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»,  
г. Ульяновск, Россия*

Важнейшей проблемой сельскохозяйственного производства России остается поиск путей повышения продуктивности земледелия. Успешное решение этой по сути глобальной задачи в одном из круп-

ных зернопроизводящих регионов России – в Поволжье – неразрывно связано с необходимостью обеспечить воспроизводство плодородия почв или поддержание его на достигнутом уровне.

Одним из наиболее эффективных приемов воспроизводства почвенного плодородия остается внесение в почву органических удобрений, классическим из которых является навоз. Однако ограниченность его запасов в связи с резким снижением поголовья крупного рогатого скота и затратность внесения в почву предполагает более широкое применение таких приемов, как использование сидератов и соломы зерновых культур в качестве удобрения. Возврат растительных остатков в почву наиболее экономически целесообразно, малозатратно и экологически безопасный способ воспроизводства почвенного плодородия.

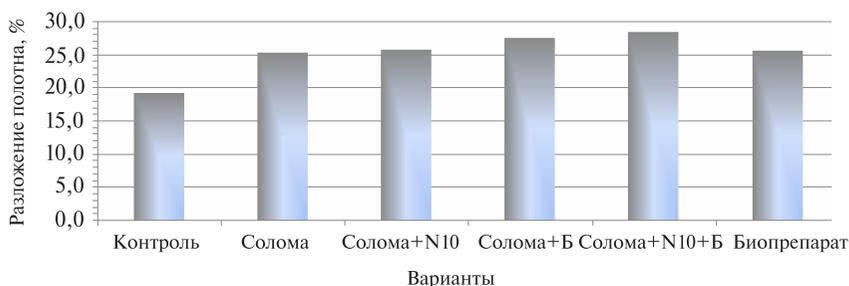
Однако применение их, особенно соломы, имеет свои особенности. Положительное действие соломы проявляется не сразу. Более того, в первый год ее внесения из-за резкого усиления активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов почвы происходит иммобилизация питательных веществ, особенно азота, что часто сопровождается снижением урожайности непосредственно удобренных культур [2].

Цель наших исследований являлось изучение возможности повышения эффективности соломы и сидерата как удобрения в звене севооборота: пар сидеральный (викоовсянная смесь) – озимая пшеница. Исследования проведены на базе стационарного опыта кафедры почвоведения, агрохимии и агроэкологии ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина», внесенного в Государственный реестр длительных опытов Российской Федерации (№ 122). Для усиления деятельности микроорганизмов в почву был внесен дополнительный азот в дозе 10 кг на 1 т соломы в виде мочевины и биологический препарат Байкал ЭМ-1. При обосновании схемы опыта предполагалось, что внесение азота и биологического препарата будет способствовать снижению дефицита азота в результате иммобилизации его бактериями при разложении соломы; биопрепарат (Байкал ЭМ-1), содержащий целый ряд полезных организмов, ускорит разложение ее и высвобождение элементов питания в доступной форме.

Общая площадь делянки в опытах – 120 м<sup>2</sup> (6x20), учетная – 72 м<sup>2</sup> (4x18), размещение их рендомизированное. Почва опытного поля чернозем типичный среднемощный среднегумусный со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 4,7%, подвижных соединений фосфора и калия (по Чирикову) – 185 и 196 мг/кг соответственно, рН<sub>ксл</sub> 6,4. Следовательно, обеспеченность исходной почвы доступным фосфором и калием высокая.

Схема опыта включает 12 вариантов. В данном сообщении приводятся результаты по 6 вариантам: 1 – контроль (без удобрений); 2 – солома предшественника (ячмень); 3 – солома предшественника + 10 кг N/т соломы; 4 – солома предшественника + биопрепарат (Байкал ЭМ-1); 5 – солома предшественника + 10 кгN/т соломы + биопрепарат; 6 – биопрепарат. Севооборот развернут в пространстве и времени, пятипольный, зернопаровой (пар сидеральный, в качестве сидерата заделывалась викоовсяная смесь) – озимая пшеница – просо – яровая пшеница – ячмень.

Действие любых факторов, в том числе удобрений, является следствием комплекса изменений, происходящих в почве при их внесении. Большая роль при этом отводится микробиологическим процессам, поскольку от их активности зависит питательный режим почвы и их экологическое состояние. При внесении соломы в почву очень важна активная работа микроорганизмов для быстрого ее разложения, так как неразложенная солома не может повысить продуктивность возделываемых культур [1].



*Рис.* Разложение льняного полотна под посевами озимой пшеницы

Определение активности микроорганизмов в почве по вариантам опыта показало, что заделка соломы ячменя в дозе 3 т/га (вся солома предшественника) сопровождалось заметным усилением ее биологической активности, которая увеличивалась на 6% (на контроле 19%). Добавление к соломе азота в дозе 10 кг на тонну соломы не имело преимущества по сравнению с применением соломы в чистом виде. Использование же соломы совместно с биопрепаратом оказало значительное влияние на деятельность целлюлозоразлагающих микроорганизмов (рисунок). Заделка соломы в чистом виде не привела к снижению содержания минерального азота и доступных соединений фосфора и калия в почве. Использование ее совместно с биологическим препаратом повысило содержание  $P_2O_5$  и  $K_2O$  на 6 и 15 мг/кг соответственно.

Улучшение питательного режима почвы подтверждается урожайными данными, которые показали, что применение биопрепарата Байкал ЭМ-1 способствует заметному повышению эффективности соломы и сидерата в системе удобрения сельскохозяйственных культур. При этом урожайность викоовсяной смеси повысилась на 1,35 т/га (табл.). По эффективности совместное применение соломы с биопрепаратом превосходит вариант с добавкой 10 кг азота на тонну соломы. Применение биопрепарата на фоне дополнительного азота обеспечило такую же прибавку зеленой массы сидерата.

Таблица

Урожайность озимой пшеницы и викоовсяной смеси, т/га

Вариант	Озимая пшеница			Викоовсяная смесь		
	годы исследований		средняя за 2013–2014 гг.	годы исследований		средняя за 2012–2013 гг.
	2013 г.	2014 г.		2013 г.	2012 г.	
Контроль	2,49	2,21	2,35	—	15,8	17,8
Солома предшественника	2,45	2,42	2,44	19,3	16,8	18,1
Солома + 10 кгN/т соломы	2,64	2,51	2,58	20,3	17,0	18,2
Солома + биопрепарат	2,60	2,58	2,59	21,1	17,2	19,2
Солома + 10 кгN/т соломы + биопрепарат	2,76	2,81	2,79	21,3	16,6	19,0
Биопрепарат	2,55	2,46	2,51	20,6	17,6	19,1
НСР <sub>05</sub>	0,03	0,06	—	0,4	0,5	—

Урожайность озимой пшеницы определяется, в том числе массой сидерата, заделываемой в почву и скоростью ее разложения. Соответственно, более высокая урожайность зерна озимой пшеницы сформировалась на варианте применения соломы совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 на фоне N10 кг/т соломы. Превышение ее относительно контроля составляло 0,44 т/га, или 19%. Вариант с использованием соломы с биопрепаратом по урожайности озимой культуры несколько уступал. Однако, что очень важно с экономической точки зрения, наиболее эффективно применение соломы с биологическим препаратом: уровень рентабельности производства зерна при этом повысился на 9% и составил 50%. (на контроле 41%). Использование соломы с добавкой азота 10 кг/т и биопрепарата способствовало повышению урожайности в среднем за 2 года, как уже отмечалось, на 0,44 т/га. Тем не менее, в связи с дороговизной азотных удобрений рентабельность производства ниже. Следовательно, для повышения эффективности соломы в качестве удобрения достаточно применение ее совместно с биологическим препаратом, ускоряющим ее разложение.

## Список литературы

1. Варламова, Л.Д. Эколого-агрохимическая оценка и оптимизация применения в качестве удобрений органо-содержащих отходов производства: дис. ...докт. с.-х. наук / Л.Д. Варламова. – Н.Новгород, 2007. – 192 с.
2. Землянов, И.Н. Применение соломы и минеральных удобрений в зернопропашном севообороте / И.Н. Землянов // Земледелие. – 2007. № 6. – С. 18–19.

УДК 633.358:631.811.1:631.559

## **ПРИМЕНЕНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СЕМЕНОВОДЧЕСКИХ ПОСЕВАХ ГОРОХА ОВОЩНОГО**

**В.В. Курилович, В.М. Кухарчик**

*РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси»,  
г. Шугин, Беларусь*

Применение азотных удобрений на семеноводческих посевах гороха овощного является недостаточно изученным. Обладая способностью симбиотической азотфиксации, горох может удовлетворять значительную часть своей потребности в азоте. Активной работе клубеньковых бактерий способствуют оптимальное увлажнение и аэрация почвы, нейтральная реакция почвенной среды, хорошая обеспеченность фосфором и калием, эффективная инокуляция семян. Но в природе вышеперечисленные факторы редко бывают в оптимуме, что затрудняет, а нередко и блокирует развитие клубеньковых бактерий и, следовательно, азотофиксацию. Это приводит к необходимости внесения стартовых поддерживающих доз азотных удобрений. Изучение сроков внесения стартовых доз азотных удобрений для получения стабильных урожаев семян гороха овощного на дерново-подзолистой, супесчаной почве с низким содержанием гумуса и невысокой буферной способностью, является актуальным и было целью проведенных исследований.

Исследования проводились в РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси» в 2007–2009 гг. на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой с глубины 0,7 м моренным суглинком. Агрохимические показатели:  $\text{pH}_{\text{KCl}} - 5,7$ ; содержание  $\text{P}_2\text{O}_5 - 288$ ;  $\text{K}_2\text{O} - 171$  мг/кг почвы, гумуса – 1,5%. Фосфорные –  $\text{P}_{60}$  (аммофос) и калийные –  $\text{K}_{120}$  (хлористый калий) удобрения вносились осенью под основную обработку почвы. Предшественник – озимые зерновые. В опыте изуча-

лись дозы, сроки и кратность применения азотных удобрений (карбамид) на семеноводческих посевах гороха овощного листочкового морфотипа сорта Куявяк, норма высева семян 1,2 млн всхожих семян на гектар.

Мелкоделяночные полевые опыты закладывались согласно методики полевого опыта (Б.А. Доспехов), площадь делянки – 25 м<sup>2</sup>, повторность 4-кратная. Математическая обработка полученных результатов осуществлена методом дисперсионного анализа.

Посев проводился сплошным рядовым способом селекционно-семеноводческой сеялкой. Уход за посевами был направлен на борьбу с сорняками, болезнями и вредителями (гербицид пивот – 1,0 л/га в фазу 3–6 листьев; баковая смесь инсектицида Би 58 новый – 1,0 л/га и фунгицида рекс-дуо – 0,6 л/га в фазу бутонизации). Уборка опытов проводилась поделаяночно селекционно-семеноводческим комбайном с одновременным взвешиванием образцов.

Метеорологические условия в годы проведения исследований существенно различались между собой по температурному и водному режимам, что определяло разные уровни продуктивности гороха и эффективность применяемых доз азотных удобрений.

Полученные результаты показывают, что дозы, сроки и кратность внесения азотных удобрений оказывают существенное влияние на структуру урожая гороха овощного, его семенную продуктивность и выход семян (табл.).

Максимальная урожайность семян гороха овощного 20,9 ц/га, получена при внесении N<sub>60</sub> перед посевом. Данный уровень продуктивности сформировался за счет таких показателей структуры урожая как количество бобов и семян с 1 растения (8,1 и 46,9 шт. соответственно) и массы 1000 семян (191 г), которые были наибольшими при применении вышеуказанной дозы перед посевом.

Следует отметить, что внесение азота в дозах N<sub>45</sub>, N<sub>60</sub>, N<sub>75</sub> перед посевом обеспечило получение большего урожая семян по сравнению с внесением азота в фазу бутонизации и дробно, в 2 приема. Применение азота в дозах N<sub>45</sub> и N<sub>75</sub> перед посевом обеспечило одинаковую (6,0–6,1 ц/га или 47,2–48,0 %) прибавку урожая к фону, это свидетельствует о том, что избыточное азотное питание свыше 60 кг д.в./га не приводит к достоверному росту урожая семян гороха овощного.

Внесение азота N<sub>45</sub> и N<sub>60</sub> в фазу бутонизации в 1,2–1,3 раза снижает урожай семян гороха овощного по сравнению с внесением этих доз азота перед посевом. В данных вариантах количество бобов и семян с 1 растения составило 6,4–6,9 и 37,1–38,4 шт., соответственно с массой 1000 семян 179–180 г. Применение азота в дозе N<sub>75</sub> и N<sub>90</sub> в фазу бутонизации неэффективно, так как не приводит к увеличению урожая по

сравнению с вариантом, где азот не вносился. Кроме того, биометрический анализ снопового материала показал, что данные мероприятия позволили получить только 29,2 и 29,0 шт. семян с 1 растения, что практически на уровне фона (28,9 шт.). Такая же тенденция отмечена и при определении массы 1000 семян, которая составила 177–178 г (в фоновом варианте – 178 г).

Таблица

**Семенная продуктивность гороха овощного в зависимости от доз, сроков и кратности внесения азотных удобрений**

Вариант	Урожайность кондиционных семян, ц/га		Выход кондиционных семян, среднее, %	Условно чистый доход, дол. США/га	Рентабельность, %
	среднее (2007–2009 гг.)	+ к фону/ % к фону			
P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> – фон осенью	12,7	–	73,2	–	–
N <sub>45</sub> – перед посевом	18,7	+6,0/+47,2	77,5	535,7	73
N <sub>45</sub> – в фазу бутонизации	15,3	+2,6/+20,5	74,0	161,5	42
N <sub>30</sub> – перед посевом + N <sub>15</sub> – в фазу бутонизации	16,5	+3,8/+29,9	76,1	277,3	53
N <sub>60</sub> – перед посевом	20,9	+8,2/+64,0	78,1	836,0	93
N <sub>60</sub> – в фазу бутонизации	16,6	+3,9/+30,7	74,3	286,9	53
N <sub>30</sub> – перед посевом + N <sub>30</sub> – в фазу бутонизации	17,0	+4,3/+33,9	75,0	330,5	57
N <sub>75</sub> – перед посевом	18,8	+6,1/+48,0	76,4	545,8	73
N <sub>75</sub> – в фазу бутонизации	12,9	+0,2/+10,1	74,2	67,3	19
N <sub>45</sub> – перед посевом + N <sub>30</sub> – в фазу бутонизации	18,3	+5,6/+44,1	78,0	482,5	69
N <sub>90</sub> – перед посевом	15,0	+2,3/+18,1	76,1	134,1	38
N <sub>90</sub> – в фазу бутонизации	12,2	– 0,5/– 4,0	74,4	–	–
N <sub>45</sub> – перед посевом + N <sub>45</sub> – в фазу бутонизации	18,1	+5,4/+42,5	77,2	456,4	67
НСР <sub>05</sub>	0,7				

Выход кондиционных семян в среднем за годы исследований составил 74,0–78,1%, причем зависимости этого показателя, от изучаемых доз азотных удобрений, сроков и кратности их внесения не установлено. На вариантах с внесением азота в фазу бутонизации выход

семян не превышал 74,0%. Стартовые дозы азота, внесенные перед посевом незначительны, на 1–4% способствовали увеличению выхода кондиционных семян гороха овощного.

На основании проведенного опыта и по результатам экономической оценки установлено, что при возделывании гороха овощного на семена на бедных, с низким содержанием гумуса, дерново-подзолистых супесчаных почвах, внесение стартовых доз азотных удобрений является обязательным мероприятием, за счет которого формируется необходимое количество генеративных органов, обеспечивающих получение стабильного урожая высококачественных семян гороха овощного, отвечающих требованиям посевного стандарта. Максимальный урожай (20,9 ц/га) и выход кондиционных семян (78,1%) получен при внесении азотных удобрений в дозе 60 кг д. в. перед посевом, условно чистый доход при этом составил 836,0 долл. США/га, рентабельность – 93%.

УДК 631.816:631.416.9

## **ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОЗЕМА ОПОДЗОЛЕННОГО**

**А.Н. Кутовая**

*Национальный научный центр «Институт почвоведения  
и агрохимии им. А.Н. Соколовского»,  
г. Харьков, Украина*

Из всего комплекса агрохимических свойств почв, которые отражают состояние плодородия и с которыми связана урожайность сельскохозяйственных культур, наибольший интерес представляют показатели кислотности, содержание гумуса, подвижных соединений азота, фосфора, калия и микроэлементов. Пахотный слой почвы, в котором сконцентрировано от 70 до 85% всех питательных веществ, активно изменяется под действием внешних факторов, отражая особенности современного естественно-антропогенного почвообразования. Поэтому целью наших исследований было установить изменение агрохимических показателей чернозема оподзоленного под действием длительного сельскохозяйственного использования.

Исследования проводили на длительном стационарном опыте ННЦ ИПА, который заложен в 1989 г. Почва – чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке. В отобранных образцах почвы определяли содержание органического вещества по методу Тюрина, нитратного и аммонийного азота – методом ННЦ ИПА, подвижные соединения фосфора и калия – методом Чирикова, подвижные соединения микроэлементов в буферной аммонийно-ацетатной вытяжке с рН 4,8 атомно-абсорбционным методом.

Систематическое внесение органических и минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры на протяжении 20 лет создало два агрохимических фона, которые отличаются по содержанию гумуса, степени кислотности и содержанием подвижных соединений основных элементов питания растений (табл.). Содержание гумуса увеличилось с 4,19% до 4,29–4,32%, что обусловлено наибольшим количеством внесенных органических удобрений, а также увеличением корневых и послеуборочных остатков, которые поступают в почву и усиливают процессы гумусообразования.

Таблица

**Агрохимические показатели чернозема оподзоленного (0–20 см)**

Суммарное количество удобрений за 20 лет	рН <sub>сол</sub>	Содержание гумуса, %	Содержание элементов питания, мг/кг почвы							
			N <sub>мин</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Fe	Co	Mn	Cu	Zn
Без удобрений (контроль)	5,2	4,19	13	91	93	2,30	0,27	42,3	0,14	1,05
140 т/га навоза, N <sub>1075</sub> P <sub>1040</sub> K <sub>1060</sub>	4,9	4,32	22	154	96	1,81	0,33	59,6	0,17	0,81
110 т/га навоза, 3 т/га ботва сахарной свеклы, 2 т/га соломы овса, N <sub>580</sub> P <sub>530</sub> K <sub>480</sub>	4,8	4,29	19	132	94	1,47	0,34	52,5	0,15	0,55
НСР <sub>05</sub>	0,09	0,10	0,11	1,45	1,16	0,45	0,13	6,47	0,05	0,30

Внесение органических и минеральных удобрений увеличило содержание минерального азота на 6–9 мг/кг, подвижных соединений фосфора – на 41–63 мг/кг в сравнении с контролем. Существенного отличия между содержанием подвижных соединений калия по вариантам опыта нет, что, возможно, обусловлено трансформацией калия удобрений в труднорастворимые соединения.

Внесение минеральных удобрений уменьшает содержание подвижных соединений железа на 21–36%, что обусловлено замещением катионов кальция ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)$ ) катионами железа ( $\text{FePO}_4$ ) с дальнейшим превращением в трехзамещенные соли ( $\text{Fe}_2(\text{OH})_3\text{PO}_4$ ), которые нерастворимы и слабо доступны растениям.

Подкисление почвенной среды, в результате применения органических и физиологически-кислых минеральных удобрений, способствует увеличению подвижности кобальта (на 26%) и марганца (на 21 и 41%). Содержание подвижного марганца в почве зависело от минерального фона, его количество возрастало на фоне с повышенной дозой минеральных удобрений.

Наличие повышенного содержания растворимых фосфатов в почве приводит к связыванию катионов цинка анионами фосфора ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) с образованием труднорастворимого ортофосфата цинка. Так, на удобренных вариантах содержание подвижного цинка уменьшилось на 23–48% по сравнению с контролем.

Таким образом, при длительном (20 лет) систематическом внесении органических и минеральных удобрений пахотный слой чернозема оподзоленного характеризуется высоким содержанием гумуса, средним – минерального азота и подвижного фосфора, повышенным – подвижного калия и средней кислотностью почвенной среды; по содержанию подвижных соединений микроэлементов: высоким содержанием марганца и кобальта, средним – меди и низким – цинка (по ДСТУ 4362:2004. Показатели плодородия почв).

УДК 631.452:631.81:631.445.2

## **ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДРОДИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ**

**В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко, А.А. Грачева**

*РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,  
г. Минск, Беларусь*

Одним из приоритетных направлений в области земледелия, растениеводства и агрохимии является разработка и освоение комплексных, адаптивных энергосберегающих, экологически безопасных систем землепользования, обеспечивающих продуктивность пахотных

70–85 и луговых земель 30–40 ц к.ед./га на основе принципов воспроизводства почвенного плодородия. Наиболее достоверные данные по изменению плодородия дерново-подзолистых почв при систематическом их использовании можно получить в длительных стационарных опытах.

Цель исследований – разработать агрохимическую модель формирования высокой урожайности сельскохозяйственных культур, обеспечивающую рациональное использование почвенных запасов элементов питания, окупаемость 1 кг NPK 8–10 к. ед., получение растениеводческой продукции, сбалансированной по основным макро- и микроэлементам в соответствии с нормативными требованиями при сохранении почвенного плодородия.

Исследования выполнены в 1986–2010 гг. в длительном полевом стационарном опыте заложенном на дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой с глубины 0,3–0,5 м песком почве в Узденском районе Минской области. Опыт развернут в трех полях со следующими севооборотами: зернопропашные – кормовые корнеплоды в первой ротации, во второй и третьей – картофель, ячмень, озимая рожь, овес (во второй ротации – яровая пшеница, в третьей – овес). В четвертой (зернотравяно-пропашной) и пятой (зернотравяной) ротациях под озимую рожь подсеяли клевер луговой, а заканчивались ротации озимым тритикале. Исходная агрохимическая характеристика пахотного слоя: гумус – 2,30–2,66%,  $P_2O_5$  и  $K_2O$  (по Кирсанову) – 124–169 и 186–230 мг/кг соответственно,  $pH_{KCl}$  – 5,6–6,0. Схемы опыта включали изучение влияния возрастающих доз азотных удобрений на фоне органических + РК (на дефицитный, поддерживающий и положительный баланс) на продуктивность сельскохозяйственных культур и агрохимические показатели почвы.

Максимальная среднегодовая продуктивность сельскохозяйственных культур за пять ротаций 78,4 ц к.ед./га получена при применении N94\*P86K138 и N106\*P53 K94, при этом 25,1 ц к.ед. /га формировалось за счет NPK, окупаемость 1 кг NPK составила 7,9 и 9,9 к.ед. соответственно. Органические удобрения повышали продуктивность изучаемых севооборотов на 6,6 ц к.ед./га (4,5–8,1 ц к. ед./га по ротациям). При применении парной комбинации фосфорных и калийных удобрений (P72K119) продуктивность севооборотов повысилась на 9,1 ц к.ед./га. Максимальная эффективность среднегодового применения P72K119 отмечена в первой – 9,2 ц к.ед./га, четвертой – 10,1 ц к.ед./га и пятой – 12,5 ц к.ед./га ротациях. Внесение NP и NK обеспечило прибавку среднегодовой продуктивности севооборотов в среднем на

16,8 и 17,7 ц к.ед./га соответственно, что на 7,7 и 8,6 ц к.ед./га выше, чем применение РК.

В среднем за пять ротаций внесение азотных удобрений увеличило продуктивность на 10,4–16,0 ц к.ед./га: N49 – на 10,4, N78 – на 12,6, N94 (дробно) – на 16,0 ц к. ед./га; фосфорных – на 4,0 ц к.ед./га, а калийных – на 4,9 ц к.ед./га. Более высокая продуктивность культур в 5 ротации обусловлена отзывчивостью новых сортов зерновых культур на внесенные минеральные удобрения и высокой урожайностью клевера лугового.

баланс азота при возделывании пяти севооборотов (три зерно-пропашных, зернотравяно-пропашной и зернотравяной) при среднегодовой продуктивности культур 46,7–78,4 ц/га к.е. и среднегодовом внесении 14, 8 т/га севооборотной площади органических удобрений положительный от 6,7 до 43,6 кг/га. При этом его интенсивность изменялась в пределах 104–129%. Отрицательный баланс (–20,0 кг/га) азота в варианте без удобрений. При внесении фосфорных удобрений баланс  $P_2O_5$  положительный от 35,8 кг/га при среднегодовом внесении P40 до 78 кг/га при среднегодовом применении P86. Отрицательный баланс фосфора отмечен в вариантах без применения фосфорных удобрений и изменялся он от –3 (внесение N78K119) до – 25,3 кг/га в варианте без удобрений. Интенсивность баланса изменялась от 103 до 301% (в варианте с внесением P72K119). Баланс калия отрицательный от – 7,1 при среднегодовом применении K94 до – 98 кг/га в варианте без удобрений. Положительный баланс калия при среднегодовом внесении калийных удобрений в дозах 104–138 кг д.в./га. Интенсивность баланса изменялась от 10 до 137% (при среднегодовом внесении P72K119).

при применении фосфорных удобрений в дозах 40–86 кг/га содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) за 22 года повысилось в пахотном слое на 45–130 мг/кг почвы. За указанный период содержание  $P_2O_5$  в вариантах без фосфорных удобрений снизилось на 12–27 мг/кг (0,55–1,23 мг/кг почвы в год). Максимальное снижение фосфора отмечено в варианте без удобрений. Повышение запасов подвижного  $P_2O_5$  в пахотном слое на 12–146 мг/кг происходило при возделывании сельскохозяйственных культур в трех-, четырехпольных зернопропашных севооборотах. при среднегодовом применении калийных удобрений в дозах 119–138 кг д.в./га содержание калия в пахотном слое супесчаной почвы увеличилось или наблюдалась тенденция к его увеличению на 11–46 мг/кг почвы. Максимальное снижение содержания подвижного калия на 147 мг/кг почвы (6,7 мг/кг почвы в год) отмечено в варианте без удобрений. При среднегодовом применении 14,8 т/га навоза КРС

содержание калия снизилось на 117 мг/кг почвы (5,3 мг/кг в год). Таким образом, внесение калийных удобрений в дозах 67–114 кг д.в./га при продуктивности севооборотов на уровне 69–78 ц к.ед./га не обеспечивает сохранение калия в пахотном слое дерново-подзолистой супесчаной почвы. Кислотность пахотного слоя сохранялась на одном уровне при возделывании трех ротаций зернопропашного севооборота с изменениями в пределах ошибки опыта. кислотность пахотного слоя при введении в севооборот (зернотравяно-пропашной) клевера лугового, который потребляет большое количество кальция и магния, повысилась на 0,23–0,35 ед. При возделывании зернотравяного севооборота с клевером луговым и пелюшко–овсяной смесью кислотность пахотного слоя (за две ротации 1998–2010 гг.) увеличилась на 0,28–0,52 ед. Содержание гумуса при среднегодовом применении 14,8 т/га органических удобрений за 22 года исследований в пахотном слое повысилось на 0,26–0,56%, т.е. практически изменялось или в пределах ошибки опыта, или сохранялось на первоначальном уровне, или несколько увеличилось.

Установлено, что при возделывании пяти (трех зернопропашных, зернотравяно-пропашного и зернотравяного) севооборотов на дерново-подзолистой супесчаной почве в варианте без удобрений при среднегодовой продуктивности 46,7 ц к.ед./га в пахотном слое снизилось содержание подвижного фосфора на 27 мг/кг почвы (1,23 мг/кг ежегодно) и калия – на 144 мг/кг (6,5 мг/кг почвы ежегодно); кислотность почвенной среды увеличилась на 0,32 ед. среднегодовое применение 14,8 т/га органических удобрений обеспечило продуктивность сельскохозяйственных культур 53,3 ц к.ед./га при сохранении содержания гумуса на первоначальном уровне и снижении содержания подвижных фосфора и калия на 12 и 117 мг/кг почвы соответственно. Обменная кислотность почвенной среды повысилась во всех вариантах опыта. При нарастании доз азотных удобрений кислотность пахотного слоя увеличивалась, а содержание подвижных фосфора и калия уменьшалось. В вариантах с оптимальной в опыте продуктивностью 78,4 ц к.ед./га при среднегодовом внесении N94P86K138 и N106P53K94 на фоне органических удобрений почвенная кислотность повысилась на 0,27 ед., содержание подвижного фосфора – на 122 и 73 мг/кг почвы. Содержание подвижного калия при среднегодовом внесении N94P86K138 повысилось на 46 мг/кг и при внесении N106P53 K94 снизилось на 72 мг/кг соответственно.

На дерново-подзолистой супесчаной почве с оптимальным содержанием подвижных фосфора и калия при возделывании новых

интенсивных сортов сельскохозяйственных культур и при среднегодовой продуктивности зернотравяно-пропашного и зернотравяного севооборотов на уровне 71,1 ц к.ед./га (среднегодовое применение P20K42) – 88,6 ц к. ед./га (среднегодовое применение N84P40K82) внесение фосфорных и калийных удобрений в дозах P20,40K42,84 и на их фоне азотных N36–84 не обеспечивает сохранение содержания этих элементов на первоначальном уровне. За два пятипольных севооборота содержание подвижного фосфора уменьшилось на 14–74 мг/кг и подвижного калия – на 13–80 мг/кг почвы.

УДК 631.434.52:631.445.24

## **АГРОХИМИЧЕСКАЯ ДЕГРАДАЦИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ**

**В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко, А.А. Грачева, С.М. Шумак**

*РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,  
г. Минск, Беларусь*

Одним из видов химической деградации пахотных почв является истощение их элементами питания, что отчетливо проявляется при экстенсивном способе хозяйствования.

В 1996–2000 гг. применение NPK в республике снизилось более чем на 50% (на 110 кг д.в./га) с 259 кг/га до 149 кг/га, в том числе азотных – в 1,7 раза, фосфорных в – 3 раза и калийных в – 1,4 раза. В 2005–2010 гг. применение удобрений в республике достигло уровня 1986–1990 гг. Однако, в 2013–2014 гг. в связи с высокой ценой на минеральные удобрения во многих хозяйствах наблюдается тенденция по снижению объемов применения минеральных удобрений в сочетании с нарушением соотношения элементов питания, что обусловило необходимость изучения изменения почвенного плодородия по основным агрохимическим показателям. Несмотря на то, что валовые запасы фосфора и калия в почвах существенно превышают количество доступных элементов питания, деградация почвенного плодородия по содержанию фосфора и калия может происходить значительно быстрее, чем, например, азота. В этой связи особое значение приобретает комплексная оценка фосфорного и калийного состояния и устойчивость его к антропогенному воздействию.

Цель исследований – установить длительность последствий остаточных количеств фосфора и калия, вносимых с минеральными и органическими удобрениями в предшествующий период и установить период агрохимической деградации дерново-подзолистой супесчаной почвы, т.е. время, за которое почва по содержанию фосфора и калия возвращается в исходное состояние.

Исследования проводили в длительном стационарном полевом опыте в РУП «Экспериментальная база им. А.В. Суворова» Узденского района на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой с глубины 30–50 см песком. Пахотный слой перед закладкой опыта в 1987 г. характеризовался следующими показателями:  $pH_{KCl}$  – 5,6–6,0,  $P_2O_5$  – 80–100,  $K_2O$  – 170–230 мг/кг почвы, гумус – 1,8–2,3%. Повторность вариантов – 4-кратная. Общая площадь делянки – 49,5 м<sup>2</sup> (5,5 м x 9,0 м), учетная для зерновых – 32 м<sup>2</sup>, для пропашных – 22,4 м<sup>2</sup>. Минеральные удобрения вносили согласно схеме исследований. За три ротации четырехпольного севооборота в вариантах с применением фосфорных и калийных удобрений содержание  $P_2O_5$  возросло на 33–57 мг/кг (в зависимости от формы применяемых удобрений),  $K_2O$  – в среднем на 28 мг/кг почвы. С 1986 г. по 1995 г. в почву внесено 120 т/га солоमистого навоза крупного рогатого скота (навоз КРС) – фон.

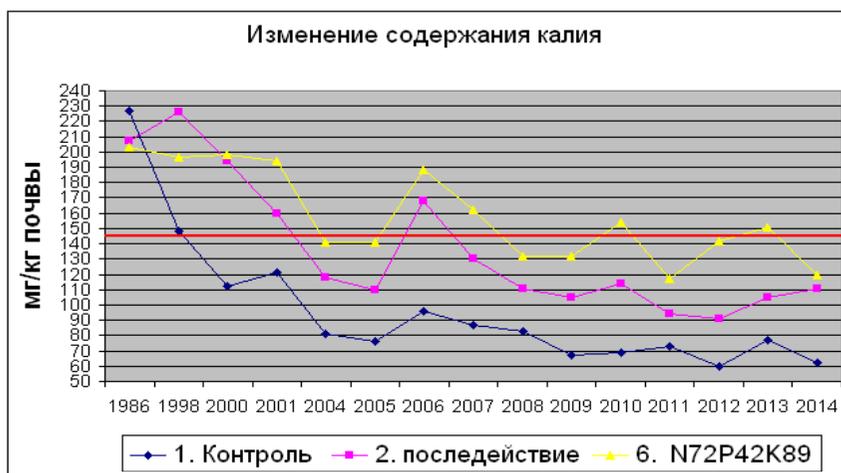
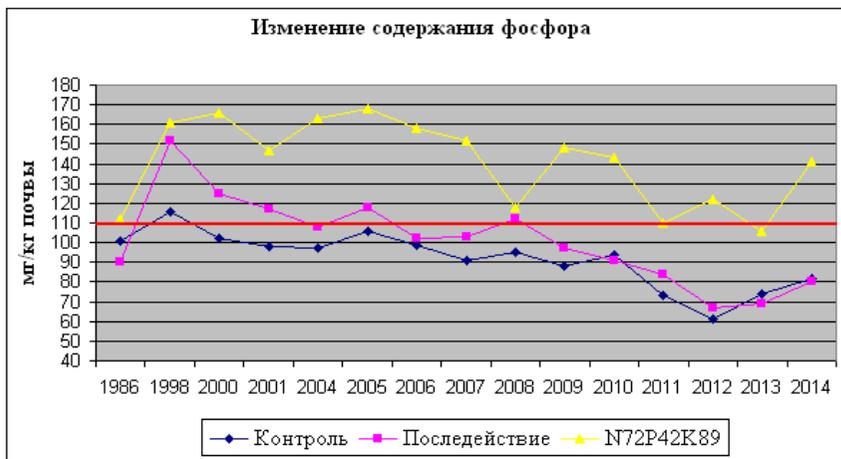
С 1987 по 1998 гг. вносили следующие удобрения: аммиачную селитру или мочевины (карбамид), хлористый калий и разные формы фосфорных: суперфосфат двойной ( $P_{сл.}$ ), полифосфат кальция ( $P_{полифосфат Ca}$ ), аммофосфат ( $P_{аф}$ ), бесхлорное РК – удобрение на основе нефелинов ( $P_{РК-удобрение}$ ), аммофос ( $P_{АФ}$ ) и суперфосфат простой аммонизированный ( $P_{с.а}$ ). В зависимости от варианта фосфорные удобрения не вносятся с 1987 г., 1990 и 1999 гг., азотные и калийные с 1999 г. Предпосадочную, предпосевную обработку почвы и уход за растениями осуществляли в соответствии с рекомендациями по интенсивной технологии возделывания пропашных и зерновых культур и в соответствии с отраслевыми регламентами.

Для установления длительности последствий остаточных количеств фосфора и калия, внесенных ранее с минеральными и органическими удобрениями, особое значение имеет анализ динамики продуктивности сельскохозяйственных культур во временном интервале после прекращения применения фосфорных и калийных удобрений. Начиная с 1999 г. максимальная продуктивность культур по годам исследований получена в 2004 г. при возделывании горохо-овсяной смеси – 110,8 ц к.ед./га при внесении  $N_{60} P_{40} K_{80}$  и в этом же варианте в 2005 и 2009 гг. при возделывании озимой тритикале – 85,6 ц к.ед./га (при

применении  $N_{120}P_{40}K_{80}$ ) и 91,2 ц к.ед. /га (при внесении  $N_{150}P_{40}K_{80}$ ) соответственно. Максимальная среднегодовая (с 1999 г.) продуктивность культур 59,1 и 55,2 ц к.ед./га получена при среднегодовом внесении полной дозы минеральных удобрений  $N_{67,3}P_{40}K_{85,3}$  и парной комбинации  $N_{67,3}P_{40}$ . В варианте без внесения удобрений с 1987 г. получена среднегодовая продуктивность культур – 33,0 ц к.ед./га, т.е. среднегодовой недобор кормовых единиц по отношению к оптимальной урожайности составил 26,1 ц к.ед./га. При последствии минеральных и органических удобрений (последний раз 40 т/га внесено осенью 1995 г. под картофель) получено 35,1 ц к.ед./га, прибавка составила 2,1 ц к.ед./га по отношению к варианту без удобрений, а недобор кормовых единиц – 24,0 ц/га. При последствии с 1999 г калийных удобрений, т.е. при среднегодовом внесении  $N_{72}P_{42}$  получена продуктивность 55,7 ц к.ед./га, а среднегодовой недобор составил только 2,6 ц к.ед./га. При ежегодном внесении фосфорных удобрений, т.е. при последствии  $N_{71}K_{98}$  (среднегодовое внесение до 1999 г.) получена среднегодовая продуктивность культур 41,0 ц к. ед./га, что на 17,3 ц к. ед./га меньше, чем при оптимальной полной дозе минеральных удобрений и на 5,1 ц к. ед./га больше, чем в фоновом варианте.

за последние 16 лет (1999–2014 гг.) при среднегодовой продуктивности сельскохозяйственных культур 32,9–58,3 ц к.ед./га содержание фосфора и калия как в вариантах с внесением минеральных удобрений, так и при их отсутствии достоверно снизилось на 21–77 мг/кг (1,3–4,8 мг/кг почвы в год) и 38–159 мг/кг почвы (2,4–9,9 мг/кг в год) соответственно. Минимальное снижение фосфора в почве на 21 мг/кг отмечено в варианте со среднегодовым внесением  $N_{72}P_{42}K_{89}$ , а калия на 38 мг/кг почвы – в варианте со среднегодовым внесением  $P_{42}K_{89}$ . К интенсивному истощению почвы подвижными формами фосфора и калия приводит одностороннее применение азотных удобрений, при котором за 16 лет содержание фосфора в почве снизилось на 77 мг/кг (4,8 мг/кг почвы в год), а калия – на 159 мг/кг (9,9 мг/кг в год).

В вариантах с последствием разных форм фосфорных удобрений снижение содержания фосфора в почве изменялось в пределах 54 мг/кг (при последствии НКР-аммофосфата) – 74 мг/кг почвы (при последствии НКР-аммонизированного суперфосфата). Значительное снижение содержания калия в почве на 156 мг/кг отмечено в варианте с применением  $N_{72}P_{42}$  и на 152 мг/кг (при последствии: НКР-полифосфата Са, НКРК-удобрения на основе нефелинов и НКР-аммофоса).



Таким образом, при среднегодовой продуктивности сельскохозяйственных культур на уровне 50–58 ц к.ед./га среднегодовое внесение фосфорных удобрений в дозе 42 кг д.в./га и калийных в дозе 89 кг д.в./га не достаточно для сохранения их содержания в дерново-подзолистой супесчаной почве. Обменная кислотность ( $pH_{KCl}$ ) за 16 лет повысилась на 0,18–0,93 ед. Максимальное повышение кислотности пахотного слоя на 0,91, 0,92 и 0,93 ед. обнаружено при применении N72K89, N72P42K89 и N72. Содержание гумуса достоверно снизилось во всех вариантах опыта на 0,21–0,49%.

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ НА ЗЕЛЕНУЮ МАССУ НА ВЫСОКООКУЛЬТУРЕННОЙ ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ**

**В.В. Лапа, Е.Г. Мезенцева, О.Г. Кулеш, И.Г. Жук**

*РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,  
г. Минск, Беларусь*

По последним уточненным данным около 50% глинистых и суглинистых пахотных почв Беларуси характеризуются избыточным (выше оптимальных показателей) содержанием подвижных форм фосфора и калия. При возделывании сельскохозяйственных культур на таких почвах в настоящее время агрохимической наукой республики рекомендуется частичная (50–60%) компенсация выноса данных элементов. Но, в связи с неизбежным, постоянным ростом цен на минеральные удобрения и энерготехнические ресурсы, возрастает необходимость еще более экономного использования, в первую очередь, дорогостоящих фосфорных, а также калийных удобрений с учетом почвенных запасов и содержания данных элементов питания в подстилочном навозе, применяемом в органо-минеральных системах удобрения при возделывании сельскохозяйственных культур в севообороте.

Цель проводимых исследований – установить агроэкономическую эффективность минеральных и органических удобрений при возделывании кукурузы на зеленую массу на высококультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

Исследования проводили в стационарном технологическом опыте в 2013–2014 гг. в ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области на высоко окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на мощном легком лессовидном суглинке. Перед закладкой опыта почва характеризовалась следующими агрохимическими показателями пахотного слоя:  $\text{pH}_{\text{KCL}}$  – 6,00–6,29, содержание подвижных  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 650–750,  $\text{K}_2\text{O}$  – 400–500 мг/кг почвы, гумуса – 2,03–2,57%. Технология возделывания кукурузы на зеленую массу – общепринятая для условий Республики Беларусь.

На формирование урожайности зеленой массы кукурузы по годам исследований существенное влияние оказали погодные условия. В результате, в 2013 г. урожайность зеленой массы в среднем по опыту

была на 32% выше по сравнению с 2014 г. при соразмерных тенденциях формирования урожайности в зависимости от применяемых систем удобрения. Анализ урожайных данных зеленой массы кукурузы показал, что в среднем за 2 года за счет плодородия высококультурной дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы сформировано 485 ц/га зеленой массы кукурузы. За счет осеннего внесения 50–100 т/га соломистого навоза урожайность возросла на 14–18% относительно не-удобренного варианта. Применение 50 т/га соломистого навоза позволило дополнительно получить 82 ц/га зеленой массы кукурузы. При этом 1 т навоза окупалась 164 ц зеленой массы при 6% рентабельности. Увеличение в 2 раза дозы навоза хотя и способствовало формированию дополнительных 23 ц/га зеленой массы кукурузы, но оказалось экономически невыгодным приемом – убыток составил 93 USD/га, а окупаемость 1 т навоза существенно снизилась по сравнению с одинарной дозой и составила 105 ц зеленой массы.

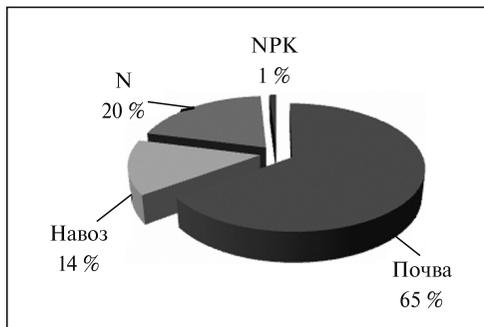
Таблица

Вариант	Эффективность применения удобрений							
	всего		N		PK		навоза	
	чистый доход USD/га	рентабельность, %	чистый доход USD/га	рентабельность, %	чистый доход USD/га	рентабельность, %	чистый доход USD/га	рентабельность, %
Без удобрений – Фон 1	–	–	–	–	–	–	–	–
N <sub>90</sub>	51	113	51	38				
N <sub>90+30</sub>	108	148	108	56				
N <sub>120+30</sub>	135	148	135	56				
N <sub>120+30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>60</sub>	98	103			-37	-70		
Навоз, 50 т/га – Фон 2	12	22					12	6
Фон 2 + N <sub>90</sub>	-30	-44	-41	-39				
Фон 2 + N <sub>90+30</sub>	19	20	7	5				
Фон 2 + N <sub>120+30</sub>	73	61	62	28				
Фон 2 + N <sub>120+30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>60</sub>	33	27			-41	-80		
Навоз, 100 т/га – Фон 3	-93	-141					-93	-25
Фон 3 + N <sub>90</sub>	-91	-95	2	2				
Фон 3 + N <sub>90+30</sub>	-56	-48	37	22				
Фон 3 + N <sub>120+30</sub>	55	34	149	60				
Фон 3 + N <sub>120+30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>60</sub>	26	16			-29	-53		

Несмотря на то, что погодные условия вегетационных периодов были неодинаковы, эффективность азотных удобрений оставалась высокой за 2 года исследований. Возрастающие дозы азотных удобрений способствовали дополнительному формированию 72–145 ц/га зеленой массы на безазотном фоне при окупаемости 1 кг азотных удобрений в среднем 91 ц зеленой массы. Чистый доход от внесения азотных удобрений на этом фоне составил 51–135 USD/га при рентабельности 38–65%. Дополнительное внесение 30 кг. д.в. азота по отношению к дозе  $N_{90+30}$  способствовало росту урожайности зеленой массы на 5% при равновеликом уровне рентабельности – 148%. Эффективность аналогичных доз азотных удобрений на фоне применения 50 т/га соломистого навоза несколько снизилась – дополнительный сбор урожая составил 25–108 ц/га при уровне рентабельности 5–28% и окупаемости 1 кг азотных удобрений 51 ц зеленой массы кукурузы. Стоит отметить, что невыгодным с экономической точки зрения оказалось применение азотных удобрений в дозе 90 кг/га д.в. на фоне 50 т/га соломистого навоза (-39% рентабельности), т.к. стоимость дополнительной прибавки от применения азотных удобрений оказалась недостаточной для компенсации затрат на внесение 50 т/га навоза. На фоне внесения 100 т/га прибавка от азотных удобрений достигла 47–108 ц/га при окупаемости 1 кг азотных удобрений 73 ц зеленой массы кукурузы и рентабельности 2–60% в зависимости от применяемой дозы.

Установлено, что применение фосфорных и калийных удобрений на почве с очень высоким содержанием подвижных форм фосфора и калия оказалось неэффективным и убыточным приемом – 1 кг этих удобрений окупался в среднем по опыту 9 ц зеленой массы кукурузы, обусловив лишь тенденцию роста урожайности зеленой массы (4–10 ц/га) при отрицательном уровне рентабельности.

Максимальная урожайность зеленой массы кукурузы (752 ц/га) и, соответственно, сбор кормовых единиц (150 ц/га) получены за счет применения  $N_{120+30}P_{20}K_{60}$  на органическом фоне с дозой навоза 100 т/га. Чистый доход от данного агроприема составил 26 USD/га при уровне рентабельности 16%. При этом стоит отметить, что прибавка урожая от применения фосфорных и калийных удобрений в этом варианте была статистически недостоверной. В связи с этим целесообразнее отметить эффективность применения  $N_{120+30}$  на фоне 100 т/га подстилочного навоза, где при несколько меньшей урожайности зеленой массы кукурузы получена достоверная прибавка – 72 ц/га по отношению к дозе  $N_{90+30}$ , а уровень рентабельности вырос более чем в 2 раза и достиг 34%.



*Рис.* Роль отдельных факторов в формировании урожайности зеленой массы кукурузы на высокоплодородной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

При оценке роли отдельных факторов в формировании урожайности зеленой массы кукурузы установлено, что за счет почвенного плодородия дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы сформировано 65% урожая. Применение азотных минеральных удобрений обеспечило формирование 20% урожая, соломистого навоза – 14%, фосфорных и калийных удобрений – всего 1% урожая.

УДК 631.461.5:631.559:633.22

## **ПРИМЕНЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЛОДРОДИЯ ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ**

**В.В. Лапа, Н.А. Михайловская, Н.Н. Ивахненко,  
Т.В. Погирницкая**

*РУП «Институт почвоведения и агрохимии»  
г. Минск, Беларусь*

Ключевыми экологическими функциями почвы являются синтез и минерализация органических веществ. При интенсивной антропогенной нагрузке необходим контроль способности почвы, сохранять и поддерживать эти функции. Удобным инструментом для осуществления такого контроля является ферментативная диагностика,

так как процессы синтеза и минерализации органических веществ в почве катализируются ферментами и являются биохимическими по природе.

Цель исследований – установить влияние длительного применения удобрений на активность ключевых биохимических процессов в циклах углерода и азота и дать оценку направленности изменения плодородия дерново-подзолистых почв по ферментативным параметрам.

Схема стационарного опыта на дерново-подзолистой супесчаной почве включала внесение трех доз азота ( $N_{36, 60, 84}$ ) на разных уровнях P и K – в расчете на 50% компенсации выноса ( $P_{20}K_{40}$ ), на 100% компенсации ( $P_{40}K_{80}$ ) и на 125% компенсации выноса ( $P_{70}K_{120}$ ). Схема опыта на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве включала внесение трех доз азота на разных уровнях P и K –  $N_{18-54}$ , в расчете на дефицитный ( $N_{18-54}P_{30}K_{66}$ ) и поддерживающий ( $N_{18-54}P_{60}K_{132}$ ) балансы фосфора и калия в почве.

Активность инвертазы и уреазы определяли по методу Т.А. Щербаковой [1, 2], полифенолоксидазы (ПФО) и пероксидазы (ПО) – по методу Л.А. Карягиной, Н.А. Михайловской [3].

Биохимическая диагностика почв по гидролитическим ферментам (инвертаза и уреазы), выполняющим деструкционную функцию, и по окислительным ферментам (полифенолоксидаза и пероксидаза), связанным с гумификацией органических веществ, позволяет определять интенсивность процессов минерализации и гумификации и по их соотношению оценивать направленность изменения плодородия почвы при разных системах удобрения, используя метод Дж. Ацци [4].

На дерново-подзолистой супесчаной почве при системе удобрения с компенсацией 125% выноса РК, отмечен самый высокий в опыте уровень минерализации – 137–144% и достаточно высокая активность гумификации – 123–135% (табл. 1). При дробном внесении азота  $*N_{84}P_{70}K_{120}$  показатели минерализации и гумификации сближаются и составляют 137 и 135% соответственно, указывая на достижение определенного баланса этих процессов, способствующего поддержанию плодородия (табл. 1).

При использовании системы удобрения с компенсацией 100% выноса РК, активность минерализации по биохимическим параметрам составила 127–134%, активность гумификации – 115–126%. На вариантах  $N_{60}P_{40}K_{80}$  и с дробным внесением азота  $*N_{84}P_{40}K_{80}$  сохраняется тенденция повышения скорости гумификации до 121 и 126% (табл. 1).

Таблица 1

**Активность минерализации и гумификации в дерново-подзолистой супесчаной почве (2011–2013 гг.)**

Вариант	Продуктивность, ц/га к.ед.	Минерализация, %			Гумификация, %		
		Уреза	Инвертаза	Среднее	ПФО	ПО	Среднее
Контроль	50,4	100	100	100	100	100	100
8 т/га НКРС-фон	58,5	115	133	124	114	117	116
$P_{70}K_{120}$	69,1	113	127	120	117	117	117
$N_{36}P_{70}K_{120}$	77,3	125	148	137	121	124	123
$N_{60}P_{70}K_{120}$	79,1	134	154	144	126	130	128
* $N_{84}P_{70}K_{120}$	81,7	128	145	137	136	134	135
$P_{40}K_{80}$	66,8	111	118	115	111	113	112
$N_{36}P_{40}K_{80}$	75,7	116	137	127	113	116	115
$N_{60}P_{40}K_{80}$	77,6	119	143	131	116	125	121
* $N_{84}P_{40}K_{80}$	81,6	119	148	134	123	129	126
$P_{20}K_{40}$	64,2	105	112	109	104	106	105
$N_{36}P_{20}K_{40}$	72,1	116	127	122	112	110	111
$N_{60}P_{20}K_{40}$	75,0	120	134	127	118	114	116
$HCP_{05}$	0,86						

\*N – дробное внесение.

Таким образом, на дерново-подзолистых супесчаных почвах наиболее обоснована система удобрения с компенсацией 125% выноса фосфора и калия и дробным внесением азотных удобрений \* $N_{84}P_{70}K_{120}$ , которая обеспечивает продуктивность зернотравяного севооборота 81,7 ц/га к.ед., сберегающий уровень минерализации органических веществ почвы – 137%, высокую активность гумификации – 135%.

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве наиболее обоснованной является система удобрения, ориентированная на поддержание баланса P и K с дробным внесением азота  $N_{54}$  и  $N_{72}$  на фонах  $P_{60}K_{132}$ , которая обеспечивала наиболее высокую продуктивность севооборота (126,2 и 124,5 ц к.ед./га) при сберегающем уровне минерализации органических веществ (143–154%) (табл. 2).

Более высокая активность гидролаз (инвертазы и уреазы) отмечена при поддерживающей системе удобрения ( $N_{18-54}P_{60}K_{132}$ ), что указывает на усиление минерализации в циклах C и N, которая составила 156–185%. При системах удобрения, ориентированных на использование остаточных количеств P и K в почве ( $N_{18-54}$ ), а также при дефиците фос-

фора и калия ( $N_{18-54}P_{30}K_{66}$ ), общий уровень минерализации органических веществ (118–132% и 134–140%) понижен, продуктивность севооборота составила 113,6–115,0 и 120,1–123,4 ц к.ед./га соответственно (табл. 2).

Таблица 2

**Показатели активности минерализации и гумификации в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (2011–2013 гг.)**

Вариант	Продуктивность, ц/га к.ед.	Минерализация, %			Гумификация, %		
		уреаза	инвертаза	среднее	ПФО	ПО	среднее
Без удобрений	93,4	100	100	100	100	100	100
8 т/га НКРС – фон	103,9	107	118	113	104	100	102
$N_{18}$	113,6	111	124	118	108	109	109
$N_{36}$	116,3	113	144	129	110	112	111
$N_{54}$	115,0	114	150	132	119	115	117
$P_{30}K_{66}$	113,0	111	156	134	120	112	116
$N_{18}P_{30}K_{66}$	120,1	114	154	134	123	110	117
$N_{36}P_{30}K_{66}$	123,4	120	162	141	123	119	121
$N_{54}P_{30}K_{66}$	121,7	116	163	140	129	122	126
$P_{60}K_{132}$	118,1	122	179	151	127	113	120
$N_{18}P_{60}K_{132}$	123,8	130	182	156	131	123	127
$N_{36}P_{60}K_{132}$	126,2	134	215	175	139	127	133
$N_{54}P_{60}K_{132}$	123,8	141	229	185	141	130	136
* $N_{54}P_{60}K_{132}$	126,2	130	156	143	129	113	121
* $N_{72}P_{60}K_{132}$	124,5	128	179	154	126	119	123

\*N – дробное внесение.

### Список литературы

1. Хазиев, Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. – М., Наука, 1990. – 189 с.
2. Щербакова, Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества / Т.А. Щербакова. – Минск: Наука и техника, 1983. – 221 с.
3. Карагіна, Л.А. Визначенне актыунасці поліфенолаксідазы і пераксідазы у глебе / Л.А. Карагіна, Н.А. Міхайлоўская // Весці АН БССР. Серыя с/г навук. – 1986. – № 2. – С. 40–41.
4. Ацци, Ж. Сельскохозяйственная экология / Ж. Ацци. – М.: Ил, 1959. – 479 с.

## **ВОЗДЕЛЫВАНИЕ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВСМЕСЕЙ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ**

**Т.В. Ласько, А.Г. Подоляк**

*РНИУП «Институт радиологии»,  
г. Гомель, Беларусь*

Поиск резервов повышения эффективности пользования всех видов имеющихся ресурсов одна из важнейших задач любого производства. Необходимо выявить и практически использовать эти резервы.

В условиях ограниченности ресурсов важно максимально задействовать малозатратные нематериальные факторы. К числу таких факторов, являющихся резервом повышения продуктивности полей, относится возделывание многолетних бобовых трав.

Злаковые травы менее продуктивны, чем бобовые, и являются плохими предшественниками для зерновых колосовых, в особенности для пшеницы, тритикале и ячменя. Замена злаковых травостоев бобово-злаковыми в севообороте, особенно актуальна в настоящее время в связи с резким уменьшением площади пропашных культур и значительным удорожанием топлива.

По результатам последнего тура агрохимического и радиологического обследования сельскохозяйственных земель во многих хозяйствах пострадавших районов отмечено снижение содержания в почвах фосфора и калия. Особенно остро стоит вопрос с сенокосами и пастбищами, где сильно снижены дозы азотных, калийных и, особенно, фосфорных удобрений. Низко- и слабообеспеченные подвижным калием почвы (<400 мг/кг) занимают: в Гомельской области – 71,5%, Брестской – 72,4% и Могилевской – 86,1% от общей площади всех сенокосов и пастбищ.

Совершенствование структуры многолетних трав в полевом и луговом кормопроизводстве, повышение урожайности культур, использование биологического азота при возделывании бобовых культур позволяет ежегодно экономить более 300 тыс. т азотных удобрений.

В связи с этим введение ряда бобовых культур, в том числе нетрадиционных для региона, в структуру посевных площадей является объективной необходимостью. Производству должны быть предложены виды трав с высоким адаптивным потенциалом, способные эффективно функционировать на всех почвенных разностях республики.

Данные по влиянию различных доз минеральных удобрений на урожайность многолетних бобово-злаковых травосмесей и плодородие торфяных почв получены в результате исследований РНИУП «Институт радиологии» в полевом эксперименте в СПК «Оборона» Добрушского района Гомельской области 2011–2014 гг. Опыт проводился на торфяной маломощной почве (0,8–1,0 м), подстилаемой песком связным со следующими агрохимическими показателями: зольность – 17,0 %,  $pH_{KCl}$  – 5,36,  $P_2O_5$  – 149 мг/кг;  $K_2O$  – 315 мг/кг;  $CaO$  – 1586 мг/кг;  $MgO$  – 106 мг/кг почвы. Плотность загрязнения  $^{137}Cs$  – 499 кБк/м<sup>2</sup> (13,5 Ки/км<sup>2</sup>),  $^{90}Sr$  – 16,2 кБк/м<sup>2</sup> (0,44 Ки/км<sup>2</sup>).

Данные по урожайности бобово-злаковых травосмесей за три года пользования представлены в таблице.

Таблица

**Урожайность сена многолетних бобово-злаковых травосмесей на маломощной торфяной почве за три года пользования**

Вариант опыта	Урожайность, ц/га				Прибавка ц/га
	2012 г. за три укоса	2013 г. за два укоса	2014 г. за два укоса	Средняя за 3 года	
Галега + овсяница + кострец + тимopheевка					
Контроль	98,0	65,4	40,0	67,8	–
P60K180	124,2	105,4	88,7	106,1	38,3
P60K180+м/э	132,0	107,8	92,0	110,6	42,8
N30P60K180	141,4	116,5	104,7	120,9	53,1
N30P60K180+м/э	147,9	122,2	107,7	125,9	58,1
N30P60K240+м/э	160,1	133,6	118,9	137,5	69,7
HCP <sub>05</sub>	4,8	4,3	4,3	4,5	
Лядвенец + овсяница + кострец + тимopheевка					
Контроль	88,2	65,8	43,8	65,9	–
P60K180	119,8	111,7	94,7	108,7	42,8
P60K180+м/э	125,4	117,6	99,9	114,3	48,4
N30P60K180	131,0	121,9	111,9	121,6	55,7
N30P60K180+м/э	134,1	126,3	116,3	125,6	59,6
N30P60K240+м/э	144,9	138,1	125,1	136,0	70,1
HCP <sub>05</sub>	5,4	4,4	4,4	4,9	
Клевер + овсяница + кострец + тимopheевка					
Контроль	76,9	55,0	41,0	57,6	–
P60K180	125,8	94,2	84,2	101,4	43,8
P60K180+м/э	134,1	100,6	85,6	106,8	49,1
N30P60K180	139,7	112,6	100,6	117,6	60,0
N30P60K180+м/э	143,1	115,3	104,5	121,0	63,3
N30P60K240+м/э	161,2	124,5	116,4	134,0	76,4
HCP <sub>05</sub>	6,1	4,2	4,2	5,2	

Результаты исследований показали, что в первый год пользования многолетние травосмеси, при благоприятных метеорологических условиях вегетационного периода 2012 г., сформировали три укоса и средняя урожайность сена в зависимости от состава травосмеси составила 144,9–161,2 ц/га. Во второй и третий годы пользования были более засушливые погодные условия, что дало возможность получить только два укоса. Поэтому урожайность травосмесей в 2013 г. была ниже на 20%, а в 2014 г. на 30% по сравнению с первым годом пользования. Прибавка урожайности травосмесей от внесения минеральных удобрений в дозе N30P60K240 + м/э в среднем за три года составила 69,7–76,4 ц/га в зависимости от состава травосмеси.

Основные агрохимические показатели торфяной маломощной почвы опытного участка за четырехлетний период на начальном и заключительном этапах проведения исследований представлены на рис. 1 и 2.

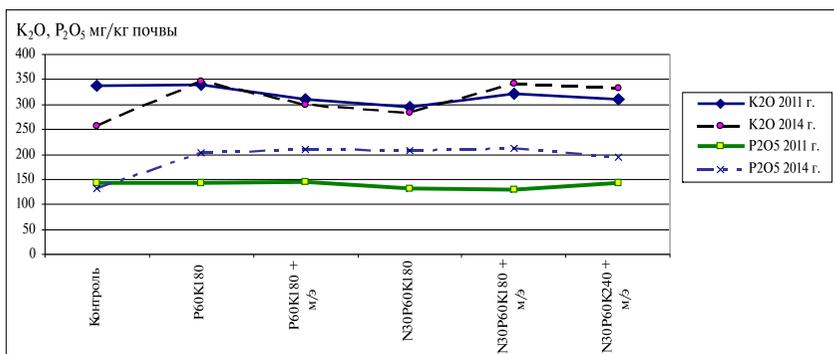


Рис. 1. Содержание в торфяной почве подвижных форм калия и фосфора

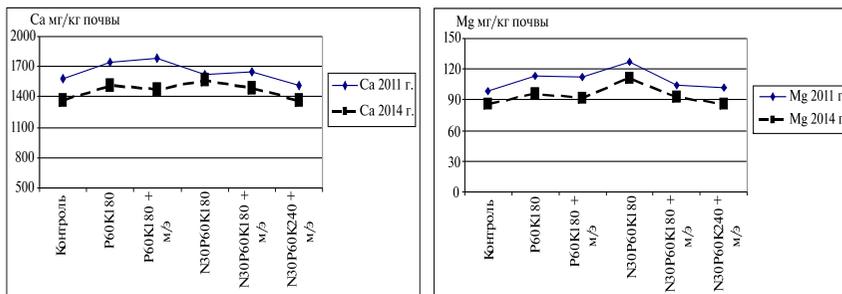


Рис. 2. Содержание в торфяной почве обменных форм кальция и магния

Анализ результатов исследований показал, что кислотность почвы и зольность торфа сохранили прежние параметры. Содержание подвижного калия в почве контрольного варианта снизилось на 25%, а при внесении К240 содержание увеличилось на 8%. В 1,4 раза увеличилось в почве содержание подвижного фосфора. Незначительно снизилось содержание в почве обменного кальция (до 12%), содержание магния снизилось на 15%. Это связано с тем, что бобовые травы кальцелюбивые, поэтому необходимо проводить поддерживающее известкование торфяных почв, особенно на загрязненных радионуклидами территориях.

Обеспечение питания бобово-злаковых травосмесей за счет ежегодного внесения минеральных удобрений в дозе N30P60K180 + м/э позволило не только получить урожайность сена до 137 ц/га, но и поддержать плодородие торфяных почв.

УДК 631.4

## **СКОРОСТЬ РАСТВОРЕНИЯ И УДОБРИТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ ОТСЕВА ЩЕБЕНОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**А.В. Литвинович<sup>1</sup>, О.Ю. Павлова<sup>1</sup>, А.В. Лаврищев<sup>2</sup>,  
А.О. Ковлева<sup>1</sup>, Н.А. Снежков<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»,  
г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»,  
г. Санкт-Петербург, Россия

При производстве из карбонатных пород щебенки, предназначенной для дорожного строительства, в отвалы отсеиваются фракции крошки размером < 20 мм.

В лаборатории мелиорации почв АФИ в течение ряда лет проводится изучение мелиоративных свойств отсева доломита месторождения «Елизаветино» (Гатчинский район Ленинградской области) с целью создания мелиоранта пролонгированного действия. В качестве рабочей гипотезы принято следующее предположение: для того, чтобы уровень реакции почвы поддерживался относительно постоянным в течение продолжительного времени, известковые материалы должны содержать широкий спектр частиц различного размера разной растворимости. В составе крошки месторождения «Елизаветино» на долю фракции <0,25 мм приходится 11,4%; фракции 0,25–1 мм – 11,5 %; 1–3 мм –

28,6 %; 3–5 мм – 16,5%; > 5 мм – 32%. Суммарная массовая доля  $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$  – 84,5%. Установив действие на почву фракции конкретного размера, можно предсказать продолжительность действия мелиоранта, созданного при смешивании фракций различного помола.

В 7-летнем микрополевом опыте, заложенном на кислой ( $\text{pH}_{\text{KCl}} = 4,1$ ) легкосуглинистой почве, изучена скорость растворения и удобрительная ценность различных фракций крошки. Чередувание культур: рапс, вика, горчица, бобы, горчица, бобы, горчица. Фракции отсева вносили в дозе, рассчитанной по полной Нг в 7т/га. Ежегодно применяли удобрения в форме азофоски. Растения убирали в фазе цветения. Динамику не прореагировавших карбонатов в почве устанавливали на портативном анализаторе карбонатов (ПАК-1).

Выявлено, что частицы отсева < 0,25 мм по скорости растворения не уступали стандартной известняковой муке, внесенной в эквивалентном количестве. Спустя год после применения прореагировало 85%; спустя 3 года – 94,4%; спустя 5 лет – 98% от внесенного количества отсева.

Химическая активность частиц крошки размером 0,25–1 мм и 1–3 мм оказалась слабее. За год с почвой прореагировало 53,4 и 30%; за 3 года – 80 и 65%; за 5 лет 96 и 94% соответственно.

Фракция размером 3–5мм растворилась мало. Суммарный выход зеленой массы растений за 7 лет эксперимента приведен на рисунке.

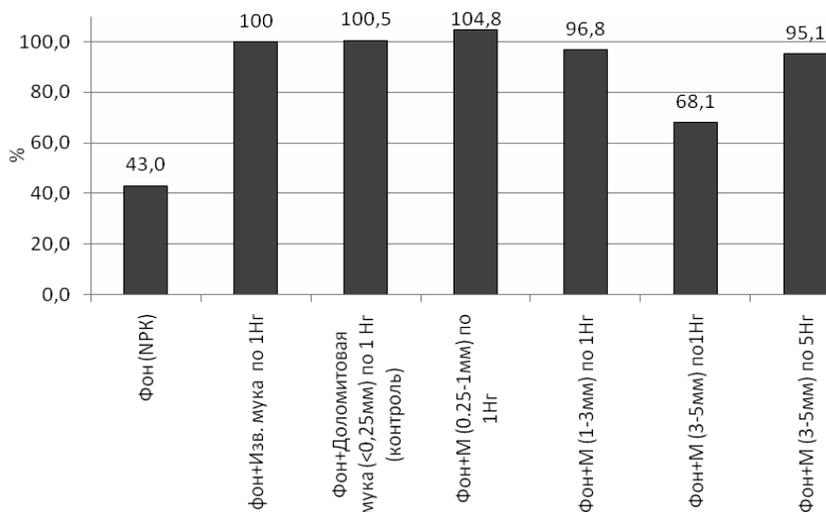


Рис. Суммарный выход зеленой массы растений за 7 лет эксперимента

Растения, не известкованного варианта, развивались плохо. На 7 год после закладки опыта зафиксирована полная гибель растений. По влиянию на продуктивность растений фракция доломита размером  $< 0,25$  мм за весь срок опыта не уступала стандартной известняковой муке.

Максимальный эффект от использования крошки размером  $0,25$ – $1$  мм пришелся на  $3$ – $5$  год эксперимента. За 7 лет опыта выход зеленой массы растений в этом варианте составил  $104,2\%$  к варианту, удобренному фракцией  $< 0,25$  мм.

Положительное влияние от использования фракции  $1$ – $3$  мм усиливалось до 5 года наблюдений, далее продуктивность была на уровне варианта с использованием крошки размером  $< 0,25$  мм. За весь период эксперимента выход зеленой массы растений составил  $96,3\%$  от варианта с тонкоизмельченной фракцией отсева.

Исследованиями установлено, что крупные фракции отсева могут находиться в почве продолжительное время и оказывать, хотя и слабое, но положительное влияние на растения. За 7 лет опыта продуктивность растений в варианте, мелиорируемой фракцией  $3$ – $5$  мм, составила  $67,8\%$  от варианта с фракцией  $< 0,25$  мм. Недобор урожая от применения этой фракции, но внесенной в количестве  $5$  Нг за 7 лет составил всего  $5\%$  от варианта, мелиорированного тонкоизмельченным отсевом по  $1$  Нг. Следовательно, значение тонины помола по мере увеличения дозы отсева снижается.

В целом, отсев щебеночного производства месторождения «Елизаветино» является ценным известковым материалом, обладающим длительным последствием. Поиск рационального использования отсева необходимо продолжить.

УДК 631.472.71

## **ДИНАМИКА АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПАХОТНЫХ ПОЧВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**О.Л. Ломонос, И.М. Богдевич**

*РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,  
г. Минск, Беларусь*

Основой получения высокой и устойчивой продуктивности сельскохозяйственных культур в условиях преобладающих в республике дерново-подзолистых почв является уровень их плодородия и объемы

применения минеральных и органических удобрений. Для оценки изменения плодородия почв сельскохозяйственных земель и разработки мероприятий по поддержанию и повышению их плодородия проводится агрохимическое обследование. Материалы агрохимического обследования почв являются исходной информацией для разработки системы удобрения сельскохозяйственных культур, проектно-сметной документации по известкованию кислых почв, при планировании и разработке сельскохозяйственных защитных мер на загрязненных радионуклидами землях.

Анализ агрохимических свойств пахотных почв за период между двумя последними турами обследования свидетельствует о том, что в республике преимущественно наблюдается небольшое подкисление, за исключением Брестской и Гомельской областей (табл. 1).

Таблица 1

**Распределение пахотных почв по группам кислотности по результатам обследования 2009–2012 гг.**

Область	По группам кислотности, %							2009–2012 гг.	2005–2008 гг.	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	Средне-взвеш. рН	Средне-взвеш. рН	Площади почв рН <5,0, %
	<4,50	4,51–5,00	5,01–5,50	5,51–6,00	6,01–6,50	6,51–7,00	>7,00			
Брестская	1,1	5,5	19,0	35,2	26,8	8,0	4,4	5,83	5,79	6,9
Витебская	0,9	3,7	13,8	26,0	30,8	20,5	4,3	6,09	6,12	3,5
Гомельская	1,6	6,2	16,4	26,8	30,1	18,4	0,5	5,90	5,89	6,5
Гродненская	1,6	6,6	22,8	33,3	26,0	8,1	1,6	5,84	5,86	6,8
Минская	1,3	5,8	19,7	37,2	30,1	5,2	0,7	5,78	5,83	4,0
Могилевская	2,2	6,4	15,9	28,0	33,0	13,0	1,5	5,92	6,03	4,3
Беларусь	1,4	5,7	18,1	31,6	29,5	11,7	2,1	5,89	5,91	5,3

Средневзвешенный показатель рН по республике снизился с 5,91 до 5,89. Процесс подкисления почв сопровождается повсеместным увеличением доли почв с показателем рН < 5,0, за исключением Брестской области, где количество кислых почв снижено на 0,3% по сравнению с предыдущим периодом обследования (6,9%). Более заметно возросла доля сильно- и среднекислых почв в Могилевской области до 8,6% от общей площади пашни (на 4,3%) и в Минской области до 7,1% (на 3,1%). В Витебской, Гомельской и Гродненской

областях доля сильно- и среднекислых почв увеличилась на 1,1–1,4%. В целом по республике количество почв с  $pH < 5,0$  увеличилось на 1,8% от площади пашни. В тоже время в Витебской и Гомельской областях остаются значительные массивы почв с нейтральной и щелочной реакцией ( $pH > 6,5$ ) соответственно 24,8 и 18,9% от площади пашни. В целом по Беларуси на основных массивах пашни устойчиво поддерживается оптимальный диапазон кислотности почв.

Сравнительные данные об изменении содержания подвижного фосфора по результатам 11-го и 12-го туров агрохимического обследования пахотных почв представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Распределение пахотных почв Беларуси по содержанию подвижного фосфора за период 2009–2012 гг.**

Область	По группам содержания $P_2O_5$ , %						2009–2012 гг.	2005–2008 гг.	
	I	II	III	IV	V	VI	Средне-взвеш. $P_2O_5$ , мг/кг почвы	Средне-взвеш. $P_2O_5$ , мг/кг почвы	Слабообеспечен. 1+2 группы, %
	<60	61–100	101–150	151–250	251–400	>400			
Брестская	12,1	19,5	24,0	27,2	15,0	2,2	156	156	31,7
Витебская	8,8	16,2	21,8	30,3	16,9	6,0	180	171	28,4
Гомельская	5,4	9,3	13,8	31,0	32,6	7,9	225	225	15,7
Гродненская	4,2	11,4	19,2	38,4	20,7	6,1	203	165	24,7
Минская	7,6	16,3	23,2	33,9	17,8	1,2	175	174	23,8
Могилевская	5,2	9,7	15,6	32,1	32,0	5,4	214	189	17,4
<b>Беларусь</b>	<b>7,2</b>	<b>13,9</b>	<b>19,9</b>	<b>32,4</b>	<b>22,0</b>	<b>4,6</b>	<b>191</b>	<b>179</b>	<b>23,7</b>

В настоящее время средневзвешенное содержание подвижного фосфора в почвах пахотных земель составляет 191 мг/кг, что на 12 мг/кг выше по сравнению с предыдущим периодом. Наибольшее повышение содержания фосфора произошло в Гродненской (на 38 мг/кг почвы) и в Могилевской (на 25 мг/кг почвы) областях. Однако положительный баланс фосфора неравномерно распределен по территории и в 37 административных районах отмечено небольшое снижение запасов подвижного фосфора в почве. В целом по Беларуси слабообеспеченные фосфором почвы (менее 100 мг  $P_2O_5$  на кг поч-

вы) занимают 21,1% пашни, с колебаниями от 31,6% в Брестской до 14,7% в Гомельской области. Наибольшая доля пахотных почв с высоким содержанием фосфора (>250 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на кг почвы) характерна для Гомельской – 40,5% и Могилевской – 37,4% области, что связано с многолетним внесением повышенных доз фосфорных удобрений на почвах загрязненных радионуклидами.

Пахотные почвы республики характеризуются в основном средней и повышенной обеспеченностью подвижным калием (табл. 3). В настоящее время средневзвешенное содержание подвижного калия в пахотных почвах повысилось до уровня 206 мг/кг (на 15 мг/кг выше уровня предыдущего тура обследования), что для средне-, легкосуглинистых, супесчаных почв соответствует оптимуму, а для песчаных – уже превышает средний уровень оптимума.

Таблица 3

**Распределение пахотных почв Беларуси по содержанию подвижного калия за период 2009–2012 гг.**

Область	По группам содержания K <sub>2</sub> O, %						2009–2012 гг.	2005–2008 гг.	
	I	II	III	IV	V	VI	Средне- взвеш. K <sub>2</sub> O, мг/кг почвы	Средне- взвеш. K <sub>2</sub> O, мг/кг почвы	Слабо- обеспе- чен. 1+2 группы, %
	<80	81– 140	141– 200	201– 300	301– 400	>400			
Брестская	7,6	25,2	32,7	26,4	5,9	2,2	181	180	34,0
Витебская	8,0	26,6	28,0	25,8	7,2	4,4	190	170	41,5
Гомельская	7,3	19,8	23,7	28,2	13,2	7,8	217	205	32,9
Гродненская	4,7	20,8	34,0	31,5	7,4	1,6	194	175	35,2
Минская	2,9	17,6	25,3	29,7	17,5	7,0	234	214	26,3
Могилевская	8,2	18,7	24,0	29,8	12,5	6,8	210	196	31,3
<b>Беларусь</b>	<b>6,2</b>	<b>21,2</b>	<b>27,8</b>	<b>28,7</b>	<b>11,1</b>	<b>5,1</b>	<b>206</b>	<b>191</b>	<b>33,0</b>

Увеличение средневзвешенного содержания калия в почвах пахотных земель отмечается по всем областям республики, но более всего в Витебской и Минской областях (на 20 мг/кг), Гродненской (на 19 мг/кг), Гомельской (на 12 мг/кг), Могилевской (на 14 мг/кг). Повсеместно уменьшилась доля почв слабообеспеченных калием (K<sub>2</sub>O менее 140 мг/кг почвы) с 33,0% в 2005–2008 гг. до 27,4% в 2009–2012 гг.

Данные мониторинга показывают незначительное снижение средневзвешенного содержания гумуса по республике на 0,01% (табл. 4).

Таблица 4

## Распределение пахотных почв Беларуси по содержанию гумуса

Область	По группам содержания гумуса, %						2009– 2012 гг.	2005–2008 гг.	
	I	II	III	IV	V	VI	Средне- взвеш. содерж.	Средне- взвеш. содерж.	1 + 2 группы, %
	<1,00	1,01– 1,50	1,51– 2,00	2,01– 2,50	2,51– 3,00	>3,00			
Брестская	0,2	5,3	23,3	25,2	13,8	32,2	2,46	2,45	5,7
Витебская	0,1	2,5	19,9	29,0	22,7	25,8	2,49	2,47	2,7
Гомельская	0,2	6,7	29,1	28,2	15,0	20,8	2,29	2,27	8,7
Гродненская	2,1	24,4	40,7	21,4	7,4	4,0	1,87	1,97	19,9
Минская	0,1	4,4	24,3	33,9	23,5	13,8	2,35	2,35	5,0
Могилевская	0,7	18,3	44,9	23,5	8,0	4,6	1,92	1,94	17,6
<b>Беларусь</b>	<b>0,5</b>	<b>10,2</b>	<b>30,2</b>	<b>27,3</b>	<b>15,5</b>	<b>16,3</b>	<b>2,23</b>	<b>2,24</b>	<b>9,9</b>

Наиболее значительно снизилось средневзвешенное содержание гумуса в Гродненской области на 0,1%. Потеря запасов гумуса наблюдается в 13 районах Гродненской области от 0,03 до 0,26% по сравнению с предыдущим периодом обследования. Для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в пахотных почвах республики предусмотрен ряд мероприятий по вовлечению всех источников органического вещества, включая запарку соломы, и использование торфа для утилизации полужидкого навоза.

УДК 631.416.4:633.16

## **ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ КАЛИЯ В ТЕМНО-СЕРОЙ ОПОДЗОЛЕННОЙ ПОЧВЕ В ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОНА МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ**

**В.И. Лопушняк, Н.И. Вега**

*Львовский национальный аграрный университет,  
г. Львов-Дубляны, Украина*

Эффективным средством оптимизации плодородия почвы является регулирование в ней содержания подвижных соединений элементов питания посредством применения удобрений [3].

Важное значение в системе минерального питания ячменя играет калий [6]. В источниках научной литературы [4] приведены данные выноса питательных веществ ячменем, согласно которым при средней его урожайности 3,5–4,0 т/га из почвы вместе с азотом и фосфором, выносятся 80 кг этого элемента.

Для питания растений доступными формами калия являются водорастворимые и обменные соединения [1, 5]. Необменный калий служит резервом обеспеченности почвы доступными формами калия. Поскольку усвоение обменного калия происходит, именно, при переходе необменного в доступную растениям форму [2].

Исходя из этого, наши исследования заключались в определении обеспеченности темно-серой оподзоленной почвы соединениями обменного и необменно-фиксированного калия при выращивании ячменя ярового на разных фонах минерального питания.

Исследования проводились в 2013–2014 гг. на опытном поле кафедры агрохимии и почвоведения Львовского национального аграрного университета. Тип почвы опытного участка – темно-серая оподзоленная, характеризуется средней обеспеченностью обменными формами калия. Схема опыта включала два фактора: А – внесение минеральных удобрений : 1. Без удобрений (контроль), 2.  $N_{15}P_{15}K_{15}$ , 3.  $N_{30}P_{15}K_{15}$ , 4.  $N_{45}P_{15}K_{15}$ , 5.  $N_{30}P_{30}K_{30}$ , 6.  $N_{45}P_{30}K_{30}$ , 7.  $N_{60}P_{30}K_{30}$ , 8.  $N_{45}P_{45}K_{45}$ , 9.  $N_{60}P_{45}K_{45}$ , 10.  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ; Б – внекорневая подкормка препаратом Фрея-Аква, в составе которого 5% калия. Минеральные удобрения вносили в форме аммиачной селитры (34% д. в.) и нитроаммофоски (15% д. в.) под ранневесеннюю культивацию.

Агротехника выращивания ячменя ярового общепринятая для зоны Западной Лесостепи. Определение обменного калия в почве проводили по методу Чирикова, необменно-фиксированного калия – в 2 н вытяжке НСІ.

В результате проведения исследований выявлено положительное влияние применения минеральных удобрений под ячмень на изменение динамики содержания соединений обменного и необменно-фиксированного калия в темно-серой оподзоленной почве (табл. 1).

Обеспеченность почвы соединениями обменного и необменно-фиксированного калия определялась нормой внесения удобрений. При выращивании ячменя ярового на неудобренном варианте получено низкие показатели их содержания, которые составляли в слое 0–20 см в фазу кущения для обменного калия 88 мг/кг, необменно-фиксированного – 172 мг/кг почвы. Применение минеральных удобрений обуславливало рост показателей содержания различных форм

калия в исследуемой почве. Максимальные значения обменного и необменно-фиксированного калия прослеживали на фоне внесения  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , где эти показатели были на уровне 145 и 269 мг/кг почвы соответственно.

Таблица 1

**Обеспеченность почвы соединениями калия в зависимости от фона минерального питания в период вегетации ячменя ярового, (среднее за 2013–2014 гг.)**

№ варианта	Вариант опыта	Слой почвы, см	Форма калия, мг/кг почвы					
			обменный			необменно-фиксированный		
			1	2	3	1	2	3
1	Без удобрений (контроль)	0–20	88	82	76	172	152	134
		20–40	82	76	71	141	123	111
		40–60	71	67	60	117	105	99
5	$N_{30}P_{30}K_{30}$	0–20	101	86	68	237	189	175
		20–40	77	66	57	195	165	147
		40–60	67	61	52	168	144	135
6	$N_{45}P_{30}K_{30}$	0–20	114	106	85	232	196	170
		20–40	97	85	75	213	189	159
		40–60	82	77	68	186	168	144
7	$N_{60}P_{30}K_{30}$	0–20	111	101	96	238	213	175
		20–40	104	93	87	192	174	147
		40–60	96	89	82	186	153	126
8	$N_{45}P_{45}K_{45}$	0–20	128	119	108	248	219	187
		20–40	120	108	101	234	189	159
		40–60	107	100	94	210	171	141
9	$N_{60}P_{45}K_{45}$	0–20	124	113	105	253	222	182
		20–40	114	97	97	237	207	171
		40–60	102	89	85	213	186	150
10	$N_{60}P_{60}K_{60}$	0–20	145	129	123	269	236	211
		20–40	116	102	99	246	219	186
		40–60	107	96	86	228	198	171

*Примечание.* 1 – фаза кущения, 2 – фаза колошения, 3 – фаза полной спелости.

В течении вегетации ячменя ярового, в частности, в фазу колошения и полной спелости почва характеризовалась несколько пониженной обеспеченностью формами обменного калия. Причиной таких изменений в калийном режиме почвы мы рассматриваем интенсивный

вынос калия растениями, а также переход этого элемента в обменно-фиксированную форму.

В слоях почвы 20–40 см и 40–60 см содержание исследуемых форм калия в почве снижалась во всех вариантах опыта. Эта тенденция прослеживалась на протяжении всей вегетации ячменя.

Таким образом, в результате исследований установлено положительное влияние внесения минеральных удобрений под ячмень на содержание обменного и необменно-фиксированного калия в темно-серой оподзоленной почве. Наиболее благоприятные условия калийного питания сложились в варианте применения  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , который обеспечил содержание обменного калия в верхнем горизонте в фазу кущения на уровне 145 мг/кг почвы, что превышало неудобренный фон на 57 мг/кг почвы, или на 64,8%. Обеспеченность почвы необменным калием в этот период составляла 269 мг/кг почвы, превышение показателя на контроле составляло 97 мг/кг почвы, или 56,4%. В других фазах вегетации ячменя ярового указанный фон минерального питания также обеспечил высшие показатели калия в почве.

Проведение внекорневой подкормки ячменя препаратом Фрея-Аква не повлияла на показатели обменного и необменно-фиксированного калия в почве.

### Список литературы

1. Вплив систем мінерального живлення на врожайність вівса і ячменю ярого в Північному Степу України / А.Д. Гирка[та інш.], // Бюлетень Ін-ту сільського господарства степової зони НААН України. – 2012. – № 3. – С. 28–33.
2. Лопушняк, В.І. Вплив систем удобрення на калійний режим темно-сірого опідзоленого ґрунту / В. І. Лопушняк // Вісник Національного ун-ту водного господарства та природокористування. – 2013. – Вип. 2(62). – С. 215–223.
3. Минеев, В.Г. Агрохимия: учебник / В.Г. Минеев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, Колос, 2004. – С. 552–557.
4. Муравин, Э.А. Агрохимия / Э.А. Муравин. – М.: Колос, 2003. – С. 293–296.
5. Пчелкин, В.У. Почвенный калий и калийные удобрения / В.У. Пчелкин. – М.: Колос, 1966. – С. 35–36.
6. Ященко, Л.А. Вплив післядії добрив при вирощуванні ячменю на динаміку сполук калію в лучно-чорноземному ґрунті Лісостепу України / Л.А. Ященко. – Вісник ХНАУ. – 2011. – № 2. – С. 120–122.

## **ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДЛЕНИЕ ПРОДУКТИВНОГО ДОЛГОЛЕТИЯ ПАСТБИЩНЫХ ТРАВСТОЕВ**

**В.М. Макаро, С.В. Гавриков, Л.С. Рутковская, Б.И. Бабич**

*РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси»,  
г. Щугин, Беларусь*

В современных условиях, в связи с актуальностью задач ресурсо- и энергосбережения в сельском хозяйстве страны, большое значение приобретает поиск доступных путей восстановления и повышения продуктивности сенокосов и пастбищ на основе низкзатратных, энергосберегающих и экологически безопасных систем их ведения при всестороннем использовании фактора биологизации. Это соответствует общей стратегии земледелия двадцать первого века, направленной на повышение устойчивости и эффективности сельского хозяйства Беларуси.

Решение этих, сложнейших научно-технических и организационно-экономических проблем, требует разработки и быстреешего освоения перспективных ресурсосберегающих систем и технологий луговодства.

Бобово-злаковые сенокосно-пастбищные травосмеси характеризуются непродолжительным сроком хозяйственного использования по причине слабой устойчивости в травостое бобовых видов. Важным мероприятием в повышении продуктивности таких травостоев является их улучшение. При этом оно должно быть направлено на противодействие снижению урожайности и на не вывод культурных сенокосов и пастбищ из оборота на длительный срок. В связи с этим исследования по способам обновления старовозрастных пастбищных травостоев, а также повышения их долголетия на основе способности к самовозобновлению имеют определенный практический интерес.

В 2008–2010 гг. на опытном поле РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси» проводились исследования по изучению влияния комплексных удобрений на показатели продуктивности старовозрастного травостоя при пастбищном использовании.

Почва участка дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая с глубины 0,7 м моренным суглинком. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта почвы: гумус – 1,15–1,20%, рН – 5,8–6,0, содер-

жание  $P_2O_5$  – 220–234 и  $K_2O$  – 118–135 мг/кг почвы. Опыт был заложен на травостое шестого года жизни. Содержание бобовых трав в предыдущем году – 20,4–23,3%.

Схема опыта включала следующие варианты: 1. Контроль (без удобрений); 2.  $N_{20}P_{38}K_{50}$  – весной; 3.  $N_{30}P_{57}K_{75}$  – весной; 4.  $N_{40}P_{76}K_{100}$  – весной; 5.  $N_{50}P_{95}K_{125}$  – весной; 6.  $N_{20}P_{38}K_{50}$  – весной +  $N_{10}P_{19}K_{25}$  после 2 цикла стравливания; 7.  $N_{20}P_{38}K_{50}$  – весной +  $N_{20}P_{38}K_{50}$  – после 2 цикла стравливания; 8.  $N_{20}P_{38}K_{50}$  – весной +  $N_{30}P_{57}K_{75}$  – после 2 цикла стравливания.

Комплексное удобрение (АФК) марки  $N_{10}P_{19}K_{25}$  (разработка РУП «Институт почвоведения и агрохимии») применялось ежегодно.

Применение комплексных удобрений благоприятно сказалось на структуре старовозрастного пастбищного травостоя. После их применения в первый год исследований содержание бобовых трав (преобладал клевер ползучий) в составе корма находилось на уровне 41,0–43,4% и превышало контрольный вариант (без удобрений) на 6,0–8,4%. На долю злакового компонента приходилось 50,6–54,2%, разнотравья – 4,8–6,0%.

На седьмой год жизни травостоя в вариантах с применением удобрений отмечен дальнейший рост бобовых в структуре (на 0,8–18,4%), что произошло на фоне снижения количества злаков и разнотравья.

Использование АФК на восьмой год способствовало формированию травостоев с содержанием бобовых трав на уровне – 36,5–49,1%, злаковых – 48,4–61,4% и разнотравья – 1,3–5,0%.

Внесение в подкормку комплексных минеральных удобрений обеспечивало также повышение продуктивности пастбищ на шестой – восьмой годы их использования. В среднем за три года при различных дозах и сроках их внесения выросла урожайность сухого вещества на 1,80–3,26 т/га, выход кормовых единиц – на 1,65–3,00 т/га и сбор перерабатываемого протеина – на 343–565 кг/га (табл.).

Таблица

**Продуктивность пастбищных травостоев в зависимости от доз и сроков применения комплексных удобрений (среднее 2008–2010 гг.)**

Вариант	Урожайность сухого вещества, т/га	Выход кормовых единиц, т/га	Сбор перерабатываемого протеина, кг/га
1. Контроль (без удобрений)	4,59	3,67	399
2. $N_{20}P_{38}K_{50}$ – весной	6,39	5,32	742
3. $N_{30}P_{57}K_{75}$ – весной	6,81	5,60	773

Вариант	Урожайность сухого ве- щества, т/га	Выход кормовых единиц, т/га	Сбор пере- варимого про- теина, кг/га
4. $N_{20}P_{38}K_{50}$ – весной + $N_{10}P_{19}K_{25}$ после 2 цикла стравливания	6,65	5,75	810
5. $N_{40}P_{76}K_{100}$ – весной	7,17	6,12	826
6. $N_{20}P_{38}K_{50}$ – весной + $N_{20}P_{38}K_{50}$ – после 2 цикла стравливания	7,51	6,00	843
7. $N_{50}P_{95}K_{125}$ – весной	7,48	6,41	883
8. $N_{20}P_{38}K_{50}$ – весной + $N_{30}P_{57}K_{75}$ – после 2 цикла стравливания	7,85	6,67	964
НСР <sub>05</sub>	0,16	0,123	24,1

При этом наивысший уровень продуктивности пастбища (7,85 т/га сухого вещества, 6,67 т/га кормовых единиц, 964 кг/га переваримого протеина) сформировался при внесении в подкормку максимальной дозы комплексных удобрений ( $N_{20}P_{38}K_{50}$  – весной +  $N_{30}P_{57}K_{75}$  – после 2 цикла стравливания). Лучшим вариантом использования комплексных удобрений при общей за сезон дозе от  $N_{30}P_{57}K_{75}$  до  $N_{50}P_{95}K_{125}$  являлось их дробное внесение в два приема ( $N_{20}P_{38}K_{50}$  – весной, а остальное – после второго цикла стравливания), что выражалось в повышении показателей продуктивности пастбища.

Однако, несмотря на рост урожайности сухого вещества, выхода кормовых единиц и сбора переваримого протеина с увеличением дозы внесения комплексных удобрений, повышались производственные затраты. Анализ эффективности изучаемых приемов (в ценах по состоянию на 15.11.2010 г.) показал, что наиболее экономически целесообразными дозами являлись  $N_{20}P_{38}K_{50}$ , применяемая однократно весной, и  $N_{30}P_{57}K_{75}$  – однократно или в два приема. Это способствует получению минимальных уровней себестоимости 1 т к.ед. – 15,5–20,4 USD/га, а также наивысших условно чистого дохода – 215,1–230,6 USD/га и рентабельности – 187,9–279,2%.

Таким образом, для продления продуктивного долголетия пастбищного травостоя шестого-восьмого годов использования с содержанием бобового компонента в структуре травостоя на уровне 20%, эффективным приемом является использование комплексного удобрения в форме  $N_{10}P_{19}K_{25}$ . А наиболее целесообразными его дозами являются  $N_{20}P_{38}K_{50}$  (весной) и  $N_{30}P_{57}K_{75}$  (весной или  $N_{20}P_{38}K_{50}$  – весной +  $N_{10}P_{19}K_{25}$  после 2 цикла стравливания), при которых обеспечивается выход с 1 га пастбища 6,39–6,81 т/га сухого вещества, 5,32–5,75 т/га к.ед. и 742–810 кг/га переваримого протеина.

## **ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ ГУМИСТИМ, КИНТО ДУО И ЭКОСИЛ НА СТРУКТУРУ ПОСЕВОВ ЯРОВОГО ТРИТИКАЛЕ**

**С.М. Мижуй, А.П. Пехота, М.Л. Соломахина**

*УО «Мозырский государственный педагогический университет  
им. И.П. Шамякина», г. Мозырь, Беларусь*

В структуре зерновых культур в Республике Беларусь основным источником продовольственного зерна являются озимые хлеба. Условия произрастания в республике: почва и климат существенно отличаются от других районов СНГ. Это в свою очередь оказывает влияние и на выращиваемые, на ее территории зерновые.

Преобладающими типами почв во всех областях республики являются дерново-подзолистые (свыше 50% от всех почв) и дерново-подзолистые заболоченные (36,5%). Доля дерново-карбонатных почв, обладающих наиболее высоким естественным плодородием, составляет всего 0,1% площади пашни.

Тритикале по требованию к почвам занимает промежуточное положение между пшеницей и рожью, лучшими для нее являются дерново-подзолистые легко- и среднесуглинистые почвы, подстилаемые мореной или песком с глубины около 1 м. Таким образом, почв, пригодных для возделывания тритикале на территории республики вполне достаточно.

Климат Беларуси характеризуется сравнительно мягкими зимами, устойчивым увлажнением и достаточным количеством тепла, что позволяет успешно возделывать как яровые, так и озимые хлеба.

В настоящее время, яровой тритикале широко применяется в сельском хозяйстве, чаще всего как кормовая культура.

Однако при всех своих положительных качествах, данная культура имеет один очень серьезный минус: низкая продуктивность в сравнении с озимой рожью. Одним из способов устранения данного недостатка является использование регуляторов роста.

В связи с этим, нами была поставлена цель, изучить влияние препаратов Гумистим, Кинто дуо и Экосил на структуру посевов ярового тритикале.

Для достижения поставленной цели, в 2012–2013 гг. на территории «Мозырского эколого-биологического центра детей и молодежи» были проведены исследования с ярового тритикале сорта Узор.

Почва опытного участка – дерново-слабоподзолистая супесчаная, развивающаяся на песках. Она имела низкое содержание гумуса (1,42%), среднее содержание подвижных форм фосфора (160 мг/кг), среднюю обеспеченность подвижным калием (155 мг/кг). Реакция почвы была близкой к нейтральной ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$  6,1).

Общая площадь делянки – 1,1 м<sup>2</sup>, учетная – 1 м<sup>2</sup>, повторность – 4-кратная.

Гумистим – это комплекс натуральных экологически чистых и безопасных стимуляторов роста для развития растений. Он применялся для обработки семян до посева в дозе 10 л/т, а также вносился в фазу конец кущения – начало выхода в трубку в дозе 0,6 л/га и в фазу колошения – в дозе 0,6 л/га.

Помимо Гумистима применялись Экосил в дозе 0,1 л/т и протравитель семян Кинто дуо в дозе 2,5 л/т.

Посев ярового тритикале производился вручную с нормой высева 4,5 млн/га семян.

Агротехника возделывания ярового тритикале – общепринятая для условий Гомельской области юго-восточной части Беларуси.

Учет урожая производился сплошным методом. Урожайные данные обработаны методом дисперсионного анализа.

Наименьшее количество растений в среднем за 2 года зафиксировано в контрольном варианте без обработки (123,8 раст./м<sup>2</sup>) и варианте с использованием Кинто дуо для обработки семян (127,4 раст./м<sup>2</sup>). При замене препарата для обработки семян на Гумистим и Экосил, количество растений на 1 м<sup>2</sup> составило 156,8 и 142,0 раст./м<sup>2</sup> соответственно (табл.).

Таблица

**Структура посевов ярового тритикале (среднее за 2 года)**

Вариант	Количество на 1 м <sup>2</sup>			Коэффициент кустистости	
	растений	стеблей	продуктивных стеблей	общей	продуктивной
1. Контроль (без обработки)	123,8	127,1	122,5	1,024	0,992
2. Кинто дуо (Эталон) (обработка семян)	127,4	169,5	157,1	1,126	1,039
3. Гумистим (обработка семян)	156,8	169,1	159,0	1,086	1,016

4. Кинто дуо + Гумистим (обработка семян)	226,9	244,8	228,0	1,101	1,007
5. Кинто дуо + Гумистим (обработка семян) + Гумистим 0,6 л/га (кущение) + Гумистим 0,6 л/га (колошение)	200,3	211,9	201,6	1,071	1,010
6. Экосил (обработка семян)	142,0	146,8	141,5	1,037	1,000
7. Кинто дуо + Экосил, (обработка семян)	167,5	174,4	168,1	1,043	1,004
8. Кинто дуо + Экосил (обработка семян) + Экосил 0,06 л/га (кущение) + Экосил 0,06 л/га (колошение)	180,0	151,3	145,9	1,035	1,002
НСР <sub>05</sub>	20,0	14,0	15,0	0,035	0,027

Максимальное количество растений зафиксировано в вариантах с использованием Кинто дуо + Гумистим (обработка семян) – 226,9 раст./м<sup>2</sup>, а также при дополнительной обработке растений Гумистимом в фазы кущения и колошения (200,3 раст./м<sup>2</sup>).

Обработка семян до посева Кинто дуо, Гумистимом и Экосилом оказывало положительное действие на увеличение общего количества стеблей (169,5; 169,1 и 146,8 шт./м<sup>2</sup> соответственно) по сравнению с контролем (127,1 шт./м<sup>2</sup>). Аналогичная тенденция наблюдалась в отношении продуктивных стеблей.

Расчет коэффициентов общей и продуктивной кустистости показал следующее. Наибольшие значения были зафиксированы в вариантах с обработкой семян препаратами Кинто дуо и Гумистим как раздельно, так и совместно. Коэффициент продуктивной кустистости находился в пределах 1,007–1,039. Совмещение Кинто дуо с Гумистимом и Экосилом для обработки семян приводило к снижению коэффициента на 0,032 и 0,035 ед. соответственно.

Таким образом, на основании полученных результатов можно сделать вывод, что наиболее оправданным является использование препарата Кинто дуо для обработки семян до посева в дозе 2,5 л/т. Совмещение с ним Гумистима и Экосил приводило к ухудшению защитных качеств протравителя и уменьшению продуктивности растений ярового тритикале.

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РОСТОВОГО ВЕЩЕСТВА ВИГОР ФОРТЕ И ГУМИНОВОГО УДОБРЕНИЯ ЭДАГУМ СМ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ**

**А.А. Мнатсакяня**

*ФГБНУ «Краснодарский научно-исследовательский институт  
сельского хозяйства им. П.П. Лукьяненко»,  
г. Краснодар, Россия*

Улучшить условия питания озимой пшеницы можно не только применением традиционных форм удобрений, но и ростовыми веществами и удобрениями нового поколения, использование которых в малых количествах способно положительно влиять на процессы роста и развития растений.

Применение этих препаратов особенно эффективно при необходимости получения гарантированного урожая с заданным качеством зерна или повышенной устойчивости растений к неблагоприятным внешним факторам (О.С. Безуглова, 2000, Н.П. Будыхина, 2007).

Цель исследований – изучить влияние препаратов Вигор Форте и Эдагум СМ на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на фоне различных доз азотных подкормок.

Исследования проводились в Краснодарском НИИ сельского хозяйства им. П.П. Лукьяненко, расположенном в центральной зоне Краснодарского края на черноземе выщелоченном сверхмощном слабогумусном.

Схема опыта включала следующие варианты.

Фактор А – обработка препаратами:

- контроль (обработка водой);
- обработка препаратом Вигор Форте (протравливание семян 25 г/т семян + обработка по вегетации 25 г/га + обработка в фазу колошение 25 г/га);
- обработка препаратом Эдагум СМ (протравливание семян 300 мл/т семян + обработка по вегетации 400 мл/га + обработка в фазу колошение 400 мл/га).

Фактор Б – применение азотных подкормок:

- N0 (контроль);
- N50 весной в фазу кущения (довести содержание N-NO3 до 6,0 мг/кг почвы);

- N70 весной в фазу кушения (довести содержание N-NO<sub>3</sub> до 8,0 мг/кг почвы);

- N50 весной в фазу кушения (довести содержание N-NO<sub>3</sub> до 6,0 мг/кг почвы) + в фазу колошение N20 для повышения качества зерна.

Опыт двухфакторный, заложен по предшественнику – подсолнечник в 4-кратной повторности, учетная площадь делянки – 28 м<sup>2</sup>, высевался сорт озимой пшеницы Гром, по фону N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Агротехника в опыте – общепринятая.

Анализ полученных данных показал, что урожайность озимой пшеницы зависит от изучаемых факторов (табл.).

Таблица

**Влияние изучаемых факторов на урожайность и качества зерна озимой пшеницы сорта Гром (2013–2014 гг.)**

Вариант (фактор А)	Дозы азотных подкормок (фактор Б)	Урожайность, т/га	Белок, %	Содержание клейковины		Класс зерна
				%	ИДК	
Контроль	N0	4,5	13,1	24,4	70	III
	N50	4,8	13,7	25,8	71	III
	N70	5,2	14,7	27,2	71	III
	N50 + 20	5,6	15,0	27,7	73	III
Вигор Форте	N0	5,7	13,1	24,8	72	III
	N50	6,1	13,8	26,0	75	III
	N70	5,8	14,8	28,9	75	II
	N50 + 20	6,2	15,2	29,5	74	II
Эдагум СМ	N0	5,9	13,0	24,7	74	III
	N50	5,8	13,8	26,1	73	III
	N70	5,8	14,8	28,9	74	II
	N50 + 20	6,1	15,3	29,4	74	II
НСР <sub>05</sub> част	0,20					

На контроле, без применения азотных подкормок получена наименьшая урожайность – 4,5 т/га. Внесение весной подкормки в дозе N50 позволило дополнительно получить 0,3 т/га, увеличение дозы этой подкормки до N70 повысило урожайность на 0,7 т/га по сравнению с контролем. Следует отметить, что при дробном внесении азота (N50 + N20) на контроле, наблюдался дальнейший рост урожайности.

Применение ростового вещества Вигор Форте в варианте без азотной подкормки дало дополнительную прибавку зерна – 1,3 т/га по сравнению с контролем. Внесение препарата на фоне азотной подкормки в дозе N50 увеличило эту прибавку еще на 0,4 т/га. Дальнейшее увеличение дозы азотной подкормки и дробное ее внесение привело к росту урожайности.

При применении жидкого гуминового удобрения Эдагум СМ полученная урожайность 5,8–6,1 т/га не зависела от дозы азотных подкормок. Следует отметить, что прибавка от внесения препарата в варианте без подкормки составила 1,4 т/га по отношению к контролю.

Наличие клейковины определяет хлебопекарные качества муки, полученные из зерна пшеницы. Для озимой пшеницы важно получить зерно с высоким качеством. В наших исследованиях содержание белка в зерне варьировало от 13,0% до 15,3% и зависело от дозы азотной подкормки. В вариантах без азотной подкормки его количество составило 13,0%, внесение весенней подкормки в дозе N70 повысило этот показатель до 14,7–14,8%, при дробном внесении этой дозы (N50 ранней весной + N20 в фазу колошения) содержание белка составило 15,0–15,3%. Применение препарата Вигор Форте и Эдагум СМ не оказало влияние на этот показатель

Анализ наших исследований показал, что содержание клейковины в зерне озимой пшеницы зависело от изучаемых факторов. Наименьшее количество клейковины получено в зерне на вариантах без применения азотной подкормки 24,4–24,8%, наибольшее – при дробном внесении азота N50 + N20 – 27,7–29,5%.

Внесение препарата Вигор Форте и Эдагум СМ способствовало увеличению клейковины в зерне. Так, если в среднем по контролю ее содержание составило 26,3%, то в варианте с Вигор Форте – 27,3%, в варианте с Эдагум СМ – 27,2%.

На всех вариантах опыта получена клейковина I группы: ИДК равно 70–75 единиц.

Учитывая содержание клейковины в зерне, ее группы и согласно ГОСТ, полученное в опыте зерно относится ко II классу, в вариантах с дробным внесением азота в подкормку и применением изучаемых препаратов и III класс в остальных вариантах.

Таким образом, наиболее эффективной дозой азотной подкормки весной является N70, внесенная в два приема. Применение химического регулятора роста Вигор Форте и жидкого гуминового удобрения Эдагум СМ улучшает условия питания озимой пшеницы, повышая урожайность и качество зерна.

## Список литературы

1. Безуглова, О.С. Удобрения и стимуляторы роста / О.С. Безуглова. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. – 320 с.
2. Будыкина, Н.П. Оценка биопотенциала новых регуляторов роста растений / Н.П. Будыкина, Т.Ф. Алексеева, Н.И. Хилков // Агрехимический вестник. – 2007. – № 6. – 12–13.
3. ГОСТ 13586.1-68. Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице.

УДК 631.452

## **АКТУАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО УЛУЧШЕНИЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ ПОСЛЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФИТОГУМИНОВОЙ КОМБИНАЦИИ (PHCS) В РАМКАХ ПРОГРАММЫ TANDEM<sup>12/21</sup> (2012–2021)**

**В. Новик**

*Частный институт прикладной биотехнологии daRostim,  
Лихтенштайн, Германия*

Времена, когда высокие урожаи достигались только посредством селекции сортов, внесения больших доз минеральных удобрений и широкого использования химических средств защиты растений, прошли. Статистика роста урожайности в Германии показывает, что за последние 13 лет практически не наблюдается рост урожайности по основным сельскохозяйственным культурам, только рапс показывает некоторую положительную тенденцию.

Одной из причин этого является недостаток воды – в некоторых регионах в последние годы по причине изменения климата выпадает недостаточно осадков или дожди идут в неподходящий момент. Еще один важный фактор – слишком большие нормы внесения минеральных удобрений, что ведет к угнетению почвенной биологии и, как следствие, к снижению биологических показателей плодородия почвы.

Снизилось содержание гумуса, и упала концентрация почвенных бактерий, отвечающих за снабжение растения элементами питания. В некоторых случаях доля участия биологического азота в формировании урожая находится на уровне 10% и менее.

Применение регуляторов и стимуляторов роста растений на основе фитогормонов позволяет активировать процесс фотосинтеза растения и обеспечить больше ассимилированного углерода, который тоже служит одним из основных элементов питания для почвенной биологии.

Наши предыдущие исследования показывают, что регулярное применение фитогормональных препаратов в комбинации с гуминовыми (Phyto Humin Compounds-РНС) позволяют сократить внесение химических удобрений, сохранить при этом стабильный урожай или даже увеличить его показатели. В течение 16 лет (2005–2021 гг.) в рамках двух исследовательских проектов RadostimA\*В (2005–2008 гг.), Future 9/12 (2009–2012 гг.) и в рамках текущей международной многолетней программы Tandem<sup>12/21</sup> (2012–2021 гг.) институт daRostim изучает эффекты применения РНС на полях Германии. После восьми лет работы можно уже сделать промежуточные выводы о положительных результатах.

#### **Программа Tandem<sup>12/21</sup>**

В течение последних 8 лет количество производственных площадей, участвующих в экспериментах, возросло от 65 до 170 общей площадью 3000 га.

В рамках программы Tandem<sup>12/21</sup> мы обрабатывали экспериментальные поля с 2005 по 2011 г. только один раз в год – весной, а с 2012 г. два раза – весной и осенью. Весной обработка проводилась по листовой поверхности комбинацией «Tandem F» с целью стимулировать процесс фотосинтеза и, как следствие, увеличить концентрацию почвенных бактерий, которые, в свою очередь, будут обеспечивать больше доступного для растения азота и фосфора. Осенью обрабатывалась почва препаратом Tandem H с целью ускорить процесс преобразования органического материала в гумус и уменьшить потери почвенных бактерий в зимний период.

Два раза в год (F – последняя неделя марта, H – последняя неделя октября) на всех полях отбирались пробы почвы (0–30 см) и анализировались по следующим трем показателям: содержание гумуса, концентрация азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих бактерий.

Для каждого экспериментального поля строились производственные функции – зависимость урожайности в единицах ц/га от количества азота за годы с начала РНС – обработки. Данная функция сравнивалась с аналогичной за предыдущие годы без применения РНС.

Динамика почвенной биологии в течение 8 лет (2006–2014 гг.) представлена в таблице.

**Сводная таблица средних значений по содержанию гумуса,  
концентрации N- и P-бактерий**

Образцы почвы F:Frühling – весна, H:Herbst – осень		Средние значения по всем пробам			
		N-Гумус	N-бактерии	P-бактерии	
Количество	Jahr	%	КОЕ млн/г	КОЕ млн/г	
65	2006F	4,4	9,6	2,4	Radostim A*B 2006–2008
76	2006H	5,1	13,5	3,7	
65	2007F	3,6	12,6	3,2	
64	2007H	3,8	11,2	2,6	
65	2008F	4,4	13,1	3,5	
87	2008H	4,7	11,0	3,2	
92	2009F	4,3	10,9	1,7	Future <sup>9/12</sup> 2009–2012
122	2009H	3,4	16,0	5,4	
132	2010F	4,1	14,1	3,9	
161	2010H	3,0	16,1	2,2	
170	2011F	4,0	14,8	1,9	
160	2011H	3,6	16,6	3,4	
170	2012F	2,4	18,6	4,6	Tandem <sup>9/12</sup> 2012–2021
160	2012H	3,6	19,0	3,9	
164	2013F	2,9	29,4	7,5	
160	2013H	4,3	25,4	9,8	
150	2014F	3,2	25,5	8,8	

Изучение почвенной биологии на более чем 170 сельскохозяйственных производственных полях общей площадью 3000 га в Германии, которые обрабатывались комбинацией PhytoHuminCompounds (PHC) в период с 2005 до 2013 г., показало стабильный рост концентрации азотфиксирующих – около 2,0 КОЕ млн/г за год и фосфатмобилизирующих бактерий – около 0,6 КОЕ млн/г за год. Более высокая концентрация почвенных бактерий обеспечивала более полноценное питание растений.

Сравнительные производственные функции за годы применения PHC, когда комбинация не применялась, на различных участках с небольшими отклонениями коэффициента качества почвы AZ в рамках одного предприятия показывают:

- на более легких почвах (AZ = 27–33) обработка почти не привела к росту урожая, но позволяла сократить внесение азотного удобрения от 11 до 22 кг/га;

- на средних и тяжёлых почвах ( $AZ = 36-76$ ) обработка позволяла достичь увеличения урожая от 2 до 7 GE при обычных нормах внесения азота, а при хорошем снабжении водой – до 20 GE.

УДК 631.6:54

## **ИЗВЕСТИСОДЕРЖАЩИЕ ОТХОДЫ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ИХ ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

**А.И. Осипов**

*ФГБНУ «Агрофизический институт»,  
г. Санкт-Петербург, Россия*

Известкование кислых почв является первоочередным мероприятием, которое повышает их плодородие и обеспечивает оптимизацию почвенных условий для получения высоких и устойчивых урожаев возделываемых культур с высокими качественными показателями. Мировой опыт и практика земледелия свидетельствуют, что альтернативы известкованию нет. Известковые мелиоранты, нейтрализуя избыточную кислотность в почвах, повышают коэффициенты использования минеральных удобрений и обеспечивают геохимический барьер для вымывания подвижных элементов питания, уменьшают вынос биогенов в водоемы, оптимизируют условия для почвенной биоты. Известковые частицы размером от 0,25 до 5,00 мм, попадая в почву, становятся центрами структурных агрегатов и способствуют формированию зернистой водопрочной структуры. Известно, что скорость взаимодействия химических мелиорантов с почвой и продолжительность их действия в сильной степени зависит от химических свойств извести и ее гранулометрического состава. Раньше считалось, что относительно крупные частицы диаметром более 1,0 мм являлись «балластом», однако более поздние многочисленные исследования опровергли данный факт. С увеличением диаметра известковых частиц взаимодействие их с почвой замедляется. Поэтому для того, чтобы уровень реакции почвы поддерживался относительно постоянным в течение продолжительного времени, известковые материалы должны содержать широкий спектр частиц различного размера. На темпы снижения кислотности почв влияет не только размер частиц вносимых мелиорантов, но и их химический состав. Наиболее сильное действие на почву в первые годы после внесения оказывает гаша, где кальций представлен в

карбонатной форме. Однако подкисление почвы, произвесткованной гажой, происходит быстрее, чем при использовании других видов известковых удобрений. Доломитовая мука действует на почву сначала слабее. Однако на 7–8 год эффективность ее выравнивается с гажой. Сланцевая зола и цементная пыль содержат в своем составе как весьма активные соединения кальция и магния (оксиды), так и слаборастворимые (силикаты). По продолжительности действия на почву цементная пыль уступает гаже и доломитовой муке.

В России наряду с традиционными мелиорантами, такими как доломитовая и известняковая мука, имеется большой ассортимент местных известковых удобрений и известьесодержащих отходов промышленности. К настоящему времени нами детально изучено и рекомендовано к внедрению в сельскохозяйственное производство более двадцати известьесодержащих отходов промышленности, такие как, некоторые виды шлаков, шламов, золы сланцев, бурых углей, отходный мел, известково-доломитовые отходы, дефекаат и др. Общее количество их примерно 700 млн т. Только по предприятиям стройматериалов в 34 регионах ежегодный выход карбонатных отходов составляет 20,7 млн т, а в Ленинградской области он насчитывает 7 млн т. Применение данных мелиорантов позволит решить актуальную задачу по реутилизации и вторичному использованию отходов. Это сократит площади земель используемых для складирования их, а также обеспечить сельхоз товаропроизводителей дешевыми известковыми материалами, территориально расположенными вблизи от потребителя. Многие из шлаков и зол обладают высокой активностью взаимодействия с почвой, поэтому существенно превосходят природные карбонаты, а содержащиеся в них примеси микроэлементов часто оказывают положительное влияние на рост и развитие сельскохозяйственных растений (табл. 1).

Таблица 1

**Эффективность применения известковых материалов в опытном полевом севообороте Лен. НИИСХ**

Вид известкового материала	Дополнительная сельскохозяйственная продукция, т/га зерновых единиц		
	в среднем за 1 год	в среднем за три ротации севооборота	% к контролю
Доломитовая мука (контроль)	0.42	7.6	100
Сланцевая зола	0.49	8.8	116
Цементная пыль	0.89	10.6	139
Доменный шлак	0.21	3.8	50

Как видно из табл. 1, эффективность сланцевой золы и цементной пыли в среднем за три ротации полевого севооборота была выше доломитовой муки на 16–39% соответственно. Эффективность доменного шлака оказалась в два раза ниже контрольного варианта со стандартной доломитовой мукой.

В то же время отходы могут содержать различные тяжелые металлы (свинец, кадмий, мышьяк, селен, стронций) и другие опасные токсичные неметаллы и элементы. Использование таких отходов в качестве мелиорантов может представлять опасность для экологического состояния почв и сопредельных сред. Поэтому каждый новый химический мелиорант из отходов должен подвергаться всесторонней экологической оценке и нормированию, базирующему на результатах мониторинга. В табл. 2 приведены данные полевого опыта по влиянию сланцевой золы на урожайность овса, возделываемого на слабокультуренной кислой дерново-подзолистой почве.

Таблица 2

**Влияние сланцевой золы на урожайность овса в полевом опыте**

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю		Отношение к стандартному мелиоранту	
		ц/га	%	ц/га	%
Контроль	7.5	–	–	–	–
Доломитовая мука	16.1	8.6	114	–	–
Сланцевая зола	24.0	16.5	220	7.9	49
НPK + Доломитовая мука	29.2	21.7	289	–	–
N PK + Сланцевая зола	36.3	28.8	384	7.1	24
НСР <sub>05</sub> 4.43					

Известкование кислой почвы доломитовой мукой и сланцевой золой увеличивает урожайность овса с 7.5 ц/га до 16.1 и 24.0 или на 114–220% соответственно. Высокая эффективность сланцевой золы по сравнению с доломитовой мукой обусловлена присутствием в ее составе 2% калия, 3.9% серы, а также 10 мг/кг меди. На фоне минеральных удобрений преимущество сланцевой золы было менее выраженным и составило 7.1 ц/га, или 24% (табл. 2). Применение минеральных удобрений на фоне доломитовой муки способствовало увеличению урожайности овса с 16.1 до 29.2 ц/га, а на фоне сланцевой золы с 24.0 до 36.3 ц/га. Эффективность данных мелиорантов прослеживается и в последствии на второй год опыта. Прибавка урожайности овса по

сравнению с контрольным вариантом составила 59–76%, а на фоне последствия минеральных удобрений 87–112%, причем наибольшие прибавки были в вариантах со сланцевой золой.

УДК 631.816.2

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПО ФАЗАМ ВЕГЕТАЦИИ РАСТЕНИЙ**

**А.Б. Пашаев, Э.Н. Сабзиев**

*Институт систем управления НАНА, компания Kiber Ltd,  
г. Баку, Азербайджан*

Недостаток знаний нельзя заменить  
избытком удобрений.

*Д.Н. Прянишников*

Исследуется вопрос оптимального распределения требуемого количества удобрений по фазам вегетации растения, с целью получения планируемого урожая. На основании математической модели процесса выращивания, сформулирована задача оптимизации, решение которой может быть определено численно.

Известно, что коэффициент усвояемости питательных элементов растением, зависит от его фазы вегетации. При этом нормальное развитие растения требует наличия определенных пределов количества того или иного удобрения. Единовременное внесение всего требуемого удобрения может отравлять растение. Ежедневное внесение удобрения, с технической точки зрения, может оказаться не реализуемым, а с экономической – может оказаться не рентабельным. С другой стороны, единовременное внесение удобрений приводит к большим потерям питательных элементов. Следовательно, необходимо найти такое «расписание» внесения удобрения в почву, чтобы с одной стороны растение получило нужное количество удобрения, а с другой, чтобы она была экономически оправданной. Цель настоящей работы является исследование вопроса оптимального распределения требуемого количества удобрений по фазам вегетации растения.

Условимся, что приводимые ниже рассуждения справедливы для каждого растения и не будем особо подчеркивать этот факт, если это

не приводит к недоразумению. Развитие растений рассматривается по фазам вегетации. Продолжительность той или иной фазы вегетации растения зависит от многих факторов, и среди них существенную роль играют  $m$  – влажность почвы и  $T$  – температура. Для рассматриваемого растения можно пронумеровать фазы вегетации. Через  $k$  обозначим  $k$ -ю фазу вегетации. На протяжении каждой фазы вегетации растение потребляет определенное количество питательных веществ и развивается, переходя к следующей фазе. Отставание в развитии в какой-нибудь фазе, приводит к проблемам развития в последующих фазах и, следовательно, потере урожая. По этой причине, избыток удобрения в определенной фазе не компенсирует недостаток удобрения в предыдущих фазах.

Будем рассматривать основные питательные элементы: азот ( $i = 1, N$ ), фосфор ( $i = 2, P$ ) и калий ( $i = 3, K$ ). Далее во всех параметрах на верхнем индексе будем писать номер питательного элемента.

Обозначим через  $\sigma_-^i$  – коэффициент потерь  $i$ -го удобрения и  $\sigma_+^i$  – коэффициент усвояемости  $i$ -го удобрения. Будем считать, что эти коэффициенты являются функциями фазы вегетации  $k$ ,  $m$  и  $T$ , т.е.  $\sigma_-^i = \sigma_-^i(k, m, T)$ ,  $\sigma_+^i = \sigma_+^i(k, m, T)$ . Для конкретного агроклиматического района эти коэффициенты можно считать известными с определенной допустимой точностью. Эмпирический (табличный или явный) вид этих функций приводится, например, в работах [1, 2].

Для разных культур, число фаз вегетации может быть разное. Например, при выращивании озимой пшеницы [2] имеются следующие  $k = 5$  фаз вегетации, пронумеруем их в порядке наступления: 1) прорастание, 2) дружные всходы, 3) кушение, 4) развитие, 5) созревание. А для овощных культур рассматривается 3 фазы вегетации [1]: 1) от посева, посадки до нарастания достаточной вегетативной массы; 2) от начала цветения до начала завязывания, а затем до начала налива плодов; 3) от начала созревания, а затем и в период всего плодоношения.

Заметим, что характер изменения зависимости функций  $m$  и  $T$  заранее угадать невозможно. Однако имеется многолетняя статистика, которая дает представление как о предельных (max и min), так и средних значениях этих функций в зависимости от времени года.

Обозначим через  $x^i = x^i(t)$  суммарное количество подвижного вида  $i$ -го (далее индекс  $i$  будет обозначать принадлежность данного параметра  $i$ -тому питательному элементу) питательного элемента в почве в момент  $t$ . Пусть  $x_k^i$  – количество подвижного питательного элемента

к началу фазы вегетации – в момент  $t = t_k$ . Через  $u^i(t)$  обозначим количество вносимого удобрения в момент  $t$ . В рассматриваемой модели в момент  $t_k$  начало  $k$ -го периода вегетации вносятся все удобрения, предусмотренные для последующего периода вегетации:

$$u_k^i = \int_{t_{k-1}}^{t_k} u^i(t) dt.$$

Тогда изменения количества усвояемого питательного элемента в почве в течение отдельно взятой фазы вегетации могут быть описаны следующей системой:

$$\begin{cases} \frac{dx^i}{dt} = -\sigma^k(m, T)(x^i(t) + \delta(t - t_k)u_k^i), & t \in [t_k, t_{k+1}), \\ x^i(t_k) = x_k^i, \\ k = 0, 1, \dots, K-1, \end{cases} \quad (1)$$

где индекс  $k$  показывает порядковый номер рассматриваемой фазы вегетации,  $\sigma^i(k, m, T) = \sigma_-^i(k, m, T) + \sigma_+^i(k, m, T)$  – сумма коэффициентов потерь и коэффициента усвояемости питательных элементов.

Количество выноса  $i$ -го питательного элемента растением к моменту  $t(t_0 < t < t_{k_0+1})$ , вычисляется по формуле:

$$\begin{aligned} w^i(t) &= \int_{t_0}^t \sigma_+^i(m, T) x^i(\tau) d\tau = \sum_{k=0}^{k_0-1} \int_{t_k}^{t_{k+1}} \sigma_+^i(k, m(\tau), T(\tau)) x^i(\tau) d\tau + \\ &+ \int_{t_{k_0}}^t \sigma_+^i(k, m(\tau), T(\tau)) x^i(\tau) d\tau. \end{aligned}$$

С другой стороны, известен график оптимального количества выноса фосфора по времени:

$$y^i = y^i(t), \quad 0 \leq t \leq t_{K-1}.$$

Как было отмечено, недостача удобрения в какой-то фазе нельзя компенсировать избытком в последующих фазах. Следовательно, надо иметь:

$$u(t)^i \geq y^i(t), \quad 0 \leq t \leq t_{K-1}. \quad (2)$$

Во время исследовательских работ выяснилось, что в разных областях науки понятие «оптимального» употребляется в разных смыслах. Если под «оптимальным» в математике понимается «режим», доставляющий экстремальное значение определенному функционалу, то в аграрной науке – «режим», не приводящий к крайним экстремальным результатам. Поэтому, далее в тексте, под термином «оптимальный» будем понимать аграрный вариант, когда «режим» приводит к хорошему результату без потрясений.

Ставится задача: определить числа  $u_k^i$ , чтобы

$$J(u_0^i, u_1^i, \dots, u_{K-1}^i) \equiv \int_{t_0}^{t_{K-1}} (w(t) - y(t))^2 dt \rightarrow \min. \quad (3)$$

Таким образом, требуется минимизировать функционал (3) при условиях (1) – динамика питательных веществ в системе растение–почва–удобрение и (2) – потребность растения в питательных веществах для программируемого урожая. Как видим, задача (1)-(3) является задачей математического программирования и может быть решена одним из методов, приведенных в [4].

Заметим, что современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур позволяют вносить удобрения в несколько раз за период, выращивания растения. Примером может послужить фертигация [1].

Таким образом, для получения планируемого урожая, зная потребность растения в питательных элементах  $y(t_i)$  можно вычислить оптимальный режим внесения удобрения, решая задачу (1)-(3).

### Список литературы

1. Гиль, Д.С. Современное овощеводство закрытого и открытого грунта / Д.С. Гиль, А.И. Пашковский, Л.Т. Сулима. – Житомир: Рута, 2012. – 468 с.
2. Программирование продуктивности полевых культур: справочник. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 368 с.
3. Динамика поглощения элементов питания современными гибридами кукурузы / Р.Р. Бендер [и др.] // Питание растений. – 2014. – № 1. – С. 8–13.
4. Математические методы исследования операций / Ю.М. Ермолев [и др.]. – Киев, Вища школа, 1979. – 312 с.

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И РЕГУЛЯТОРА РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СОРГО ЗЕРНОВОГО В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ**

**Т.Ф. Персикова, Е.А. Блохина**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Беларусь*

В настоящее время рациональное применение удобрений становится одним из первостепенных условий формирования высокой урожайности сельскохозяйственных культур с хорошим качеством продукции, сохранения и повышения почвенного плодородия. Научно обоснованное применение удобрений на дерново-подзолистых легкосуглинистых и супесчаных почвах способствует формированию около половины продуктивности сельскохозяйственных культур в Беларуси [1, 2].

Существенно повысить урожайность и улучшить качество сельскохозяйственных культур можно за счет оптимизации питания растений, комплексного применения удобрений с микроэлементами, поскольку при внесении повышенных доз азота, фосфора и калия возрастает потребность в микроэлементах [1]. Применение микроэлементов в системе удобрения сельскохозяйственных культур способствует повышению эффективности минеральных удобрений, прежде всего азотных [3].

В последние годы при оптимизации минерального питания растений широко используются хелатные формы однокомпонентных и комплексных микроудобрений, позволяющие при некорневых подкормках повысить коэффициенты использования микроэлементов до 70% [4].

Обладея мощной корневой системой, сорго может формировать удовлетворительные урожаи зеленой массы за счет почвенного плодородия. Однако для максимальной реализации потенциала продуктивности культуры необходимо применение минеральных удобрений.

По данным В.Н. Дерябина, внесение 1 кг/га действующего вещества удобрения дает агрономическую эффективность в 112 кг зеленой массы сорго [5]. В опытах М.Г. Ахметова урожайность зеленой массы

на удобренном варианте была в 2,7 раза выше в сравнении с неудобренным [6]. На юге Украины при применении 120 гк/га д.в. азота в сочетании с 90 кг/га д.в. фосфора урожайность культуры возрастала в 1,5–2 раза [7]. В Венгрии оптимальным для сорго является применение азота и калия в дозе 1,0–1,3 ц/га, фосфора – 0,7–0,8 ц/га [8].

Для изучения влияния минеральных удобрений, микроудобрений и регулятора роста на урожайность и качество зеленой массы сорго в условиях дерново-подзолистой легкосуглинистой развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом моренным суглинком с глубины около 1 м, среднеокультуренной (индекс окультуренности 0,7) почве. В 2011–2012 гг. на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» были заложены полевые опыты с гибридами сорго зернового Славянское поле 112 и Славянское поле 102. Семена приобретены во ВНИИ сорго и сои Славянское поле, г. Ростов-на-Дону.

**Славянское поле 102.** Раннеспелый гибрид, вегетационный период составляет 99–104 дня. Растение высотой 120–180 см, хорошо облиственное. Зерно крупное с массой 1000 зерен до 33 г.

**Славянское поле 112.** Среднеранний гибрид, вегетационный период составляет 100–110 дней. Выметывание очень раннее. Растение высокое (120–150 см). Масса 1000 зерен 25,0–29,9 г.

Агротехника возделывания общепринятая для зерновых культур. Азотные удобрения вносились в дозах 60, 80 и 100 кг/га д.в. на фоне  $P_{60}$  и  $K_{120}$ . В опытах использовали карбамид (46% N), аммофос (10% N, 46%  $P_2O_5$ ), хлористый калий (60%  $K_2O$ ). Посев проведен навесной сеялкой «RAU», ширина междурядий – 30 см, глубина заделки семян–4 см, норма высева – 14 кг/га. Срок посева: вторая (11.06.) декада июня. После посева до всходов культуры проведена обработка почвы гербицидом Прометрекс Фло в дозе 1,5 л/га. В фазу начала кушения проведена некорневая подкормка посевов сорго однокомпонентными хелатами микроэлементов (Cu, Zn) в дозе 50 г/га д.в. и регулятором роста (эпин) в дозе 200 мл/га. К уборке растения достигли фазы выметывания. Уборка проводилась комбайном «Полесье-3000» 1 октября.

Годы проведения исследований отличались по метеорологическим условиям: 2011 г. был сухим и теплым (ГТК = 0,6), 2012 г. – теплым и увлажненным (ГТК = 2,4).

В результате исследований установлено, что дозы минеральных удобрений, применение микроэлементов и регулятора роста (эпин) оказывают существенное влияние на формирование урожайности зеленой массы и сухого вещества сорго зернового, а также на его биохимический состав.

**Урожайность и качество биомассы гибридов сорго зернового в зависимости от условий питания (среднее за 2011–2012 гг.)**

Вариант (Фактор А)	Гибрид (Фактор В)	Урожайность		Сырой протеин, %	Сырой жир, %	Сырая клетчатка, %	Сырая зола, %
		зеленой массы	сухого вещества				
Контроль	СП 112	260,5	58,57	4,44	2,65	25,49	4,36
	СП 102	302,9	67,75	7,56	2,01	28,91	5,18
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	СП 112	620,3	145,51	8,38	1,35	27,88	6,46
	СП 102	767,2	182,20	7,75	1,18	27,47	4,71
N <sub>80</sub> P <sub>60</sub>	СП 112	666,7	164,20	9,88	1,61	25,59	5,74
	СП 102	848,2	218,47	9,56	1,64	25,11	5,70
N <sub>100</sub> P <sub>60</sub>	СП 112	724,4	181,93	10,00	1,75	24,93	5,50
	СП 102	816,4	206,37	9,56	1,92	26,80	5,84
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> +Cu+Zn+эпин	СП 112	630,3	148,12	7,68	1,50	26,47	6,91
	СП 102	761,5	184,95	7,32	1,40	26,87	4,50
N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> +Cu+Zn+эпин	СП 112	686,1	174,11	9,23	1,88	25,89	6,17
	СП 102	822,3	212,09	8,73	1,96	25,03	5,15
N <sub>100</sub> P <sub>60</sub> +Cu+Zn+эпин	СП 112	729,8	183,56	9,69	2,03	24,57	5,89
	СП 102	806,2	210,84	9,10	2,16	26,10	5,43
НСР <sub>05</sub>	А	9,21		0,308	0,131	0,339	0,233
	В	5,07		0,170	0,071	0,187	0,127
	АВ	18,43		0,612	0,262	0,679	0,463

В варианте без удобрений (контроль) урожайность зеленой массы гибрида Славянское поле 112 составила 260,5 ц/га, сухого вещества – 58,57 ц/га, Славянское поле – 102–302,9 ц/га и 67,75 ц/га соответственно.

Независимо от метеорологических условий исследуемых лет применение минеральных удобрений позволило повысить урожайность зеленой массы гибридов сорго в сравнении с контролем на 359,7–469,3 ц/га (Славянское поле 112) и 458,6–545,3 ц/га (Славянское поле 102), сухого вещества – на 86,94–124,99 ц/га (Славянское поле 112) и 114,45–150,72 ц/га (Славянское поле 102). Это объясняется тем, что в условиях достаточного азотного, фосфорного и калийного питания растения формируют больше вегетативной массы и сухого вещества.

Существенный вклад в развитие сорго внесли микроэлементы и регулятор роста. Урожайность сухого вещества в сравнении с вариантами без применения микроудобрений и эпина у гибрида Славян-

ское поле 112 увеличилась от 1,63 до 9,91 ц/га, у гибрида Славянское поле 102 повышение отмечалось в вариантах  $N_{60}P_{60} + Cu + Zn + \text{эпин}$  и  $N_{100}P_{60} + Cu + Zn + \text{эпин}$  и составило 2,75 и 4,47 ц/га соответственно. В результате исследований А.В. Беляева [9] также установлено, что применение минеральных удобрений и регуляторов роста способствует повышенному приросту сухой надземной массы зернового сорго в период его вегетации и улучшению ее качества, так как их использование оказывает стимулирующее действие на ростовые процессы в растениях, позволяет полнее реализовать потенциальные возможности культуры, заложенные в геноме, способствует повышению устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды.

В среднем по опыту урожайность зеленой массы у гибрида Славянское поле 102 выше в 1,19 раза, сухого вещества – в 1,21 раза в сравнении с гибридом Славянское поле 112. С.Л. Соколов [10] считает, что это обусловлено биологическими особенностями гибридов: более урожайный имеет большее число междоузлий, их длину, обладает более мощным стеблем. Согласно нашим исследованиям максимальная урожайность зеленой массы и сухого вещества у гибрида Славянское поле 112 была в варианте  $N_{100}P_{60} + Cu + Zn + \text{эпин}$  (729,8 и 183,56 ц/га соответственно), у гибрида Славянское поле 102 – на фоне  $N_{80}P_{60}$  (848,4 и 218,47 ц/га соответственно).

На содержание протеина в большей степени повлияло увеличение дозы азотных удобрений, что вполне закономерно, поскольку при достаточном азотном питании усиливается синтез органических азотистых веществ. Например, в опытах В.Н. Дерябина [5] увеличение дозы азота до 120 кг/га д.в. повышало содержание белка на 1,57%. В наших исследованиях самым высоким этот показатель у гибрида Славянское поле 112 был при внесении  $N_{100}P_{60}$  (10,00%), у гибрида Славянское поле 102 – в вариантах  $N_{80}P_{60}$  (9,56%) и  $N_{100}P_{60}$  (9,56%).

При применении микроэлементов и эпина отмечено увеличение содержания жира в биомассе обоих гибридов (в среднем на 0,15–0,28 и 0,22–0,32%), также у гибрида Славянское поле 112 наблюдалось повышение содержания золы (в среднем на 0,39–0,45%). Кроме того, увеличение дозы азотных удобрений и обработка посевов микроэлементами и регулятором роста позволили получить биомассу сорго с содержанием клетчатки в пределах нормы (22–27%). Тоже наблюдалось в опытах В.Н. Дерябина на светло-каштановой почве и А.В. Беляева – на каштановой [5, 10].

Каждый агротехнический прием должен быть экономически обоснованным. Во всех вариантах с применением минеральных удоб-

рений, микроэлементов и эпина получена положительная рентабельность.

Для получения высоких урожаев зеленой массы гибридов сорго зернового хорошего качества, необходимо применение минеральных удобрений, микроэлементов и регулятора роста (эпин). Гибрид Славянское поле 112 более требователен к условиям питания и оптимальным для него является внесение  $N_{100}P_{60} + Cu + Zn + \text{эпин}$  (урожайность зеленой массы составила 729,8 ц/га, сухого вещества – 183,56 ц/га, содержание протеина – 9,69%, жира – 2,03%, клетчатки – 24,57%, золы – 5,89%, рентабельность – 114,0%), для гибрида Славянское поле 102 наиболее благоприятно применение  $N_{80}P_{60}$  (урожайность зеленой массы составила 848,2 ц/га, сухого вещества – 218,47 ц/га, содержание протеина – 9,56%, жира – 1,64%, клетчатки – 25,11%, золы – 5,70%, рентабельность – 132,4%).

### Список литературы

1. Мишура, О.И. Минеральные удобрения и их применение при современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: пособие / О.И. Мишура, И.Р. Вильдфлуш, В.В. Лапа. – Горки: БГСХА, 2011. – 176 с.
2. Кудеяров, В.Н. Оценка современного вклада удобрений в агротехнический цикл азота, фосфора и калия / В.Н. Кудеяров, В.М. Семенов // Почвоведение. – 2004. – № 12. – С. 140-146.
3. Державин, Л.М. Рекомендации по проектированию интегрированного применения средств химизации в энергосберегающих агротехнологиях возделывания озимых зерновых культур при модернизации зернового хозяйства / Л.М. Державин. – М.: ВНИИА, 2012. – 40 с.
4. Пахомова, В.М. Действие некорневых обработок микроудобрением ЖУСС-4 на продукционные и физиологические процессы яровой пшеницы / В.М. Пахомова, Е.К. Бунтукова, Е.В. Даньшина // Агрехимия и экология: история и современность: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Т. 2 / Нижегородская гос. с.-х. академия; редкол.: В.И. Титова [и др.]. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2008. – С. 166–168;
5. Дерябин, В.Н. Оптимизация минерального питания сорго сахарного на орошаемой светло-каштановой почве Саратовского Заволжья: дис. ... канд. с.-х. наук / В.Н. Дерябин. – Саратов, 2000. – 202 с.
6. Ахметов, М.Г. Формирование урожая сорго в зависимости от агротехнических приемов в Закамье Татарстана: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09. / М.Г. Ахметов. – Йошкар-Ола, 2002. – 122 с.
7. Макаров, Л.Х. Густота стояния и урожай зернового сорго в условиях орошения / Л.Х. Макаров // Кукуруза и сорго. – 1979. – №. – С. 15.
8. Jozsa, I. AZ NK 101 Szemosciroh Hibrid Energia – Takakeros Technologiaga. – Az Energia Takarekos Hozarennoveles Lenetosegel A Cabonater – Mesztesben / I. Jozsa. – 1980. – P. 44–48.

9. Беляев, А.В. Влияние азотных удобрений и регуляторов роста на продуктивность зернового сорго в Степном Поволжье: дис. ...канд. с.-х. наук / А.В. Беляев. – Саратов, 2013. – 193 с.

10. Соколов, С.Л. Продуктивность новых сортов сахарного сорго в зависимости от норм посева в условиях недостаточного увлажнения: дис. ...канд. с.-х. наук / С.Л. Соколов. – пос. Персиановский, 2006. – 166 с.

УДК 633.367.2:636.085.33:661.162.6

## **КАЧЕСТВО И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ЗЕРНА ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ, РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ И БАКТЕРИАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

**Т.Ф. Персикова, М.Л. Радкевич**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Беларусь*

Несмотря на то, что в последние годы в стране улучшилась ситуация в производстве концентрированных кормов за счет расширения посевных площадей и повышения урожайности зерна кукурузы, тритикале и других зернофуражных культур, нерешенной остается проблема дефицита кормового белка [1]. Из качественных характеристик сельскохозяйственной продукции наиболее существенным является содержание белка. Жизненно важное значение белков обусловлено большим разнообразием их физико-химических свойств и биологических функций [2].

Несбалансированность зернофуража по белку приводит к значительному перерасходу кормов, недобору животноводческой продукции, ее удорожанию, повышению себестоимости и снижению рентабельности производства. В такой ситуации все более актуальным является увеличение производства высококачественного фуражного зерна с повышенным содержанием белка и оптимальным составом аминокислот. С хозяйственной и экономической точек зрения этим требованиям в наибольшей степени отвечает зерно люпина узколистного, в котором в зависимости от сорта содержится 32–39% белка, сбалансированного по аминокислотному составу [2].

Улучшение химического состава растений и повышение качества урожая относятся к числу важных и актуальных агрохимических задач.

В связи с этим целью исследований являлось выявление эффективности микроэлементов (в органо-минеральной и хелатной формах), регулятора роста и бактериальных удобрений, применяемых в предпосевной обработке семян люпина узколистного для условий дерново-подзолистых легкосуглинистых почв северо-востока Беларуси.

Исследования проводились на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» в 2011–2013 гг. Почва опытного участка дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 1 м моренным суглинком, ИО = 0,71.

Объектом исследований являлся люпин узколистный Першацвет. Сорт зернового направления, обладает быстрым начальным ростом и устойчивостью к болезням. Агротехника возделывания люпина узколистного (обработка почвы, нормы высева семян, сроки и способы сева) рекомендуемая современными технологическими регламентами. Протравитель Максим XL применяли в дозе 1 л/т. Микроэлементы, регуляторы роста вводили в пленкообразующие составы при предпосевной обработке семян. В качестве прилипателя использовали 2% раствор NaКМЦ. Для инкрустации семян применялись различные формы микроэлементов в виде солей:  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (после стабилизации гидроксидом аммония),  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ ,  $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  и однокомпонентные микроэлементы в хелатной форме – Cu(хелат), Zn(хелат), Co(хелат). Также совместно с микроэлементами в инкрустационные составы вводился регулятор роста Эпин в дозе 80 мл/т. Бактериальные удобрения (фитостимифос и сапронит), созданные в НИИ микробиологии НАН Беларуси, для инокуляции семян применяли в дозе 200 мл на гектарную норму высева.

Учет урожайности проводился сплошным поделяночным способом. Статистическая обработка результатов исследований проведена по Б.А. Доспехову с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа. Определение критических и незаменимых аминокислот в зерне люпина узколистного проводилось на жидкостном хроматографе Agilent 1100.

Белок (протеин) является одним из основных компонентом кормов [2]. В наших исследованиях условия питания по-разному влияли на качество урожая. Содержание сырого протеина в зерне люпина узколистного по вариантам опыта за годы исследований находилось в пределах 28,2–32,3%. Его содержание (табл. 1) в зерне контрольного варианта составило 28,2% при среднем показателе по вариантам опыта 30,4%. При применении минеральных удобрений в дозе  $\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{90}$  этот показатель составил 28,7%.

Таблица 1

**Влияние условий питания на качество зерна люпина узколистного,  
среднее 2011–2013 гг.**

Вариант	Урожайность зерна, ц/га	Содержание сырого протеина, %	Сбор сырого протеина, ц/га	Выход переваримого протеина, ц/га	Обеспеченность 1 к.ед. переваримым протеином, г
1. Контроль (без удобрений)	17,2	28,2	4,9	4,2	210,0
2. N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>90</sub>	19,5	28,7	5,6	4,8	212,4
3. N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>90</sub> + Фитостимифос + сапронит	20,8	29,3	6,1	5,2	215,8
4. N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>90</sub> + фитостимифос + сапронит+эпин (ФОН)	22,9	29,5	6,8	5,8	218,0
5. (ФОН) + CuSO <sub>4</sub> *5H <sub>2</sub> O	31,4	31,1	9,8	8,3	228,0
6. (ФОН) + Cu(хелат)	27,9	31,4	8,8	7,5	231,5
7. (ФОН) + ZnSO <sub>4</sub> *7H <sub>2</sub> O	24,2	30,6	7,4	6,3	224,2
8. (ФОН) + Zn(хелат)	27,2	31,2	8,5	7,2	227,8
9. (ФОН) + Na <sub>3</sub> [Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]	25,8	31,4	8,1	6,9	230,8
10. (ФОН) + Co(хелат)	31,6	32,3	10,2	8,7	237,1
11. (ФОН) + MnSO <sub>4</sub> *5H <sub>2</sub> O	28,6	31,2	8,9	7,6	228,9
HCP <sub>05</sub>	0,9	0,4			

Предпосевная обработка семян бактериальными удобрениями и регулятором роста на фоне минерального питания N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>90</sub> повышала содержание сырого протеина по отношению к контролю на 1,3%. Положительную роль на его накопление оказали микроэлементы. Так в варианте с применением фитостимифос + сапронит + эпин + Co (хелат) на фоне минерального питания содержание сырого протеина составило 32,3% и было наибольшей по опыту. Следует отметить, что применение хелатной формы меди было менее эффективнее минеральной по влиянию на величину урожайности люпина, но во все годы исследований качественные показатели зерна были более высокими. Так, содержание сырого протеина в варианте с хелатной формой меди было на 0,3% выше относительно варианта, где применялся сульфат меди.

Для получения полноценных кормов большое значение имеет не только содержание в них сырого протеина, но и выход его с единицы площади. Сбор сырого протеина колебался в зависимости от условий

питания от 4,9 ц/га до 10,2 ц/га. Наибольший его сбор с единицы площади получен в варианте с применением фитостимифоса, сапронита, эпина и минеральной меди – 10,2 ц/га. В среднем за 3 года исследований сорт Першацвет обеспечил сбор сырого протеина на уровне 7,6 ц/га. Наибольший выход этого ценного вещества получен в варианте фон + Со (хелат) и составил 8,7 ц/га, обеспеченность 1 к.ед. переваримым протеином на данном варианте составила 237,1 г.

Кроме общей обеспеченности кормов переваримым протеином, большое значение имеет также ценность белка. Установлено, что биосинтез аминокислот определяется генетическими факторами, однако агротехнические приемы могут влиять на количество тех или иных фракций аминокислот [3]. Так, исследованиями, проведенными в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» установлено [3], что в вариантах с NPK с В, Мо, Мп и с NPK с В, Мо, Со содержание незаменимых аминокислот было на 1,6–8,3 мг/кг выше, чем при внесении NPK с В или NPK с В и Мо. В наших исследованиях установлено – содержание аминокислот в зерне люпина узколистного Першацвет отличалось в зависимости от применяемых удобрений. Применение микроэлементов увеличило содержание суммы критических аминокислот на 10–23%, так в варианте без микроэлементов она составила 22,2 г/кг. Содержание незаменимых аминокислот в зерне люпина узколистного по вариантам опыта составило 52,3–83,6 г/кг. Более высокое содержание незаменимых аминокислот получено при введении в инкрустирующий состав Со и Мп 83,6 и 78 мг/кг соответственно.

### Список литературы

1. Персикова, Т.Ф. Продуктивность люпина узколистного в условиях Беларуси / Т.Ф. Персикова, А.Р. Цыганов, А.В. Какшинцев. – Минск: ИВЦ Минфина, 2006. – С. 99–102.
2. Рекомендации по определению биологической ценности белка сельскохозяйственных культур // И.М. Богдевич и [др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2005. – С.3–14.
3. Влияние комплексных удобрений на урожайность и качество зеленой массы и семян люпина узколистного на дерново-подзолистых легкосуглинистых и рыхлосупесчаных почвах / В.И. Сороко [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С.309–324.

## **ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ ГУМИСТИМ И КИНТО ДУО НА СТРУКТУРУ ПОСЕВОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ**

**А.П. Пехота, С.М. Мижуй, А.С. Куприенко**

*УО «Мозырский государственный педагогический университет  
им. И.П. Шамякина», г. Мозырь, Беларусь*

Ячмень относится к одной из важнейших зерновых культур, возделываемых в Республике Беларусь. Характерной особенностью данной культуры является хорошая отзывчивость на минеральные и органические удобрения. Яровой ячмень – важная продовольственная, кормовая и техническая культура. Из его зерна готовят перловую и ячневую крупу, а также муку, которую при необходимости в количестве 20–25% можно примешивать к ржаной или пшеничной.

В среднем зерно содержит 12% белка, 4,5% клетчатки, 63,4% безазотистых экстрактивных веществ, 2,2% жира. В состав белка входит более 20 аминокислот, из них 8 являются незаменимыми. Ячменная солома также представляет хороший грубый корм. В ней содержится до 1% переваримого протеина, 0,9% жира, 32,9% клетчатки, 35,8% БЭВ. Ячмень иногда используют на зеленый корм в смесях с викой и горохом.

Яровой ячмень имеет широкое распространение благодаря своей экологической пластичности. Он является наиболее скороспелой культурой среди яровых зерновых. К теплу малотребователен, семена прорастают при температуре, а всходы выдерживают заморозки до –7...–8 °С. В период цветения и налива зерна, губительны бывают заморозки –1,5...–2 °С. Для быстрого и дружного появления всходов необходима температура +14...+18 °С. По отношению к влаге яровой ячмень считается наиболее засухоустойчивой культурой, экономно расходующей влагу. Транспирационный коэффициент у него составляет около 350. Критическими периодами в потреблении влаги считаются фазы выход в трубку и колошение.

Согласно данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, валовой сбор зерна ячменя в 2010 и 2011 гг. в республике составил 1966 и 2013 тыс. т соответственно. По данным сайта AgroWeb валовой сбор зерна ячменя в 2012 г. в республике 1918 тыс. т. Согласно информации этого ресурса средняя урожайность зерна ячменя в 2010–2012 гг. находилась на уровне 28,9–34,4 ц/га.

Цель проведенных исследований – изучение влияния препаратов Гумистим и Кинто дуо на структуру посевов ярового ячменя.

Исследования с яровым ячменем сорта Бацька проводились в 2012–2013 гг. на территории «Мозырского эколого-биологического центра детей и молодежи».

Почва опытного участка – дерново-слабоподзолистая супесчаная, развивающаяся на песках. Она имела низкое содержание гумуса (1,42%), среднее содержание подвижных форм фосфора (160 мг/кг), среднюю обеспеченность подвижным калием (155 мг/кг). Реакция почвы была близкой к нейтральной ( $\text{pH}_{\text{KCl}} 6,1$ ).

Общая площадь делянки – 1,1 м<sup>2</sup>, учетная – 1 м<sup>2</sup>, повторность – 4-кратная.

Гумистим – это комплекс натуральных экологически чистых и безопасных стимуляторов роста для развития растений. Он применялся для обработки семян до посева в дозе 10 л/т, а также вносился в фазу конец кущения – начало выхода в трубку в дозе 0,6 л/га и в фазу колошения – в дозе 0,6 л/га.

Помимо Гумистима применялся протравитель семян Кинто дуо в дозе 2,5 л/т.

Посев ярового ячменя производился вручную с нормой высева 4,5 млн/га семян.

Агротехника возделывания ярового ячменя – общепринятая для условий Гомельской области юго-восточной части Белоруссии.

Учет урожая производился сплошным методом. Урожайные данные обработаны методом дисперсионного анализа.

Наименьшее количество растений в среднем за 2 года зафиксировано в контрольном варианте без обработки (164,2 раст./м<sup>2</sup>) и варианте с использованием Кинто дуо для обработки семян (167,9 раст./м<sup>2</sup>) (табл.).

Таблица

**Структура посевов ярового ячменя (среднее за 2 года)**

Вариант	Количество на 1 м <sup>2</sup>			Коэффициент кустистости	
	растений	стеблей	продуктивных стеблей	общей	продуктивной
1. Контроль (без обработки)	137,9	145,8	121,1	1,057	0,878
2. Кинто дуо (обработка семян)	167,9	175,2	143,8	1,044	0,856
3. Гумистим (обработка семян)	238,3	250,8	202,5	1,052	0,850

Вариант	Количество на 1 м <sup>2</sup>			Коэффициент кустистости	
	растений	стеблей	продуктивных стеблей	общей	продуктивной
4. Кинто дуо + Гумистим (обработка семян)	233,3	242,1	149,6	1,038	0,641
5. Кинто дуо + Гумистим (обработка семян) + Гумистим 0,6 л/га (кушение) + Гумистим 0,6 л/га (колошение)	282,5	294,3	232,1	1,042	0,822
НСР <sub>05</sub>	15,6	17,0	14,3	0,031	0,025

Максимальное количество растений зафиксировано в варианте с совместным использованием Кинто дуо + Гумистим (обработка семян) при дополнительной обработке растений Гумистимом в фазы кушения и колошения (282,5 раст./м<sup>2</sup>). Совместное использование Кинто дуо и Гумистима для обработки семян по эффективности не отличалось от обработки семян Гумистимом.

Обработка семян до посева Гумистимом и Кинто дуо оказывало положительное действие на увеличение общего количества стеблей по сравнению с контрольным вариантом. Аналогичная тенденция наблюдалась в отношении продуктивных стеблей.

Расчет коэффициентов общей и продуктивной кустистости показал следующее. Наибольшие значения были зафиксированы в вариантах с обработкой семян Гумистимом (1,052 ед.), а также в контрольном варианте (1,057 ед.). Коэффициент продуктивной кустистости для данных вариантов составил 0,850 и 0,878 ед. соответственно. Совмещение Кинто дуо с Гумистимом для обработки семян приводило к снижению коэффициента продуктивной кустистости на 0,209–0,215 ед. Это может свидетельствовать о возможной физико-химической несовместимости данных препаратов.

Таким образом, на основании полученных результатов можно сделать вывод, что для обработки семян до посева наиболее оправданным является использование препаратов Гумистим в дозе 10 л/т и Кинто дуо – 2,5 л/т.

## **ИЗМЕНЕНИЕ ПОЧВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ЗАПАСОВ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ДЛИТЕЛЬНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ (1980–2012 гг.)**

**Г.В. Пироговская, О.И. Исаева**

*РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,  
г. Минск, Беларусь*

Сохранение и увеличение плодородия почв, получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур при интенсивной технологии их возделывания, невозможно без учета информации о содержании элементов питания в почвах и их изменениях в процессе длительного сельскохозяйственного использования. В Республике Беларусь с 1957 г. и по настоящее время ведутся наблюдения за состоянием плодородия сельскохозяйственных земель. Этими вопросами в нашей стране занимается Агрохимическая служба Республики Беларусь. Агрохимическое обследование почв проводится с периодичностью один раз в 4 года, при этом определяется степень кислотности почв, содержание фосфора и калия (по Кирсанову), органического вещества, кальция, магния, серы, бора, меди и цинка. Результаты этих исследований применяются для разработки планов применения органических и минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры и мероприятий по сохранению и улучшению плодородия почв, а также разработке проектно-сметной документации на известкование кислых почв.

Актуальность прогноза динамики агрохимических свойств почв обусловлена необходимостью предотвращения деградации плодородия почв, повышения устойчивости производства сельскохозяйственной продукции при одновременном снижении антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Целью исследований являлось установление параметров и прогноза изменения плодородия наиболее распространенных пахотных дерново-подзолистых автоморфных почв (47% пахотных земель Республики Беларусь) различного гранулометрического состава в процессе длительного сельскохозяйственного использования на примере лизиметрических исследований (1981–2012 гг.).

Лизиметрическая станция в г. Минск была введена в эксплуатацию в 1980 г. Она включает 48 насыпных лизиметра цилиндрической

формы из сборных железобетонных колец, диаметром 2 м, которые заполнены 13 разновидностями почв, наиболее часто встречающиеся на территории Беларуси. Площадь одного лизиметра – 3,14 м<sup>2</sup>, глубина почвенного профиля – 1,0–1,5 м.

Запасы гумуса – универсальный показатель потенциального плодородия почв, характеризующий поступление органического вещества в почву и интенсивность использования минеральных и органических удобрений. Установлено, что запасы органического вещества в слое 0–50 см изменялись в зависимости от гранулометрического состава почв и степени их окультуренности: в дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах, развивающихся на легких лессовидных суглинках увеличились с 90 (1980 г.) до 100 т/га (2012 г.); в хорошо окультуренной дерново-подзолистой связно-супесчаной почве остались на том же уровне около 230 т/га; в рыхлосупесчаной и песчаной почвах увеличились на 19,1 и 17,2 т/га и составили в 2012 г. 105 и 87 т/га соответственно. Содержание подвижных или так называемых лабильных гумусовых веществ и их долевое участие в составе общего гумуса составило: в пахотных горизонтах дерново-подзолистых легкосуглинистых почв 18,1 (агрозем) – 30,7% от общего содержания гумуса, в почвообразующей породе – 19,4, на связно-, рыхлосупесчаных – в среднем 25,4%, песчаных – 32,6%. Соответственно, в подпахотном слое (до 50 см) эти показатели составляли на легкосуглинистых почвах – 22,3–43,4%, в почвообразующей породе – 28,7%, супесчаных – 44,2–49,6%, песчаных – 47,6%.

Одним из основных показателей степени окультуренности дерново-подзолистых почв является содержание подвижных форм фосфатов. Содержание подвижных форм фосфора в процессе длительного применения минеральных и органических удобрений в рекомендуемых севооборотах, изменялось в зависимости от гранулометрического состава дерново-подзолистых почв: на легкосуглинистых почвах его содержание изменялось от 243 (1980 г.) до 543 (2012 г.) мг/кг почвы (при оптимальных интервалах для этих почв – 250–300 мг/кг); на связно-супесчаных от 100 до 343 мг/кг (200–250 мг/кг); на песчаных – 124–306 мг/кг почвы (150–200 мг/кг). Минимальное среднегодовое (за 32 года) накопление фосфора составило 10 мг/кг почвы на дерново-подзолистой легкосуглинистой, развивающейся на легком лессовидном суглинке, при максимальных значениях данного показателя (17 мг/кг почвы за год) на почвообразующей породе (лессовидный суглинок, отобранный с глубины 1,5–3,0 м). Данные свидетельствуют о том, что в настоящее время содержание подвижных форм фосфора в дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава

выше оптимального уровня, а значит, при последующем внесении минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры в севооборотах, дозы фосфора можно корректировать, с целью повышения экономической эффективности применения фосфорных удобрений, при этом сохранить оптимальные их значения в исследуемых почвах.

Дерново-подзолистые почвы на момент закладки лизиметрического опыта характеризовались низким содержанием калия. Однако применение минеральных удобрений привело к увеличению содержания калия к 2012 г. в легкосуглинистых почвах до 151–253 мг/кг почвы (200–300 мг/кг), на супесчаных – 158 мг/кг (170–250 мг/кг), песчаных – 129 мг/кг почвы (100–150 мг/кг). Среднегодовое накопление калия в среднем для всех почв находилось около 10 мг/кг в год.

Закономерность изменения запасов подвижных форм фосфора и калия в дерново-подзолистых почвах за период исследований показала, что наибольшими запасами фосфора и калия характеризовались дерново-подзолистая связносупесчаная высокоокультуренная и легкосуглинистая почвы, с увеличением запасов фосфора с 888 (1980 г.) до 2240 кг/га (2012 г.) и с 1792 до 2872 кг/га; калия – 485–2295 и 745–2019 кг/га соответственно.

Кальций структурный элемент клеточных оболочек, недостаток его сдерживает рост всех частей растений. Для дерново-подзолистых почв республики характерно невысокое содержание кальция, ввиду значительных его потерь при выщелачивании, что сказывается на снижении урожайности сельскохозяйственной продукции. В почвах лизиметров на начало исследований содержание кальция изменялось от низкого (465–750 мг/кг) до среднего (975 мг/кг почвы). В исследованиях, за счет периодического известкования (один раз за ротацию пятипольного севооборота) содержание кальция увеличивалось от 640 мг/кг (песчаные) до 1010 мг/кг почвы (легкосуглинистые почвы). Данные по содержанию кальция в пахотных слоях почв (осень 2012 г.) свидетельствовали о необходимости проведения очередного известкования изучаемых почв. Запасы кальция в дерново-подзолистых почвах за 32 года сельскохозяйственного использования увеличились в дерново-подзолистых связносупесчаных (с 5414 до 6639 кг/га) и легкосуглинистых (с 3974 до 5359 кг/га), и снизились в результате выщелачивания на легких (рыхлосупесчаных – с 4190 до 3677 кг/га и песчаных – с 3990 до 3191 кг/га) почвах.

Содержание магния (1980 г.) составляло на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах – 158–301 мг/кг почвы, на рыхлосупесчаных – 204, песчаных – 121 мг/кг, в 2012 г. – на легкосуглинистых поч-

вах – 116–345 мг/кг, рыхлосупесчаных – 80 мг/кг, песчаных – 94 мг/кг почвы.

В результате проведения исследований установлена прямая зависимость изменения уровня кислотности почв от доз и форм внесения известковых мелиорантов.

В заключении следует отметить, что результаты наблюдений за экологическим состоянием почв, изменением их агрохимических показателей в процессе длительного сельскохозяйственного использования, объективно отражают характер ведения сельскохозяйственного производства. Эти данные необходимы для разработки практических мер по сохранению и повышению плодородия дерново-подзолистых почв Республики Беларусь и имеют практическое значение для сельскохозяйственного производства.

УДК 606:631.87

## **ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОСТОВ НА ОСНОВЕ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА И ИХ АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**

**Е.П. Проценко, А.А. Проценко, Н.В. Никитина,  
Н.П. Неведров, Л.Н. Караулова, А.Е. Кузнецов**

*Курский государственный университет,  
г. Курск, Россия*

В современной России все больше внимания уделяется рациональному использованию природных ресурсов, созданию предприятий, в которых продукты переработки одного производства являлись бы ресурсами другого. Физико-химические свойства и химический состав основных отходов сахарного производства достаточно хорошо изучен. Одним из основных проблемных отходов сахарных заводов является свекловичный жом, который представляет выщелоченную свекловичную стружку, почти полностью лишенную сахара (Притыкина, Кисина, 1965; Белостоцкий и др., 1988; Инструкция по ведению..., 1994; Демина и др., 2006; Славянский, 2006). Свежий жом в настоящее время в ряде хозяйств запахивают, используя его как растительные остатки (Антименкова, 2005). Однако, такой прием возможен в весьма ограниченные календарные сроки: сахарные заводы в РФ начинают работу в сентябре-октябре, в то время как в конце ноября во многих свеклосеющих районах наступают морозы, поэтому отходы жома лежат до весны в

мерзлом состоянии. Нами изучалась возможность применения отходов сахарного производства для создания компостов. Предлагаемый способ компостирования отходов позволяет повысить интенсивность процессов ферментации и получить компост приемлемого качества даже с использованием жома, подвергнувшегося масляно-кислому брожению и представляющего опасность для окружающей природной среды.

Опыт закладывался на типичных черноземах в ООО «Хлебороб» Золотухинского района Курской области. Ингредиенты компостов помещались в ямы квадратной формы со стороной 2,5 м. Варианты опыта закладывались следующим образом: 1) вариант контроль, почва – чернозем типичный без компоста; 2) вариант – жом естественной влажности укладывался слоями 30–40 см, затем слои жома пересыпались слоями чернозема естественной влажности (10–20 см); 3) вариант – жом естественной влажности укладывался слоями 30–40 см и проливался 5% раствором автолизата пекарских дрожжей, затем слои жома пересыпались слоями чернозема естественной влажности (10–20 см); 4) вариант – жом естественной влажности укладывался слоями 30–40 см и проливался 5% раствором автолизата пекарских дрожжей и тонким слоем (1 см) сухого вермикомпости (биогумуса), затем слои жома пересыпались слоями чернозема естественной влажности (10–20 см). Доступ атмосферной влаги был свободным. Компост выдерживался в течение 1 месяца. Как показали исследования (табл.), физико-химические свойства, изучаемых компостов, соответствуют довольно высоким показателям агрохимического состояния почв (Проценко и др., 2011). Существует также способ компостирования, в котором слои жома пересыпались сухим дефекатом (фильтрационным осадком) и проливались микробной «закваской», выращенной на каньге (вареное сено) с добавлением сухого биогумуса и вытяжки из целинного типичного чернозема (Проценко и др., патент на изобретение №2514401, 2014). Однако описываемая технология компостирования с использованием дрожжей не менее эффективна.

При проведении лабораторных исследований использовались общепринятые методики и ГОСТ. Определялись следующие показатели: гумус – по Тюрину (ГОСТ 26213-91); азот щелочногидролизуемый – по Корнфилду; рН – в 1,0 Н KCl вытяжке (ГОСТ 26483-85); гидролитическая кислотность – по Каппену (ГОСТ 26212-91); подвижный фосфор и калий – по Чирикову (ГОСТ 26204-91); нитратный азот почвы – колориметрическим методом с дисульфифеноловой кислотой (по Грандваль-Ляжу); аммонийный азот почвы в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26489).

**Агрохимические свойства компостов на основе свекловичного жома  
и чернозема типичного**

Показатели	Вариант 1 (контроль)	Вариант 2 (жом и почва)	Вариант 3 (жом, почва, р-р дрожжей)	Вариант 4 (жом, почва, р-р дрожжей, вермикомпост)
$\text{PH}_{\text{KCl}}$	5,6	6,8	7,1	6,9
Hг, мг-экв/100 г	3,6	1,22	0,94	1,12
Общий гумус, %	6,3	9,47	10,93	9,84
N щг, мг/100 г	24,9	29,99	38,07	40,81
N-NO <sub>3</sub> , мг/100 г	0,5	11,57	7,15	13,37
N-NH <sub>4</sub> , мг/100 г	1,44	5,79	8,70	13,59
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100 г	9,1	18,5	52,6	23,7
K <sub>2</sub> O, мг/100 г	12,6	41,4	95,6	49,2

Из представленных данных видно, что при компостировании свекловичного жома происходит увеличение содержания азота, фосфора и калия. При этом содержание щелочногидролизуемого азота в данном компосте увеличивается в 2 раза, приближаясь по значениям к почвам, целинных объектов заповедника (Проценко и др., 2012). Так, содержание минерального азота по сравнению с исходным количеством на контроле увеличивается в девять раз при компостировании почвы с жомом (вариант 2), и в 14 раз при добавлении к компосту дрожжей и биогумуса. Содержание фосфора увеличилось в два раза в вариантах с компостированием жома и почвы, а калия — в 2,5 раза. При добавлении к компосту дрожжей содержание фосфора и калия увеличилось в 5–6 раз по сравнению с исходным. Так, в варианте с добавлением к компосту дрожжей содержание фосфора увеличивалось до 52,6 мг/100 г почвы, что в 5,8 раза больше, чем в почве. В варианте с добавлением к компосту дрожжей содержание фосфора увеличивалось до 52,6 мг/100 г почвы, что в 5,8 раза больше чем в почве, а содержание калия возросло с 12,6 мг/100 г почвы до 95,6 мг/100 г почвы, что в 8 раз превышает контрольные значения.

### Список литературы

1. Антименкова, О.В. Разработка нетрадиционных удобрений на основе жома свекловичного /О.В. Антименкова // агроэкологические проблемы в сельском хозяйстве // Сб. науч. тр. — Воронеж, 2005. — Ч.1 — С. 19-22.
2. Образование и пути использования вторичных материальных ресурсов сахарной промышленности: монография / Л.Г. Белостоцкий [и др.]. — М., 1988. — Вып. 3. — С. 1–5.

3. Демина, Н.В., Возможность использования вторичных сырьевых ресурсов свеклосахарного производства для дальнейшей переработки / Н.В. Демина, Л.В. Донченко, С.Е. Ковалева // Научный журнал КубГАУ. – Краснодар: КубГАУ, 2006. – № 21 (05).
4. Инструкция по ведению технологических процессов приемки, хранения и переработки сахара сырца на свеклосахарных заводах. – М.: ТОО «Санинформ», 1994. – 88 с.
5. Способ получения компоста из отходов сахарного производства: патент 2514401 / Е.П. Проценко, А.А.Проценко, А.Е. Кузнецов, Н.А. Клеева, Н.И. Тригуб; опубликовано 03.03.2014; по заявке 2012148028 от 12.11.2012.
6. Притыкина, Л.А. Справочник сахарника Ч. 2 / Л.А. Притыкина, Е.И. Кисина. – М.: Московская типография, 1965 г. – 780 с.
7. Влияние режимов использования на свойства черноземов Центрально-Черноземного заповедника им. В.В. Алехина / А.А. Проценко [и др.] // Проблемы региональной экологии. – 2012. – №4. – С. 27–35.
8. Сравнительная характеристика микробиоты черноземов в заповедных и антропогенно преобразованных сообществах / Е.П. Проценко [и др.]. // Известия Самарского научного центра РАН. – 2011. – Т.13. – № 1(5). – С. 1215–1218.

УДК 631.8.095.337:633

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ХЕЛАТНЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ МИКРОСТИМ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ, МОРКОВИ И КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ**

**М.В. Рак, С.А.Титова, Т.Г. Николаева**

*РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,  
г. Минск, Беларусь*

При возделывании сельскохозяйственных культур по интенсивным технологиям, при высоком уровне минерального питания, резко возрастает роль микроэлементов и биологически активных веществ. Использование микроудобрений усиливает необходимость строго дифференцированного подхода к их применению с учетом содержания подвижных форм микроэлементов в почве, биологических особенностей культур и т.д. Большое внимание следует уделять некорневым подкормкам, как наиболее эффективному способу применения микроудобрений. При применении некорневых подкормок появляе-

ся возможность устранения дефицита микроэлементов в критические фазы роста растений, а также резко снижается расход дорогостоящих микроудобрений и предотвращается риск загрязнения окружающей среды. Перспективным направлением при использовании удобрений является применение комплексных микроудобрений, которые содержат целый ряд необходимых растениям микроэлементов и биологические стимуляторы роста. Использование микроэлементов в виде минеральных солей является достаточно дешевым, но не всегда дает положительные результаты. Поэтому повысить эффект микроэлементов можно за счет перевода их в комплексные соединения металлов типа хелатов.

В настоящее время ведется работа по разработке новых, более экономичных, технологичных и универсальных по назначению видов отечественных микроудобрений. Нами разработаны и зарегистрированы марки жидких хелатных микроудобрений с биостимулятором МикроСтим. Они обладают высокой биологической активностью, быстро включаются в физиолого-биохимические процессы в растениях, хорошо растворяются в воде и отличаются низкой токсичностью.

Изучение эффективности жидких хелатных микроудобрений МикроСтим при возделывании сахарной свеклы Золера проводили в СПК «Городя» Несвижского района на дерново-подзолистых почвах, моркови Цирано и белокочанной капусты Марчелло F1 в ФХ «Олимп-Агро» Узденского района на дерново-подзолистой связно-супесчаной почве. Исследования с сахарной свеклой проводили на фоне 60 т/га навоза +  $N_{150}P_{75}K_{240}$  минерального удобрения, с морковью –  $N_{110}P_{105}K_{212}$  и капустой –  $N_{180}P_{130}K_{200}$ . Технология возделывания исследуемых культур общепринятая для республики. Во время вегетации культур проводился уход за посевами, применялись средства защиты.

Результаты исследований показали, что применение жидких хелатных микроудобрений МикроСтим, содержащих цинк, бор и медь, при возделывании исследуемых культур способствует повышению урожайности. Величина прибавок урожайности зависела от марки и доз вносимых микроудобрений.

При возделывании сахарной свеклы 2-кратная некорневая подкормка (в фазу 10–12 листьев и через 1,5 месяца после первой) микроудобрениями МикроСтим различными марками и дозами способствовала повышению урожайности корнеплодов (табл. 1). В среднем за два года исследований прибавки урожайности корнеплодов от микроудобрения МикроСтим-Бор в дозе 1,5 и 2,0 л/га составили 31 и 39 ц/га, от МикроСтим-Бор, Медь (в тех же дозах) – 28 и 38 ц/га. Наибольший

эффект был достигнут при применении повышенных доз, исследуемых микроудобрений.

При внесении микроудобрений МикроСтим-Бор и МикроСтим-Бор,Медь в различных дозах отмечалось снижение содержания альфа-аминного азота в корнеплодах. Наибольшее снижение альфа-аминного азота наблюдалось при применении микроудобрений в малой дозе. Комплексным показателем влияния исследуемых удобрений на урожайность и качество корнеплодов является выход сахара. Получено, что 2-кратная некорневая подкормка, исследуемыми микроудобрениями, способствовала повышению расчетного выхода сахара на 3,0–5,6 ц/га в сравнении с фоновым вариантом. Фактическое содержание сахара по вариантам опыта находилось в пределах 14,5–15,1%.

Таблица 1

**Влияние микроудобрений МикроСтим на урожайность и технологические свойства корнеплодов сахарной свеклы**

Вариант	Урожайность ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Технологические свойства корнеплодов			Расчетный выход сахара	
			К	Na	α-N	%	ц/га
			м-моль/100 г				
1. Навоз 60 т/га + N <sub>150</sub> P <sub>75</sub> K <sub>240</sub> – фон	518	–	5,21	0,11	1,98	14,9	77,1
2. Фон + МикроСтим-Бор (1,5 л/га)	549	31	4,89	0,11	1,28	15,1	82,7
3. Фон + МикроСтим-Бор (2,0 л/га)	557	39	6,30	0,15	1,67	14,5	80,7
4. Фон + МикроСтим-Бор,Медь (1,5 л/га)	546	28	5,85	0,18	1,46	14,7	80,1
5. Фон + МикроСтим-Бор,Медь (2,0 л/га)	556	38	5,77	0,11	1,63	14,5	80,9
НСР <sub>05</sub>	27		–				

В опытах с морковью некорневые подкормки во время вегетации (в фазу 4–6 листьев и через месяц после первой обработки) микроудобрениями МикроСтим, в возрастающих дозах, повышали урожай корнеплодов по сравнению с фоновым вариантом (табл. 2). Прибавки урожайности корнеплодов составили: от МикроСтим-Бор (2,0 и 3,0 л/га) – 5,1 и 6,1 т/га, МикроСтим-Бор,Медь (2,0 и 3,0 л/га) – 5,8 и 6,5 т/га. Качественные показатели корнеплодов от применения ис-

следуемых удобрений были на уровне фонового варианта. Содержание нитратов в корнеплодах во всех опытных вариантах было ниже установленной предельно допустимой концентрации.

Таблица 2

**Влияние микроудобрений МикроСтим на урожайность и качество корнеплодов моркови**

Варианты	Урожайность, т/га	Прибавка к фону, т/га	Сухое вещество, %
1. Вариант без удобрений	20,6	—	14,5
2. N <sub>110</sub> P <sub>105</sub> K <sub>212</sub> — фоновый вариант	35,2	—	14,3
3. Фон + МикроСтим-Бор (2,0 л/га)	40,3	5,1	14,3
4. Фон + МикроСтим-Бор (3,0 л/га)	41,3	6,1	14,6
5. Фон + МикроСтим-Бор,Медь(2,0 л/га)	41,0	5,8	14,4
6. Фон + МикроСтим-Бор,Медь(3,0 л/га)	41,7	6,5	14,4
НСР <sub>05</sub>	1,8		—

На посевах капусты белокочанной на фоне минеральных удобрений применение некорневой подкормки (в фазу розетки листьев и начало формирования кочана) микроудобрением МикроСтим-Цинк,Бор в дозе 2,0 л/га увеличивало урожайность кочанов на 6,5 т/га, в дозе 3,0 л/га — 8,1 т/га (табл. 3). При этом исследуемое микроудобрение обеспечило содержание нитратов в кочанах 317–383 мг/кг сырой массы, что не превышало установленную предельно допустимую концентрацию (ПДК — 400 мг/кг сырой массы). Содержание сухого вещества в продукции не изменялось по вариантам опыта.

Таблица 3

**Влияние микроудобрения МикроСтим-Цинк,Бор на урожайность и качество кочанов капусты**

Варианты	Урожайность, т/га	Прибавка к фону, т/га	Сухое вещество, %	Содержание нитратов, мг/кг сырой массы
1. Вариант без удобрений	51,1	—	7,4	393
2. N <sub>180</sub> P <sub>130</sub> K <sub>200</sub> — фоновый вариант	72,1	—	7,5	358
3. Фон + МикроСтим-Цинк,Бор (2,0 л/га)	78,6	6,5	7,7	383
4. Фон + МикроСтим-Цинк,Бор (3,0 л/га)	80,2	8,1	7,8	317
НСР <sub>05</sub>	2,9		—	

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ НАСЫЩЕНИЯ ПОЧВЕННО-ПОГЛОТИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА АММОНИЕМ ПРИ ВНЕСЕНИИ БЕЗВОДНОГО АММИАКА**

**А.В. Ревтье**

*ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского»,  
г. Харьков, Украина*

На современном этапе почвогенеза антропогенный фактор существенно корректирует параметры почвенных свойств. При этом, в условиях интенсификации земледелия существенное влияние имеют минеральные удобрения, которые в среднем на 30% повышают урожайность сельскохозяйственных культур. Особенно это касается азотсодержащих удобрений, в широком ассортименте которых наиболее дешевым и наиболее концентрированным является безводный аммиак.

Экономико-технологические преимущества от применения безводного аммиака давно оценили в США и странах Европы, а вот на территории Украины к нему относятся с опасением, хотя и наблюдается тенденция к увеличению площадей, где его вносят. Эти опасения обусловлены недостаточной изученностью изменений эколого-почвенных параметров под воздействием аммиака, что может служить причиной деградации почвенного покрова.

Результаты ряда зарубежных и отечественных исследований свидетельствуют о возможности таких негативных последствий после внесения безводного аммиака как разрушение почвенной структуры, подкисление почвенного раствора, повышение лабильности органического вещества, депрессия почвенных микроорганизмов и другое. Следует заметить, что в этом спектре вопросов нерешенным остается влияние аммиака на состав обменно-поглощенных катионов почвы, а также, хотя и является очевидным его обменная фиксация, количественная степень насыщения почвенно-поглощительного комплекса ионами аммония.

Для определения степени насыщения почвенного поглощительного комплекса (ППК) ионами аммония были отобраны почвенные образцы в верхнем (0–20 см) слое чернозема оподзоленного слабогумусированного среднесуглинистого на лессовидном суглинке в пределах производственного полевого опыта на вариантах без внесения удобрений, с применением безводного аммиака (в ленте и междурядье) и

аммиачной селитры, внесенных в дозе 100 кг д.в./га на фоне вспашки. Опыт заложен на базе демонстрационного опытного поля АО «Райз-Максимко» в Лохвицком районе Полтавской области Украины.

Как известно, ППК и насыщающие его катионы оказывают исключительное влияние на структуру почвы, ее физико-механические свойства, водно-воздушный и питательный режимы, поглощательную способность, емкость обмена, реакцию почвенного раствора и буферность почвы, что, в конечном счете, определяет уровень почвенного плодородия.

С методической позиции является известным, что все обменные основания могут быть полностью вытеснены любым, не содержащимся в составе почвенно-поглощительного комплекса, металлическим катионом. Для этого пригодны растворы солей сильных оснований и сильных кислот с катионом, не вытесняемым из почвы. Наиболее широко употребляемыми методами определения поглощенных оснований – метод Гедройца, где в качестве вытеснителя используется хлористый аммоний и метод Шолленбергера, где используется раствор уксуснокислого аммония. Использование аммонийных солей обусловлено, тем, что они, например, по сравнению с натрием, владеют большей энергией замещения, что увеличивает количество вытесненных катионов.

Эти классические подходы исключают возможность определения обменно-поглощенного аммония, так как считается, что в нормальных условиях (при хорошей аэрации) катион  $\text{NH}_4^+$  не содержится в ППК или содержатся его следы. Следовательно, для определения обменного аммония можно использовать ГОСТ 26489-85 с использованием в качестве вытеснителя 1 н. раствора  $\text{KCl}$ , метод Конева – 0,05 н. раствор  $\text{NaCl}$ , Б.П. Мачигин рекомендует применять 1% раствор  $\text{KCl}$ .

С целью выбора наиболее оптимального экстрагента, и, соответственно, определения степени насыщения ППК катионом аммония нами была проведена серия анализов с использованием 1% раствора сульфата калия, 1% и 1 н. растворов хлорида калия. Выбор калийсодержащих солей обусловлен близким к  $\text{NH}_4^+$  ионным радиусом.

Из таблицы видно, что не зависимо от абсолютных значений, при внесении безводного аммиака наблюдается увеличение содержания обменного аммония в составе ППК в ленте по отношению к варианту с применением аммиачной селитры и контролем, а также по сравнению с междурядьем, что подтверждает локализацию удобрения.

Наиболее репрезентативные результаты, по нашему мнению, получены при вытеснении обменного аммония 1н раствором  $\text{KCl}$ , где

наблюдается четкое увеличение концентрации  $\text{NH}_4^+$  в ленте по линии внесения безводного аммиака, которое составляет 0,68 ммоль / 100 г почвы, что на 25,9% и 38,8% выше, чем при внесении аммиачной селитры и на контроле соответственно. В этом случае, при использовании концентрированного хлористого калия, не исключена вероятность вытеснения из почвы органических и минеральных форм аммонийного азота, но учитывая принцип единого отличия, где все факторы опыта идентичны (почва, ее обработка, растительность), кроме формы азотного удобрения, преимущество в закреплении ионов аммония ППК, внесенных с безводным аммиаком, является очевидной.

Таблица

**Содержание обменного аммония в черноземе оподзоленном и степень насыщения ним ППК**

Экстрагирующий раствор	Вариант опыта			
	контроль	безводный аммиак		аммиачная селитра
		в ленте	в междурядье	
1% раствор $\text{K}_2\text{SO}_4$	1,46	2,36	1,11	1,35
	0,6	1,0	0,4	0,5
1% раствор $\text{KCl}$	1,44	1,58	1,26	1,41
	0,6	0,6	0,5	0,5
1 н раствор $\text{KCl}$	6,87	9,56	7,28	7,67
	2,9	3,8	2,8	2,8

\*в числителе – содержание обменного аммония, мг/100 г почвы, в знаменателе – степень насыщения аммонием ППК, %, от емкости поглощения с учетом поглощенного  $\text{NH}_4^+$  на конкретном варианте.

Экстрагирование обменно-поглощенного аммония раствором 1%  $\text{KCl}$  и 1%  $\text{K}_2\text{SO}_4$  происходит значительно слабее, чем при обработке 1н раствором  $\text{KCl}$ . Это, скорее всего, связано с вытеснением катионов аммония лишь с поверхности диффузного слоя, которые наиболее удалены от ядра мицеллы и имеют с ней слабую связь. Кроме того, сернокислые соли при извлечении обменных катионов менее растворимы, чем соли хлористоводородной кислоты, что влечет за собой продолжительное вымывание их из почвы.

При внесении безводного аммиака нельзя исключать возможность негативного влияния ионов аммония за счет локального внесения, при котором могут формироваться очаги их высокой концентрации. Эти опасения вызваны тем, что поглощение одновалентных катионов вызывает пептизацию почвенных коллоидов и обезструктурирование почвы.

Для оценки пептизирующего действия  $\text{NH}_4^+$  по степени насыщенности ним ППК, за основу был выбран ДСТУ 3866-99 «Грунти. Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної солонцюватості», согласно которому концентрация суммы, поглощенных  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ , не должна превышать 5% от емкости поглощения.

Катион аммония по сравнению с ионами натрия и калия имеет меньшую пептизирующую способность, которая увеличивается со снижением валентности и уменьшением ионного радиуса. Принимая во внимание их одинаковую валентность, у катиона  $\text{NH}_4^+$  в среднем на 17% меньше ионный радиус. Из этого следует, что во избежание негативного воздействия аммония степень насыщения ним ППК не должна превышать 5,85% от емкости поглощения (с учетом насыщенности ППК натрием и калием).

Таким образом, для определения содержания обменного аммония в ППК при внесении удобрений, содержащих аммонийный азот, рекомендуем использовать 1 н. раствор  $\text{KCl}$ . Для оценки возможности негативного влияния безводного аммиака следует использовать в качестве ориентира значение не выше 5,85% от емкости поглощения. В нашем случае применение данного удобрения в дозе 100 кг д.в./га не вызывает существенных изменений в структуре обменных оснований.

УДК 631.465

## **ВЛИЯНИЕ СОВМЕСТНОГО ДЕЙСТВИЯ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОГО МИКРОУДОБРЕНИЯ HUMIN PLUS С ГЕРБИЦИДАМИ РАЗНОГО КЛАССА ОПАСНОСТИ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ОПОДЗОЛЕННОГО**

**А.Б. Рокитянский, Е.И. Маклюк**

*ННЦ «Институт погвоєдення и агрохімії ім. А.Н. Соколовського»,  
г. Харьков, Украина*

Для получения высоких урожаев современное сельское хозяйство привлекает определенные агромероприятия: использование различных химических средств защиты растений, внесения удобрений и микроэлементов, обработка биопрепаратами и т.п. Выполняя свои прямые функции, они также определенным образом влияют на биологическую часть почвы, подавляя ее или наоборот стимулируя. Осо-

бенно в условиях совместного их применения возможно выявление синергетического действия, что имеет как положительные, так и отрицательные последствия для ферментативной активности почв.

В формировании плодородия почвы значительную роль играют почвенно-биологические процессы, которые протекают с помощью большого количества ферментов. Действие каждого фермента, катализирующего биохимические реакции, является строго избирательным и специфичным. Каждая почва имеет свой энзиматический комплекс, который очень слаженно функционирует и характеризуется чувствительностью к любым факторам, в частности к внесению в почву различных химических средств защиты растений. Поэтому важным показателем биологической активности почвы является его ферментативная активность.

Для установления интенсивности и направленности метаболических процессов в микробном ценозе, которые протекают под влиянием гербицидов разного класса опасности и органо-минерального микроудобрения HUMIN PLUS нами было заложено микрополевой опыт на черноземе оподзоленном на стационарном полевом опыте отдела агрохимии, который ведется с 1989 г. (Слобожанское опытное поле ННЦ «ИПА им. Соколовского» Харьковский район Харьковская область).

Опыт состоял из семи вариантов: 1. Контроль; 2. Гезагард 500 FW л.с. – рекомендуемая доза; 3. Трофи 90 ЕС к.э. – рекомендуемая доза; 4. Одновременно обработан рекомендованной дозой гербицида Гезагард 500 FW л.с. и органо-минеральным микроудобрением HUMIN PLUS – 0,5 мл/250 мл воды; 5. Одновременно обработан рекомендованной дозой гербицида Трофи 90 ЕС к.э. и органо-минеральным микроудобрением HUMIN PLUS – 0,5 мл/250 мл воды; 6. Обработан рекомендованной дозой гербицида Гезагард 500 FW л.с., а через 20 суток обработан органо-минеральным микроудобрением HUMIN PLUS – 0,05 мл/50 мл воды; 7. Обработан рекомендованной дозой гербицида Трофи 90 ЕС к.э., а через 20 суток обработан органо-минеральным микроудобрением HUMIN PLUS – 0,05 мл/50 мл воды. В качестве посевной культуры выбрана кукуруза сорта Элегия.

Для установления интенсивности и направленности метаболических процессов в микробном ценозе, определена активность ферментов дегидрогеназы, полифенолоксидазы и инвертазы, играющих ведущую роль в окислительно-восстановительных процессах почвы, в синтезе гумусных веществ в обогащении почвы доступными для рас-

тений и микроорганизмов питательными веществами. В конце вегетации кукурузы сорта Элегия на большинстве вариантов наблюдается снижение дегидрогеназной активности, максимальное снижение около 21% наблюдается на варианте, где применено гербицид Трофи 90 ЕС к.э. В вариантах, где совместно применены гербициды с органо-минеральным микроудобрения HUMIN PLUS, в течение вегетации несколько нивелируется негативное влияние гербицидов. И хотя активность фермента меньше, чем на контроле, показатели дегидрогеназы выше, чем в вариантах с отдельным применением гербицидов Гезагард 500 FW к.с. и Трофи 90 ЕС к.э.

В конце вегетации кукурузы отмечается незначительный рост инвертазной активности от 2 до 7% во всех вариантах опыта, в то время как в начале вегетации показатели инвертазы были значительно ниже, чем на контроле. Рост активности фермента в конце вегетации мы связываем с поступлением в почву органических веществ в виде растительных остатков, поскольку активность инвертазы является показателем вовлечения в биохимические процессы полисахаридов, которые содержат в растительных остатков. Наибольшее позитивное влияние на инвертазную активность оказало последовательное применение органо-минерального микроудобрения HUMIN PLUS с почвенным гербицидом Трофи 90 ЕС к.э.

Также в конце вегетации происходят изменения в активности полифенолоксидазы: на большинстве вариантов незначительное снижение активности фермента, кроме пятого и шестого, где отмечается рост активности полифенооксидазы на 3–4% относительно контроля. Поскольку полифенолоксидаза участвует в преобразовании органического вещества в компоненты гумуса, можно утверждать, что в конце вегетации органо-минеральное микроудобрение HUMIN PLUS несколько стимулирует эти процессы.

В целом, в вариантах, где было совместное применение гербицида Трофи 90 ЕС к.э. и HUMIN PLUS отмечаются большим значением интегрированного показателя биологической активности почвы (ИПБА) чем в вариантах, где отдельно были применены гербициды.

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕННОЙ СИСТЕМЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПОЧВ РАЗНОЙ БУФЕРНОСТИ**

**В.Л. Самохвалова<sup>1</sup>, В.И. Лопушняк<sup>2</sup>, А.И. Фатеев<sup>1</sup>,  
В.Н. Горякина<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии и им. А.Н. Соколовского»,  
г. Харьков, Украина

<sup>2</sup>Львовский национальный аграрный университет,  
г. Львов, Украина

Недостатками известных способов прогнозирования содержания микроэлементов (МЭ) и тяжелых металлов (ТМ) в почвах являются ограниченность их использования как при оценивании уровня обеспеченности почв МЭ, так и опасности избыточного накопления ТМ в почвах, вследствие влияния на соотношение  $C_{ГК}/C_{ФК}$  неконтролируемого содержания подвижных форм МЭ и ТМ в почвах различных буферных свойств – результат высокой естественной пространственной вариабельности. Последняя значительно повышается в условиях загрязнения ТМ (техногенная нагрузка), внесения органических и минеральных удобрений (технологическая нагрузка) и различной кислотности почв. Следовательно, увеличение подвижности МЭ, ТМ и органического вещества почвы при одновременном дисбалансе содержания ГК и ФК (их содержание уменьшается, увеличивается), уменьшение подвижности МЭ делает невозможным корректное использование соотношения  $C_{ГК}/C_{ФК}$  для решения задачи прогнозирования содержания МЭ и ТМ в почвах. Таким образом, существенно снижается эффективность прогнозирования содержания ТМ и МЭ в почве, при одновременном увеличении его трудоемкости и ресурсозатратности. Именно поэтому необходимо проведение дополнительных исследований и учет данных в отношении других показателей свойств почв, прежде всего гидролитической общей кислотности почвы (учитывает актуальную и обменную кислотность), что влияет на соотношение  $C_{ГК}/C_{ФК}$  и определяет подвижность МЭ и ТМ и, соответственно, уровень обеспеченности почв МЭ и опасности загрязнения ТМ при таких условиях.

Разработан способ прогнозирования содержания подвижных форм ТМ и МЭ в почвенной системе для эффективной ремедиации

почвенной системы при техногенном загрязнении ТМ и технологической нагрузке, использования почв разной буферной способности (*Патент на корисну модель 95649 UA*, 2014). Суть разработки: в условиях техногенной (загрязнение ТМ) и технологической (применением органо-минеральной и/или минеральной и/или органической систем удобрения) нагрузок, и без их влияния на почвы разного генезиса, определяют групповой состав гумуса ( $C_{ГК}/C_{ФК}$ ), показатель гидролитической кислотности почвы ( $Hг$ ), содержание подвижных форм МЭ и ТМ почвы. На основании установленных зависимостей показателей и полученных математических моделей обеспечивается эффективное прогнозирование содержания МЭ и ТМ почв разного генезиса.

Технический результат способа: за счет расширения спектра информативных показателей обеспечивается повышение точности и экспрессность прогнозирования содержания химических элементов в почвах различного генезиса с одновременным увеличением ремедиационной способности почвы определенного типа.

Установленные прогнозируемые урени содержания подвижных форм МЭ и ТМ в почвах используют для эффективной ремедиации почв – снижения техногенной, технологической нагрузок с применением мер воспроизводства плодородия почв, и одновременной возможностью решения обратной задачи расчета количественных параметров одного показателя на основании корреляционно-связанных с ним известных других, например, необходимых доз почвоулучшателей для почвы определенного типа на основании известных показателей  $C_{ГК}/C_{ФК}$ ,  $Hг$ , содержания МЭ и ТМ в почве.

Результаты проведения долгосрочных полевых исследований (В.И. Лопушняк, 2013) влияния уровней технологической нагрузки на почву в условиях применения минеральных, органических и органо-минеральных систем удобрения позволили установить основные закономерности изменения содержания гумуса и трансформации гумусовых соединений в почве, а также закономерную связь этих показателей с содержанием МЭ и ТМ в почве. Установлены закономерности положительного влияния органо-минеральной и органической систем удобрения на характер трансформации в почве органических веществ, динамику содержания гумуса и его качественное состояние. Установлено, что применение навоза, соломы и сидерата в сочетании с обоснованным количеством минеральных удобрений, в отличие от чисто минеральной системы удобрения, не приводит к развитию деградационных процессов в почве (отсутствует рост почвоутомления, подкисление почвенной среды, разрушение агрономически ценных

почвенных агрегатов, повышение плотности сложения почвы, ухудшение его скважности, водно-воздушного режима и т.д.). Предложенная органо-минеральная система удобрений позволяет достичь расширенного воспроизводства плодородия, например, темно-серой почвы за 12 лет интенсивного с.-х. использования. Кроме того, установлено, что при разработке эффективной системы удобрения необходимой является оценка ее влияния, прежде всего, на экологическое состояние почвы.

Полевые исследования по изучению влияния технологической нагрузки проводили в условиях стационарного опыта кафедры почвоведения, земледелия и агрохимии Львовского НАУ Западной Лесостепи Украины. Изучались эффективность влияния систем удобрений в известном эффективном соотношении количества комбинации почвоулучшателей на иммобилизацию подвижных форм Cd, Pb и активацию других МЭ в почве полевого севооборота с определенным чередованием культур.

Почвенно-геохимические исследования влияния техногенной нагрузки и загрязнения ТМ на почву проводили в условиях постоянного воздействия источников полиэлементного загрязнения Змиевской ТЭС ПАО «Центрэнерго» НАК «Энергетическая компания Украины» в Харьковской области, ОАО «Укрцинк» и ОАО «Авдеевский коксохимический завод» Донецкой области (в природно-климатических зонах Лесостепи и Степи Украины).

Результаты почвенно-геохимических исследований в различных природно-климатических зонах Украины (В.Л. Самохвалова, А.И. Фатеев, Е.В. Лучникова, 2011, 2012) и зонах техногенной нагрузки на почвах разной буферности доказывают эффективность использования органо-минеральных комбинаций почвоулучшателей, например комбинации смеси гумата натрия, как природного адаптогена с регуляторными свойствами, с суперфосфатом, известью или с органическим веществом в зависимости от характера и вида загрязнения почвы ТМ (В.Л. Самохвалова, А.И. Фатеев, С.Г. Зуза, В.А. Зуза, 2013), сульфата железа и биогумуса в качестве активатора самоочищения почвы и почвоулучшателя пролонгированного действия при полиэлементном загрязнении почвы преимущественно Cd, Pb, Cr, Zn в соответствии с уровнем его загрязнения (В.Л. Самохвалова, А.И. Фатеев, С.Г. Зуза, В.А. Зуза, 2014) и минеральной системы почвоулучшателей в составе соединений сульфата железа (II), фосфорных и азотных минеральных удобрений при умеренном и опасном уровнях загрязнения почвы Cd, Zn и Cu (В.Л. Самохвалова, Я.А. Погромская и др., 2014).

Анализ полученных результатов относительно влияния технологической и техногенной нагрузки на почву доказывает, что эффективность прогноза – содержание МЭ и ТМ в почве повышается именно при использовании показателей Нг и соотношения  $C_{ГК}/C_{ФК}$  в почве, применение органо-минеральной системы удобрения и комбинирования почвоулучшателей различной природы при загрязнении почвы ТМ и предложенного способа. Одновременно обеспечивается технический результат – интенсификация процесса прогнозирования и повышения его точности. Кроме того, реализация предложенного алгоритма обеспечивает одновременное устранение негативных последствий технологической нагрузки и техногенного загрязнения ТМ на почвы и, как следствие, регулирования группового состава гумуса почвы в качестве критерия определения его качества, а именно:

- на высокобуферных почвах – проведение мер по поддержанию условий гумификации: близкой к нейтральной реакции почвенной среды, регуляции окислительно-восстановительного режима, применение сидератов;
- на малобуферных почвах – обеспечение поступления в почву органического вещества как источника лабильного гумуса, поддержание слабокислой и близкой к нейтральной реакции почвенной среды для обеспечения образования активных ГК (гуминовых кислот), что способствует улучшению гумусного состояния почвы при одновременной большей прогнозируемости микроэлементного статуса и экологического состояния почвы.

Отличительными чертами и преимуществами предлагаемого технического решения по сравнению с известными способами и подходами являются:

- экспрессность получения и повышения точности прогнозируемых значений содержания МЭ и ТМ в почвах;
- универсальность, благодаря пригодности способа для всех типов почв различных природно-климатических зон.

Способ может найти применение в почвоведении, агроэкологии при решении вопросов диагностики, оценки, прогнозирования статуса МЭ и опасности избыточного накопления их в высокобуферных почвах и ускоренной миграции в малобуферных почвах; для разработки способов ремедиации загрязненных территорий как составляющих комплекса методов экологической ремедиации почв, и, как следствие, для снижения техногенной и технологической нагрузок на почвы различного генезиса, интенсивности процессов их деградации и ускорения восстановления свойств и функций; для управления качеством почв разной буферности.

## **ОСОБЕННОСТИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ**

**Г.В. Сафронова<sup>1</sup>, З.М. Алещенкова<sup>1</sup>, В.Н. Босак<sup>2</sup>,  
Н.В. Мельникова<sup>1</sup>, О.Н. Минюк<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Институт микробиологии НАН Беларуси,  
г. Минск, Беларусь*

*<sup>2</sup>Белорусский государственный технологический университет,  
г. Минск, Беларусь*

В оптимизации почвенного плодородия немаловажное значение имеет микробиологический режим почвы. Высокая биогенность (суммарная численность микроорганизмов агрономически ценных групп) является существенным показателем микробиологической активности почвы, так как активно развивающаяся ризосферная и почвенная микрофлора не только трансформирует биогенные элементы, но и санирует почвы [1–5].

Наиболее показательным для оценки плодородия почв считают групповой состав микроорганизмов, которые связаны с циклом превращения азота (аммонифицирующие, в т.ч. спорообразующие аммонификаторы, усваивающие минеральный азот, в т.ч. актиномицеты, олигонитрофильные, микромицеты) и фосфора (фосфатмобилизаторы). Качественный состав и численность микроорганизмов этих физиологических групп является важным фактором, характеризующим пригодность почв для выращивания растений и получения высоких качественных урожаев.

Исследования по изучению влияния минеральных удобрений и биопрепарата Фитостимифос на продуктивность и микробиологический режим дерново-подзолистой супесчаной почвы были проведены в 2009–2011 гг. в полевых опытах с фасолью овощной и бобами овощными в Пинском районе Брестской области.

Применение минеральных удобрений в предпосевную культивацию, а также предпосевная инокуляция семян биопрепаратом Фитостимифос (0,2 л/га норму семян + 10 л воды) способствовало увеличению численности микроорганизмов, трансформирующих фосфаты кальция (табл. 1).

Таблица 1

**Численность микроорганизмов, растворяющих фосфаты кальция, в ризосферной почве бобовых овощных культур, КОЕ/г абс. сух. почвы**

Вариант	Бутонизация	Технологическая спелость	Семена, ц/га	Сырой протеин, %
фасоль овощная сорта Магура				
Без удобрений	$(1,68 \pm 0,032) \cdot 10^4$	$(2,80 \pm 0,094) \cdot 10^6$	30,8	20,4
$N_{30}P_{40}K_{90}$	$(4,27 \pm 0,185) \cdot 10^4$	$(4,20 \pm 0,098) \cdot 10^6$	40,9	22,9
Фитостимифос + $N_{30}P_{20}K_{90}$	$(5,40 \pm 0,185) \cdot 10^4$	$(4,16 \pm 0,148) \cdot 10^6$	41,8	23,0
НСР <sub>05</sub>			1,9	0,6
бобы овощные сорта Белорусские				
Без удобрений	$(2,31 \pm 0,097) \cdot 10^5$	$(2,73 \pm 0,073) \cdot 10^6$	89,2	17,9
$N_{30}P_{40}K_{90}$	$(6,83 \pm 0,019) \cdot 10^5$	$(3,82 \pm 0,018) \cdot 10^6$	98,8	19,2
Фитостимифос + $N_{30}P_{20}K_{90}$	$(7,73 \pm 0,209) \cdot 10^5$	$(3,92 \pm 0,035) \cdot 10^6$	99,1	19,3
НСР <sub>05</sub>			3,4	0,6

В посевах фасоли овощной сорта Магура в фазе бутонизации численность данной группы микроорганизмов возросла с  $(1,68 \pm 0,032) \cdot 10^4$  КОЕ/г абс. сух. почвы до  $(4,27 \pm 0,185) \cdot 10^4$  и  $(5,40 \pm 0,185) \cdot 10^4$  КОЕ/г абс. сух. почвы с максимальными значениями в варианте с применением биопрепарата Фитостимифос. В фазе технологической спелости содержание данных микроорганизмов увеличилось с  $(2,80 \pm 0,094) \cdot 10^6$  КОЕ/г абс. сух. почвы до  $(4,20 \pm 0,098) \cdot 10^6$  и  $(4,16 \pm 0,148) \cdot 10^6$  КОЕ/г абс. сух. почвы, без существенного отличия в зависимости от удобренности варианта.

При возделывании бобов овощных сорта Белорусские численность микроорганизмов, трансформирующих фосфаты кальция, в ризосферной почве в удобренных вариантах в фазе бутонизации увеличилась с  $(2,31 \pm 0,097) \cdot 10^5$  КОЕ/г абс. сух. почвы до  $(6,83 \pm 0,019) \cdot 10^5$  и  $(7,73 \pm 0,209) \cdot 10^5$  КОЕ/г абс. сух. почвы, в фазе технологической спелости — с  $(2,73 \pm 0,073) \cdot 10^6$  до  $(3,82 \pm 0,018) \cdot 10^6$  и  $(3,92 \pm 0,035) \cdot 10^6$  КОЕ/г абс. сух. почвы при несколько больших значениях в варианте с предпосевной инокуляцией семян биопрепаратом Фитостимифос.

Численность олигонитрофильных микроорганизмов в ризосферной почве, в свою очередь, в меньшей мере зависела от применения минеральных удобрений и биопрепарата Фитостимифос (табл. 2).

При возделывании фасоли овощной сорта Магура численность олигонитрофильных микроорганизмов в фазе бутонизации в удобрен-

ных вариантах не превышала их количества в контрольном варианте без применения удобрений; в фазе технологической спелости отмечено лишь незначительное увеличение их численности.

Таблица 2

**Численность олигонитрофильных микроорганизмов в ризосферной почве бобовых овощных культур, КОЕ/г абс. почвы**

Вариант	Бутонизация	Технологическая спелость
фасоль овощная сорта Магура		
Без удобрений	$(2,21 \pm 0,092) \cdot 10^6$	$(2,98 \pm 0,172) \cdot 10^6$
N <sub>30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	$(1,68 \pm 0,068) \cdot 10^6$	$(3,13 \pm 0,111) \cdot 10^6$
Фитостимифос + N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>90</sub>	$(2,16 \pm 0,085) \cdot 10^6$	$(3,29 \pm 0,158) \cdot 10^6$
бобы овощные сорта Белорусские		
Без удобрений	$(1,68 \pm 0,073) \cdot 10^6$	$(2,08 \pm 0,080) \cdot 10^6$
N <sub>30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	$(2,41 \pm 0,319) \cdot 10^5$	$(2,21 \pm 0,235) \cdot 10^6$
Фитостимифос + N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>90</sub>	$(2,61 \pm 0,061) \cdot 10^6$	$(2,98 \pm 0,145) \cdot 10^6$

Применение минеральных удобрений и Фитостимифоса при возделывании бобов овощных сорта Белорусские способствовало увеличению численности олигонитрофильных микроорганизмов в фазе бутонизации с  $(1,68 \pm 0,073) \cdot 10^6$  КОЕ/г абс. сух. почвы до  $(2,41 \pm 0,319) \cdot 10^5$  и  $(2,61 \pm 0,061) \cdot 10^6$  КОЕ/г абс. сух. почвы, в фазе технологической спелости – с  $(2,08 \pm 0,080) \cdot 10^6$  до  $(2,21 \pm 0,235) \cdot 10^6$  и  $(2,98 \pm 0,145) \cdot 10^6$  КОЕ/г абс. сух. почвы.

Применение минеральных удобрений и Фитостимифоса увеличило урожайность семян фасоли овощной на 10,1–11,0 ц/га, семян бобов овощных – на 9,6–9,9 ц/га при содержании сырого протеина в семенах фасоли овощной 22,9–23,0%, в семенах бобов овощных – 19,2–19,3%.

Таким образом, применение минеральных удобрений и биопрепарата Фитостимифос способствовало увеличению продуктивности бобовых овощных культур и численности в ризосферной почве микроорганизмов, трансформирующих фосфаты кальция. Численность олигонитрофильных микроорганизмов в ризосферной почве в меньшей мере зависела от применения минеральных удобрений и биопрепарата Фитостимифос.

### Список литература

1. Биологическая активность дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от обеспеченности подвижным фосфором / Н.А. Михайловская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 1. – С. 243–252.
2. Степуро, М.Ф. Научные основы интенсивных технологий овощных культур / М.Ф. Степуро, А.А. Аутко, Н.Ф. Рассоха. – Минск: Вараксин, 2011. – 295 с.

3. Трансформация водонерастворимых почвенных фосфатов микроорганизмами / Г.В. Сафронова [и др.] // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты. — Минск: Беларуская навука, 2011. — С. 192–210.

4. Шапова, Л.Н. Влияние удобрений и извести на микробиологическую активность почвы / Л.Н. Шапова // Агрехимия. — 2005. — № 12. — С. 11–21.

5. Mehrvarz, S. Effect of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on yield components of *Hordeum vulgare* L. / S. Mehrvarz, M.R. Chaichi, H.A. Alikhani // Am-Euras. J. Agric. & Environ. Sci. — 2008. — Vol. 3. — P. 822–828.

УДК 631.6:631.445

## **АГРОБИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ К ДЕГРАДАЦИИ АГРОТОРФЯНЫХ ПОЧВ ПОЛЕСЬЯ**

**Н.Н. Семененко, Е.В. Каранкевич**

*РУП «Институт мелиорации»,  
г. Минск, Беларусь*

В процессе сельскохозяйственного использования агроторфяные почвы подвержены дефляции и минерализации ОВ, что приводит к снижению их плодородия. В зависимости от условий величина потерь ОВ колеблется в пределах от 2 до 15 т/га и более ежегодно. Наиболее высокие потери ОВ наблюдаются при возделывании на таких почвах пропашных культур, проведении вспашки и применения повышенных доз минеральных, особенно азотных удобрений. Поэтому для сохранения плодородия торфяных почв рекомендуется больше сеять многолетних трав, под пропашные вносить органические удобрения в дозах 50–60 т/га, заменять вспашку на обработку почвы без оборота пласта. Однако в зоне Полесья, где значительные площади земель сельскохозяйственного назначения размещаются на торфяных почвенных комплексах, выполнить эти рекомендации в реальной жизни невозможно. Фактически на агроторфяных почвах разных стадий трансформации в структуре посевных площадей зерновые занимают до 50%, на значительных площадях высевают пропашные, в частности, кукурузу, основной способ осенней обработки почвы — зяблевая вспашка, органические удобрения применяются, как правило, на полях, расположенных около животноводческих комплексов.

Для повышения производительной способности и устойчивости к деградации торфяных почв Полесья необходима разработка альтернативных почвозащитных технологий возделывания сельскохозяйственных культур на основе новых методических решений.

Цель исследований – разработать альтернативный рекомендуемой технологии комплекс высокоэффективных агробиологических приемов возделывания кукурузы на дерготорфяных почвах Полесья.

Для достижения поставленной цели необходимо было оценить в полевых опытах влияние кулисной культуры (предшественник), различных систем применения макро- и микроудобрений, биологически активных веществ и способов основной обработки на продуктивность кукурузы на зеленый корм и дефляцию почвы (табл. 1). В базовом варианте технологии возделывания кукурузы после уборки редьки масличной на зеленую массу проведена зяблевая вспашка почвы на глубину 20–22 см. В почвозащитном варианте технологии редька масличная в виде кулисной культуры без заправки ушла в зиму. Весной при созревании почвы по обоим вариантам предшественников проведено дискование в 2 следа с заделкой удобрений агрегатом БДТ-7,2, предпосевную обработку почвы агрегатом АПП-6 и посев кукурузосажалкой – СКН-6.

Таблица 1

Схема опыта

Технология возделывания	Предшественник	Основная обработка почвы	Система удобрения
1. Базовая	Пелюшко-овсяная смесь, поукосноредька масличная на зеленую массу	Зяблевая вспашка (20–22 см)	1. Фон 1 (без удобрений) 2. Фон 1+NPK <sup>*)</sup> 3. Фон 1+ NPK <sup>**)</sup> 4. Фон 1+ NPK <sup>***)</sup> 5. Фон 1+ NPK <sup>****)</sup>
2. Почвозащитная, ресурсосберегающая	Пелюшко-овсяная смесь на зеленый корм, поукосно кулисная культура редьки масличной	Без обработки	1. Фон 2 (без удобрений) 2. Фон 2+ NPK <sup>*)</sup> 3. Фон 2+ NPK <sup>**)</sup> 4. Фон 2+ NPK <sup>***)</sup> 5. Фон 2+ NPK <sup>****)</sup>

<sup>\*)</sup> Базовый – N<sub>180</sub>P<sub>135</sub>K<sub>240</sub>, доза азота рассчитана на возмещение выноса, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O – 150 и 130% к выносу.

<sup>\*\*) N<sub>135</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub>, доза азота рассчитана на возмещение выноса с урожаем и уточнение на содержание N мин. в почве, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O – 110% к выносу.</sup>

<sup>\*\*\*)</sup> Вариант 3 + микроэлементы, регуляторы роста, экосил.

<sup>\*\*\*\*)</sup> Вариант 3 – МДУ – медленнодействующее удобрение марки N<sub>5</sub>P<sub>16</sub>K<sub>35</sub> с добавкой азотных, бора и цинка.

Агротехника возделывания кукурузы в опыте – в целом рекомендованная в зоне Полесья. Исследования проводились с кукурузой гибрид Алмаз, норма высева – 110 тыс. всхожих зерен, ширина междурядий 70 см. Формы удобрений: основное внесение – мочевины, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий. В варианте 4 в подкормку внесены микроэлемент – хелатная форма цинка Адоп Zn – 2 л/га в смеси с биологически активным веществом – Экосил – 100 мл/га. Объем рабочего раствора – 200 л/га.

Приведенные данные в таблице 2 показывают, что на фоне 1 последствия предшественника в виде пожнивно-корневых остатков редьки масличной и зяблевой вспашки почвы, получена достаточно высокого уровня урожайность зеленой массы кукурузы – 36,7 т/га. Дополнительное внесение минеральных удобрений, микроэлементов и БАВ (вариант 4) позволило повысить урожайность в сравнении с контролем на 20,2, достигнув уровня 56,9 т/га.

Таблица 2

**Влияние агробиологических приемов на урожайность зеленой массы кукурузы (30 % СВ), т/га**

Система удобрения	Предшественник редька масличная		Прибавка от кулисной культуры
	на зеленый корм (фон 1)	кулисная культура (фон 2)	
	вспашка (20–22 см)	без обработки почвы	
1. Без удобрений	36,7	56,9	+20,2
2. N <sub>180</sub> P <sub>135</sub> K <sub>240</sub> – базовая	51,1	66,6	+15,5
3. N <sub>135</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	48,5	69,9	+21,4
4. Вариант 3 + Zn, экосил	56,9	74,1	+17,2
5. Вариант 3 – МДУ	x	77,4	+20,5

Использование редьки масличной в качестве кулисной культуры (фон 2) обеспечило повышение в сравнении с фоном 1 урожайности так же на 20,2 т/га. При дополнительном внесении удобрений на фоне 2 достигнута урожайность 66,6–77,4 т/га. В сравнении с базовым фоном 1 урожайность по аналогичным вариантам внесения удобрений повысилась на 15,5–21,4 т/га, или на 30–44%. Внесение повышенных доз удобрений (вариант 2) в сравнении с вариантом 3 по действию на урожайность преимуществ не имеет.

Наиболее высокая урожайность зеленой массы кукурузы получена при комплексном применении сбалансированных по выносу элемен-

тов питания с урожаем доз макро- и микроудобрений и биологически активных веществ –74,1 т/га. По этому варианту получена и самая высокая окупаемость 1 кг NPK – 42 кг массы, что в 2,4 раза больше, чем при применении повышенных доз удобрений базового варианта. Также высокая урожайность зеленой массы кукурузы на фоне кулисной культуры получена при внесении медленнодействующей формы удобрения марки  $N_5P_{16}K_{35}$  с добавкой азотных удобрений, бора и цинка, которая составляет 77,4 т/га.

При использовании редьки масличной в качестве кулисной культуры повышается плодородие почвы. Перед уходом в зиму (по состоянию на 20–25 октября) вес сухого вещества надземной и корневой массы редьки масличной составил в сумме 98,0 ц/га, в которой аккумулировано 195 кг/га азота, 84 кг/га фосфатов и 567 кг/га калия. Это количество элементов питания превышает их потребление сельскохозяйственными культурами в 1-й год внесения 50 т/га подстильного навоза КРС. В почве накапливаются элементы минерального питания и углерод, снижается их миграция в нижележащие слои. Широкое соотношение C:N в корневой массе кулисной культуры указывает на возможное новообразование ОВ в почве. Учитывая нормативный коэффициент гумификации растительных остатков 20–25% в почву с надземной и корневой массой, поступает около 2,2 т/га гумусовых соединений. Что эквивалентно внесению подстильного навоза 45–50 т/га. Кроме того кулисная культура укрывает поверхность почвы почти 6 месяцев, а также создание мульчи и шероховатой поверхности после посева кукурузы предохраняет её от дефляции.

В почвозащитной, ресурсосберегающей технологии, возделывания кукурузы, в сравнении с базовой возрастает выход кормовых единиц на 5,3 т/га и прибыль – на 473 \$/га. До минимума сводятся потери ОВ почвы. За счет этого дополнительная прибыль может составлять более 150 \$/га. Кулисная культура заменяет внесение около 45 т/га навоза и исключает необходимость проведения зяблевой вспашки почвы.

## СООТНОШЕНИЕ ХИМИЧЕСКИ ЭКСТРАГИРУЕМОГО И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ ПРИ РАЗНЫХ СИСТЕМАХ УДОБРЕНИЯ

**В.М. Семенов, Н.Б. Зинякова, Н.А. Семенова, А.С. Тулина**

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
г. Пушкино, Россия*

Динамичное и агрономически ценное органическое вещество (ОВ) в почве, называемое «активным гумусом», наиболее часто определяется экстракцией холодной и горячей водой, соевым раствором, 0.1 н. NaOH (подвижное ОВ), нейтральным раствором пирофосфата натрия (лабильное ОВ) или денсиметрическим (легкоразлагаемое ОВ) способом. По другому мнению, активное ОВ в почве следует диагностировать по степени его доступности почвенным микроорганизмам, определяя потенциально-минерализуемый пул по количеству C-CO<sub>2</sub> за время инкубации при постоянных условиях температуры и влажности (22 °С и 60% ППВ), соизмеримое продолжительности вегетационного периода.

В залежной серой лесной почве на долю подвижного почвенного органического вещества (ПОВ), экстрагируемого 0.1 н. NaOH (C<sub>подв</sub>), приходилось 18–24% от валового C<sub>орг</sub>, а в почве под посевами – 12–17% (табл. 1). В почве с органической системой удобрения содержалось примерно такое же количество C<sub>подв</sub>, что и под залежью, тогда как при органо-минеральном удобрении – в 1,7 раз меньше, а при минеральной системе – меньше в 2 раза.

*Таблица 1*

**Содержание подвижного (C<sub>подв</sub>), солерастворимого (C<sub>ср</sub>) и активного (C<sub>0</sub>) органического вещества в почве под залежью и посевами с разными системами удобрения**

№	C <sub>подв</sub>		C <sub>ср</sub>		C <sub>0</sub>	
	мг/100 г	% от C <sub>орг</sub>	мг/100 г	% от C <sub>орг</sub>	мг/100 г	% от C <sub>орг</sub>
1	328 ± 27	18 ± 6	31,3 ± 3,2	1,7 ± 0,6	115 ± 41	6,6 ± 0,4
2	309 ± 78	15 ± 2	29,6 ± 3,8	1,5 ± 0,4	92 ± 13	4,7 ± 1,6
3	400 ± 97	19 ± 3	30,2 ± 4,2	1,4 ± 0,3	133 ± 24	6,3 ± 1,4
4	196 ± 56	12 ± 4	26,1 ± 7,3	1,6 ± 0,5	68 ± 2	4,2 ± 0,2
5	394 ± 9	24 ± 6	30,9 ± 2,9	1,9 ± 0,7	99 ± 19	6,0 ± 0,5

№	$C_{\text{подв}}$		$C_{\text{ср}}$		$C_0$	
	мг/100 г	% от $C_{\text{орг}}$	мг/100 г	% от $C_{\text{орг}}$	мг/100 г	% от $C_{\text{орг}}$
6	200 ± 33	16 ± 4	25,3 ± 6,9	2,0 ± 0,6	47 ± 5	3,8 ± 0,6
7	403 ± 52	23 ± 3	30,3 ± 2,3	1,8 ± 0,3	138 ± 11	8,2 ± 1,3
8	233 ± 26	17 ± 1	25,9 ± 3,4	1,9 ± 0,3	73 ± 7	5,3 ± 0,8

\*1 – залежь (контроль варианту 2), 2 – органическая система, 3 – залежь (контроль варианту 4), 4 – минеральная система, 5 – залежь (контроль варианту 6), 6 – минеральная система по Миттлайдеру, 7 – залежь (контроль варианту 8), 8 – органо-минеральная система.

Содержание солерастворимого ОВ ( $C_{\text{ср}}$ ) в исследуемой серой лесной почве было в 8–13 раз меньше, чем  $C_{\text{подв}}$ , составляя всего лишь 1,4–2,0% от валового  $C_{\text{орг}}$  (табл. 1). Из сопоставления содержания подвижной и солерастворимой фракций с размером активного пула (табл. 1) следует, что только 22–40% подвижного ОВ могло бы минерализоваться за вегетационный период, а в растворимом состоянии обнаруживалось 19–57% от активного ПОВ. Содержания  $C_{\text{подв}}$  и  $C_{\text{ср}}$  фракций, не коррелируя друг с другом ( $r = 0,242$ ,  $p = 0,12$ ), имели более тесную связь с  $C_{\text{орг}}$  (соответственно  $r = 0,622$ ,  $p < 10^{-4}$  и  $r = 0,291$ ,  $p = 0,04$ ). Из полученных уравнений регрессии следовало, что прирост в серой лесной почве  $C_{\text{подв}}$  на 100 мг/100 г будет сопровождаться ростом содержания  $C_0$  на 30 мг/100 г, а при увеличении обеспеченности почвы  $C_{\text{ср}}$  на 10 мг/100 г содержание  $C_0$  повысится на 23 мг/100 г.

В серой лесной почве в солерастворимом состоянии содержалось в среднем почти столько же углерода, сколько его обнаруживалось в легко минерализуемой ( $k > 0,1 \text{ сут}^{-1}$ ) фракции ( $25 \pm 7$  и  $28 \pm 6$  мг/100 г, соответственно), с достоверной корреляцией ( $r = 0,475$ ,  $p < 10^{-3}$ ) между ними. При этом  $C_{\text{ср}}$  не коррелировал с трудно минерализуемой ( $0,01 < k < 0,001 \text{ сут}^{-1}$ ) фракцией. Наоборот, с трудно минерализуемой фракцией хорошо коррелировал щелочнорастворимый углерод ( $r = 0,686$ ,  $p < 10^{-4}$ ), содержание которого превышало трудно минерализуемую фракцию в среднем в 2,3 раза. Между легко минерализуемой фракцией активного пула и содержанием  $C_{\text{подв}}$  достоверной связи не было. Таким образом, при экстракции 0.1 н. NaOH наряду с трудно минерализуемыми компонентами извлекается значительная часть полностью защищенных и потому неактивных соединений.

Солерастворимое, подвижное и активное ОВ серой лесной почвы демонстрировали разную чувствительность к внесению органических и минеральных удобрений, в возрастающих дозах. При внесении органических удобрений в почве содержалось больше  $C_{\text{подв}}$ , чем при минеральной системе (табл. 2), а увеличение его содержания в первый и

второй год опыта в большей мере зависело от возрастающих доз навоза, чем от доз NPK. В целом по опыту обнаруживалась достоверная зависимость между содержанием в почве валового и подвижного углерода ( $r = 0,805, p < 10^{-3}$ ), однако при внесении минеральных удобрений корреляционная связь между  $C_{\text{орг}}$  и  $C_{\text{подв}}$  была недостоверной, в отличие от вариантов с возрастающими дозами органических удобрений ( $r = 0,826, p = 0,003$ ).

Таблица 2

**Содержание в почве подвижного ( $C_{\text{подв}}$ ), солерастворимого ( $C_{\text{ср}}$ ) и активного ( $C_0$ ) органического вещества при применении возрастающих доз минеральных и органических удобрений (второй год опыта)**

№	$C_{\text{подв}}$		$C_{\text{ср}}$		$C_0$	
	мг/100 г	% от $C_{\text{орг}}$	мг/100 г	% от $C_{\text{орг}}$	мг/100 г	% от $C_{\text{орг}}$
1	239 ± 20	25	15 ± 2	1.6	43 ± 1	4.6
2	248 ± 16	25	16 ± 1	1.6	48 ± 0	4.9
3	259 ± 16	26	16 ± 2	1.7	56 ± 0	5.7
4	288 ± 0	29	17 ± 3	1.7	53 ± 0	5.2
5	281 ± 2	28	18 ± 3	1.8	54 ± 1	5.4
6	311 ± 16	31	19 ± 2	1.9	53 ± 1	5.3
7	301 ± 36	25	20 ± 2	1.7	80 ± 1	6.7
8	308 ± 26	24	24 ± 3	1.9	114 ± 4	9.0
9	329 ± 5	23	25 ± 3	1.7	133 ± 1	9.2
10	340 ± 10	22	25 ± 1	1.6	171 ± 3	11.1

\*1 – чистый пар, 2 – без удобрений, 3 – N90P75K75, 4 – N180P150K150, 5 – N270P225K225, 6 – N360P300K300, 7 – навоз 25 т/га, 8 – то же 50 т/га, 9 – то же 75 т/га, 10 – то же 100 т/га.

Рост содержания в почве  $C_{\text{подв}}$  без соответствующего прироста валового  $C_{\text{орг}}$  при применении повышенных доз минеральных удобрений свидетельствует о мобилизации ПОВ минеральными удобрениями, что хорошо согласуется с увеличением содержания трудно минерализуемой фракции активного пула в первый год опыта. Наоборот, увеличение содержания  $C_{\text{подв}}$  в 1,2–1,4 раза по мере повышения доз органических удобрений было меньше прироста  $C_{\text{орг}}$ , из-за чего доля  $C_{\text{подв}}$  в  $C_{\text{орг}}$  снижалась.

В серой лесной почве при внесении возрастающих доз минеральных и органических удобрений содержание  $C_{\text{ср}}$  было в 13–16 раз меньше, чем  $C_{\text{подв}}$ , составляя всего лишь 1,6–2,3% от валового  $C_{\text{орг}}$  (табл. 2), достоверно коррелируя как с подвижным ( $r = 0.744, p < 10^{-3}$ ), так и с валовым ОВ ( $r = 0,805, p < 10^{-3}$ ). По отношению к неудобренному кон-

тролю наибольшее содержание  $C_{cp}$  было в вариантах с применением навоза в возрастающих дозах. Судя по результатам, за вегетационный период было способно минерализоваться только 17–50% подвижного ОВ, завися от доз минеральных и органических удобрений и кратности их внесения (табл. 2). Чем больше в почве содержалось  $C_{подв}$ , тем выше была обеспеченность активным ОВ.

На фракцию солерастворимого ОВ в серой лесной почве приходилось от 14 до 36% активного ОВ, при минеральной системе доля  $C_{раст}$  в  $C_0$  была выше, чем при органическом удобрении. Содержание  $C_{раст}$  в почве также дает представление о степени ее обеспеченности активным ОВ, как это следует из достоверной зависимости между этими показателями. Согласно полученным уравнениям, увеличение в почве подвижного и растворенного ОВ соответственно на 100 и 10 мг/100 г позволяет повысить содержание активного ОВ на 50–80 и 44–74 мг/100 г соответственно.

Таким образом, не все подвижное ОВ, извлекаемое из почвы раствором щелочи, является биологически активным. В то же время, подвижную фракцию допустимо считать ближайшим резервом активного (потенциально-минерализуемого) ОВ. В растворенном состоянии находится лишь часть активного органического вещества, содержащегося в почве.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ,  
проект № 14-04-01575-а.*

УДК 631.423.4:631.453:631.417.2:631.417.8

## **РОЛЬ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЫ В ПОДВИЖНОСТИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И ИХ НАКОПЛЕНИИ В РАСТЕНИЯХ**

**Д.А. Семенов, А.И. Фатеев, Е.Б. Смирнова, А.М. Шемет**

*ННЦ «Институт погзоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского»,  
г. Харьков, Украина*

Органическое вещество почвы является одним из основных депо-  
нентов микроэлементов (МЭ) в экосистемах и выполняет ключевую  
регулятивную роль в перераспределении их массопотока. Например,  
для Mo, Ni, Cu, V, Co, Zn и Pb коэффициент обогащения варьирует

от 10 до 1000 единиц. Это свойство почвы может выступать не только регулятором подвижности микроэлементов, но и важным их источником в минеральном питании растений и почвенной биоты [1].

К факторам, повышающим подвижность большинства микроэлементов, относятся: увеличение концентрации протонов, повышение влажности почвы и снижение окислительно-восстановительного потенциала (ОВП). Снижению подвижности микроэлементов, наоборот, способствуют карбонатность почв, увеличение ОВП и повышение концентрации  $\text{OH}^-$  и  $\text{PO}_4^-$ . Органическое вещество почвы по-разному влияет на поведение катионов микроэлементов, способствуя повышению доступности Zn и Mn при снижении подвижности Cu [2].

Различные компоненты органического вещества почвы ощутимо отличаются по способности связывания микроэлементов, большая часть которых концентрируется в фульвокислотах (ФК). Это явление вполне закономерно из-за повышенной дисперсности, гидрофильности и реакционной способности ФК, более насыщенных функциональными группами, нежели гуминовые кислоты (ГК). Способность к взаимодействию с микроэлементами у ФК, таким образом, значительно выше, чем у ГК [3].

Пути такого взаимодействия тесно связаны с ионным обменом, комплексообразованием и адсорбцией. Наивысшая активность в процессах фиксации металлов присуща карбоксильным и фенольным группам, однако благодаря ионному обмену микроэлементы могут достаточно легко выходить из состава таких соединений. Отдельным видом органо-минеральных производных являются комплексные соли. Катионы МЭ, при этом, вытесняют ионы водорода и входят во внутреннюю сферу. Благодаря взаимодействию металлов с двумя  $\text{COOH}$ -группами или с  $\text{COOH}^-$  и  $\text{OH}^-$  группами, могут создаваться хелатные структуры. Это особенно характерно для Zn, Cu и Pb, которые, благодаря высокой электроотрицательности, легко образуют ковалентные связи с гумусовыми веществами, что подтверждается результатами инфракрасной спектроскопии [4].

Ранее [5, 6 и др.] мы показали достоверное увеличение подвижности цинка, марганца и некоторых других элементов в пахотном слое различных типов почв Украины с увеличением части фульвокислот в составе гумуса (рис.). Однако в природных условиях на обеспеченность почв микроэлементами влияет значительное количество факторов, среди которых гранулометрический состав почв, содержание гумуса, pH среды, присутствие  $\text{CaCO}_3$  (особенно в активной форме), а также ряд вышеуказанных почвенных характеристик. Чтобы определить

влияние гумусовых кислот на подвижность микроэлементов, нами был проведен модельный опыт в песчаной культуре с использованием питательной смеси Митчерлиха (без добавления Fe) в четырехкратной повторности. Препараты гуминовых и фульвокислот, полученные по методу Д.С. Орлова, добавлялись в количестве 0,4%, что свойственно их природному содержанию в почвах легкой гранулометрии. Культура – вика посевная (*Vicia sativa L.*) до стадии бутонизации. В ходе исследований определялось содержание микроэлементов в субстрате и их накопление в растениях.

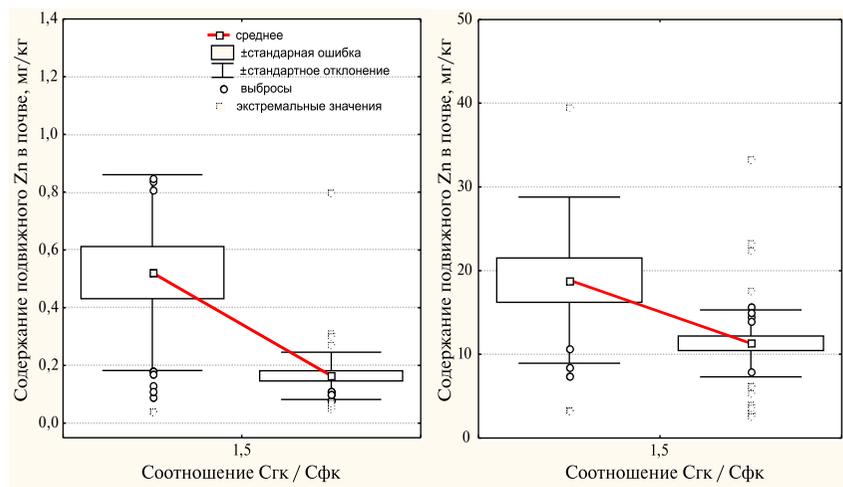


Рис. Влияние качественного состава органического вещества почвы на подвижность микроэлементов

По результатам исследований, ГК наиболее обогащены железом – 6485,8 мг/кг против 1354,9 мг/кг в ФК, последние же имеют повышенное содержание цинка – 273,5 мг/кг против 57,6 мг/кг у ГК. Распределение марганца и меди можно охарактеризовать как равномерное: 33,1 – 33,8 мг/кг и 255,0 – 257,4 мг/кг препарата соответственно.

Гуминовые и фульвокислоты неоднозначно влияют на подвижность микроэлементов в субстратах. Добавление препаратов ГК способствовало увеличению количества подвижного железа до 1,15 мг/кг, а добавление ФК – до 1,47 мг/кг при контрольном значении 0,67 мг/кг субстрата. Это свидетельствует о том, что 14,8% Fe перешло в доступную растениям форму из состава экзогенных ФК, и только 1,9% – из состава ГК.

Наибольшее содержание подвижного цинка также наблюдается в варианте с внесением фульвокислот – 1,40 мг/кг субстрата, что значительно превышает исходное содержание (0,36 мг/кг) и в варианте с внесением ГК (0,50 мг/кг субстрата), НСР<sub>05</sub> – 0,19. Полученные результаты свидетельствуют о значительной подвижности цинка в составе фульвокислот – более 95%.

Противоположные результаты были получены относительно меди. Несмотря на высокое содержание данного микроэлемента, в исследуемых препаратах, нами не было зафиксировано достоверных изменений количества экстрагируемой меди в различных вариантах опыта.

Как известно, наиболее объективным показателем подвижности элементов питания является их биологическая доступность, т.е. накопление в растениях. Содержание Zn в зеленой массе вики на контроле составило 46,7 мг/кг с. м. Внесение препарата гуминовых кислот способствовало повышению содержания цинка в растениях до 48,5 мг/кг с. м., при НСР<sub>05</sub> – 9,6. Достоверное увеличение концентрации этого элемента (до 58,8 мг/кг с. м.) было зафиксировано только на варианте с внесением фульвокислот. Подобные результаты были установлены и по отношению к Fe. Содержание этого элемента в растениях на контроле и в варианте с внесением ГК было очень близким – 71,1 и 78,3 мг/кг с. м. соответственно. Добавление препарата ФК в питательную среду обеспечило повышение накопления Fe в растениях до 120,8 мг/кг с. м., при НСР<sub>05</sub> – 39,3.

Полученные результаты позволяют утверждать, что поведение микроэлементов в составе гумусовых кислот зависит как от природы органических веществ, так и от свойств исследуемых металлов. Так, наличие в почве определенного количества фульвокислот улучшает ее обеспеченность железом и, особенно, цинком, но не оказывает существенного влияния на подвижность меди, либо, в некоторой степени, даже способствует ее снижению.

### Список литературы

1. Ковда, В.А. Биогеохимия почвенного покрова / В.А. Ковда. – М.: Наука, 1985. – 263 с.
2. Оптимізація мікроелементного живлення с.-г. культур / за ред. А.І. Фатєєва // Науково-методичне видання (рекомендації). Видання друге доповнене. – Харків: АРТ-ПРОЕКТ, 2012. – 38 с.
3. Степанова, М.Д. Микроэлементы в органическом веществе почв / М.Д. Степанова. – Новосибирск: Наука, 1976. – 106 с.
4. Минкина, Т.М. Состав соединений тяжелых металлов в почвах / Т.М. Минкина, Г.В. Мотузова, О.Г. Назаренко. – Ростов н/Д: Эверест, 2009. – 208 с.

5. Співвідношення Сгк/Сфк у ґрунтах України як показник рухомості мікроелементів / А.І. Фатеев [та інш.] // Вісник аграрної науки. – 2013. – № 7. – С. 16–19.

6. Семенов, Д.О. Вміст мікроелементів у лабільній й органічній речовині ґрунтів різного генезису / Д.О. Семенов // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2013. – Вип. 79. – С. 64–68.

УДК 631.4:633.2.031

## **УРОЖАЙНОСТЬ СЕЯНЫХ ТРАВ И СВОЙСТВА ПОЧВЫ В ПРОЦЕССЕ РЕСТАВРАЦИИ РАЗНОВОЗРАСТНОЙ ЗАЛЕЖИ**

**Н.А. Семенов<sup>1</sup>, В.М. Косолапов<sup>2</sup>, Н.А. Муромцев<sup>2</sup>,  
В.Г. Витязев<sup>3</sup>, А.Н.Снитко<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>ФГБНУ ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, г. Лобня, Россия*

*<sup>2</sup>Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва, Россия*

*<sup>3</sup>МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия*

Исследования проводятся с 2006 г. в лизиметрах с монолитами дерново-подзолистой средне суглинистой почвы ненарушенного сложения мощностью 70, 130 и 200 см и площадью 0,25; 0,5 и 0,8 м<sup>2</sup> на экспериментальной базе ФГБНУ ВНИИ кормов Московской области, Россия. Повторность опыта 3-кратная. 08.2006г. после удаления прежнего пахотного слоя (0–23 см) в лизиметрах использовался пахотной слой дерново-подзолистой почвы бывшей пашни, имеющей агрохимические свойства: рН<sub>KCl</sub> – 5,24, гумуса – 2,2%, гидролитическая кислотность – 2,66 мг экв/100 г почвы, N<sub>общ</sub> – 0,126%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (подвижный) – 19,2 мг/100 г почвы, K<sub>2</sub>O (обменный) – 5,8 мг/100 г почвы. На глубине A<sub>пах</sub> 17–23см размещена (с перемешиванием и уплотнением) биомасса: вейника наземного, дернина старосеяного не удобряемого луга, а также биомасса из поросли ивы, мелкокося березы и осины. Схема опыта показана в таблице.

В 2007 г. был высеян в качестве предварительной культуры райграс однолетний (с. Репид), в 2008 г. – он же, но в качестве покровной культуры, а под покров райграса – посев злаковой травосмеси: ежа сборная (6 кг/га), овсяница луговая (6 кг/га), тимофеевка луговая (4 кг/га) и бобово-злаковой: клевер луговой Тетраплоидный ВИК (10 кг/га), тимофеевка луговая и овсяница луговая (по 6 кг/га) – все в пересчете на 100% всхожесть).

Таблица

**Урожайность сеяных трав по видам заделанной биомассы  
за 2008–2014гг., ц/га СВ**

Вариант, удобрения, травостой			Годы исследований							В сред- нем за
			2008 <sup>1</sup>	2009	2010	2011	2012	2013	2014 <sup>2</sup>	
Пашня: Конт- роль	Б/удобр. НК	Злако- вый	56,2	60.8	58.3	43.8	52.0	51.7	45.6	52.6
			90,6	81.9	82.9	54.6	82.8	97.4	44.9	76.4
Дерни- на луга	Б/удобр. НК	Злако- вый	52,7	56.6	64.9	45.9	54.2	46.7	47.4	52.7
			84,7	73.2	85.5	60.4	77.8	91.3	43.2	73.7
Средне возраст- ная залежь: Вейник	Б/удобр. НК	Злако- вый	46,7	54.9	58.1	39.6	39.3	47.0	51.1	48.1
			81,2	69.1	81.0	62.7	64.3	87.7	50.8	70.9
Долго- летняя залежь с по- рослью: Ивы	Без удобр. НК	Злако- вый	36,9	43.8	60.7	41.5	44.2	53.8	55.5	48.1
			75,7	66.2	87.7	57.7	72.3	76.2	57.4	70.5
С мел- ко- лесьем: Березы	Б/удобр. К	Бобово- злако- вый	52,1	104.2	78.1	40.4	48.7	42.6	60.9	61.0
			85,2	129.7	96.0	52.3	53.3	52.7	73.2	77.1
С мел- ко- лесьем: Березы	Б/удобр. НК	Злако- вый	39,8	51.2	57.9	40.8	45.3	67.8	78.9	54.5
			72,9	69.3	94.7	60.1	75.0	75.1	56.2	71.9
Осины	Б/удобр. К	Бобово- злако- вый	53,5	106.1	86.7	42.7	40.9	42.4	76.9	64.2
			59,6	128.2	99.6	56.3	46.2	53.3	53.1	70.9
Осины	Б/удобр. НК	Злако- вый	46,4	47.1	48.1	30.7	35.2	47.6	62.8	45.4
			71,9	84.5	95.8	66.9	92.7	92.4	59.3	80.5
Березы	Б/удобр. К	Бобово- злако- вый	52,8	115.4	70.2	42.8	43.9	44.6	56.6	60.9
			68,8	133.8	91.6	47.6	51.7	56.3	64.0	73.4
Березы	Навоз 40 т/га Навоз + НК	Злако- вый	75,0	79.0	67.4	52.3	46.8	56.2	56.9	61.9
			85,3	70.2	95.7	72.3	89.9	67.6	64.9	78.0
Сенокос разнотр.-злаков. с 1989 г. без удобрений			37,6	40.5	42.3	35.6	37.5	44.7	58.9	42.4
НСР <sub>05</sub>			3,6	9,9	8,5	7,1	8,2	6,6	6,0	

*Примечание.* <sup>1,2</sup> – в эти годы была высеяна культура райграса однолетнего; <sup>2</sup> – в 2014 г. удобрения по всем вариантам опыта не вносились.

Фосфорные удобрения внесены один раз в дозе  $P_{60}$  в сочетании  $N_{60}K_{60}$  (в 2007 г.), во 2-й и 3-й гг. вносили  $N_{45}K_{45}$  кг/га д.в. за сезон на злаковых травостоях и  $K_{45}$  на бобово-злаковых. С 2010–2013 гг. на злаковых травостоях вносились НК-удобрения в дозе по 45 кг/га д.в., на бобово-злаковых – К-удобрения в дозе 45 кг (под каждый укос); использование травостоев двух-укосное. Ранее проведенными исследованиями (Н.А. Семенов и др., 2014) получены некоторые закономерности по влиянию заделанной в почву различной биомассы на продуктивность и качество корма сеяных травостоев. На основе заделанной в почву поросли ивы, мелколесья березы и осины по степени их разложения выявлена различная биологическая активность целлюлозо-разлагающих бактерий, снижающих эффективность удобрений, урожайность сеяных травостоев и потребление биогенных элементов питания (N, P, K, Ca). Результаты исследований (табл.) показывают различное (но контролируемое) влияние видового состава заделанной биомассы, удобрений, погодных условий и др. на урожайность сеяных трав и позволяют наметить дифференцированные мероприятия (в зависимости от вида заделанной в почву биомассы) по снижению затрат на рекультивацию залежных земель, повышению урожайности сеяных травостоев, и эффективности использования удобрений при вовлечении залежных земель (бывшей пашни) в интенсивное сельскохозяйственное производство.

**Свойства почвы.** Через 8 лет при внесении удобрений подкисление почвы по заделке дернины луга составило от первоначального значения ( $pH_{\text{сол}} 5,24$ ) 0,56 pH, возросло значение гидролитической кислотности (г.к.) на 0,33 мг/экв на 100 г почвы. Снизилась кислотность почвы (pH – на 16%) и г.к. – на 44% (или – на 1,48 мг/экв на 100 г), на удобряемом варианте со злаковым травостоем при заделке мелколесья осины. Заделка в почву различной биомассы, в целом, положительно повлияла на содержание  $N_{\text{общ}}$  в почве и – в большей степени, чем удобрения. В среднем по опыту (21 вариант) содержание  $N_{\text{общ}}$  через 8 лет увеличилось на 0,035%. Содержание  $P_2O_5$  в почве (мг/кг) практически не изменилось в четырех вариантах (без удобрений): дернина луга и злаковым травостоем – 180,2, осина и бобово-злаковым травостоем – 181,2, ива и бобово-злаковым травостоем – 188,0, береза со злаковым травостоем + навоз + NPK = 194,8 мг/кг. Снижение содержания  $P_2O_5$  было более значимым на удобряемых травостоях (за счет увеличения выноса урожаем), чем на не удобряемых. Больше всего терялось  $P_2O_5$  почвы при заделке березы с удобряемым злаковым травостоем – 76,1 мг/кг почвы (или по 9,52 мг/кг ежегодно).  $K_2O$  в почве снизилось за восемь лет на 10 мг/100 г почвы на контроле с не удобряемым зла-

ковым травостоем, а также – на 1,3 мг/100 г при заделке березы с не удобряемым бобово-злаковым травостоем; на остальных вариантах компенсация потребляемого травянистыми растениями калия из почвы восполнялась за счет минерализуемого калия из заделанной в почву растительной массы и, конечно, за счет обменных форм калия почвы. Худшие агрофизические свойства имеет почва с разнотравно-злаковым лугом, не удобряемым с 1989г. (посев в 1986г: ежа + тимофеевка + овсяница). На осень 2013 г. – это малогумусная (1,4% в слое 0–20см) и кислая почва ( $pH_{\text{сол}}$  – 4,96 и г.к. = 3,40 мг/экв на 100 г), низким содержанием  $K_2O$  (8,2 мг/100 г) и очень низким содержанием  $P_2O_5$  (3,8 мг/100 г почвы).

Наиболее благоприятные кислотные свойства и другие агрохимические показатели имеет почва при заделке в нее мелколесья осины, а также при заделке березы с внесением навоза и минеральных удобрений. В почве при заделке ивы, со злаковым неудобряемым травостоем, больше всего накапливается Fe – 154 и Mn – 148 мг/кг почвы, а на бобово-злаковом – Fe при заделке березы, осины и ивы – 140, 126, 124 мг/кг соответственно. В почве при заделке ивы и осины с бобово-злаковым также не удобряемым травостоем более всего накапливается Mn (121 мг/кг почвы). При удобрении злаковых травостоев содержание Fe, Mn, Zn и в почве значительно возрастает по сравнению с не удобряемыми.

### Список литературы

1. Оценка продуктивности и выноса элементов питания НРК Са сеянными травостоями в 1 годы освоения залежных земель / Н.А. Семенов [и др.] // Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия культурных растений: материалы XI междунар. науч.-метод. конф. 9–13.06.2014. – Ч.2. – Махачкала, 2014. – С.286–289.
2. Влияние степени минерализации запаханной биомассы разновозрастной залежи на потребление биогенных элементов растений и качество корма сеяных трав / Н.А. Семенов [и др.] // Проблемы и перспективы биологического земледелия: материалы Межд. науч. конф, Ростов-на-Дону. – Южн. Федер. Ун-т, 2014. – С. 197–206.
3. Семенов, Н.А. Влияние удобрений и запаханной биомассы на урожайность сеяных трав и содержание в них питательных веществ / Н.А. Семенов, А.В. Шуравилин, С.А. Койка // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2014. – № 3. – С. 26–28.
4. Оценка негативного влияния запаханной биомассы залежных земель в процессе их рекультивации на урожайность сеяных травостоев / Н.А. Семенов [и др.] // Тр. науч.-практ. конф.: Научн. основы повышения эффективности с.-х. производства в современных условиях. – Калуга: Калужский НИИСХ, 2014. – С. 88–93.

## **АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРОИЗВОДСТВУ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В КОРТОКОРОТАЦИОННЫХ СЕВОБОРОТАХ**

**Е.В. Скрыльник**

*Национальный научный центр «Институт почвоведения  
и агрохимии им. А.Н. Соколовского»,  
г. Харьков, Украина*

Многими исследованиями в разных странах установлено, что одним из рациональных путей повышения эффективности органических и минеральных удобрений является применение новых органо-минеральных удобрений (ОМУ) пролонгированного действия, из которых постепенно высвобождаются питательные вещества. В связи с этим актуальна разработка интегрированных систем управления питанием растений. Это, прежде всего, обеспечение культур оптимальным уровнем макро- и микроэлементов в течение вегетации, во-вторых – направленная регуляция процессов биологической активности почв с целью замедления минерализации органического вещества и усиление их гумификации.

Цель исследований – технологически обосновать процессы производства ОМУ из местного сырья на основе регулируемого биокондиционирования, и определить эффективность их применения в короткоротационных севооборотах.

Исследования проводились в лабораторных и полевых условиях, в соответствии с действующими методиками.

Изучение эффективности действия и последствий разных форм ОМУ на продуктивность короткоротационных севооборотов и показатели плодородия почвы проводили на Слобожанский опытном поле. Почва – чернозем типичный тяжелосуглинистый с содержанием общего азота – 0,26%, общего фосфора – 0,21%, минерального азота – 120, подвижного фосфора – 57, подвижного калия – 100 мг/кг почвы, рН – 6,5.

Сроки, способы, дозы внесения удобрений: основное внесение (осень) под кукурузу  $N_{120}P_{120}K_{120}$ , под озимую пшеницу  $N_{80}P_{80}K_{80}$ ; припосевное внесение (локально) и внесение под предпосевную культивацию (вразброс) – под кукурузу из расчета  $N_{15}P_{20}K_{10}$ , под ячмень –  $N_{12}P_{10}K_{13}$ .

В отличие от традиционных подходов разработан единый подход к регулированной переработке сырья (отходы животноводства, птицеводства коммунального хозяйства, перерабатывающей промышленности), основанной на концептуальной модели формирования гумусовых соединений в процессе биокомпостирования и концептуальных основах создания ОМУ. Установлено, что на процесс разложения – синтеза органического сырья, при его биокомпостировании, значительное влияние оказывают следующие факторы: исходное физико-химическое состояние (степень зрелости), влажность и температура, активная поверхность минерального или органического происхождения. Новые подходы позволяют расширить функциональные возможности реагентов и узкоспециализированных добавок.

Разработана методика расчета состава ОМУ и нормативы их качества для зерновых, кормовых и овощных культур, выращиваемых в Полесье, Лесостепи и Степи Украины. Нормативы качества разработаны на основе рекомендованных зональных норм с учетом содержания питательных веществ в органических и минеральных составляющих ОМУ.

Установлено преимущество ОМУ в короткоротационных севооборотах перед органическими и минеральными удобрениями, которые вносились в эквивалентных дозах отдельно. Основное внесение ОМУ повышает продуктивность севооборотов на 31–42% в сравнении с контролем, припосевное локальное внесение и предпосевное взброс – на 14–21%. Определено, что при основном внесении ОМУ окупаемость 1 кг действующего вещества в звене севооборота составляет 6,0–12,6 кг зерновых единиц, при припосевном и предпосевном внесении – 13,7–35,3 кг зерновых единиц. Гранулированные ОМУ по эффективности их действия и последствий на урожайность сельскохозяйственных культур имели преимущество перед порошкообразными удобрениями аналогичного состава.

Для получения максимальной агрономической, энергетической и экономической эффективности рекомендуется вносить ОМУ под сельскохозяйственные культуры в дозах, рассчитанных согласно зональных доз, а именно: основное внесение – для зоны Степи от 2,6 до 3,2 т/га, Лесостепи – от 2 до 4,6 т/га, Полесье – от 2,8 до 3,2 т/га; припосевное и предпосевное внесения – для зоны Степи от 1,0 до 1,5 т/га, Лесостепи – от 0,8 до 1,8 т/га, Полесья – от 1,1 до 1,3 т/га.

Внесение ОМУ в дозах, рекомендованных для припосевного и предпосевного внесения, следует рассматривать только с учетом их прямого действия на урожайность сельскохозяйственных культур.

Также установлено, что внесение ОМУ вразброс и локально способствует повышению в 1,2 раза степени подвижности всей системы гумусовых веществ в верхнем слое чернозема типичного. Наиболее существенно (на 41–62%) повышается содержание подвижной фракции гуминовых кислот – ГК-1 по сравнению с контролем с соответствующим снижением гуминовых кислот прочносвязанных с минеральной частью почвы – ГК-3. Под влиянием ОМУ изменяется соотношение  $C_{гк}/C_{фк}$  и возрастает степень гумификации в почве. Кроме того, ОМУ способствуют обогащению азотом органического вещества чернозема типичного с соответствующим сужением соотношения C/N.

УДК 633.1:633.82

## **АММИАЧНАЯ СЕЛИТРА И КАРБАМИД ПРИ ПОДКОРМКЕ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ**

**А.В. Сметанко, В.Н. Пилипенко, М.А. Вельвер**

*Институт сельского хозяйства Причерноморья НААНУ,  
г. Одесса, Украина*

Одним из самых эффективных способов повышения урожайности сельскохозяйственных культур и улучшения качества продукции является широкое применение минеральных удобрений. В связи с этим большое значение имеет разработка и внедрение в производство способов их рационального применения.

На юге Украины карбамид производится на Одесском припортовом заводе, поэтому единица его действующего вещества дешевле аммиачной селитры, которую нужно завозить с других регионов страны. Цель исследований – выяснить равнозначно ли влияние этих удобрений на урожай зерна пшеницы озимой при разных сроках проведения подкормок после предшественника – горох.

Полевые опыты проводились в Институте сельского хозяйства Причерноморья в зоне южной Степи Украины. Почвы чернозем южный малогумусный тяжелосуглинистый на лессе. Гумусовый горизонт 50–55 см. Пахотный горизонт характеризуется следующими агрохимическими показателями: сумма поглощенных оснований 30,1–34,2 мг-экв. На 100 г почвы,  $pH_{водная}$  – 7,8, содержание гумуса – 2,95%, легкогидролизуемого азота – 11,3–13,8 мг на 100 г почвы, подвижного фосфора – 11,4–13,1 и обменного калия – 10,0–11,1 (вытяжка по Чирикову).

Карбамид и аммиачную селитру вносили нормой  $N_{60}$  в разброс на поверхность почвы. Удобренная площадь делянки  $64,0 \text{ м}^2$ , учетная —  $35,2 \text{ м}^2$ , повторность — 4-кратная. Подготовка почвы после гороха — общепринятая для зоны. Посев производили в первой декаде октября нормой  $4,5 \text{ млн/га}$ . Семена обрабатывали фунгицидом Витавакс 200ФФ —  $2,5 \text{ кг/т}$ , от сорняков применяли гербицид Гранстар —  $0,025 \text{ г/га}$ , защита посевов от вредителей и болезней проводилась при превышении порога вредоносности.

В среднем за три года исследований (табл.) при выращивании пшеницы озимой по гороху на контрольном варианте получили  $4,35 \text{ т/га}$  зерна, аммиачная селитра и карбамид обеспечили практически одинаково существенные прибавки урожая по отношению к контрольному варианту. Не достоверны были лишь приросты урожая при поздних сроках проведения подкормок: начало колошения — колошение. Проведение подкормки в эти фазы аммиачной селитрой дало превышение над контролем  $4,1\text{--}3,2\%$ , а мочевиной —  $3,0\text{--}1,0\%$ .

Если рассматривать урожаи каждого года, то подкормка посевов аммиачной селитрой в 2006 г. обеспечила максимальную прибавку ( $0,96 \text{ т/га}$  при  $\text{НСР} = 0,28$ ) при ее проведении в фазу интенсивного отрастания, в 2007 г. — в эту же фазу ( $0,85$ ) и в начале выхода в трубку ( $0,89$  при  $\text{НСР} = 0,26$ ), в 2008 г. — от фазы трубкования до появления флагового листа ( $1,12\text{--}1,13 \text{ т/га}$  при  $\text{НСР} = 0,43$ ); при использовании карбамида: 2006г. — интенсивное отрастание ( $1,04 \text{ т/га}$ ), 2007 г. — возобновление вегетации и интенсивное отрастание ( $0,73$ ), 2008 г. — начало выхода в трубку — массовое трубкование ( $1,19\text{--}1,27$ ).

Вариабельность урожаев внутри года между одинаковыми сроками внесение минерального азота практически не зависела от вида удобрения, не превышая  $5\%$  уровень достоверности, и колебалась в пределах от  $0,2$  до  $4,2\%$ . В 2006 г. исключение составил вариант с внесением азотного удобрения перед посевом, коэффициент вариации в данном случае равнялся  $5,7$ , а разница —  $0,38 \text{ т/га}$  в пользу карбамида при  $\text{НСР}$  взаимодействия факторов  $0,37$ ; в 2007 — отсутствовала достоверная разница между аммиачной селитрой и мочевиной и в 2008 г. — внесение аммиачной селитры в период возобновления вегетации имело существенное преимущество ( $0,35 \text{ т/га}$  при  $\text{НСР}_{\text{AB}} = 0,30$ ) в сравнении с азотом карбамида.

Таким образом, в большинстве случаев отсутствовали математически доказуемые различия между использованием аммиачной селитры и карбамида в действии на уровень продуктивности пшеницы озимой по предшественнику горох, что позволяет сделать вывод об их равно-

ценности от предпосевного внесения до колошения. Но поскольку проведение подкормок в колошение (независимо от используемого вида азотного удобрения) не обеспечивало достоверных приростов урожая по отношению к контрольному варианту, то эффективное действие изучаемых удобрений на приросты урожая следует ограничить периодом от посева до появления флагового листа.

Но следует отметить также, что как в среднем за три года, так и в каждый год по отдельности, в контрольном варианте качество урожая соответствовало 5–6 классу, при проведении подкормок от посева до трубокования – третьему, и от появления флагового листа до колошения – 1–2-ому. Выбирая срок подкормки, следует исходить из тех задач, которые производитель ставит перед собой или проводить две подкормки: первая в любой период от посева до выхода в трубку и вторая – флаговый лист – колошение.

Главной нашей задачей было определение экономической эффективности применения аммиачной селитры и карбамида в зависимости от срока проведения подкормки. Все результаты расчетов переведены в доллары. Стоимость аммиачной селитры и затраты на ее внесение соответственно на 22,7 и 82% выше по отношению к карбамиду, что вполне объяснимо разницей в содержании действующего вещества: аммиачная селитра – 34% и карбамид – 46%, то есть при одинаковой дозе внесения ( $N_{60}$ ), в физическом весе карбамида надо было внести на 35,3% меньше. Максимальная чистая прибыль в наших опытах получена при проведении подкормок карбамидом от периода интенсивного отрастания пшеницы до появления флагового листа – 348–356 \$/га.

Таблица

**Урожай зерна пшеницы озимой при внесении аммиачной селитры и карбамида после предшественника – горох, в среднем за три года (2006–2008 гг.)**

Сроки внесения азотного удобрения	Виды удобрений	Урожай, т/га	Прибавка к контролю, т/га	Стоимость валовой продукции, \$/га	Производственные затраты, \$га	Чистая прибыль, \$/га	Стоимость прибавки, \$/га	Стоимость удобрений, \$/га	Затраты на внесения удобрений, \$/га
Контроль	–	4,35	–	316	76	240	–	–	–
Перед посевом	А	5,17	0,82	480	138	342	76	54	61
	К	5,29	0,94	491	127	364	87	44	50

Сроки внесения азотного удобрения	Виды удобрений	Урожай, т/га	Прибавка к контролю, т/га	Стоимость валовой продукции, \$/га	Производственные затраты, \$га	Чистая прибыль, \$/га	Стоимость прибавки, \$/га	Стоимость удобрений, \$/га	Затраты на внесения удобрений, \$/га
Всходы	А	4,95	0,60	459	138	321	56	54	61
	К	4,98	0,63	462	127	335	58	44	50
Прекращение вегетации	А	5,20	0,85	483	138	344	79	54	61
	К	5,23	0,88	486	127	358	82	44	50
Зимние окна	А	5,10	0,75	474	138	335	69	54	61
	К	5,01	0,66	465	127	338	61	44	50
Возобновление вегетации	А	5,11	0,76	474	138	336	70	54	61
	К	4,93	0,58	458	127	330	54	44	50
Интенсивное отрастание	А	5,25	0,90	487	138	349	83	54	61
	К	5,13	0,78	476	127	348	72	44	50
Начало выхода в трубку	А	5,25	0,90	487	138	349	83	54	61
	К	5,21	0,86	484	127	356	79	44	50
Массовое трубкование	А	5,11	0,76	474	138	336	70	54	61
	К	5,16	0,81	479	127	351	75	44	50
Появление флагового листа	А	5,20	0,85	483	138	344	79	54	61
	К	5,15	0,80	478	127	350	74	44	50
Перед колошением	А	4,53	0,18	420	138	382	17	54	61
	К	4,48	0,13	416	127	288	12	44	50
Колошение	А	4,49	0,14	417	138	278	13	54	61
	К	4,39	0,04	408	127	280	4	44	50

*Примечание.* А – аммиачная селитра; К – карбами.

## **СОСТОЯНИЕ ОБМЕННОЙ КИСЛОТНОСТИ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО В АГРОЛАНДШАФТАХ В УСЛОВИЯХ КРАТКОСРОЧНОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ ЮГА ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ\***

**Л.Г. Смирнова<sup>1</sup>, Ю.Г. Чендев<sup>2</sup>, А.В. Ткаченко<sup>2</sup>, Г.В. Смирнов<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>ФГБНУ «Белгородский НИИСХ» ФАНО,  
г. Белгород, Россия,*

*<sup>2</sup>Национальный исследовательский университет «НИУ БелГУ»,  
Россия, г. Белгород*

Климатические факторы оказывают прямое влияние на состояние и функционирование компонентов наземных экосистем, их биоразнообразию и продуктивность. В настоящее время существует проблема глобального изменения климата и предотвращения его нежелательных последствий на почвы и экосистемы. Требуется широкий комплекс сведений, включающих информацию об ответных реакциях компонентов окружающей среды на изменения климата разной периодичности. Важнейшими компонентами окружающей среды, регулирующими многие природные процессы, протекающие в биосфере, являются почвы и почвенный покров. Однако механизмы их трансформации под влиянием климатического фактора до конца не изучены.

В условиях интенсивного антропогенного воздействия на почвенный покров необходимы сведения о почвенных показателях плодородия. Таким индикаторным диагностическим показателем служит обменная кислотность рН(сол.), которая характеризует кислотно-основные свойства почв. Мониторинг показателя позволит установить направленность изменения кислотности почв, что дает возможность планировать агромеритативные мероприятия для поддержания плодородия почв в агроландшафтах. Цель исследования заключалась в анализе состояния обменной кислотности чернозема типичного в условиях климатической изменчивости на юге лесостепи Среднерусской возвышенности для совершенствования управления природно-

\* Исследование выполнено при поддержке Российского Научного фонда (проект № 14-17-00171) на тему: Региональные отклики компонентов окружающей среды на изменение климата разной периодичности: юг лесостепи Среднерусской возвышенности.

ресурсным потенциалом и прогнозирования его состояния в будущем.

Наблюдения за динамикой показателя обменной кислотности ( $pH_{\text{сол.}}$ ) проводили на опытном поле ФГБНУ «Белгородский НИИ-ИСХ» ФАНО. Территория исследований расположена на плакорном участке. В качестве объекта исследования выбрана почва: чернозем типичный малогумусный среднemosный тяжелосуглинистый на лесовидном суглинке. Содержание гумуса в верхнем горизонте А составляет 5,7%,  $pH_{\text{сол.}}$  – 5,56 ед., гидролитическая кислотность (ммоль на 10 г почвы) – 1,34, содержание физической глины – 56,4%.

Образцы почвы отбирали из скважин до глубины 1 м послойно – 0–30 см, 30–50 см, 50–60 см, 60–80 см и 80–100 см по фазам развития озимой пшеницы в 3-польном селекционном севообороте: пар – озимая пшеница – кукуруза. Удобрения не вносили. Для уточнения точек отбора образцов при изучении динамики показателя  $pH$  проводили дополнительно бурение через 10 см на глубину 1,5 м, для определения линии вскипания. Анализ показателя проводили потенциометрическим методом.

Изучение динамики основных показателей плодородия почв в агроландшафтах проводили с 2003 по 2014 гг. Исследуемая территория по схеме агроклиматического районирования Белгородской области входит во второй агроклиматической район. По количеству выпавших атмосферных осадков (529мм) данная территория относится к умеренно-увлажненному району.

Анализ метеонаблюдений показал, что средняя многолетняя температура воздуха за период 2004–2013 гг. составляет 8,5 °С, сумма активных температур  $>10$  °С варьирует по годам от 2457 до 3623 °С и в среднем достигает 3025 °С. Среднемноголетнее количество осадков составляет 511,9 мм. Отмечается нарастание сухости климата особенно в 2008, 2010 и 2011 годах, где коэффициент аридности составляет 0,41–0,47. По годам он изменяется в интервале 0,41–0,93.

Показатель кислотности почвы ( $pH$ ) является важным мониторинговым показателем, который необходимо контролировать. Данный параметр влияет на доступность макро- и микроэлементов, на растворимость токсичных веществ, на микробиологическую активность почвы.

В «Методических указаниях о проведении комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения» представлена группировка почв по степени кислотности, определяемой в солевой вытяжке (потенциометром): очень сильноокислые –  $pH$  менее 4,0; сильноокислые – от 4,1 до 4,5; среднеокислые – от 4,6 до 5,0;

слабокислые – от 5,1 до 5,5; близкие к нейтральным – от 5,6 до 6,0; и нейтральные – более 6,0 [1].

Согласно этой группировке почва исследуемого участка по верхнему 0–30 см слою относится к слабокислой. Отмечается варьирование показателя по годам исследования от 5,15 до 5,84 ед., разность между максимальным и минимальным значением составляет 0,69.

В верхнем 0–30 см слое максимальное значение отмечается в 2007 г. (5,84), минимальное – в 2012 г. (5,15), среднее значение составляет 5,44. Коэффициент вариации невысокий и находится в пределах 4% (табл. 1).

Таблица 1

**Статистические параметры средних значений обменной кислотности рН(сол.) за 2004–2013 гг.**

Глубина, см	X среднее	X макс.	X мин.	Станд. отклонение	Коэф-фиц. вариации	Ошибка средней	Доверит. Интервал 95%
0–30	5,44	5,84	5,15	0,21	3,77	0,06	(5,29-5,58) ± 0,15
30–50	5,89	6,34	5,41	0,32	5,51	0,11	(5,66-6,13) ± 0,23
50–60	6,37	7,0	5,58	0,53	8,38	0,16	(5,98-6,74) ± 0,38
60–80	6,82	7,23	6,04	0,46	6,76	0,15	(6,49-7,15) ± 0,33
80–100	7,11	7,33	6,53	0,28	4,01	0,90	(6,90-7,31) ± 0,21

В слое 30–50 см среднее значение показателя повышается и достигает 5,89 ед., при максимальном значении признака в 2010 г. – 6,34, минимальном – 5,41 в 2006 г. Варьирование увеличивается и составляет около 6%. В слое 50–60 см наблюдается повышение рН(сол.) до 6,36 ед.. Максимальное значение отмечалось в 2010 г. – 7,00, минимальное в 2006 и 2009 гг. – 5,58. Варьирование рН(сол.) в этом слое является наиболее заметным, достигая 8%., стандартное отклонение показателя повышается до 0,53. В этом горизонте начинается линия вскипания, в связи с чем, и возникает изменение параметра. На глубине 60–80 см среднее значение рН повышается до 6,82 ед. Максимум показателя наблюдается в 2008 году – 7,23, минимальное значение 6,04 в 2009 г. Снижается варьирование значений, и коэффициент вариации составляет около 7% (табл.).

Таким образом, за период 2004–2013 гг. наблюдается динамика климатических показателей: среднегодовая температура воздуха за 10 летний период варьирует от 7,7 до 9,6 °С, среднегодовая темпера-

тура составляет 8,5 °С; сумма активных температур >10 °С изменяется по годам от 2457 до 3623 °С и в среднем достигает 3025 °С; количество осадков в самый сухой год – 426,4 мм, во влажный – 746,5 мм, среднелетнее количество осадков составляет 511,9 мм. Отмечается недостаток увлажнения в агроландшафтах в 2008, 2010 и 2011 гг., коэффициент аридности составляет 0,41–0,47.

Показатель кислотности на черноземе типичном тяжелосуглинком изменяется по изученному периоду от слабокислого до близкого к нейтральному. Значение рН(сол.) в верхнем 0–30 см слое имеет невысокое варьирование. Изменение показателя рН(сол.) в слоях 50–60 и 60–80 см является более значительным. В этом горизонте начинается линия вскипания, в связи с чем, и возникает колебание параметра в разные по увлажнению годы.

### Список литературы

1. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.

УДК 631.86

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ЧЕРНОЗЕМАХ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ В ЮЖНОМ ПРЕДУРАЛЬЕ**

**Р.Р. Сулейманов, Г.А. Гамалетдинова**

*ФГБУН «Уфимский Институт биологии РАН»,  
г. Уфа, Россия*

Черноземы выщелоченные распространены практически во всех природно-климатических зонах Республики Башкортостан (Российская Федерация). Им принадлежит ведущее место в почвенном покрове Предуральской лесостепной и степной зоны. Благоприятные климатические условия, высокое природное плодородие – полноразвитый профиль, высокое содержание общего гумуса и азота, относительно благоприятные агрофизические и физико-химические свойства, слабокислая и нейтральная реакция среды способствовали активному вовлечению черноземов выщелоченных в сельскохозяйственный обо-

рот. Основными возделываемыми культурами явились зерновые, кормовые, сахарная свекла, картофель и овощи.

В настоящее время в результате роста интенсивности использования земли без достаточного внесения органических и минеральных удобрений наблюдается снижение плодородия и развитие эрозии. Это выражается в ухудшении водно-физических свойств, снижении содержания гумуса, запасов азота, фосфора и калия, подкисления почвенного раствора.

В свою очередь, применение местных полных органических удобрений (как и минеральных) — основной прием воздействия человека на круговорот питательных элементов в земледелии, причем не только для поддержания достигнутого уровня этого круговорота, но и с целью увеличения объемов его. Органические удобрения как и минеральные, являются повторным использованием значительной части ранее взятых из почвы и различных удобрений питательных элементов, а также служат дополнительным источником увеличения объемов питательных элементов в круговороте их в любом агроценозе. Показана экономическая и экологическая целесообразность получения высококачественных удобрений из отходов сельскохозяйственного производства (навоз, птичий помет, сточные воды, отходы хранения и переработки плодоовощного сырья, навозные стоки животноводства, растительные субстраты т.п.).

Исследования проводились в условиях многолетнего полевого опыта на слабэродированном черноземе выщелоченном на фоне классической и минимальной обработки почвы с использованием различных органических отходов сельскохозяйственного производства — славнины (растительные остатки), соломы, навоза, гумата натрия и цеолита. В свою очередь некоторые варианты со славниной и соломой обрабатывались культурой микроскопических грибов *Trichoderma* sp. в целях ускорения процессов их гумификации.

Содержание гумуса в почве опыта равное 7,62–7,73% оценивается как среднее для черноземных почв региона. Через три года, после закладки опыта, увеличение содержания гумуса было достоверным на всех удобренных вариантах опыта по всем видам обработки кроме варианта с внесением цеолита и в какой-то степени гумата натрия, причем эффективность славнины, соломы и навоза оказалась почти одинаковой.

При добавлении биомассы грибов *Trichoderma* sp. к славине и соломе возрастание валового содержания гумуса было незначительным, но заметные различия наблюдались в его динамике. Гумусированность почвы в варианте с грибной культурой последовательно возрастала, а при внесении славнины без нее была более ровной и снизилась на тре-

тый год. На третий год опыта растительные остатки сплавнины, соломы и навоза морфологически стали неразличимы, что предполагает развитие процесса гумификации. С учетом количественных и качественных характеристик гумусного состояния почв, использованные удобрения по эффективности можно расположить в следующий возрастающий ряд: Цеолит – Гуматнатрия – Сплавнина – Солома – Сплавнина + *Trichoderma* sp. – Солома + *Trichoderma* sp. – Навоз. Достоверных различий в гумусном состоянии почв по видам обработок не отмечалось.

Наряду с улучшением гумусного состояния возросло содержание подвижного фосфора, калия и щелочногидролизуемого азота в почве, но обеспеченность фосфором и калием в течение 3 лет оставалась низкой во всех вариантах опыта.

Чернозем, выщелоченный слабоэродированный характеризуется слабокислой, близко к нейтральной, реакцией среды и высоким содержанием поглощенных оснований, которые существенно не изменились при внесении удобрений.

Таким образом, использование различных органических отходов сельскохозяйственного производства в комплексе с добавлением культуры микроскопических грибов в качестве удобрений способствовало улучшению комплекса агрохимических свойств чернозема типичного слабоэродированного – увеличилось содержание гумуса, подвижного фосфора и калия, а также щелочногидролизуемого азота, повысилась урожайность сельскохозяйственных культур.

УДК 631.86:631.459

## **ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ПЛОДОРОДИЕ ЭРОДИРОВАННЫХ ПОЧВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

**А.И. Сюрис**

*Институт почвоведения, агрохимии и защиты почв «Н.А. Димо»,  
г. Кишинев, Молдова*

Эрозия является наиболее распространенным видом деградации почв. К настоящему времени разной степени деградации подвержены почти 2 млрд га почв мира, из них 55,6 млн за счет водной эрозии [1]. Главным природным ресурсом Республики Молдова является почва, на которой базируется ее производственная безопасность, экономический

потенциал и благополучие населения. К сожалению, в последние время почва испытывает мощный деградационный прессинг [2]. Пораженность сельскохозяйственной территории Республики Молдова увеличилась с 28,1 в 1965 г. до 39,8% в 1997 г. и составляет в настоящее время около 40%. Урожайность сельскохозяйственных культур, в зависимости от степени смытости, уменьшается на 30–60% по сравнению с полнопрофильными почвами. Наблюдается значительная деградация физических и химических свойств почв, резко снижается устойчивость почвенной системы к антропогенному воздействию [3]. Эрозионные потери почвами гумуса носят ярко выраженный катастрофический характер.

Применение органических удобрений оказывает многостороннее действие на повышение плодородия почвы [4]. При применении органических удобрений можно снизить отрицательное влияние эрозии на почву и даже стабилизировать ее активность, посредством которой образуется структура почвы, а она, как известно, определяет остальные физические свойства почв.

Исследования проводились в период 1996–2009 гг. на опытной станции Почвоведения и эрозии почв Института почвоведения, агрохимии и защиты почв им. Н.А. Димо, расположенной в Кагульском районе. Экспериментальный участок представляет собой склон 5–7° северо-восточной экспозиции. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднеэродированный тяжелосуглинистый. Испытывались разные виды органических удобрений. Схема опыта приводится в табл. 2. Варианты 3, 4, 6, 7 и 8 заложены с целью выделения оптимальных доз и периодичности внесения навоза. Исследовались две годовые дозы (12,5 и 25,0 т/га). Первая доза характеризуется как оптимальная для поддержания гумуса, вторая предполагает, увеличение плодородия почв.

Из результатов химических анализов следует констатировать, что удобрения положительно повлияли на содержание гумуса в почве (табл. 1).

Таблица 1

**Агрохимические показатели пахотного слоя при внесении органических удобрений**

Вариант опыта	Содержание		
	Гумус	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	%	мг/100 г почвы	
1996, содержание до закладки опыта			
Контроль	2,07	1,89	16,8

Вариант опыта	Содержание		
	Гумус	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	%	мг/100 г почвы	
Солома, 4 т/га через 4 года +N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	2,19	1,75	15,9
Навоз, 50 т/га через 4 года	2,09	1,93	15,3
Навоз, 100 т/га через 4 года	2,54	1,78	16,7
Компост	2,17	1,54	16,8
2007, одиннадцатый год действия удобрений			
Контроль	2,15	1,93	18,1
Солома, 4 т/га через 4 года +N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	2,45	3,41	23,4
Навоз, 50 т/га через 4 года	2,42	4,03	28,5
Навоз, 100 т/га через 4 года	2,98	3,68	31,8
Компост	2,66	2,71	48,5
Прибавка по сравнению с начальным содержанием			
Контроль	0,08	0,04	1,3
Солома, 4 т/га через 4 года +N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0,26	1,66	7,5
Навоз, 50 т/га через 4 года	0,47	2,10	13,2
Навоз, 100 т/га через 4 года	0,44	1,90	15,5
Компост	0,39	1,17	31,9

Благоприятное влияние органических удобрений на агрохимические свойства почвы привело к увеличению продуктивности сельскохозяйственных культур (табл. 2).

Органические удобрения на исследуемых почвах необходимо вносить в дозах 50–100 т/га, рассчитанных эквивалентно подстилочному навозу.

В случае нехватки органических удобрений необходимо вносить по 50 т/га навоза в сочетании с минеральными удобрениями N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>.

В качестве органических удобрений могут быть использованы все отходы животноводческого сектора, отходы предприятий перерабатывающей промышленности и городского хозяйства (осадки городских сточных вод, хозяйственный мусор, дефекация сахарных заводов), гумусированный материал делювиальных почв, илы, накопленные в прудах, жидкие отходы животноводческих комплексов и предприятий сельскохозяйственного сырья.

Жидкие органические удобрения можно компостировать. В качестве поглощающего материала используется делювиальная почва, дефекация сахарных заводов, солома и другие.

Таблица 2

## Влияние органических удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур, т/га

Вариант опыта	Влияние органических удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур, ц/га									
	1997, ячмень	1998, кукуруза на зерно	1999, горох + ячмень	2000, пшеница	2001, кукуруза на зерно	2002, ячмень	2003, кукуруза на зерно	2004, подсолнечник	2005, пшеница	2006–2008 люцерна (среднее за 3 года)
1. Контроль	29,6	33,3	56,6	12,4	31,7	14,3	34,2	12,7	14,3	77
2. Солома, 4 т/га через 4 года + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	6,4	11,0	24,0	2,4	5,2	2,7	7,3	3,1	3,1	25
3. Навоз, 50 т/га через 2 года	7,6	12,5	11,1	5,3	12,8	7,1	15,3	7,4	6,7	95
4. Навоз, 100 т/га через 4 года	7,4	8,3	8,6	4,2	10,4	8,2	11,3	6,3	8,6	114
5. Навоз, 50 т/га через 4 года N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	10,1	10,7	70,8	9,5	13,3	9,4	12,4	7,1	9,4	121
6. Навоз, 100 т/га через 4 года	17,7	11,7	26,3	8,0	10,8	11,3	10,1	8,2	10,0	119
7. Навоз, 150 т/га через 6 лет	10,3	15,9	41,4	11,4	11,4	10,4	16,2	9,2	11,7	118
8. Навоз, 200 т/га через 8 лет	7,8	17,5	48,6	13,7	13,5	12,3	8,3	7,5	10,5	129
9. Компост, 100 т/га (навоз 80% + делювиальная почва, 20%)	6,2	13,7	26,6	1,1	7,2	3,1	5,8	3,9	2,6	85

## Список литературы

1. Добровольский, Г.В. Глобальный характер угрозы современной деградации почвенного покрова / Г.В. Добровольский // Структурно-функциональная роль почв и почвенной биоты в биосфере.
2. Крупеников, И.А. Черноземы, Возникновение, совершенство, трагедия деградации, пути охраны и возрождения / И.А. Крупеников. — Chiināu: Pontos, 2008. — С.51–163.
3. Эрозия почв. Сущность процесса. Последствия, минимализация и стабилизация: пособие. — Chiināu: Pontos, 2001 — 428 с.
4. Цуркан, М.А. Агрохимические основы применения органических удобрений / М.А. Цуркан. — Кишинев: Штиинца, 1985 — 287 с.

УДК 633.1/6:631.559(476.6)

## ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС ОСНОВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ БЕЛАРУСИ

**С.А. Тарасенко, Н.И. Тарасенко**

*УО «Гродненский государственный аграрный университет»,  
г. Гродно, Беларусь*

Рост урожайности и улучшение качества продукции основных сельскохозяйственных культур связано с повышением эффективности важнейшего продукционного процесса — фотосинтеза, в ходе которого падающий на ассимиляционную поверхность растений квант света трансформируется в энергию органических соединений. Темпы накопления биологической массы растений, активность нарастания листьев, интенсивность биосинтеза фотосинтетических пигментов и формирования фотосинтетического потенциала в процессе роста и развития сельскохозяйственных культур являются важнейшей физиологической составляющей воздушного питания растений [1].

Для целей диагностики развития продукционного процесса определенную перспективу имеет не простое содержание хлорофилла (в % на сухую массу), а более объемный показатель — хлорофилловый индекс (ХИ). Он представляет собой количество хлорофилла в кг/га или в г/м<sup>2</sup> [2]. По мнению С.А. Михайловой и др. [3], количество хлорофилла, содержащегося в отдельном органе растений, может служить исходным показателем при оценке активности фотосинтетического аппарата. По данным В.Н. Прохорова и др. [4], между ХИ и продук-

тивностью ярового ячменя существует тесная корреляционная связь с начала вегетации и до фазы флагового листа злака. По мнению авторов ХИ может служить в качестве критерия оценки состояния посевов и прогнозирования хозяйственной продуктивности растений на ранних этапах вегетации. Значительная корреляционная связь ХИ с продуктивностью и урожайностью получена в исследованиях с полевыми культурами и лекарственными растениями в западном регионе Беларуси [5, 6, 7]. В Германии в последние годы получило широкое распространение определение состояния посевов в реальном времени на основании количества хлорофилла в растениях [8]. В Чешской республике хлорофилловый индекс растений сахарной свеклы применяется для оптимизации азотного питания этой культуры [9].

Общее количество хлорофилла в растительной биомассе сельскохозяйственных растений в период максимального развития продукционного процесса, является важнейшим показателем темпов образования органического вещества и формирования урожайности культур. Это связано с особой ролью этого фотосинтетического пигмента в превращении солнечной энергии в макроэнергетические соединения (АТФ) и с последующим участием их в темновых реакциях фотосинтеза (цикл Кальвина).

Для целей практического использования величины хлорофиллового индекса в системе интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур необходимо, чтобы этот показатель имел тесную корреляционную связь с величиной продуктивности сельскохозяйственных растений, что в конечном итоге определяет величину урожайности. Расчеты показали, что наиболее сильная связь между этими параметрами отмечалась в середине и конце вегетации растений (табл. 1). Коэффициент корреляции составлял 0,739–0,890. Таким образом, суммарное количество хлорофилла во всех частях сельскохозяйственных растений, содержащих этот пигмент, может являться основой для расчета продуктивности сельскохозяйственных растений на основе уравнения регрессии.

Таблица 1

**Корреляционная зависимость продуктивности сельскохозяйственных культур (ц/га сухого вещества) и величины хлорофиллового индекса (кг/га), 1991–2010 гг.**

Культура	Фенологическая фаза роста и развития	Календарный срок	Коэффициент корреляции	Уравнение регрессии
Яровые зерновые	Выход в трубку	Середина июня	0,838	$Y=1,197X+16,079$

Культура	Фенологическая фаза роста и развития	Календарный срок	Коэффициент корреляции	Уравнение регрессии
Озимая пшеница	Выход в трубку	Начало июня	0,865	$Y=0,872X+33,297$
Сахарная свекла	10–12 настоящих листьев	Конец июля	0,855	$Y=0,467X+46,833$
Картофель	Бутонизация	Середина июля	0,890	$Y=0,965X+14,43$

С использованием уравнения регрессии, определена соответствующая им продуктивность сельскохозяйственных культур, которая выражается в центнерах на гектар сухой биологической массы в период их уборки (табл. 2, 3).

Таблица 2

**Хлорофилловый индекс (ХИ) и продуктивность зерновых культур в условиях западного региона, 1991–2010 гг.**

Уровень ПП	Яровые зерновые (ячмень, овес, пшеница)		Озимая пшеница	
	ХИ, кг/га	Надземная биомасса, ц/га сухого вещества*	ХИ, кг/га	Надземная биомасса, ц/га сухого вещества *
Низкий	до 30	до 53	до 60	до 85
Средний	30–60	54–88	60–100	86–112
Повышенный	60–90	89–108	100–140	113–155
Высокий	более 90	более 108	более 140	более 155

\* – зерно + солома.

Таблица 3

**Хлорофилловый индекс и продуктивность пропашных культур в условиях западного региона, 1991–2010 гг.**

Уровень ПП	Сахарная свекла		Картофель	
	ХИ, кг/га	Биомасса, ц/га сухого вещества **	ХИ, кг/га	Биомасса, ц/га сухого вещества ***
Низкий	до 90	до 89	до 50	до 63
Средний	90–150	90–117	50–75	64–87
Повышенный	150–200	118–140	75–100	88–111
Высокий	более 200	более 140	более 100	более 111

\*\* – ботва + корнеплоды, \*\*\* – ботва + клубни.

На основании длительных полевых опытов с основными сельскохозяйственными культурами в западном регионе Беларуси (1991–2010 гг.) для каждой из них были выделены четыре уровня продукционного процесса (ПП) (низкий, средний, повышенный и высокий), рассчитанные по величине хлорофиллового индекса (кг/га хлорофилла).

### Список литературы

1. Тарасенко, С.А. Физиолого-агрохимические особенности продукционного процесса основных сельскохозяйственных культур в западном регионе Беларуси: монография / С.А.Тарасенко // Гродн. гос. аграр. ун-т. — Гродно, 2013. — 274 с.
2. Тарасенко, С.А. Физиология и биохимия растений. Практикум : учебное пособие / С.А.Тарасенко, Е.И.Дорошкевич, Гродненский государственный аграрный ун-т. — Гродно, 2004. — 210 с.
3. Влияние предпосевной обработки семян ячменя янтарной кислотой на рост растений и их продуктивность / С.А. Михайлова [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. — 1997. — № 2. — С. 53–56.
4. Физиолого-экологические основы оптимизации продукционного процесса агрофитоценозов (поликультура в растениеводстве) / В.Н. Прохоров [и др.]; ред. А.В. Кильчевский ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им. В.Ф. Купревича. — Минск: Право и экономика, 2005. — 368 с.
5. Белоус, О.А. Урожайность и качество лекарственного сырья пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.) в зависимости от действия удобрений и стимуляторов роста : дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / О.А. Белоус ; Гродн. гос. аграр. ун-т. — Гродно, 2009. — 145 л.
6. Брилева, С.В. Влияние органических, минеральных удобрений и стимуляторов роста на урожайность и качество валерианы лекарственной: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / С.В. Брилева; Гродн. гос. аграр. ун-т. — Гродно, 2006. — 145 л.
7. Живлюк, Е.К. Физиологические особенности продукционного процесса сортов озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), районированных в Беларуси: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.12 / Е.К. Живлюк; Ин-т эксперим. ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, Гродн. гос. аграр. ун-т. — Минск, 2010. — 21 с.
8. Жуков, А. «Умное» земледелие накормит планету / А. Жуков // Беларус. сел. хоз-во. — 2011. — № 12. — С. 76–80.
9. Differences in chlorophyll content in leaves of sugar beet / J. Pulkrabek [et al.] // Rostlinna Vyroba. — 2001. — Vol. 47, № 6. — P. 241–246.

## **ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ И СИСТЕМАТИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ НА 3-ПОЛЬНОМ ОВОЩНОМ СЕВОБОРОТЕ ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА**

**А.М. Устемирова**

*ТОО «Казахский научно-исследовательский институт погзоведения  
и агрохимии им. У.У. Успанова»,  
г. Алматы, Казахстан*

Одним из важнейших вопросов современного земледелия является сохранение плодородия почв. Устойчивое развитие земледелия, экономически эффективное и экологически безопасное функционирование сельскохозяйственного производства базируется на мерах по сохранению почвенного плодородия. Плодородие почв сельскохозяйственного назначения напрямую зависит от уровня применения средств химизации. Удобрения являются важным средством повышения производительности почв и могут максимально влиять на урожай сельскохозяйственных культур и плодородие, если вносятся в правильных севооборотах по определенной системе, учитывающей особенности питания культур, почвенно-климатические условия, агротехнику возделывания, свойства самих удобрений и т.д. Интенсификация земледелия немыслима без изучения действия длительного, систематического применения удобрений на плодородие почв, урожай сельскохозяйственной продукции.

Цель нашей работы было изучение влияния органических и минеральных удобрений, использованных в 3-польном короткоротационном зерно-овощном севообороте на воспроизводство плодородия орошаемых темно-каштановых почв.

Данный севооборот (3-польный) разработан и рекомендован Казахским научно-исследовательским институтом картофелеводства и овощеводства для мелких крестьянских (фермерских) хозяйств с небольшими земельными наделами (3–10 га). На первом поле севооборота размещаются зерновые культуры (в опыте – ячмень). После уборки зерновых измельченная (комбайном) солома разбрасывается по полю. Средняя норма соломы составляет 2 т/га (при урожае зерна 2 т/га), которая эквивалентна 3–4 т навоза. Поверх соломы вносится навоз, который вместе с соломой запахивается в почву. Такая система (биологизированная, органо-минеральная) позволяет значительно

повысить плодородие почвы и продуктивность культур в 3-польном севообороте.

Почвенные исследования проводились на стационарных опытных полях Казахского НИИ картофелеводства и овощеводства, расположенного в 50 км от города Алматы.

Темно-каштановые почвы в центральной части Заилийского Алатау распространены на подгорно-предгорных равнинах этого хребта, где они формируются, главным образом, на мощных лессовидных суглинках, реже на двучленных суглинисто-галечниковых аллювиально-пролювиальных наносах. Темно-каштановые почвы характеризуются средним содержанием гумуса (3–5%) и азота (0,2–0,3%) в верхнем горизонте, при довольно широком отношении органического углерода и азота (C:N = 10–12). С глубиной эти показатели постепенно уменьшаются.

Длительное (более 50 лет) применение органических и минеральных удобрений в овощном севообороте оказало существенное влияние на изменение основных агрохимических свойств орошаемой темно-каштановой почвы (табл.).

Таблица

**Влияние длительного применения удобрений на агрохимические показатели, орошаемых темно-каштановых почвах, на 3-польном короткоротационном зерно-овощном севообороте**

Вариант опыта	Глубина, см	Гумус, %	Подвижные формы, мг/кг			CO <sub>2</sub> , %	рН
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
Естественный фон	0-20	1,89	28,8	69,0	210,0	4,33	8,39
	20-40	1,62	20,4	60,0	200,0	6,39	8,44
	40-60	0,76	19,2	63,0	190,0	10,6	8,49
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> (контроль – органический фон – 60 т/га)	0-20	2,07	29,4	143	305	1,35	8,14
	20-40	1,86	23,8	82	265	1,83	8,16
	40-60	1,16	21,0	32	205	3,46	8,18
Контроль + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0-20	2,30	30,8	98	300	1,28	8,11
	20-40	1,85	26,6	58	255	1,25	8,10
	40-60	1,51	23,8	26	215	2,11	8,08
Контроль + N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0-20	2,69	37,8	153	380	1,09	8,04
	20-40	2,56	30,8	70	285	1,13	8,07
	40-60	2,32	25,2	27	230	1,25	8,08
Контроль + N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0-20	2,79	37,8	100	540	1,06	8,05
	20-40	2,48	33,6	110	545	0,94	7,99
	40-60	2,27	35,0	65	410	1,44	8,12

Проведенные исследования почв опытных полей в условиях возделывания овощных культур, позволили определить состояние почвы, трансформацию некоторых её свойств, под воздействием длительного орошения. В таблице приведена агрохимическая характеристика орошаемых темно-каштановых почв по вариантам опыта.

По результатам опыта наиболее значительное увеличение содержания гумуса было зафиксировано при совместном применении органических и минеральных удобрений или внесении только одних органических удобрений по сравнению с естественным фоном (в контроле содержание гумуса— 1,89%). В вариантах опытного поля 3-польного зерно-овощного севооборота содержание гумуса на контроле равнялось 2,07%, в вариантах с органо-минеральными удобрениями — 2,30–2,79%.

Как известно подвижные формы питательных веществ (NPK) являются основными составляющими плодородия почвы. Так содержание подвижных форм NPK в верхних слоях естественного фона колеблется в пределах: азот 28,8, фосфор 69,0 и калий 210 мг/кг. А результаты исследований на 3-польном короткоротационном зерно-овощном севообороте были сравнительно выше. На удобренных вариантах отмечено незначительное повышение азота в пределах от 30,8 до 37,8 мг/кг (контроль — 29,4 мг/кг). Также зафиксирована существенная динамика увеличения обменного калия от 380 до 540 мг/кг (контроль — 305 мг/кг). Заметные различия между вариантами опыта по гумусированности почвы в сравнительно короткий период наших исследований (2012–2014 гг.) связано с исходным уровнем плодородия почвы.

Таким образом, наибольшие содержания органического вещества установлены при использовании совместного применения органических и минеральных удобрений. С растительными остатками ежегодно поступало в почву 0,36–0,74 т/га гумуса, наиболее его значительное количество отмечено при применении органических и минеральных удобрений (2,30–2,79%). Наибольший приход гумуса был в почве вариантов с полной дозой минеральных удобрений и органического удобрения. Расчеты показали, что ежегодный баланс органического вещества составил в вариантах без удобрений и внесением только минеральных удобрений — нулевой и положительный баланс, в вариантах с органическими удобрениями — 0,15–1,10 т/га, совместного применения органических и минеральных удобрений — 0,20–1,09 т/га. Таким образом, на основании длительных исследований, проведенных на орошаемых темно-каштановых почвах юго-востока Казахстана, установлено, что при использовании органических и минеральных удобрений улучшились агрохимические свойства, и увеличилось содержание органического вещества в почве. Отмечено значительное повышение урожайности сельскохозяйственных культур в севообороте.

## КОЭФФИЦИЕНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ УДОБРЕНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ КУЛЬТУРАМИ

**Я.С. Филимончук**

*Национальный научный центр «Институт почвоведения  
и агрохимии им. А.Н. Соколовского»,  
г. Харьков, Украина*

Исследования проводили в условиях длительного стационарного полевого опыта, заложенного в 1969 г. на Слобожанском опытном поле ННЦ «ИПА имени А.Н. Соколовского» Харьковского района Харьковской области, после распашки многолетней залежи (более 40 лет, летное поле Коротичанского аэродрома). Для закладки вегетационного опыта, в августе 2011 года, были отобраны образцы почвы на таких агрохимических фонах: 1. Навоз 140 т/га (последствие с 1995 года, с навозом в почву внесено  $N_{590}P_{280}K_{700}$ ). 2. Навоз 140 т/га +  $P_{1200}$  (в запас, последствие с 1983 г., всего внесено  $N_{590}P_{1480}K_{700}$ ). 3. Навоз 140 т/га +  $N_{1200}P_{1200}K_{1200}$  (в запас, последствие с 1983 года) + 1N1P1K (ежегодно одинарная доза под культуры севооборота, последствие с 2011 г., всего внесено  $N_{3130}P_{2820}K_{3030}$ ).

Почва опытного поля – чернозем типичный малогумусный тяжелоуглинистый на лессовидном суглинке. В пахотном слое почвы (0–25 см) содержание гумуса (по Тюрину) составило 3,5–4,4%, минерального азота – 1,0–1,9 мг/100 г почвы, подвижных соединений фосфора 6,1–14,9 и калия – 10,2–14,2 мг/100 г,  $pH_{KCl}$  – 4,5–5,5.

На каждом агрохимическом фоне минеральные удобрения применялись по схеме: 1. Контроль (без удобрений), 2. N, 3. P, 4. NP, 5. NPK. Дозы минеральных удобрений составляли для овса 60 кг/га, для гречихи – 90 и кукурузы – 120 кг/га.

Проведенными исследованиями установлено (табл.), что непосредственное внесение удобрений под культуры оказало существенное влияние на коэффициенты использования макроэлементов на различных агрохимических фонах чернозема типичного. Было установлено, что среди исследуемых вариантов опыта коэффициент использования азота растениями овса был самым высоким на фоне ( $N_{1200}P_{1200}K_{1200}$  + 1N1P1K) в варианте  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – 72%. На этом агрохимическом фоне было внесено максимальное количество азотных удобрений.

Таблица 1

**Коэффициенты использования питательных веществ из удобрений  
сельскохозяйственными культурами**

Вариант	Коэффициенты использования с удобрений, %								
	Овес (фаза колошения)			Гречиха (фаза формирования соцветий)			Кукуруза (фаза 10–12 листьев)		
	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий
Навоз 140 т/га									
Контроль*	–	–	–	–	–	–	–	–	–
N	47	–	–	48	–	–	27	–	–
P	–	6	–	–	8	–	–	5	–
NP	64	12	–	47	12	–	49	5	–
NPK	67	13	41	61	16	27	45	6	37
Навоз 140 т/га + P <sub>1200</sub>									
Контроль	–	–	–	–	–	–	–	–	–
N	47	–	–	35	–	–	33	–	–
P	–	11	–	–	11	–	–	8	–
NP	52	17	–	41	16	–	34	1	–
NPK	68	19	45	35	20	40	46	3	45
Навоз 140 т/га + N <sub>1200</sub> P <sub>1200</sub> K <sub>1200</sub> + 1N1P1K									
Контроль	–	–	–	–	–	–	–	–	–
N	46	–	–	41	–	–	38	–	–
P	–	13	–	–	12	–	–	11	–
NP	64	33	–	64	16	–	55	2	–
NPK	72	33	48	96	19	35	70	–	34

*Примечание.* \* – без удобрений.

Коэффициент использования калия в варианте N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> был одного порядка и не зависел от агрохимического фона.

Коэффициенты использования питательных веществ растениями гречихи и кукурузы существенно отличались от коэффициентов использования азота, фосфора и калия растениями овса. Различия в физиологии питания исследуемых культур, определяемые их видовой принадлежностью, проявились в неоднородности потребления питательных элементов.

Так, например внесение азотных удобрений под гречиху отдельно (вариант N<sub>90</sub>) снижало коэффициент использования азота из удобрений относительно навозного фона, что подтверждают полученные данные на фонах: P<sub>1200</sub> и N<sub>1200</sub>P<sub>1200</sub>K<sub>1200</sub> + 1N1P1K – 35 и 41% соответственно.

Следует отметить, что в условиях внесения азотно-фосфорно-калийных удобрений (Навоз 140 т/га +  $N_{1200}P_{1200}K_{1200}$  +  $N_1P_1K_1$ ) коэффициент использования азота возрастает до 96%, что является наибольшим показателем среди сельскохозяйственных культур опыта. Использование калия гречихой на агрохимических фонах (Навоз 140 т/га) и (Навоз 140 т/га +  $N_{1200}P_{1200}K_{1200}$  +  $1N1P1K$ ) снижалось почти в 1,5 раза по сравнению с поглощением этого элемента растениями овса и было почти одинаковым на фоне (Навоз 140 т/га +  $P_{1200}$ ).

Среди исследуемых культур опыта низкие коэффициенты использования питательных веществ отмечены у кукурузы, что возможно было связано с коротким периодом вегетации растений (фаза 10–12 листьев). В условиях применения минеральных удобрений коэффициенты использования азота в вариантах опыта составляют 27–70%, фосфора – 1–11%, калия – 34–45%.

Следовательно, среди сельскохозяйственных культур опыта растения овса более полно использовали азот, фосфор и калий при меньшей дозе применения минеральных удобрений, чем гречиха и кукуруза. Коэффициенты использования макроэлементов зависели от агрохимического фона и комбинаций применяемых минеральных удобрений. Применение минеральных удобрений на агрохимических фонах в вариантах  $NP$  и  $NPK$  существенно увеличивало использование питательных веществ и наибольшими были на фоне Навоз 140 т/га +  $N_{1200}P_{1200}K_{1200}$  +  $1N1P1K$ . При применении минеральных удобрений коэффициенты использования азота, фосфора и калия зерновыми культурами возрастали с улучшением условий минерального питания.

УДК 631.547

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИАГНОСТИКИ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ**

**В.И. Филон, С.С. Шевченко, С.О. Прудникова**

*Харьковский национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева,  
г. Харьков, Украина*

Получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур соответствующего качества возможно лишь при условии рационального применения минеральных удобрений. В этом контексте своевременная и объективная диагностика минерального питания растений выступает ключевым моментом в решении указанной проблемы.

Сегодня над усовершенствованием диагностики питания растений работает ряд ведущих учебных и научных заведений, в том числе и Харьковский национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева, при кафедре агрохимии которого создана и функционирует лаборатория диагностики и управления питанием растений. Подготовленный сотрудниками лаборатории обзор литературы свидетельствует, что за период систематического применения удобрений проведена немалая работа по разработке методов диагностики питания растений. Несмотря на это, все они имеют те или иные недостатки. Так, например, в соответствии с почвенной диагностикой, на участках с низким содержанием NPK дозу удобрений увеличивают, на участках с высоким содержанием, наоборот, уменьшают. К сожалению, при непосредственном внесении удобрений контуров указанных участков на поле не видно. Для выхода из создавшегося положения рассчитывают и вносят усредненную дозу. Это приводит к передозировке удобрений на участках с высоким содержанием питательных элементов и недостаточному внесению на участках с низким содержанием NPK. Второй недостаток почвенной диагностики заключается в том, что подвижные формы питательных элементов извлекается из почвы сильными кислотами. При этом допускают, что корневая система растений обладает такой же способностью к растворению химических соединений, как и минеральные кислоты. Конечно же, это только предположение. Существенным недостатком почвенной диагностики является и то, что она ограничивается только определением содержания питательных веществ. Последнее характеризует обеспеченность ими растений наданный момент времени. Для более полной характеристики питательного режима почв следует определять потенциалы питательных элементов и буферную способность к ним вполне конкретной почвы. Последние два показателя являются сложными в исполнении и на производстве не используются. Рассматривая проблему питания растений, академик Д.М. Прянишников указывал на то, что только растение более точно, чем любой анализ укажет нам на обеспеченность его элементами питания. Именно эту цель и преследует растительная диагностика, в пределах которой различают: визуальную, тканевую, листовую, морфо-биометрическую, дистанционную (N-тестеры) и функциональную. Наиболее отработанной является листовая диагностика. Однако осуществление ее требует значительных затрат времени и средств. В целом на проведение анализа и составление рекомендаций требуется 15–20 дней. Понятно, что проведение коррекции питания растений путем внекорневых подкормок в этом случае теряет всяческий смысл.

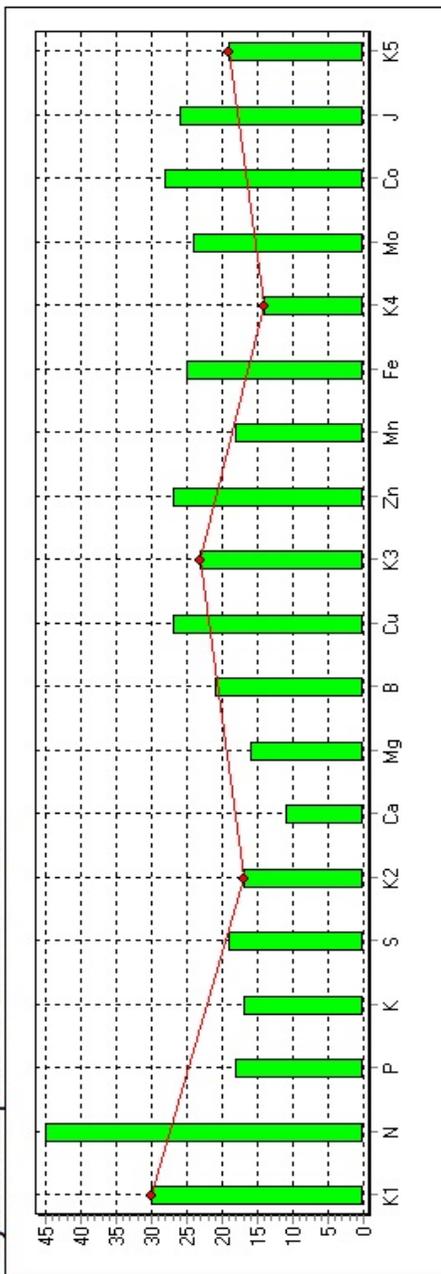
Все большую популярность среди агрономов приобретает функциональная диагностика. В основу последней положены труды английского ученого Роберта Хилла по определению фотосинтетической активности хлоропластов. Им показано, что процесс фотосинтеза при освещении суспензии хлоропластов протекает точно так же, как и в живых клетках. Это позволяет наблюдать реакцию хлоропластов на инъекцию того или иного элемента. При этом усиление фотосинтетической активности хлоропластов свидетельствует о недостатке питательного элемента, ослабление – о его избытке. Активность хлоропластов оценивается по выделению кислорода, который обесцвечивает 2,6 – дихлорфенолиндофенол. Измерение интенсивности светопропускания суспензии до и после инъекции питательного элемента проводят на современном фотометре, который входит в комплект портативной лаборатории «Агровектор».



*Рис.* Портативная лаборатория «Агровектор»

Как бы ни относились ученые к теоретическим основам функциональной диагностики, а преимущества ее перед ранее предложенными методами очевидны. Нет сомнений в том, что фотосинтез отражает реальные процессы обмена веществ в живых растениях и противопоставить этому что-либо более существенное невозможно. На наш взгляд, функциональная диагностика представляет собой в какой-то мере модификацию метода «опрыскивания» или «инъекций». Последняя отражает реакцию на питательный элемент растения в целом, функциональная – только самого процесса фотосинтеза. Вместе с тем функциональная диагностика менее затратная и осуществляется на современном оборудовании с применением компьютерных программ.

Результат измерения от 02.04.2014 13:26:33



	N, кг/га	P, кг/га	K, кг/га	S, кг/га	Ca, кг/га	Mg, кг/га	B, г/га	Cu, г/га	Zn, г/га	Mn, г/га	Fe, г/га	Mo, г/га	Co, г/га	J, г/га
Изм.	45	18	17	19	11	16	21	27	27	18	25	24	28	26
%	64,2	0	0	0	0	0	1,9	23,9	30,1	0	53,8	57,4	69,7	46,5
ДВ	14,8	0	0	0	0	0	2,1	23,9	30,1	0	53,8	0,9	0,3	0,2

Рис. Результаты функциональной диагностики посевов озимой пшеницы: по оси ординат – фотосинтетическая активность хлоропластов; по оси абсцисс – макро- и микроэлементы, обеспеченность которыми определяется. Красная линия указывает на уровень активности хлоропластов на контроле. Выше красной линии – существует потребность во внесении питательного элемента, ниже – нет

Преимуществами указанной методики является работа с живыми растениями, проведение анализа в короткие сроки, максимальная приближенность к непосредственному производителю, учет особенностей каждого поля, сорта, гибрида и технологии его возделывания.

Весьма удобным является и представление результатов функциональной диагностики.

Проведенные нами исследования на искусственно созданных агрохимических фонах (полевые и вегетационные исследования) свидетельствуют о том, что результаты функциональной диагностики полностью отвечают потребности растений в питательных элементах и соответствуют данным химического анализа почвы.

УДК 631.81:631.4

## **МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ В СИСТЕМАХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ (ОКУПАЕМОСТЬ АГРОХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ)**

**Д.М. Хомяков**

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет  
им. М.В. Ломоносова»,  
г. Москва, Россия*

Реализации дифференцированных в пространстве и времени агроприемов производится в рамках технологического комплекса, известного как «Точное сельское хозяйство (земледелие)» (Precision Agriculture, PrecisionFarming). Создаются условия для оптимизации объемов агрохимических средств, а соблюдение установленных экологических требований снижает их воздействие на компоненты окружающей среды. Эта деятельность требует больших инвестиций, использования современных информационных систем, соответствующей сельскохозяйственной техники и квалификации персонала.

В системе «почва – сельскохозяйственная культура – агрометеорологические условия» традиционно выделяют почву, как динамический канал управления, а посев считают конечным его звеном. Инерционность (иногда емкость) свойств и функционирования почвы позволяет выделить оптимизацию агрохимического состояния в отдельную задачу управления продукционным процессом (формированием урожая).

Реализуют оптимальную стратегию, учитывая пространственную неоднородность ряда переменных – самого урожая и показателей аг-

рохимических свойств, включая кислотность почв. Поскольку действие удобрений и мелиорантов не ограничивается годом их внесения, возникает необходимость наличия адекватных прогностических математических моделей, в которых формализованы знания об объектах, средствах их измерения и оценки. По их расчетам должны корректироваться во времени начальные условия (данные) в электронных агрохимических картограммах полей (ЭАКП), полученные с помощью методов дистанционного зондирования. На каждом этапе неизбежно накапливаются ошибки, связанные с недостаточностью знаний, неточностью входной информации и вычислений, что снижает адекватность и точность прогноза моделей.

Данные теоретические построения, часто используются, но входят в противоречие с известным в общей экологии тезисом о разнообразии и вариабельности параметров, как условия многолетней устойчивости экосистем — ежегодного получения биологической продукции в количестве достаточном для воспроизводства и функционирования в условиях изменяющейся среды. В пахотном слое почв варьируют не только агрохимические свойства, но и гранулометрический состав, содержание и качество органического вещества, физико-химические и физические свойства, локально меняются потоки тепла, влаги и т.д. Всегда будут существовать микроучастки, где условия минерального питания будут соответствовать (корреспондироваться) с гидротермическими, находиться в оптимальных или допустимых соотношениях. Можно утверждать, что именно эти особенности агроценозов позволяют, в итоге, в конце вегетационного периода сформировать урожай в широком диапазоне изменения внешних факторов, включая метеорологические.

Выше рассмотренный подход, — динамическое управление через применение удобрений, имеет право на существование и практическую реализацию в контролируемых условиях закрытого грунта (именно грунта). Возникает вопрос, — при полевом земледелии стоит ли так пристально уделять внимание дифференцированному внесению минеральных удобрений, устраняющему пространственную неоднородность параметров плодородия?

Наши исследования проводились в Озерском районе Московской области, на землях агропредприятия «Озеры», в Ступинском ландшафтно-сельскохозяйственном районе Подольско-Озерского ландшафтно-сельскохозяйственного округа. Общая площадь землепользования в хозяйстве составляет около 5000 га, из неё — площадь сельхозугодий 3800 га, в том числе пашня — 3200 га. Агрогенное изменение естественных почв приводит к образованию агросветло-гумусо-

вых (агродерновых) аллювиальных глееватых почв (или аллювиальных дерновых кислых среднеосвоенных почв по классификации 1997 г.) с профилем PY-AY-Cg.

С площади 500 га в 2012 г. было отобрано свыше 500 образцов поверхностного (0–25) слоя почвы. Они анализировались в Государственном центре Агрохимической службы «Московский». По первичной GPS-информации об объектах были начерчены контура полей, добавлены данные о расположенных на пашне помехах.

В исследованиях поочередно, на разных этапах, использовались три программных пакета (специальное программное обеспечение-СПО) разных фирм-производителей, имеющих различное назначение и инструментарий: Geo Plan v.12.02; ГИС «Карта 2008» v.10; Trimble Farm Works.

Далее в СПО «Geo Plan» созданы векторные ЭАКП с использованием космических снимков высокого разрешения 4,77 и 9,54 м/точку.

СПО Trimble Farm Works совместимо с бортовыми компьютерами ведущих производителей сельскохозяйственной техники: Amazone, New Holland, Agrosom и др. С его помощью на основе электронных агрохимических картограмм полей создавались карты-задания по дифференцированному внесению калийных удобрений под картофель. Сорт картофеля Фреско в испытании в центральных районах нечерноземной зоны показал среднюю урожайность клубней в 200–390 ц/га при максимальном значении в 450 ц/га. Дозы хлорида калия определялись для каждого контура (выдела), находящегося между соседними изолиниями обеспеченности почвы обменным калием. Реализация данной методики позволяет незначительно (не более, чем на 15%) повысить расчетную окупаемость минеральных удобрений. В значительной степени это связано с высокой равномерностью внесения конкретных доз специальной техникой, а не с изменением доз на выделенных локальных участках.

Такие работы пока остаются исключительно экспериментальными. Сдерживающие факторы: отсутствие комплекса необходимой геоэкологической информации; необходимость использования специальных сельскохозяйственных машин, с возможностью варьирования внесения агрохимикатов на элементарных участках площадью 1,2–2,0 м<sup>2</sup>; падение скорости осуществления операций и производительности; слишком высокие затраты по внедрению указанной агротехнологии, не компенсируемые полученным доходом. Требуется длительное время для подготовки условий и материалов, предшествующее ее реализации на практике, а затем постоянное квалифицированное сопровождение.

В России существует не устранимый диспаритет цен на промышленную (научоемкую, инновационную) и аграрную продукцию. Площадь пашни, судьба которой неизвестна, оценивается в 45–48 млн га по сравнению с бывшей в использовании в 1990 г. Объем ежегодно применяемых минеральных удобрений не превышает 2,5 млн т д.в. Поэтому, разработка и апробация систем «точного земледелия» не относится к первоочередным задачам.

В этой связи, для рассматриваемой природной зоны нечерноземных почв, оптимальной стратегией является апробированная десятилетиями, — осуществление комплекса хорошо известных и научно обоснованных мероприятий по повышению окультуренности полей (или расширенному воспроизводству плодородия). На таких почвах удобрения и мелиоранты имеют высокую и устойчивую по годам окупаемость, возрастает уровень минимального урожая, который может быть получен в неблагоприятных агрометеорологических условиях, сельскохозяйственная продукция характеризуется должным качеством. В зональных севооборотах достигим уровень средней многолетней продукции в 35–40 ц з.е./га (в пересчете на год), при окупаемости минеральных удобрений не ниже 5–7 кг з.е./кг д.в. Здесь нельзя не вспомнить фундаментальные труды академика Т.Н. Кулаковской (1981, 1985 и др.), остающиеся актуальными и сегодня.

Эта стратегия управления оправдана и всесторонне изучена. Она может и должна быть реализована с использованием традиционных современных систем земледелия, а так же машин, механизмов, агрохимических средств, включая средства защиты растений.

Автор выражает благодарность специалистам ЗАО «Инженерный центр «Геомир» и КБ «Панорама».

УДК 631.42

## **РАСШИРЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО В УКРАИНЕ**

**Н.А. Цандур, В.Г. Друзьяк**

*Институт сельского хозяйства Причерноморья НААН,  
г. Одесса, Украина*

В Причерноморской степи урожай сельскохозяйственных культур формируется преимущественно за счет природного, потенциального плодородия почв (К.М. Кравченко, 2014). Содержание гумуса в пахот-

ном горизонте почвы в 1957–1961 гг. было 3,84%, в 2001–2006 гг. – 3,21 (В.П. Онищук, 2007). Ежегодный вынос питательных веществ с урожаем за 2003–2013 гг. составил в среднем 109,6 кг/га, а возвращалось в почву с минеральными удобрениями – 34 кг/га. Запасы гумуса в почвах ежегодно уменьшались в среднем на 0,04–0,4 т/га, а внесение навоза в 2011–2013 гг. составило 0,07 т/га (В.Ф. Голубченко, 2014). Возврат в почву вынесенных с урожаем веществ и энергии осуществлялся с большим дефицитом.

Перед земледельцем стоит двудеяная задача – выращивать стабильно высокие урожаи сельскохозяйственных культур и сохранять плодородие почвы как главного средства производства. С этой целью необходимо проводить поиск альтернативных навозу видов органических удобрений.

Полевые исследования проводились на стационарном опыте в 2003–2014 гг. на типовой зональной почве – черноземе южном малогумусном среднемощном тяжелосуглинистом на лессе. Территориально опыты размещены в Причерноморской почвенной провинции (северная широта – 46°28'904'' – 46°28'950'', восточная долгота – 30°35'420'' – 30°36'178'', высота над уровнем моря – 57 м). Наблюдения осуществляли в четырех севооборотах (3-польных), которые отличаются только первым полем (*пар черный, пар сидеральный, пар занятый и горох на зерно*), а другие два поля заняты пшеницей озимой. На сидеральном пару выращивали вику озимую (*сорт Приморка*), на занятом пару – смесь гороха (*сорт Готивский*) с горчицей белой (*сорт Талисман*). Минеральные удобрения и навоз не вносили. Солому оставляли на поле.

В севообороте с черным паром новообразованного гумуса накапливается мало или возникает дефицит (*расчет по методике НИЦ «Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского НААН»*). На поле с черным паром отмечается минерализация гумуса в количестве 2 т/га, а за счет соломы, корневых и стерневых остатков пшеницы озимой накапливается новообразованного гумуса 5 т, но под покровом пшеницы минерализуется 2,50 т/га и в почве остается гумуса лишь 0,50 т/га. При снижении урожайности пшеницы озимой до 25 т/га отмечается дефицит гумуса около 1,15 т/га.

Вика озимая формирует 30–36 т/га фитомассы уже в конце 2 декады мая. Трансформация биомассы вики позволяет накапливать 2,96 т/га гумуса. Минерализация гумуса в почве под покровом надземной массы вики составляет 1,10 т/га, т. е. на 0,90 т/га меньше, чем на черном пару. Положительный баланс гумуса на сидеральном паре со-

ставляет 1,86 т/га. За счет соломы, корневых и послеживных остатков пшеницы озимой баланс гумуса в севообороте с сидеральным паром увеличивается до 3,96 т/га.

В севообороте с занятым паром (*смесью гороха и горчицы белой на зеленое удобрение*) баланс гумуса также положительный – 3,26 т/га. Севооборот с горохом на зерно (*вместо черного пара*) имеет наименьший позитивный баланс гумуса – 1,82 т/га.

Вторым критерием плодородия почвы является баланс питательных веществ. В севооборотах с черным паром и горохом на зерно баланс азота негативный – минус 169,6 кг/га и 83,6. В севообороте с сидеральным паром баланс азота положительный и составляет 341,86 кг/га. В севообороте с паром занятым баланс азота также положительный – 43,95 кг/га.

Негативная роль сидерального пара может проявиться в том, что вика расходует влагу на формирование фитомассы, а также потеря влаги происходит при пахоте пашни для заделки зеленой массы на сидерацию. Для условий Степи нами разработан инновационный технологический вариант подготовки сидерального пара. Надземная масса сидеральной культуры не запахивается, как при классическом их применении, а измельчается дисковыми орудиями и частично перемешивается с поверхностным слоем почвы. При такой технологии на поверхности поля остается часть растительных остатков не заделанных в почву, надежно защищающих пашню от дефляции и частично от физического испарения влаги. Именно этот вариант апробирован, и дал положительный результат.

Вика озимая, как сидеральная культура, накапливает фитомассу и питательные вещества в ней больше, чем другие растения, выращиваемые на зеленое удобрение в одинаковых абиотических условиях. Корневая система вики имеет габитус соразмеримый с надземной массой. В этом первый позитив вики озимой: мочковатая корневая система пронизывает почву на глубину 1 м и более, увеличивая порозность почвы и запасы в ней органической массы, вмещающей в себе азот, зафиксированный из атмосферного воздуха в симбиозе с клубеньковыми бактериями. Трансформация и минерализация биомассы корневой системы протекает менее интенсивно по сравнению с поверхностно заделанной надземной фитомассой. Второй позитив – после дискования вики в мае остается 4 месяца до посева озимой пшеницы (*25 сентября – 5 октября*), что позволяет проводить уход за сидеральным паром (*1–2 дискования для измельчения фитомассы и перемешивания ее с почвой, 3–5 культиваций*).

В севообороте с горохом на зерно (*вместо пара*) баланс азота негативный, но меньше в 2 раза, чем в севообороте с черным паром. Горох обеспечивает себя азотом, но практически не оставляет азота в почве.

По количеству накопленного азота на первом месте находится севооборот с сидеральным паром (*вика озимая*) и на втором месте – пар занятый (*смесь гороха и горчицы белой*). Севообороты с черным паром и горохом на зерно (*вместо пара*) имеют негативный баланс азота.

Баланс фосфора ( $P_2O_5$ ) не во всех севооборотах обеспечивается положительный, если даже использовать всю солому на органическое удобрение. При урожайности пшеницы меньше 1,7 т/га баланс фосфора становится отрицательным. Фосфора больше всего накапливает севооборот с сидеральным паром, на 2 месте – с паром занятым (*смесь гороха и горчицы белой*). Горчица белая накапливает фосфора в зеленой массе больше, чем вика озимая, но урожайность горчицы ниже и поэтому валовое накопление фосфора меньше. На 3 месте – севооборот с горохом на зерно, на 4 – с черным паром.

Баланс калия ( $K_2O$ ) положительный во всех севооборотах. Наивысший показатель по накоплению калия в севообороте с сидеральным паром – 174,52 кг/га, меньше в севообороте с занятым паром (*смесь гороха и горчицы белой*) – 143,75, еще меньше – с горохом на зерно (*вместо пара*) (107,03) и наименьше – с черным паром (96,87).

В среднем на 1 га посева вики озимой накапливается фитомассы в количестве 31–33 т, корневых остатков – 5,4 т, азота – 385–425 кг,  $P_2O_5$  – 39–41 кг,  $K_2O$  – 92 кг; на 1 га посева смеси гороха и горчицы белой: фитомассы – 18,2–18,5 т, корневых остатков – 3,7 т, азота – 136 кг,  $P_2O_5$  – 28,  $K_2O$  – 48,5 кг. Интенсивность баланса по азоту (*% возврата–поступления до вынесенного с урожаем зерна*) – 261–344% (*севооборот с викой озимой*), 113–133% (*со смесью гороха и горчицы белой*); по фосфору – 71–100% (*севооборот с викой*), 49–77% (*со смесью*). Интенсивность баланса по гумусу (*% новообразованного до минерализованного*) – 169–210% (*севооборот с викой озимой*), 138–190% (*со смесью гороха и горчицы белой*), 102–145,5% (*с горохом на зерно*), 74,4–111,6% (*с черным паром*).

Расширенное воспроизводство плодородия чернозема южного по гумусу, азоту и калию обеспечивает сидеральный пар (*занятый посевом вики озимой*), и простое воспроизводство – по фосфору.

Солома пшеницы озимой, оставляемая на поле после уборки урожая зерна, компенсирует вынос из почвы питательных веществ с урожаем по азоту на 44,6%, по фосфору – 34,1%, по калию – 312%, а также обуславливает бездефицитный баланс гумуса.

Зеленая масса смеси гороха и горчицы белой (*в качестве сидерата*) формирует в комплексе с соломой положительный баланс гумуса, азота и калия, а по фосфору компенсирует вынос на 78,4%.

Севообороты с черным паром (*без навоза*) и горохом на зерно (*вместо черного пара*) имеют отрицательный баланс гумуса, азота и фосфора, но положительный баланс калия (*за счет соломы пшеницы озимой*).

Сидеральный пар является базовым элементом систем земледелия для обеспечения расширенного воспроизводства плодородия почвы.

УДК 631.811.1:631.83:539.1.04:631.445.2

## НЕТТО-МИНЕРАЛИЗАЦИЯ АЗОТА В ПОЧВЕ И ПОСТУПЛЕНИЕ $^{137}\text{CS}$ В РАСТЕНИЯ

Н.Н. Цыбулько<sup>1</sup>, И.И. Жукова<sup>2</sup>, Т.П. Шапшеева<sup>3</sup>, Д.В. Киселева<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Департамент по ликвидации последствий катастрофы  
на Чернобыльской АЭС МЧС Беларуси,

г. Минск, Беларусь

<sup>2</sup>БГПУ им. Максима Танка,

г. Минск, Беларусь

<sup>3</sup>Могилевский филиал Института радиологии,

г. Могилев, Беларусь

<sup>4</sup>МГУ им. А.А. Кулешова,

г. Могилев, Беларусь

При оценке азотного режима почвы важно знать не только содержание отдельных форм азота, но и продолжительность их существования в почве, скорость образования и расходования. Многообразие процессов внутрипочвенной трансформации азота затрудняет определить прямыми способами количество минерализуемого за вегетационный период азота почвы или величину нетто-минерализации. Для этого используют косвенный метод — расчет величины  $A$ , основанный на принципе, заключающемся в допущении, что поведение в почве и степень использования растениями азота удобрений и азота почвы аналогичны [1–3].

На основе метода изотопной индикации (изотопа  $^{15}\text{N}$ ) изучено влияние азотных удобрений на нетто-минерализацию азота в почве и ее взаимосвязь с поступлением  $^{137}\text{Cs}$  в растения ячменя и озимой ржи. Установлено, что на фоне РК величина нетто-минерализации составила при возделывании ячменя 22,6 г/м<sup>2</sup>, при возделывании озимой ржи — 20,0 г/м<sup>2</sup> (табл.).

**Влияние азотных удобрений на размеры нетто–минерализации  
содержащегося в почве азота**

Вариант опыта	Поглощено азота почвы, г/м <sup>2</sup>	«Экстра»-азот, г/м <sup>2</sup>	Нетто–минерализация азота		
			г/м <sup>2</sup>	% от исходного содержания	
				*N <sub>общ</sub>	N <sub>усв</sub>
<b>Ячмень</b>					
1. P <sub>6</sub> K <sub>12</sub> – фон	8,51	–	22,6	7,0	150,7
2. Фон + N <sub>6</sub>	9,65	1,14	32,1	10,0	214,0
3. Фон + N <sub>9</sub>	10,50	1,99	57,1	17,7	380,7
4. Фон + N <sub>6</sub> +N <sub>3</sub> *	9,65	1,14	48,3	15,0	322,0
5. Фон + N <sub>9</sub> +N <sub>3</sub> *	10,50	1,99	59,5	18,5	396,7
<b>Озимая рожь</b>					
1. P <sub>6</sub> K <sub>12</sub> – фон	6,02	–	20	6,2	133,3
2. Фон + N <sub>6</sub>	8,90	2,88	33,1	10,3	220,7
3. Фон + N <sub>9</sub>	9,70	3,68	49,2	15,3	328,0
4. Фон + N <sub>6</sub> +N <sub>3</sub> *	8,90	2,88	42,3	13,1	282,0
5. Фон + N <sub>9</sub> +N <sub>3</sub> *	9,70	3,68	52,4	16,3	349,3

*Примечание.* \* Исходное (в ранневесенний период) содержание составляло в среднем: N<sub>общ</sub> – 322 г/м<sup>2</sup> (3220 кг/га); N<sub>мин</sub> – 4,6 г/м<sup>2</sup> (46 кг/га), N<sub>усв</sub> – 15,0 г/м<sup>2</sup> (150 кг/га).

Применение азотных удобрений в дозе 6 г/м<sup>2</sup> (из расчета 60 кг/га) способствовало увеличению в 1,4 – 1,6 раза размеров нетто – минерализации почвенного азота по сравнению с фосфорно-калийным фоном. При повышении доз азотных удобрений от 6 до 12 г/м<sup>2</sup> они возросли с 32,1–33,1 до 52,4–59,5 г/м<sup>2</sup>.

Дробное применение азотных удобрений в весеннее-летний период вегетации возделываемых культур по отношению к однократному внесению той же дозы снижало величину нетто-минерализации азота почвы на ячмене на 8,8 г/м<sup>2</sup>, на озимой ржи – 6,9 г/м<sup>2</sup>.

Выполненные расчеты показали, что количество минерализуемого за вегетационный период азота колеблется на фосфорно-калийном фоне в пределах 6,2–7,0% от общего азотного фонда почвы, а в вариантах с внесением азотных удобрений – от 10,0 до 18,5%.

На удобренных азотом вариантах размеры нетто-минерализации были в 2,1–3,5 раза выше исходного содержания (перед посевом ячменя и возобновлении весенней вегетации озимой ржи) потенциально усвояемого азота в пахотном слое почвы, который включает минеральные формы азота (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> и NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) и минерализуемые органические соединения.

Усиление минерализационных процессов в почве способствовало более интенсивному поступлению  $^{137}\text{Cs}$  в растения. Получена тесная взаимосвязь между удельной активностью радионуклида в зерне ячменя и озимой ржи и величиной нетто-минерализации почвенного азота, которая описывалась уравнениями (рис. 1 и 2):

для ячменя –  $y = -0,0026x^2 + 0,3213x + 1,101$ ,  $R^2 = 0,85$ ;

для озимой ржи –  $y = -0,0033x^2 + 0,348x + 2,9575$ ,  $R^2 = 0,78$ .

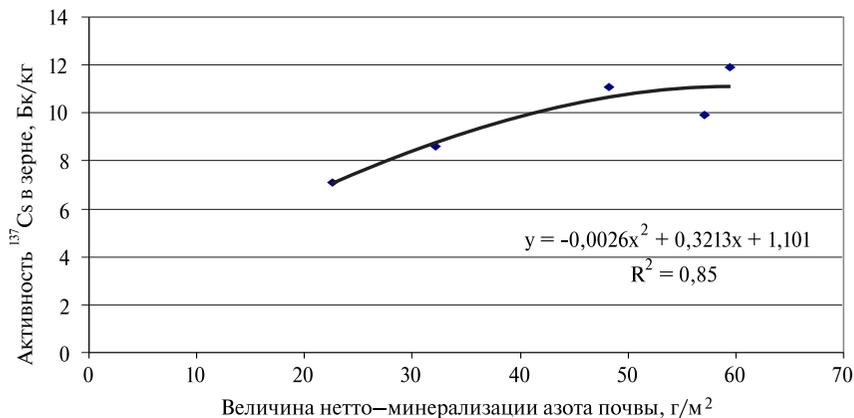


Рис. 1. Зависимость содержания  $^{137}\text{Cs}$  в зерне ячменя от величины нетто-минерализации азота

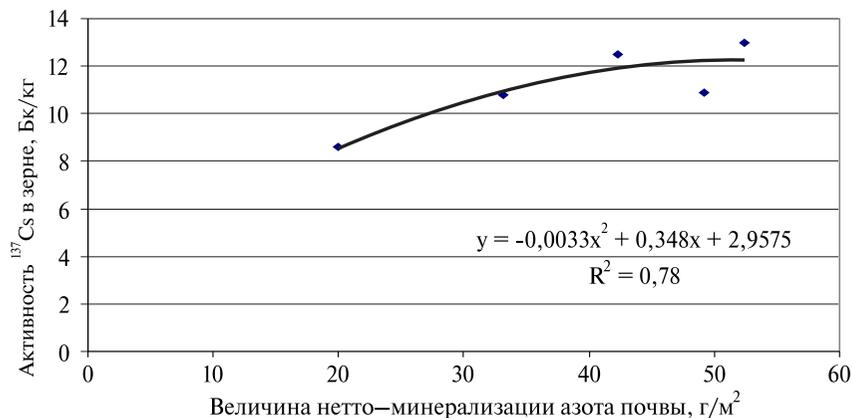


Рис. 2. Зависимость содержания  $^{137}\text{Cs}$  в зерне озимой ржи от величины нетто – минерализации азота

Таким образом, с увеличением нетто – минерализации почвенного азота при внесении возрастающих доз азотных удобрений наблюдалось повышение концентрации радиоцезия в зерне ячменя и озимой ржи.

### Список литературы

1. Кудеяров, В.Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений / В.Н. Кудеяров. – М.: Наука, 1989. – 215 с.
2. Семененко, Н.Н. Адаптивные системы применения азотных удобрений / Н.Н. Семененко. – Минск: БИТ «Хата», 2003. – 164 с.
3. Семенов, В.М. Количественная оценка процессов азотного цикла при внесении возрастающих доз азотных удобрений / В.М. Семенов [и др.] // Агрохимия. – 1992. – № 5. – С. 3–10.

УДК 633.11"324":631.82](251.1:477)

## **ОПТИМИЗАЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА ЧЕРНОЗЕМАХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ**

**В.И. Чабан**

*ГУ «Институт сельского хозяйства степной зоны НААН Украины»,  
г. Днепрпетровск, Украина*

В структуре посевов зерновых культур в Украине доля озимой пшеницы составляет более 40%. Около половины площадей ее посевов сосредоточены в степной зоне. Национальная программа «Зерно Украины» предусматривает увеличение валовых сборов в ближайшей перспективе до 70–80 млн т, в том числе зерна озимой пшеницы – более 30 млн т. В этой связи, наращивание производства продовольственного зерна остается важным вопросом. Для его решения необходимо совершенствование всех элементов технологии возделывания, в том числе и питания растений. К сожалению, сокращение в последнее время объемов применения минеральных удобрений до 50–60 кг/га д.в. азота, фосфора и калия при отсутствии органики (0,2 т/га) приводит к нарушению его сбалансированности, что отражается на уровне продуктивности и качества продукции. Исходя из выше изложенного цель исследований – оптимизировать минеральное питание пшеницы озимой и установить влияние комплексного применения макро- и

микроудобрений на агрохимические свойства чернозема, урожай, качество зерна.

Исследования проводили на Эрастовской опытной станции (Пятихатский район Днепропетровская область) ГУ ИСХСЗ в полевом опыте, заложенном в севообороте: черный пар – озимая пшеница – кукуруза на зерно – ячмень – подсолнечник. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый на лессе со следующей агрохимической характеристикой пахотного слоя: содержание гумуса – 4,0–4,2%, валовых азота – 0,23%, фосфора – 0,12%, калия – 2,0%. Реакция почвенного раствора близкая к нейтральной (pH 6,5–6,9). Схема опыта включала различные уровни использования минеральных удобрений (минимальный, оптимальный, высокий) и их сочетание с микроудобрениями. Технология выращивания озимой пшеницы (сорт Куяльник) общепринятая для условий производства зоны. Отбор образцов почвы, растений и их анализы проводили с использованием общепринятых в агрохимии методов.

Изучение питательного режима почвы в период вегетации пшеницы свидетельствует, что его показатели существенно варьировали в зависимости от уровня применения минеральных удобрений. Так, при минимальных ( $N_{20}$ ) дозах азота содержание  $N-NO_3$  находилось практически на уровне контроля. Увеличение его доз до 60–100 кг/га сопровождалось повышением содержания нитратов в фазе кущения на 23–34%. Сохранялось действие удобрений и фазе колошения (3–9%). На удобренных вариантах улучшался фосфатный и калийный режимы чернозема – содержание подвижных форм  $P_2O_5$  и  $K_2O$  повышалось на 8–19% при использовании 30–50 кг/га соответствующих удобрений.

Улучшение питательного режима почвы положительно отражалось на состоянии и габитусе растений озимой пшеницы. Достаточно четко это проявлялось как в начале вегетации, так и в более поздние фазы развития. Уже в период кущение–трубка высота растений повышалась с 29,1 см на контроле до 35,0–36,1 см на удобренных вариантах. Удобрения способствовали существенному увеличению количества узловых коней (с 13,8 до 16,3–19,6 шт.) и стеблей (с 4,6 до 5,8–6,0 шт.) на растение. При этом сухая масса 100 растений повышалась с 27,3 до 28,1–33,6 г, а площадь листовой поверхности одного растения – с 22,4 до 23,0–38,5 см<sup>2</sup>. Действие удобрений на биометрические показатели растений сохранялось и в фазе цветения. Обработка растений микроэлементами на фоне минеральных удобрений способствовало улучшению их биометрических показателей. В данном случае действие ком-

плексонатов МЭ более выражено проявлялось на фоне минимальной дозы удобрений ( $N_{20}P_{10}K_{10}$ ).

Под действием удобрений существенно менялся и химический состав растений. Так, в фазу трубкования содержание азота в вегетативной массе на контроле составило 1,97%, тогда как на удобренных вариантах наблюдалось его повышение до 2,10–2,72%. Содержание фосфора повышалось с 0,57 до 0,67–0,84%, а калия – с 2,90 до 3,00–3,85% соответственно. Изменения сохранялись и в фазу полной спелости, но больше были характерны для зерна, в особенности по содержанию азота.

Учет урожая в опыте свидетельствует, что продуктивность озимой пшеницы на контроле в среднем за 2011–2013 гг. составила 39,2 ц/га. Применение минимальной дозы минеральных удобрений ( $N_{20}P_{10}K_{10}$ ) обеспечивало получение прибавки зерна 2,7 ц/га. Норма удобрений  $N_{60}P_{30}K_{30}$  способствовала увеличению дополнительного урожая в два раза (5,7 ц/га). На высоком фоне питания ( $N_{100}P_{50}K_{50}$ ), дальнейшего повышения урожая зерна не наблюдалось, а прибавка оставалась на предыдущем уровне (5,9 ц/га). Внекорневая обработка растений микроудобрениями (Реаком) в фазу трубкования также имела положительное, но неравнозначное влияние на урожай зерна. Применение одних микроэлементов обеспечивало получение прибавки 3,0 ц/га, а на фоне  $N_{20}P_{10}K_{10}$  – она повышалась до 4,8 ц/га. При использовании микроудобрений на оптимальном и высоком фоне питания ( $N_{60-100}P_{30-50}K_{30-50}$ ) проявлялась тенденция к снижению дополнительного урожая (4,7–4,3 ц/га).

Удобрения способствовали и улучшению качества продукции. Содержание белка повышалось до 10,6–12,0% при 10,2% на контрольном варианте. Включение в систему удобрений микроэлементов обеспечивало увеличение содержания белка до 12,6–13,7%. Содержание крахмала находилась в пределах 65,9–67,2%. Оценка экологической чистоты товарной и нетоварной продукции свидетельствует, что количественные показатели содержания микроэлементов и тяжелых металлов отвечают санитарно-гигиеническим требованиям и значительно ниже ПДК.

## **РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ ЯБЛОНИ, ОСНОВАННАЯ НА НЕКОРНЕВОМ ВНЕСЕНИИ РАСТВОРИНА**

**П.С. Шешко, А.С. Бруйло**

*УО «Гродненский государственный аграрный университет»,  
г. Гродно, Беларусь*

Основной задачей агрономической науки в условиях интенсивного адаптивного плодоводства является оптимизация системы удобрения, основанная на биологических особенностях конкретной культуры, состоянии плодового дерева, фазах роста и развития, нагрузки урожаем и возраста насаждений [3, 4]. При этом особое значение приобретает некорневое внесение макро- и микроэлементов, позволяющее мобильно управлять ростовыми процессами, продуктивностью и качеством продукции плодовых растений, более полно использовать природные, биологические и техногенные факторы, раскрыть генетический потенциал плодового дерева, что наиболее актуально при возделывании садов интенсивного типа с высокой плотностью посадки деревьев и неглубоким залеганием корневой системы, где оптимизация агротехники способствует истощению почвы и значительному выносу питательных веществ [1, 2].

В течение 2009–2012 гг. нами проводился полевой опыт по изучению влияния различных сроков и кратности некорневого внесения комплексного водорастворимого удобрения Растворин в яблоневом саду интенсивного типа 2007 г. посадки, расположенном на опытном поле УО «ГГАУ». Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая с глубины 80–100 см моренным суглинком. В качестве источника макро- и микроэлементов в исследованиях изучались различные формы (А, А<sub>1</sub>, Б) удобрений торговой марки Растворин Буйского химического завода (РФ). Объектом исследований являлись деревья яблони сорта белорусской селекции позднезимнего срока созревания Алеся, привитого на полукарликовом подвое российской селекции 54-118.

Цель опыта – изучить влияние сроков и кратности некорневого внесения комплексных водорастворимых удобрений (КВУ) на рост и развитие деревьев яблони в плодовом саду.

Схема опыта: 1.  $N_{90}P_{60}K_{90}$  (фон<sub>1</sub>) + 4 опрыскивания водой – контроль; 2. Фон<sub>1</sub> + 3 опрыскивания Растворином; 3. Фон<sub>1</sub> + 4 опрыскивания Растворином; 4. Фон<sub>1</sub> + 5 опрыскиваний Растворином; 5. Фон<sub>1</sub> + 6 опрыскиваний Растворином; 6.  $N_{70}P_{50}K_{70}$  + 4 опрыскивания водой – фон<sub>2</sub>; 7. Фон<sub>2</sub> + 3 опрыскивания Растворином; 8. Фон<sub>2</sub> + 4 опрыскивания Растворином; 9. Фон<sub>2</sub> + 5 опрыскиваний Растворином; 10. Фон<sub>2</sub> + 6 опрыскиваний Растворином; 11.  $N_{50}P_{40}K_{50}$  + 4 опрыскивания водой – фон<sub>3</sub>; 12. Фон<sub>3</sub> + 3 опрыскивания Растворином; 13. Фон<sub>3</sub> + 4 опрыскивания Растворином; 14. Фон<sub>3</sub> + 5 опрыскиваний Растворином; 15. Фон<sub>3</sub> + 6 опрыскиваний Растворином.

Во всех вариантах опыта применяли 1% рабочие растворы Растворина соответствующей марки (полученные нами экспериментальные данные), которые вносились 3–6-кратно (в зависимости от варианта опыта) в соответствии со следующими фазами развития цветочной почки: 1 обработка – в фазу обособления бутонов (D) – Растворин марки Б; 2 обработка – в фазу цветения (F1) – Растворин марки Б; 3 обработка – в фазу завязывания плодов (I) – Растворин марки Б; 4 обработка – в фазу роста смыкания чашелистиков (размер плода с лесной орех – J) – Растворин марки Б; 5 обработка – в фазу роста плодов (размер плода с грецкой орех – L) – Растворин марки А; 6 – после уборки урожая – Растворин марки А<sub>1</sub>. Количество учетных деревьев в каждом варианте опыта – 5 шт., повторность – 4-кратная, подбор деревьев, учеты и наблюдения в исследованиях проводились по общепринятым в плодоводстве методам и методикам. Между учетными делянками и рядами располагали защитные ряды и деревья, учетные делянки вариантов в опытах размещали рендомизированно, а повторностей – сплошным способом.

В результате проведенных нами четырехлетних исследований (2009–2012 гг.) отмечено существенное влияние некорневого внесения Растворина на интенсивность процессов фотосинтеза в листьях яблони, обусловленном различным накоплением пигментов. При этом содержание общего хлорофилла в листьях яблони увеличивалось до 34% (15 вариант опыта) относительно фона, а процесс накопления хлорофилла а протекал более активно, чем хлорофилла b.

При проведении исследований отмечено положительное влияние (во всех вариантах опыта) некорневого внесения Растворина на биометрические показатели роста деревьев яблони – на длину (от 37 до 48,3 см) и толщину прироста (от 5,57 до 6,67 мм), увеличение площади поперечного сечения штамба от 10,2 до 14,57 см<sup>2</sup>, при этом наибольшая, по сравнению с контролем, агрономическая эффективность изу-

чаемого агроприема отмечалась при шестикратном внесении Растворина.

В полевом опыте установлено, что некорневое внесение Растворина открывает большие резервы оперативного управления процессами плододоброобразования у яблони и возможности влияния на величину ее урожая. В частности, отмечено значительное влияние на завязываемость плодов, их сохранность к моменту уборки, а также удержание их после июньской редукции. Количество завязавшихся цветков увеличивалось во всех вариантах опыта на 7,4 (вариант 2) ... 18,8% (вариант 5) относительно контроля, а количество снятых с дерева плодов на 1,8 (фон 3 + 3 опрыскивания Растворином) ... 36,4% (фон 2 + 6 опрыскиваний Растворином). Кроме того, изучаемый агроприем способствовал усиленному удержанию и росту плодов после июньского опадения завязей на 0,1–26,5%.

Специальные наблюдения и учеты позволили установить регуляторную функцию макро- и микроэлементов, вносимых некорневым способом в различные сроки и с разной кратностью на урожайность и среднюю массу плодов яблони. Самая высокая урожайность (125,8 ц/га) была получена в пятом варианте опыта с шестикратным внесением Растворина на фоне  $N_{90}P_{60}K_{90}$ . При этом максимальная отзывчивость урожаем на некорневое внесение удобрения отмечалась в варианте 15 на фоне 3 с самым низким уровнем основного внесения минеральных удобрений, где прибавка составила 18,2 ц/га. Следует также отметить закономерный рост средней массы плода во всех вариантах опыта с использованием Растворина и снижение данного показателя в 5, 10 и 15 вариантах, что объясняется увеличением количества плодов, снятых с одного дерева.

О положительной роли элементов минерального питания в формировании продуктивности плодового дерева можно судить и по величине хозяйственного выноса, который достоверно возрастал в зависимости от увеличения кратности внесения растворина. Хозяйственный вынос азота с урожаем яблок, в среднем за годы исследований, варьировал в интервале 8,84–12,41 кг/га, показывая наибольшее увеличение к контролю в 5, 10 и 4 вариантах, составившее 2,73, 2,41 и 2,28 кг/га соответственно. Достоверное накопление фосфора урожаем яблок отмечалось только в 4 варианте, где оно составило 3,79 кг/га. Положительная динамика накопления прослеживается и по хозяйственному выносу калия, наибольшее значение которого отмечено в вариантах 5 и 10, а также марганца (4 и 9 варианты) и цинка (9, 15 и 10 варианты). Вынос кальция и магния за годы исследований изменялся в пределах погрешности опыта.

Таким образом, данные о повышении активности фотосинтеза, усилении ростовых процессов, сохранности плодов и роста урожайности, содержании элементов минерального питания в листьях яблони и накопления их урожаем указывают на целесообразность некорневых подкормок яблони удобрением Растворин и служат основанием предположить, с учетом агроэкономического и энергетического расчетов, о возможности снижения доз основного удобрения яблони, произрастающей на дерново-подзолистых легко суглинистых почвах западно-го региона республики.

### Список литературы

1. Боровик, Е.С. Влияние некорневого внесения макро- и микроэлементов на рост и развитие деревьев яблони в плодоносящем саду/ Е.С. Боровик, И.С. Леонovich // Плодоводство: научные труды / НАН Беларуси, Ин-т плододводства. – п. Самохваловичи, 2009. – Т. 21. – С. 91–98.
2. Бруйло, А.С. Питание яблони микроэлементами (Zn, Mn, B) / А.С. Бруйло, В.А. Самусь, И.Г. Ананич. – Гродно: ГГАУ, 2004. – 192 с.
3. Лапа, В.В. Система применения удобрений: учеб. Пособие /В.В. Лапа [и др]; под ред. В.В. Лапа. – Гродно: ГГАУ, 2011. – 416 с.
4. Рябцева, Т.В. Эффективность некорневого внесения различных водорастворимых микро- и макроудобрений и полифункционального биопрепарата Экосил в саду яблони / Т.В. Рябцева, Т.М. Костюченко, Н.Г. Капичникова // Плодоводство: научные труды / Национальная академия наук Беларуси, Ин-т плододводства. – п. Самохваловичи, 2009. – Т. 21. – С. 99–111.

УДК 666.2./3:631(81+424)

## **ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЖНИВНОЙ КУЛЬТУРЫ НА СРЕДНЕОКУЛЬТУРЕННОЙ ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ ПРИ РАЗНЫХ ДОЗАХ АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ**

**В.Н. Шлапунов, Ф.И. Привалов, Е.Л. Долгова**

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,  
г. Жодино, Беларусь*

Дальнейшее увеличение производства продукции животноводства зависит главным образом от состояния кормовой базы. В Беларуси под культурами, используемыми на корм занято более 80% пашни. Главным направлением развития полевого и лугового кормопроизводства

и впредь будет оставаться повышение уровня интенсификации культур основного посева, при котором рост их урожайности, эффективности возделывания и заготовки достигаются за счет наращивания техногенных факторов, в затратах на которые значительный удельный вес приходится на импорт химических и технических составляющих. Возможности увеличения производства кормов за счет расширения площади посева кормовых культур исчерпаны. В то же время промежуточные культуры, занимающие поле в периоды, когда оно свободно от культур основного посева являются значительным, но слабоиспользуемым резервом увеличения производства кормов.

Из группы промежуточных посевов, позволяющих в один год получать два урожая наиболее перспективны пожнивные, размещаемые после уборки зерновой культуры. В Беларуси уже к 5–7 августа площадь уборанных зерновых достигает 1 млн га и более. На освободившихся полях более надежно получение второго урожая кормов, за счет холодостойких быстрорастущих крестоцветных культур, которые позитивно влияют и на продуктивность зерновых, повторно размещаемых по зерновым.

Наши исследования показали, что из рекомендуемого набора крестоцветных культур для пожневных посевов (рапс яровой и озимый, сурепица озимая, редька масличная) более урожайной (300 ц/га зеленой массы и более) является редька масличная.

В центральной части Беларуси вегетационный период для сельскохозяйственных культур завершается (среднесуточная  $t < 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) в конце 2 – начале 3 декады октября. Способность редьки масличной быстрее других культур наращивать зеленую массу за короткий осенний период вегетации (65–70 дней) явилось основанием для исследований по изучению эффективности азотных удобрений на этой культуре.

Исследования проводились в 2010–2012 гг. на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Почва дерново-подзолистая связно-супесчаная сменяемая глубины 0,2–0,3 м легким суглинком, с 0,7–0,9 м моренным суглинком со следующими характеристиками пахотного слоя: рН(в KCL) – 5,8–6,0, содержание гумуса – 2,19–2,30%, подвижных форм фосфора и калия – 202–240 и 292–350 мг/кг почвы соответственно. Редьку высевали пожнивно, после уборки ячменя.

Опыты включали следующие варианты: 1. Без удобрений – контроль; 2.  $P_{60}K_{90}$  – фон; 3.  $N_{30}$ ; 4.  $N_{30}P_{60}K_{90}$ ; 5.  $N_{60}$ ; 6.  $N_{60}P_{60}K_{90}$ ; 7.  $N_{90}$ ; 8.  $N_{90}P_{60}K_{90}$ ; 9.  $N_{120}$ ; 10.  $N_{120}P_{60}K_{90}$ .

Поживный посев редьки проводили по вспашке агрегатом RabeCeria. Повторность в опыте – 4-кратная. Учетная площадь делаян-

ки – 24 м<sup>2</sup>. Срок сева – первая декада августа. Уборку урожая проводили кормоуборочным комплексом «Неге».

Условия вегетации пожнивных культур характеризуются сокращением длины светового дня и снижением среднесуточных температур от начала к концу вегетации растений. В таких условиях, как показывают более ранние наши исследования и других авторов обеспечение растений азотом является фактором, определяющим величину урожайности пожнивной культуры. Результаты опытов за 2010–2012 гг. подтвердили это утверждение и на более окультуренной почве (табл. 1).

Таблица 1

**Влияние доз азотного удобрения на урожайность редьки масличной  
пожнивного посева, (ц/га) (среднее 2010–2012 гг.)**

Вариант опыта	Зеленая масса	Сухое вещество	Кормовые единицы	Сырой протеин
Контроль	97,2	11,8	12,7	2,01
P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	104	13,8	14,6	2,21
N <sub>30</sub>	155	18,5	19,7	3,07
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	154	18,9	20,1	2,88
N <sub>60</sub>	226	27,8	29,6	5,10
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	233	29,3	31,1	4,97
N <sub>90</sub>	277	34,3	36,1	6,43
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	285	34,9	36,7	6,44
N <sub>120</sub>	303	37,8	39,8	7,10
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	303	37,1	38,8	6,93

Из таблицы видно, что от внесения только азотного удобрения в дозах с 30 до 120 кг/га урожайность зеленой массы в сравнении с контролем увеличилась в 3,1, выход кормовых единиц – в 3,0, сбор сырого протеина – в 3,4 раза, а наибольшая продуктивность редьки масличной пожнивного посева (39,8 ц га к.ед.) достигается при дозе азота 120 кг/га. Однако при планировании площади посева и доз азота под эту культуру, учитывая его высокую стоимость целесообразнее 120 кг азота расходовать на 2 га, т.е. по 60 кг/га. В этом случае при средней продуктивности 29,6 ц/га к.ед. с двух га будут получено 59,2 ц к.ед. или на 19,4 ц больше, чем с 1 га при дозе N<sub>120</sub>. Дополнительные затраты на 2 га (посев, уборка) составят 500 тыс. руб.

Более ранними исследованиями нами установлено, что такой высокозатратный способ обработки почвы как вспашка под пожнивную

культуру одновременно выполняет роль зяблевой вспашки. В результате в расчете затрат на возделывание пожнивных культур нами рекомендовано исключить вспашку.

Поэтому неизбежные затраты на возделывание и уборку 2 га (посев, внесение удобрений, уборка, семена) возрастают только на 18%, а выход кормовых единиц увеличивается на 48,2%. Дополнительный сбор 19,4 ц кормовых единиц позволяет на столько же центнеров увеличить производство молока, что при закупочной цене 3871 руб. за один литр составит 7,5 млн руб. Это многократно окупает затраты на производство корма с 2 га при дозе азота по 60 кг/га.

Внесение, изучаемых нами, доз азота на фоне  $P_{60}K_{90}$  не обеспечило достоверного превышения продуктивности вариантов применения азота без фосфора и калия, где окупаемость 1 кг азота составила при  $N_{60}$  – 28,2,  $N_{90}$  – 26,0,  $N_{120}$  – 22,5 к.ед. При тех же дозах азота на фоне  $P_{60}K_{90}$  на 1 кг элементов питания (NPK) получено: при внесении только  $P_{60}K_{90}$  – 1,3 к.ед., при  $N_{30}P_{60}K_{90}$  – 4,1,  $N_{60}P_{60}K_{90}$  – 8,8,  $N_{90}$  – 10,0, при  $N_{120}P_{60}K_{90}$  – 9,7 к.ед., что не обеспечивает рентабельности производства.

Определенный интерес представляют и данные по выносу элементов питания (табл. 2).

Таблица 2

**Вынос элементов питания с урожаем сухого вещества редьки масличной  
пожнивного посева, среднее за 2010–2012 гг.**

Вариант	Вынос элементов питания						Окупаемость азотного удобрения на 1 кг N/к.ед.
	с 1 га, кг			с 1 т, кг			
	N	P	K	N	P	K	
Контроль	32,1	9,90	57,3	27,3	8,40	48,7	–
$N_{30}$	49,1	17,3	122	26,6	9,35	66,4	23,3
$N_{60}$	81,7	24,7	173	29,4	8,90	62,3	28,1
$N_{90}$	103	34,0	221	30,0	9,90	64,4	26,0
$N_{120}$	114	37,6	284	30,1	9,95	75,3	22,6

Таким образом, результаты исследований показывают, что:

- на среднекультуренных дерново-подзолистых почвах эффективно пожнивное возделывание редьки масличной с применением только азотного удобрения;
- данные по эффективности азотных удобрений и выносу элементов питания редькой масличной пожнивного посева могут быть использованы при разработке систем удобрений сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах Беларуси.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПОД КЛЕВЕР ЛУГОВОЙ

**А.И. Щетко**

*РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси»,  
г. Щугин, Беларусь*

Устойчивое производство сельскохозяйственной продукции невозможно без стабильной кормовой базы, в том числе и без возделывания такой культуры, как клевер луговой. Интенсивная технология возделывания клевера лугового предусматривает не только увеличение применения удобрений, но и их использование на научной основе, так как система удобрения культуры должна способствовать формированию здоровых растений с высокой продуктивностью и хорошими показателями качества продукции, с сохранением и увеличением плодородия почв.

Исследования по изучению эффективности применения удобрений под клевер луговой проводили на опытном поле РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси». Длительный стационарный полевой опыт включает два поля зернотравянопропашного севооборота (яровая пшеница – озимое тритикале – кукуруза – ячмень – клевер луговой) на дерново-подзолистой супесчаной почве. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта следующая:  $pH_{КС1} - 4,98-6,30$ , содержание гумуса –  $0,98-1,99\%$ ,  $P_2O_5 - 156-440$ ,  $K_2O - 75-289$  мг/кг почвы. Фосфорные и калийные удобрения внесены весной в начале вегетации клевера лугового. Общая площадь делянки  $75\text{ м}^2$ , учетная –  $50\text{ м}^2$ , повторность опыта – 4-кратная.

В результате исследований (2011, 2014 гг.) установлено, что сбор сухого вещества клевера лугового по вариантам опыта варьировал от 3,48 до 8,30 т/га, выход кормовых единиц – от 2,70 до 6,45 т/га, минимальные значения данных показателей получены в варианте без применения удобрений.

При внесении калийных удобрений в дозе  $K_{90}$ , отмечено увеличение урожайности сухого вещества на 1,27 т/га и выхода кормовых единиц на 1,11 т/га, получен условно чистый доход 25,9 USD/га и рентабельность 44%. Сбор абсолютно сухой массы на уровне 5,87 т/га и 4,70 т/га кормовых единиц обеспечил вариант с применением минеральных удобрений в дозе  $P_{30}K_{90}$ . При использовании такой системы

удобрений условно чистый доход составил 28,6 USD/га при рентабельности 23%.

Повышению урожайности сухого вещества (на 0,68–1,12 т/га) и выходу кормовых единиц (на 0,41–0,78 т/га) способствовало и применение P<sub>30</sub>K<sub>90</sub> на фоне последействия 25–75 т/га органических. Увеличение дозы калийных удобрений с K<sub>90</sub> до K<sub>120</sub> на фоне последействия 50 т/га навоза привело к дальнейшему росту сбора сухого вещества, выхода кормовых единиц и условно чистого дохода. Существенная прибавка сбора сухого вещества (1,0 т/га) и кормовых единиц (0,93 т/га) в двенадцатом варианте в сравнении с десятым обусловлена более высокими дозами азотных удобрений внесенных под предшествующие культуры севооборота.

Таблица

**Эффективность различных систем удобрения клевера лугового**

Вариант	Урожайность сухого вещества, т/га	Выход кормовых единиц, т/га	Условно чистый доход, USD/га	Рентабельность, %
1. Без удобрений	3,48	2,70	—	—
2. K <sub>90</sub>	4,75	3,81	25,9	44
3. P <sub>30</sub> K <sub>90</sub>	5,87	4,70	28,6	23
4. P <sub>30</sub> K <sub>90</sub> <sup>*</sup>	6,97	5,38	3,3	2
5. P <sub>30</sub> K <sub>90</sub> <sup>**</sup>	6,55	5,11	—	—
6. P <sub>30</sub> K <sub>90</sub> <sup>***</sup>	6,99	5,48	—	—
7. Последействие 75 т/га навоза	4,50	3,85	57,4	191
8. K <sub>90</sub> <sup>**</sup>	4,90	4,25	0,5	1
9. P <sub>30</sub> K <sub>90</sub> <sup>**</sup>	5,67	4,99	—	—
10. P <sub>30</sub> K <sub>120</sub> <sup>**</sup>	7,02	5,61	—	—
11. K <sub>120</sub> <sup>**</sup>	6,37	5,20	66,5	54
12. P <sub>30</sub> K <sub>120</sub> <sup>**</sup>	8,02	6,54	92,1	46
13. P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> <sup>**</sup>	7,37	6,01	21,5	9
14. P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> <sup>**</sup>	8,30	6,45	43,9	18
15. P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> <sup>**</sup>	7,57	6,02	21,9	10
НСР <sub>05</sub>	0,53	0,38		

Примечание: \* – последействие 25 т/га навоза; \*\* – последействие 50 т/га навоза; \*\*\* – последействие 75 т/га навоза.

Аналогичная тенденция прослеживается и в вариантах тринадцать и четырнадцать. В четырнадцатом варианте получено на 0,93 т/га сухо-

го вещества и 0,44 т/га кормовых единиц больше, чем в тринадцатом. При этом условно чистый доход увеличился на 22,4 USD/га.

Максимальный сбор сухого вещества 8,30 т/га и 6,45 т/га кормовых единиц получен при внесении минеральных удобрений в дозе  $P_{60}K_{120}$  на фоне последствий 50 т/га органических. Данная экономически обоснованная система удобрения клевера лугового обеспечила условно чистый доход 92,1 USD/га при рентабельности 46%.

УДК 631.452:631.873.3

## **СОХРАНЕНИЕ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ БИОУДОБРЕНИЙ**

**М.Г. Юркевич**

*ИБ КарНЦ РАН,  
г. Петрозаводск, Россия*

Рациональное использование сельскохозяйственных земель на Европейском Севере зависит в первую очередь от сохранения и повышения плодородия почв. Основным приемом повышения эффективного плодородия почв является система рационального применения удобрений. В настоящее время экологический и финансовый аспект применения удобрений побуждает обратить внимание на новые экологически безопасные и малозатратные виды удобрений.

Регионы Европейского Севера являются преимущественно приморскими территориями и в сельскохозяйственном производстве могут в полной мере использовать ресурсный потенциал морских водорослей. Россия обладает огромным ресурсным потенциалом морских водорослей. Запас только основных промысловых и потенциально промысловых видов (фукусовые, ламинарии и алярия) составляет более 13,5–30 млн т сырой массы [1, 2].

Фукус пузырчатый (*Fucus vesiculosus* L.) – один из основных промысловых видов морских бурых водорослей. Этот бореально-арктический вид распространен в Атлантическом и Северном Ледовитом океанах, является массовым видом литорали Баренцева и Белого морей.

В республике Карелия ежегодная квота добычи беломорского фукуса составляет 1600 т, однако ее практически не выбирают [3]. По-

этому у приморских регионов есть существенный потенциал в расширении и восстановлении этой сферы добычи переработки морских ресурсов.

Исследования по использованию фукуса ориентированы в основном на пищевую и косметическую промышленность, в меньшей степени на медицинские исследования. В сельском хозяйстве изучены вопросы применения фукуса в качестве кормовых добавок в рационе крупного рогатого скота и птицы. Отдельные исследования посвящены изучению возможности использования бурых водорослей при выращивании сои.

Однако все разработанные технологии использования бурых водорослей требуют либо специального оборудования, либо основаны на применении сложных по технологии производства экстрактов водорослей. По этой причине они не получили массового распространения среди некрупных сельскохозяйственных предприятий, фермеров, владельцев приусадебных и дачных участков.

Целью исследований было предложить малозатратную технологию использования фукуса пузырчатого в овощеводстве, доступную всем категориям сельскохозяйственных производителей. Для этого был проведен полевой эксперимент по изучению влияния водного настоя фукуса пузырчатого на рост и развитие растений огурца в открытом грунте.

Эксперимент в течение двух вегетационных сезонов проводили на базе Корзинского научного стационара Института биологии КарНЦ РАН (южная Карелия). Опыт был заложен посевом семян огурца сорта Кураж в открытый грунт. Площадь опытной делянки составляла 2 м<sup>2</sup>, в каждом варианте было по три растения, повторность выполнения опыта – 3-кратная. Почвы опытного участка супесчаные, слабокислые (рН<sub>KCL</sub> 5,24), характеризуются низким содержанием калия (52 мг/кг) и фосфора (41,8 мг/кг). В эксперименте исследовали вариант без применения настоя фукуса (контроль) и три варианта с применением в концентрациях 150 г/л, 100 г/л и 50 г/л воды.

Водный настой готовили из сухой крупки фукуса пузырчатого в концентрациях 150 г, 100 г и 50 г крупки на 1 л воды, на каждое опытное растение использовали 1 л настоя.

В течение вегетационного сезона проводили подкормку растений минеральными удобрениями: 2-кратно N<sub>30</sub> и 3-кратно P<sub>20</sub>K<sub>20</sub>. В течение сезона было проведено два плановых опрыскивания растений настоем фукуса: в фазе массового цветения и в период массового начала плодоношения. Урожай собирали с периодичностью 1 раз в три-четы-

ре дня. В первый год исследований период плодоношения составлял 28 дней (06.08.2013–03.09.2013), во второй год исследований 45 дней (18.07.2014–01.09.2014). Средний размер плода составил 12 см. Статистическую обработку данных проводили в программе Statgraphis plus и по методике Доспехова (1985).

При проведении эксперимента оценивали биометрические показатели развития растений огурца. Установлено, что применение настоя фукуса в любой концентрации достоверно увеличивает длину основного побега, но не оказывает существенного влияния на количество побегов у одного растения и на количество листьев (табл. 1).

*Таблица 1*

**Биометрические показатели развития растений огурца в среднем за два года**

Вариант	Количество стеблей на всем растении, шт.	Количество листьев на всем растении, шт.	Длина основного побега, см
Контроль	6,11±3,02	69,69±33,40	141,25±51,22
Настой фукуса, 150 г/л	6,94±0,35	78,22±10,69	183,06±14,64
Настой фукуса, 100 г/л	8,00±3,12	92,44±33,27	187,22±31,33
Настой фукуса, 50 г/л	7,83±1,36	88,83±16,50	195,56±17,04
НСР <sub>0,5</sub>	2,63	27,30	41,70

Анализ устойчивости растений к заболеваниям в среднем за два года показал, что в течение вегетационного периода растения огурца контрольного варианта в разной степени были подвержены заражению фузариозным и бактериальным увяданием (от 4% до 11 % пораженных листьев от общего количества). В тоже время растения, обработанные настоем фукуса в концентрации 100 г/л и 50 г/л, в течение всего сезона были здоровы (1–3% пораженных листьев от общего количества), однако при опрыскивании максимальной концентрацией (150 г/л) были отмечены признаки ожога листа (4–6% пораженных листьев).

Как известно, интегральным показателем развития овощного растения служит его урожайность. Ежегодно урожайность огурца при опрыскивании настоем фукуса была достоверно выше контрольного варианта в 1,2–2,4 раза (2013 г.) и в 1,6–1,9 раз (2014 г.) (табл. 2). При этом дозировка настоя имела существенное значение лишь в неблагоприятном по агроклиматическим условиям 2013 г., минимальная дозировка 50 г/л дала наименьшую прибавку урожая.

Суммарная урожайность растений огурца за сезон

Вариант	Урожайность, кг/м <sup>2</sup>		
	2013 г.	2014 г.	среднее за 2 года
Контроль	1,67	3,96	2,8
Настой фукуса, 150 г/л	4,00	6,33	5,2
Настой фукуса, 100 г/л	3,79	7,51	5,7
Настой фукуса, 50 г/л	2,08	6,62	4,3
НСР <sub>05</sub>	0,73	1,33	1,7

В среднем за два года исследований показано повышение урожайности растений огурца в 1,8–2,0 раза при опрыскивании настоем фукуса пузырчатого в средних и высоких концентрациях.

На основе вышеизложенного можно сделать вывод о положительном влиянии опрыскивания растений огурца настоем фукуса пузырчатого в любой концентрации. При этом увеличивается длина основного стебля растения, снижается заболеваемость растений и существенно (в 2 раза) увеличивается продуктивность. Оптимальная концентрация водного настоя составляет 100 г/л. Данная концентрация не вызывает ожогов листьев и требует меньшего количества сырья.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований ОБН РАН «Биологические ресурсы России» 2015–2017 гг.

### Список литературы

1. Уховева, М.В., Подкорытова А.В. Промысловые водоросли и травы морей Дальнего Востока: биология, распространение, запасы, технология переработки / М.В. Уховева, А.В. Подкорытова. – Владивосток: ТИПРО-Центр, 2006. – 243 с.
2. Евсева, Н.В. Макрофитобентос прибрежной зоны Южных Курильских островов: состав, распределение и ресурсы: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н.В. Евсева. – М., 2009. – 22 с.
3. Шарапова, В.Ю. Беломорские фукусы в рационах птицы / В.Ю. Шаропова // Птицеводство. – 2011. – № 9. – С. 23–24.

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ И ИХ ОХРАНА

УДК 631.82:636.085.51

### ВОЗДЕЛЫВАНИЕ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ НА СЕНО В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ

**Н.М. Белоус, Е.В. Смольский, А.П. Сердюков, Л.М. Батуро**

*ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»,  
г. Брянск, Россия*

Особенности России таковы, что кормовые экосистемы занимают значительные площади и играют важнейшую роль в кормопроизводстве.

Природные и сеяные луга дают дешевый и полноценный корм. Повышая продуктивность этих угодий, можно постепенно освобождать часть пашни, занятой кормовыми культурами для расширения посевов полевых культур [1].

Однако без определенной системы мероприятий по улучшению природных кормовых угодий их продуктивность в большинстве случаев остается очень низкой. В районах радиоактивного загрязнения местности положение усугубляется загрязнением кормов радионуклидами [2].

Исследования проведены на луговом участке центральной поймы реки Ипуть в Новозыбковском районе Брянской области. Почва опытного участка аллювиальная луговая, песчаная, мощность гумусового горизонта 17–18 см, с глубины 40 см глеевый горизонт. Плотность загрязнения опытного участка  $^{137}\text{Cs}$  в период проведения работ колебалась в пределах 559–867 кБк/м<sup>2</sup>.

Агрохимическая характеристика почвы опытного участка следующая:  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  – 5,2–5,6, гидролитическая кислотность – 2,6–2,8 мг-экв. на 100 г почвы, сумма поглощенных оснований – 11,3–13,1 мг-экв. на

100 г почвы, содержание гумуса – 3,08–3,33% (по Тюрину), подвижного фосфора – 620–840 мг/кг, обменного калия – 133–180 мг/кг (по Кирсанову).

Схема опыта – двухфакторная: первый фактор – система минеральных удобрений, второй – система обработки почвы.

Высевали мятликовую травосмесь: овсяница луговая – 6 кг/га, лисохвост луговой – 5 кг/га, двукисточник тростниковый – 7 кг/га.

Естественный злаковый травостой представлен следующими видами: овсяница луговая – 30%, лисохвост луговой – 50%, тимофеевка луговая – 20%.

Луговой опыт заложен в соответствии с «Программой и методикой исследований в Географической сети опытов по комплексному применению средств химизации в земледелии» и «Методикой опытов на сенокосах и пастбищах». Площадь посевной делянки – 63 м<sup>2</sup>, учетной – 24 м<sup>2</sup>, повторность вариантов опыта – 3-х кратная.

Урожайность сена определяли путем высушивания зеленой массы с 1 м<sup>2</sup> до воздушно-сухого состояния с последующим пересчетом на сено.

Урожайность многолетних трав, без применения минеральных удобрений, естественного травостоя первого укоса в среднем за годы исследования составила 1,2 т/га, второго – уменьшилась в 2,2 раза (табл. 1).

Таблица 1

**Урожайность сена многолетних трав, т/га (среднее 2010–2014 гг.)**

Вариант	Естественный травостой	Сеяная травосмесь			
		раундап	дискование	обычная вспашка	двухъярусная вспашка
1 укос					
Контроль	1,20	1,46	1,49	1,56	1,63
P <sub>60</sub> K <sub>45</sub>	2,99	2,94	2,95	2,95	2,97
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>45</sub>	4,94	5,23	5,35	5,41	5,45
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	5,11	5,18	5,61	5,56	5,75
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>75</sub>	5,66	5,61	6,07	6,14	6,52
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,22	3,41	3,52	3,43	3,42
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	5,88	6,18	6,46	6,54	6,72
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>75</sub>	6,14	6,51	6,80	6,89	6,93
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	6,49	6,90	7,04	7,20	7,21
2 укос					
Контроль	0,55	0,57	0,57	0,59	0,59
K <sub>45</sub>	1,21	1,27	1,29	1,28	1,28
N <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	2,25	2,42	2,45	2,47	2,47
N <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	2,38	2,46	2,57	2,60	2,59

Вариант	Естественный травостой	Сеяная травосмесь			
		раундап	дискование	обычная вспашка	двухъярусная вспашка
$N_{45}K_{75}$	2,56	2,86	2,88	2,84	2,85
$K_{60}$	1,44	1,50	1,53	1,46	1,52
$N_{60}K_{60}$	2,90	3,20	3,11	3,17	3,18
$N_{60}K_{75}$	3,13	2,98	3,29	3,38	3,49
$N_{60}K_{90}$	3,27	3,48	3,54	3,56	3,68

Внесение под первый укос фосфорно-калийных удобрений в дозе  $P_{60}K_{45}$  способствовало увеличению урожайности в 2,5 раза, повышение дозы калийных удобрений на 15 кг д.в. к  $P_{60}K_{45}$  способствовало росту урожайности на 7%.

Калийные удобрения в дозе  $K_{45}$  под второй укос повысили урожайность в 2,2 раза, повышение калия на 15 кг д.в. способствовало росту урожайности на 20%.

Внесение азота в дозе  $N_{45}$  в дополнение к  $P_{60}K_{45}$  и  $K_{45}$  резко повышало урожайность 1 и 2 укоса в 4,1 раза.

Увеличение дозы калийных удобрений от  $K_{45}$  до  $K_{75}$  в дополнение к  $N_{45}P_{60}$  и  $N_{45}$  и от  $K_{60}$  до  $K_{90}$  в дополнение к  $N_{60}P_{60}$  и  $N_{60}$  наблюдали тенденцию к увеличению урожайности.

Наибольшая урожайность сена в сумме за два укоса многолетних трав естественных кормовых угодий получена при применении доз  $N_{120}P_{60}K_{180}$ .

Урожайность сена сеяного травостоя, на контроле 1 укоса составила от 1,46 до 1,63 т/га в зависимости от применяемой агротехники, что в 1,2–1,4 раза выше урожайности естественного травостоя.

При внесении разных соотношений и видов минеральных удобрений по фонам обработки почвы обнаружили аналогичную тенденцию, что и на естественном травостое, но с проявлением больших количественных характеристик.

Наибольшая урожайность сеяных многолетних трав в сумме за два укоса получена при обработке почвы двухъярусным плугом при применении доз  $N_{120}P_{60}K_{180}$ .

Показатель окупаемости 1 кг минеральных удобрений прибавкой урожая сена многолетних трав, дает возможность наиболее полно определить эффективность различных систем удобрения.

Внесение исследуемых доз минеральных удобрений как на естественном травостое, так и на сеянном по разным фонам обработки почвы обуславливает близкую к равной окупаемости 1 кг питательных веществ сена трав (табл. 2).

Таблица 2

## Окупаемость 1 кг минеральных удобрений прибавкой урожая

Вариант	Естественный травостой		Сеяный травостой							
			обработка раундапом		обработка дисками		обычная вспашка		двухъярусная вспашка	
	П	О	П	О	П	О	П	О	П	О
1 укос										
Контроль	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$P_{60}K_{45}$	1,79	17	1,48	14	1,46	14	1,39	13	1,34	13
$N_{45}P_{60}K_{45}$	3,74	25	3,77	25	3,86	26	3,85	26	3,82	25
$N_{45}P_{60}K_{60}$	3,91	24	3,72	23	4,12	25	4,00	24	4,12	25
$N_{45}P_{60}K_{75}$	4,46	25	4,15	23	4,58	25	4,58	25	4,89	27
$P_{60}K_{60}$	2,02	17	1,95	16	2,03	17	1,87	16	1,79	15
$N_{60}P_{60}K_{60}$	4,68	26	4,72	26	4,97	28	4,98	28	5,09	28
$N_{60}P_{60}K_{75}$	4,94	25	5,05	26	5,31	27	5,33	27	5,3	27
$N_{60}P_{60}K_{90}$	5,29	25	5,44	26	5,55	26	5,64	27	5,58	27
2 укос										
Контроль	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$K_{45}$	0,66	15	0,7	16	0,72	16	0,69	15	0,69	15
$N_{45}K_{45}$	1,7	19	1,85	21	1,88	21	1,88	21	1,88	21
$N_{45}K_{60}$	1,83	17	1,89	18	2,00	19	2,01	19	2,00	19
$N_{45}K_{75}$	2,01	17	2,29	19	2,31	19	2,25	19	2,26	19
$K_{60}$	0,89	15	0,93	16	0,96	16	0,87	15	0,93	16
$N_{60}K_{60}$	2,35	20	2,63	22	2,54	21	2,58	22	2,59	22
$N_{60}K_{75}$	2,58	19	2,41	18	2,72	20	2,79	21	2,9	21
$N_{60}K_{90}$	2,72	18	2,91	19	2,97	20	2,97	20	3,09	21

Примечание. П – прибавка урожая т/га; О – окупаемость, кг.

Выявили, что внесение  $N_{90}$  и  $N_{45}$  в дополнение к фосфорно-калийным и калийным удобрениям наиболее эффективно, при увеличении доз калийных удобрений не обнаружили существенно эффекта.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что в условиях проведенного опыта урожайность сена естественного травостоя в сумме за 2 укоса составляет 1,75 т/га, перезалужение позволяет повысить урожайность природных кормовых угодий до 26%, а применение при этом минеральных удобрений до 11%.

На естественных кормовых угодьях для увеличения продуктивности сенокосов и получения кормов необходимо проводить коренное улучшение с посевом мятликовых травосмесей и внесением минеральных удобрений в дозе  $N_{120}P_{60}K_{120}$  за два укоса.

## Список литературы

1. Влияние минеральных удобрений и приемов поверхностного улучшения почвы на урожай и качество многолетних трав / Н.М. Белоус [и др.] // Кормопроизводство. – 2010. – № 4. – С. 15–18.
2. Белоус, И.Н. Эффективность улучшения природных кормовых угодий после аварии на Чернобыльской АЭС в условиях Центрального региона России / И.Н. Белоус, Ю.А. Анишина, Е.В. Смольский // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2011. – № 10. – С. 28–31.

УДК 631.4

# **РАЗРАБОТКА НОРМАТИВОВ ДОПУСТИМОГО ОСТАТОЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ НЕФТИ В ПОЧВЕ (ДОСНП) С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ БИОДИАГНОСТИКИ НА ПРИМЕРЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ ОСТРОВА САХАЛИН**

**А.А. Ворошилов**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
г. Москва, Россия*

Проблема загрязнения почвенного покрова различными поллютантами в настоящее время имеет огромную значимость с точки зрения экологии. Одним из наиболее опасных загрязнителей для почвы является нефть. Так, нахождение нефти в почве приводит к ее миграции в различные природные среды – поверхностные и подземные воды, донные отложения, атмосферный воздух, растительность и может поставить под угрозу существование экосистемы в зависимости от масштабов нефтяного загрязнения.

Нормативы качества почв по содержанию нефти и продуктов ее трансформации отсутствуют в санитарно-эпидемиологическом нормировании, что затрудняет регулирование воздействия на почвы от загрязнения нефтью на законных основаниях. Тем не менее, современной нормативной правовой базой сформированы основы для разработки нормативов качества почв по содержанию нефти и продуктов ее трансформации. Этими показателями являются нормативы остаточного содержания нефти в почвах (далее – ДОСНП), характери-

зующие предел устойчивости почв, то есть состояние, при котором почва способна выполнять свои экологические функции.

В ходе исследования был разработан подход, позволяющий провести комплексную экологическую оценку нефтезагрязненных почв с учетом ряда биологических показателей. Для проведения комплексной оценки необходимо использовать широкий набор показателей состояния почвы, для объединения которых существуют способы интегрирования. Для этого используются индексы, в данной работе в качестве такового принимается индекс ИПБС – интегральный показатель биологического состояния (далее ИПБС). В исследовании ИПБС рассчитывался только для биологических откликов, имеющих достоверную корреляционную зависимость с нефтепродуктами. В ходе проведения корреляционного анализа было выявлено, что таковыми являются каталазная активность, энергия прорастания семян, длина корней и биомасса растений.

Для нахождения допустимого остаточного содержания нефтепродуктов в почве использовался подход, предложенный Е.Л. Воробейчиком (1994), с применением математической модели, описывающей зависимость «доза-эффект». Предельные нагрузки рассчитываются как критические точки функции, аппроксимирующей зависимость доза-эффект, каждой из которых соответствует определенная концентрация нефти, которая представляет собой «полулетальную» дозу ( $LD_{50}$ ), аналогичную базовому параметру в токсикометрии. На основании этого данная концентрация нефти считается пределом по достижении значения которого почва не способна сохранять устойчивость.

Все исследования проводились для верхних гумусовых горизонтов почв, поскольку наибольшее влияние нефтяное загрязнение оказывает именно на верхний корнеобитаемый слой. В связи с этим изученные почвы были сгруппированы по верхним горизонтам, полученные значения ДОСНП представлены для каждого из них и сопоставлены с физико-химическими свойствами для интерпретации полученных результатов. Наиболее устойчивыми к нефтяному загрязнению оказались торфянистые почвы верховых болот, имеющие в профиле верхний горизонт Т0 – значение ДОСНП для них 57,61 г/кг, наименее устойчивыми – песчаные почвы, верхний горизонт которых представлен горизонтом W (названия горизонтов приведены по классификации 2004 года). Для них значение ДОСНП равно 7,4 г/кг.

## **ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ПОЧВАХ РОСТОВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ**

**С.Н. Горбов, О.С. Безуглова, С.С. Тагивердиев,  
М.Н. Дубинина, А.С. Алексикова**

*Южный федеральный университет,  
г. Ростов-на-Дону, Россия*

Изучали накопление и распределение тяжелых металлов по профилю городских почв. Разрезы закладывали в разных частях Ростовской агломерации как в самом городе, так и в урбанизированном сельскохозяйственном округе. Объекты: чернозем обыкновенный карбонатный под степной растительностью (залежь) и под деревьями (лесополоса), урбостратоземы, экраноземы – перекрытые асфальтом почвы. Определение тяжелых металлов проводилось рентгенфлуоресцентным методом на спектроскане МАКС-GV. Оценивали степень загрязнения почвы тяжелыми металлами сравнением их содержания с ПДК (коэффициент опасности), или по показателю суммарного загрязнения почв Zc.

Содержание всех рассматриваемых элементов в почвах залежей (табл.) превышает фоновые значения по всему профилю, включая материнскую породу, что может свидетельствовать о кумулятивном эффекте накопления тяжелых металлов и передвижении их по профилю. Но нельзя исключать и факт специфики самих лессовидных суглинков.

Концентрации тяжелых металлов в почвообразующей породе г. Ростов-на-Дону превышают фоновые значения, а по отдельным элементам они даже выше уровня ПДК: Zn –  $72,7 \pm 5,1$  мг/кг; Cu –  $56,3 \pm 3,0$ ; Co –  $19,3 \pm 2,0$ ; Pb –  $29,7 \pm 6,4$ ; Ni –  $52,0 \pm 4,3$ ; V –  $96,3 \pm 7,8$ ; Cr –  $104,0 \pm 6,5$  мг/кг. Такая же картина и по мышьяку –  $10,1 \pm 1,3$ . Это одна из причин повышенного содержания этих элементов в почвенном профиле. Другая причина – поступление из антропогенных источников, о чем свидетельствует накопление в поверхностных горизонтах таких элементов, как хром, никель, цинк, свинец и мышьяк.

Картины накопления и распределения по профилю микроэлементов в черноземе обыкновенном карбонатном под травянистыми (залежь) и деревянистыми (лесопарк) ценозами примерно одинаково-

вы. Однако в горизонте Ad под деревьями наблюдается загрязнение цинком и свинцом, что вероятно, обусловлено попаданием в почву этих элементов с опадом, в котором они могут накапливаться, как за счет атмосферных выпадений, так и из почвы путем биологического накопления или захвата. Коэффициенты накопления, рассчитанные как отношение концентраций металлов в поверхностном горизонте к содержанию в породе, варьируют от 1,55–1,31 для свинца, до 1,01–1,14 для хрома. Суммарный коэффициент загрязнения в этих почвах несколько выше, чем в почвах залежных территорий, но не превышает 8, что позволяет говорить о допустимом уровне загрязнения.

Таблица

**Микроэлементный состав городских почв Ростовской агломерации**

Горизонт	Микроэлементный состав, мг/кг (ppm)									Zc
	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Pb	
Фон****	67	100	8	45	30	65	8	300*****	20	Zc
ПДК	<b>150</b>	<b>100*</b>	<b>50*</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>100</b>	<b>10**</b>	<b>600***</b>	<b>32</b>	
Разрез 1205. Чернозем обыкновенный карбонатный (залежь)										
Апах	107,1	109,8	18,3	62,8	53,9	86,6	12,3	127,4	37,4	5,9
A1	107,8	107,8	20,3	62,7	56,5	81,0	10,7	140,3	29,1	5,5
B1	109,6	114,5	22,3	59,6	59,2	81,1	6,8	160,5	9,0	5,3
B2	105,9	98,9	22,6	60,2	62,8	82,9	7,0	186,6	9,4	5,4
BC	102,3	95,6	20,5	53,3	57,5	80,6	8,9	217,9	18,4	5,1
Cca	104,1	98,3	20,9	52,7	58,9	77,9	10,1	259,2	23,7	5,8
Разрез 1203. Чернозем обыкновенный вторично-выщелоченный мощный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке										
Ad	100,0	113,6	18,0	64,8	53,6	112,8	11,8	134,6	34,1	6,0
A1	104,6	113,6	22,1	67,9	58,9	93,0	9,8	125,1	24,0	5,8
B1	113,8	121,3	28,7	71,9	66,0	92,9	10,5	129,5	28,8	7,5
B2	115,1	119,5	27,8	71,4	65,0	90,8	9,0	130,5	20,9	6,7
BC	100,0	99,1	28,0	59,7	65,8	84,5	10,6	198,0	27,4	6,9
Разрез 1302. Урбостратозем экранированный мощный на лессовидном суглинке										
UR1	99,1	109,4	17,8	49,6	51,8	95,4	9,2	217,1	19,4	4,8
UR2	93,8	93,6	16,6	48,1	54,2	181,1	16,2	213,9	57,5	8,6
UR3	97,9	107,9	14,6	50,8	52,2	211,2	14,7	193,8	50,6	8,2
UR4	99,0	94,4	16,7	50,1	53,4	105,0	10,2	195,8	25,8	5,0
C	107,3	115,8	18,1	51,5	54,3	68,2	10,0	212,4	24,1	5,0

Горизонт	Микроэлементный состав, мг/кг (ppm)									Zc
	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Pb	
Фон****	67	100	8	45	30	65	8	300*****	20	
ПДК	<b>150</b>	<b>100*</b>	<b>50*</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>100</b>	<b>10**</b>	<b>600***</b>	<b>32</b>	
Разрез 1201. Урбостратозем экранированный на черноземе погребенном карбонатном тяжелосуглинистом на лессовидном суглинке										
UR1	91,7	99,3	15,2	43,7	47,3	66,5	6,0	171,7	4,9	3,1
UR2	89,7	111,1	15,0	42,4	42,7	66,5	6,6	166,9	6,9	2,9
Апогр	93,0	116,5	12,1	45,2	42,6	62,8	6,2	115,4	6,3	2,5
B1	91,4	107,2	14,1	48,3	46,9	54,8	4,7	112,8	0,3	2,8
B2	87,6	109,1	9,6	39,6	40,1	53,4	5,1	143,8	0,3	2,0
BC	81,9	99,2	8,4	36,8	43,9	50,4	6,2	171,2	6,0	2,0
Cca	85,1	88,6	11,5	35,5	48,6	58,4	8,1	200,6	14,5	2,8
C	92,3	100,3	15,6	42,8	50,7	63,1	9,6	231,6	22,1	4,0

\*В России нормативы ПДК хрома и кобальта в почвах не разработаны, здесь приведены ПДК для почв приусадебных участков в Германии (Eikmann, Kloke, 1991).

\*\* Для мышьяка ПДК = фон + 2.

\*\*\*Нормативы ПДК стронция в почвах не установлены; 600 мг/кг принято считать верхней границей нормального содержания валового стронция в почвах (Ковальский, 1974).

\*\*\*\* В качестве фоновых значений использованы данные, приведенные в работе Акимцева и др. (1962).

\*\*\*\*\* Кларк валового стронция в почвах.

В типичных почвах городских территорий – урбостратоземах, характеризующихся наличием нескольких синлитогенных диагностических горизонтов, «урбик» (UR) отмечается пестротой по содержанию химических элементов в разных слоях почвенных профилей, что обусловлено антропогенным характером их формирования. В целом, ситуация не намного отличается от почв естественного генезиса. И по загрязнению тяжелыми металлами урбостратоземы оцениваются примерно так же: показатель суммарного загрязнения варьирует в пределах ниже 8, и только в одном разрезе (1302) в средней части профиля обнаружены горизонты, уровень загрязнения которых говорит о слабой степени загрязнения ( $Zc = 8,2-8,6$ ).

Экранирующий материал (асфальт) запечатанных урбостратоземов, оказывает существенное защитное действие, поэтому именно в этой группе почв отмечен самый низкий уровень содержания тяжелых металлов и мышьяка. В экраноземах по профилю наблюдается обособление насыпных горизонтов и погребенных черноземных почв по всем

изученным показателям. Уровень загрязнения по всему профилю оценивается как допустимый (коэффициент суммарного загрязнения не превышает 8). Причем наибольшие значения показателя суммарного загрязнения приурочены либо к самым поверхностным слоям, либо к нижней части профиля погребенных черноземов.

Внутрипрофильное распределение тяжелых металлов в почвах характеризуется неоднородностью. Исследованным почвам свойственны следующие типы внутрипрофильного распределения тяжелых металлов: с биогенным и антропогенным поверхностным накоплением, с максимумом в карбонатном горизонте, с максимумом в породе.

Исследование выполнено в рамках проекта № 213.01-2015/002ВГ базовой части внутреннего гранта ЮФУ с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» и ЦКП «Высокие технологии» Южного федерального университета.

### Список литературы

1. Содержание микроэлементов в почвах Ростовской области / В.В. Акимцев [и др.] // Микроэлементы и естественная радиоактивность. – Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 1962. – С. 37–42.
2. Ковальский, В.В. Геохимическая экология / В.В. Ковальский. – М.: Наука, 1974. – 299 с.
3. Eikmann, Th. Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-) Stoff in Boden / Th. Eikmann, A. Klocke // UDLUFA-Mitteilungen. – 1991. – Н. 1. – Р. 19–26.

УДК 633.34:631.5

## **ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ И НАКОПЛЕНИЕ <sup>137</sup>Cs В РАСТЕНИЯХ САЛАТА**

**Г.З. Гуцева, Г.А. Леферд, С.А. Гапоненко**

*ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси»,  
г. Гомель, Беларусь*

В последнее время в сельскохозяйственном производстве большое внимание уделяется экологическому земледелию. Интенсивные технологии и химизация сельскохозяйственных угодий снизили ко-

личество почвенных микроорганизмов, которые являются основными производителями гумуса, а, следовательно, и почвенного плодородия. Однако эта ситуация не безнадежна с помощью полезных бактерий, дождевых червей и органических удобрений возможно в течение 2–3 лет повысить почвенное плодородие. Поэтому, при изучении возможностей повышения урожайности культур и качественных показателей урожая все большее внимание уделяется группе биопрепаратов, созданных на основе эффективных микроорганизмов (ЕМ-1).

Полевые испытания по изучению влияния условий минерального питания и бактеризации на урожайность и накопление  $^{137}\text{Cs}$  растениями салата, проводилось в стационарном полевом опыте на пахотных угодьях н.п. Хальч, Гомельской области, загрязненных  $^{137}\text{Cs}$  – 4 Ки/км<sup>2</sup> (149 кБк/м<sup>2</sup>).

Удобрения вносились согласно схемы опыта, под предпосевную культивацию. В качестве минерального удобрения был использован хлористый калий, в качестве органических удобрений – бокаши.

Внесение препарата ЕМ-1 проводилось четырехкратно, начиная с посева и с периодичностью три недели, путем опрыскивания почвы согласно схемы опыта. Препарат представляет собой культуральную жидкость, в состав которой входят микроаргонизмы: фитосинтезирующие и молочнокислые бактерии, дрожжи, актиномицеты и форминтатирующие грибы.

Анализ литературных данных позволяет сделать вывод о том, что длительное применение удобрений обеспечивает повышение плодородия почв и создает условия для последовательного роста урожайности отдельных культур и общей продуктивности севооборота. В настоящее время в республике Беларусь в обеспечении растений элементами питания как минеральные, так и бактериальные удобрения, занимают главенствующее положение [1, 2, 3, 4].

Результаты наших исследований свидетельствуют о влиянии внесения минеральных (КС1), органических (бокаши) и биологических (ЕМ-1) удобрений на основные показатели урожайности салата (табл. 1).

Из приведенной таблицы видно, что применение биопрепарата при возделывании салата Одесский кучерявец, позволило увеличить урожайность культуры относительно контроля на 38%, применение ЕМ-1 в смеси с бокаши – на 67%. Наибольшую прибавку урожайности позволило получить применение ЕМ-1 с внесением хлористого калия, урожайность относительно контроля увеличилась на 87%.

Таблица 1

## Структура урожайности салата сорт Одесский кучерявец

Вариант опыта	Высота Растений, см.	Масса одного растения, г	Количество Растений, шт./м <sup>2</sup>	Урожайность, т/га
Контроль	15,6	50,3	20	10,1
KCl	18,3	52,0	22	11,4
EM -1	25,3	73,7	19	14,0
Бокаши	22,5	55,3	20	11,1
EM-1 + бокаши	26,5	84,7	20	16,9
KCl+ EM-1	28,0	94,4	20	18,9
НСП <sub>05</sub>	1,7	1,3	—	2,4

По данным наших исследований, внесение в почву калийных удобрений позволило не только увеличить урожайность салата, но и оказало влияние на накопление радионуклидов (табл. 2). На данном варианте поступление <sup>137</sup>Cs в вегетативные органы салата снижается относительно контроля на 13%. На данном варианте снижается также и КП.

Таблица 2

Поступление <sup>137</sup>Cs в вегетативные органы салата сорта Одесский кучерявец

Вариант опыта	Содержание <sup>137</sup> Cs в растениях, Бк/кг	Загрязнение почвы <sup>137</sup> Cs, кБк/м <sup>2</sup>	Коэффициенты перехода (КП), Бк/кг:кБк/м <sup>2</sup>
Контроль	30,15 ± 2,45	155,92 ± 4,85	0,19 ± 0,03
KCl	25,93 ± 1,02	156,22 ± 5,96	0,17 ± 0,05
EM -1	26,73 ± 1,21	146,82 ± 3,46	0,18 ± 0,02
Бокаши	26,87 ± 1,61	149,54 ± 9,01	0,18 ± 0,02
EM-1+бокаши	23,35 ± 1,63	138,89 ± 6,46	0,17 ± 0,01
KCl+ EM-1	23,95 ± 1,33	145,80 ± 6,58	0,16 ± 0,02

Микроорганизмы, входящие в состав биологического препарата EM-1 обладают широким диапазоном свойств, позволяющих не только увеличивать урожайность растений, но и снижать поступление радионуклида <sup>137</sup>Cs в вегетативные органы. Так, внесение биологического препарата EM-1 в сочетании с бокаши, позволило снизить содержание <sup>137</sup>Cs в зеленой массе салата на 23% относительно контроля, такое же снижение накопления радионуклида наблюда-

лось и в варианте с внесением ЕМ-1 на фоне калийных удобрений. О снижении перехода  $^{137}\text{Cs}$  в зеленую массу салата, при применении препарата ЕМ-1, свидетельствуют и максимально низкие коэффициенты перехода, полученные в вариантах опыта: ЕМ-1 + бокаши и КС1 + ЕМ-1.

Таким образом, анализ полученных данных свидетельствует, что на загрязненных радионуклидами территориях целесообразно в качестве защитного мероприятия улучшающего качество продукции салата, использовать биологический препарат на основе эффективных микроорганизмов.

Применение биологического препарата на фоне органических и калийных минеральных удобрений позволяет не только увеличить урожайность культуры, но и снизить поступление  $^{137}\text{Cs}$  в продукцию.

### Список литературы

1. Агрохимия: учебник для студентов агрономических специальностей с.-х. высших учебных заведений / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск: Ураджай, 2001. – 488 с.

2. Лапа, В.В. Основные тенденции в использовании минеральных удобрений в земледелии Республики Беларусь / В.В. Лапа, В.А. Щербаков // Почвы, их эволюция, охрана и повышение производительной способности в современных социально-экономических условиях: (материалы I съезда Белорус. о-ва почвоведов) / Белорус. о-во почвоведов. – Минск; Гомель, 1995. – С. 143–144.

3. Хлыстовский, А.Д. Итоги 35 лет применения возрастающих доз минеральных удобрений на фоне навоза и без навоза / А.Д. Хлыстовский, П.А. Вехов, В.П. Бугаев // Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов / Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В.И. Ленина. – М., 1978. – Вып. 6. – С. 29–48.

4. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь / Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси; под ред. И.М. Богдевича. – Минск, 2003. – 74 с.

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВАЛОВЫХ ФОРМ НИКЕЛЯ И ОЛОВА В ПОЧВАХ Г. ПИНСКА**

**А.А. Карпиченко, Н.К. Чертко**

*Белорусский государственный университет,  
г. Минск, Беларусь*

Почвы городских ландшафтов развиваются под влиянием интенсивного, но неоднородного в пространственном отношении антропогенеза, что проявляется в чрезвычайной пестроте структуры почвенного покрова, часто сопровождающейся загрязнением почв различными тяжелыми металлами. Накопление тяжелых металлов в почвах городов происходит в результате замедления техногенных потоков миграции, источниками которых могут служить выбросы промышленных предприятий и транспорта, бытовые и промышленные отходы, сточные воды и т.д.

Для изучения содержания никеля и олова в почвах г. Пинска в 2014 г. был произведен отбор образцов почв ( $n = 30$ ) из верхнего горизонта, местами техногенно-измененного. Образцы почв отбирались равномерно по всей площади города из гумусового горизонта с поверхности до глубины 15 см и пропорционально площади распространения основных зон города: многоэтажных застроек, частных застроек, промышленных предприятий и зеленой зоны. Это позволило определить средневзвешенное содержание исследуемых элементов для г. Пинска.

Образцы почв и растительности высушивались до воздушно сухого состояния и сохранялись в полиэтиленовых пакетах. Почвенные образцы просеивались через сито 1 мм, взвешивались, после чего проводилось сухое озоление пробы в муфельной печи со ступенчатым подъемом температуры от 150 до 440–450°C, при которой проба выдерживалась 4 часа. После проба охлаждалась в эксикаторе, взвешивалась для определения потерь при прокаливании, и растирались до пудрообразного состояния.

Анализ валового содержания Ni и Sn в почвах и растительности производился эмиссионно-спектральным методом на многоканальном атомно-эмиссионном спектрометре ЭМАС-200ДДМ в дуге переменного тока с использованием спектрально-чистых угольных электродов в научно-исследовательской лаборатории экологии ландшафтов БГУ.

Для стабилизации процесса горения пробы и увеличения воспроизводимости результатов анализа проба смешивалась с буфером, представлявшим собой смесь 3 частей угольного порошка с 1 частью хлорида калия (о.с.ч.) в соотношении 1:1. Каждая проба сжигалась в 2–5-кратной повторности для снижения влияния случайных факторов на результат анализа и повышения точности определения элементов.

Построение карт распределения никеля и олова в верхнем горизонте почв г. Пинска производилось в ГИС-программе ESRI ArcView с использованием модуля SpatialAnalyst (рис. 1, 2).

Концентрация никеля колеблется в достаточно широких пределах (от 0,4 до 15,9 мг/кг воздушно-сухой почвы, коэффициент вариации 65%), однако в большинстве точек отбора образцов близка к среднему арифметическому (5,4 мг/кг), в пробах с низким содержанием органики (потери от прокаливания 0,6–2,1%) на песчаных почвах его концентрация снижается почти до предела обнаружения (0,4–1,6 мг/кг). Максимальное накопление Ni (около 16 мг/кг) отмечено в районе улицы Фрунзе. На карте распределения валового никеля в пределах зоны перспективного развития заметны еще две зоны накопления никеля, которые приурочены к площадям промышленной застройки и их санитарно-защитным зонам к югу и западу от центра города, при этом превышения значений фона и ПДК установлено не было.

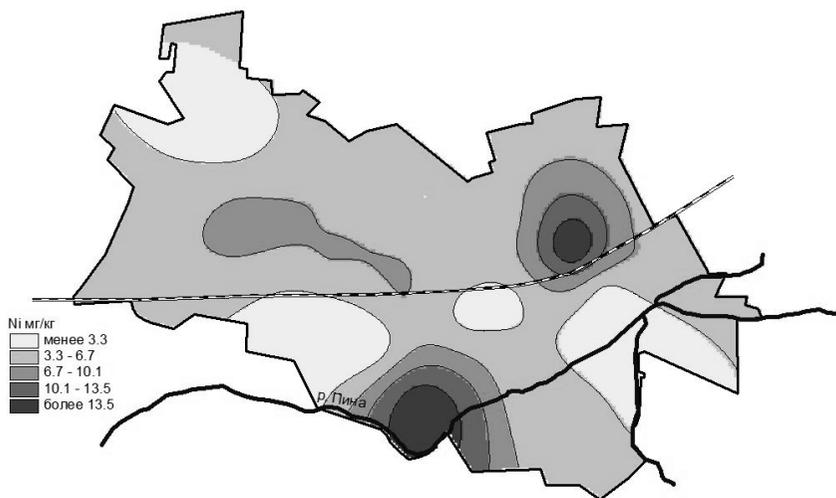


Рис. 1. Распределение никеля в почвах г. Пинска, мг/кг

Среднее содержание олова для зоны перспективного развития г. Пинска составляет 2,3 мг/ кг почвы в воздушно-сухом состоянии, при этом около трети отобранных образцов содержат мизерные концентрации олова (менее 1 мг/кг), для половины проб характерны значения от 1 до 4 мг/кг, только для трех точек опробования отмечено содержание Sn более 6 мг/кг. Отчетливое превышение характерно для территорий, находящихся в промышленной зоне города (рис. 2), что позволяет предположить техногенный характер накопления, при котором также увеличивается разброс в содержании элементов (коэффициент вариации для олова составил 98%).

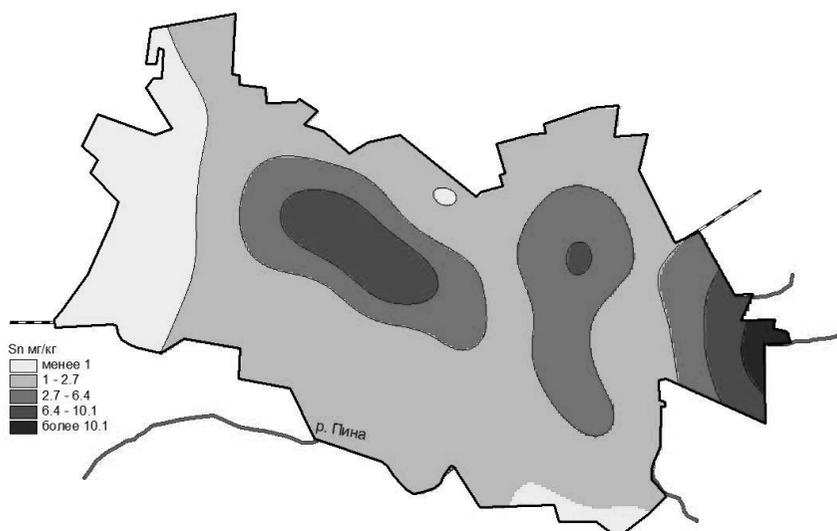


Рис. 2. Распределение олова в почвах г. Пинска, мг/кг

Средние значения, исследуемых элементов, выше медианных, что указывает на некоторую асимметричность распределения. Наличие подобной асимметрии со значительной долей уверенности можно отнести на влияние антропогенного фактора, проявляющегося в заметных «пиках» накопления, которые в несколько раз превышают средние значения.

Коэффициент линейной корреляции между концентрациями Ni и Sn в почве составил 0,43, что свидетельствует о наличии существенной средней связи при уровне вероятности 0,95, при использовании степенной функции корреляционное отношение составило 0,64.

В целом отмечается заметная пространственная дифференциация концентраций никеля и олова в почвах г. Пинска, сформировавшаяся под воздействием антропогенных и природных факторов, однако без заметного превышения фоновых показателей.

УДК 631.4

## **ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВ Г. ЛЬГОВА (КУРСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

**А.Н. Курбатова, И.В. Замотаев**

*Институт географии РАН,  
г. Москва, Россия*

Современные промышленные города являются одними из мощных источников поступления тяжелых металлов (ТМ) в ландшафты. В результате осуществляется глубокое воздействие на многие природные компоненты (атмосферный воздух, почвы, растительность, донные отложения, поверхностные воды) и население. В этой связи особое значение приобретает эколого-геохимическая оценка состояния городских ландшафтов. Она является сегодня одним из приоритетных направлений геоэкологии и геохимии ландшафтов, и приобретает все большую роль для кадастра, в мониторинге и охране городских почв.

*Функциональное зонирование города.* Льгов расположен на юго-западном склоне Среднерусской возвышенности, на границе зон широколиственных лесов и лесостепи, в бассейне р. Сейм. Он относится к типичным малым городам Курской области (общая площадь – 37,47 км<sup>2</sup>, население – 20579 человек) с относительно небольшим количеством выбросов (1038 т/год; коэффициент эмиссионной нагрузки  $E = 0,05$ ). В соответствии с типом использования территории и специализацией источников загрязнения ТМ в Льгове выделяются следующие функциональные зоны: индивидуальной жилой застройки (21%), жилой застройки средней этажности (2%), общественно-деловая (1,75%), транспортно-промышленная (6%), постпромышленная (2%), рекреационная (28,7%), сельскохозяйственная (32%), отстойники сахарного завода (6%), полигон ТБО (0,3%), кладбище (0,25%).

*Почвенный покров Льгова*, как и других урбанизированных территорий, находится в двух «состояниях» – на открытых территориях и закрытых запечатанных асфальтом или другими покрытиями. В первом

случае формируются антропогенно-преобразованные почвы – урбаноземы и техноземы (почвоподобные техногенные образования скверов, газонов), а также естественно-антропогенные почвы (урбопочвы) и природные почвы разной степени нарушенности и нередко с признаками урбогенеза. В элювиальных и трансэлювиальных ландшафтах природные почвы представлены серыми лесными и черноземами остаточно-карбонатными на лессовидных суглинках, подстилаемых верхнемеловыми отложениями. В супераквальных ландшафтах (долины р. Сейм и его притоков) формируются неоднородные в литологическом отношении аллювиальные дерновые, дерново-глееватые и «лугово-черноземные» почвы. На запечатанных участках почвенный покров используется как «грунт» или «почвогрунт» в качестве основы разнообразного жилого, промышленного, дорожного и другого строительства.

*Пространственная структура загрязнения тяжелыми металлами городских почв (2012–2014 гг.).* Валовое содержание ТМ в воздушно-сухих почвенных образцах определялось рентгенфлуоресцентным методом. Сопоставление средних содержаний микроэлементов в почвах фоновых участков с кларками литосферы (по Виноградову) показало, что почвы природного фона обеднены ими, особенно Sr, Ni, Cu ( $KP = 1,9–2,5$ ). В меньшей степени Zn ( $KP = 1,4$ ), для Y и Nb характерны околокларковые значения. Наблюдается обогащение природных почв Pb и Zr ( $KK = 1,6–2,6$ ).

Городские почвы в целом незначительно обогащены ТМ относительно природного фона. Наибольшим накоплением отличаются Zn и Cu ( $Kc = 1,6–1,7$ ), относящиеся к элементам с высокой технофильностью. Остальные элементы (Ni, Pb, Sr и др.) имеют околофоновые значения ( $Kc = 0,7–1,2$ ). Содержания ТМ в почвах рекреационной зоны близки к фоновым значениям ( $Kc = 0,7–1,1$ ).

Транспортно-промышленная, общественно-деловая зоны, а также поля фильтрации сахарного завода и полигон ТБО отличаются слабой геохимической трансформацией почвенного покрова. Для всех элементов  $Kc < 1,5$ , кроме Zn ( $1,8–2,5$ ). Поступление Zn в перечисленных выше зонах города обусловлено в основном выбросами автотранспорта и стоками предприятий пищевой промышленности. Они концентрируются в почвах вдоль автомобильных дорог и осадках сточных вод на полях фильтрации сахарного завода. Несмотря на резкое увеличение за последнее десятилетие количества автотранспорта и высокую техногенную эмиссию в атмосферу газовых и пылевых выбросов, существенного увеличения содержания Pb в почвенном покрове ни в од-

ной из функциональных зон города не выявлено. Это, по-видимому, связано с улучшением экологического качества бензина.

В почвах постпромышленной зоны наблюдаются одни из самых высоких в городе концентраций ТМ. Так, содержание Cu и Zn превышает фоновое почти в 5 раз. Основной уровень загрязнения этой зоны ТМ, как отмечалось выше, сформировался еще в 70–80-е гг. прошлого столетия, когда происходили наибольшие выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Наиболее широкий спектр элементов-загрязнителей был выявлен в промзоне вблизи арматурного завода: Zn ( $K_c = 9,7$ ), Cu ( $K_c = 35,9$ ), Ni ( $K_c = 1,3$ ) и Pb ( $K_c = 1,9$ ),  $Z_c = 45,8$  (высокий уровень загрязнения). Это может свидетельствовать о том, что за рассматриваемый период состав приоритетных элементов-загрязнителей не претерпел существенных изменений, но при этом содержание Cu, Zn и Pb и уровень загрязнения ( $Z_c < 16$ ) значительно снизились, вследствие снижения атмосферической нагрузки после закрытия арматурного завода.

В жилебной зоне по характеру загрязнения ТМ различаются почвы жилой застройки средней этажности и частных приусадебных хозяйств. Первые характеризуются сравнительно небольшим накоплением элементов по сравнению с природными аналогами. Для большей части ТМ характерно  $K_c = 0,5–1,1$ . Заметно накапливается только Zn ( $K_c = 2,5$ ). В зоне индивидуальной жилой застройки выявлены более высокие концентрации поллютантов. Для половины ТМ характерно  $K_c \leq 1,3$ , заметно накопление только у Zn ( $K_c = 2,4$ ). Концентрация Sr ( $K_c = 1,3$ ) в почвах нарастает в северо-восточном направлении, что связано с выходами мергелей, которые им обогащены, в правобережной части города. Поступление Sr происходит также с выбросами отопительных систем котельных и жилых домов, где сейчас сжигают и ранее использовали (до 80-х годов прошлого столетия) каменные угли. Поэтому он накапливается также в почвах вблизи котельных и в частном секторе.

В зоне сельскохозяйственного назначения, на которые вносятся пестициды, минеральные и органические удобрения, содержащие Pb, Zn, Cu и As, накопление всех рассматриваемых элементов в почвах не превышает средний природный фон ( $K_c = 0,6–1,3$ ). Это объясняется тем, что часть рассматриваемых агросерых почв отличается наиболее легким гранулометрическим составом среди городских почв и исходно более низким содержанием микроэлементов.

Повышенное содержание Zn, Cu и Pb отмечается, главным образом, в почвах постпромышленной, транспортно-промышленной зон, а также территории индивидуальной жилой застройки.

Для почв Льгова средний суммарный показатель загрязнения  $Z_c$  равен 1,9, что указывает на очень слабое загрязнение почвенного покрова. Более 90% территории характеризуется минимальным уровнем загрязнения ( $Z_c < 5$ ). Такое загрязнение полиэлементной ассоциацией ТМ отмечается во всех функциональных зонах города, за исключением постпромышленной. Она характеризуется слабым загрязнением ( $5 < Z_c < 10$ ) и наблюдается на 2% территории города. При сравнении содержания ТМ в городских почвах с ПДК, принятыми в России, во всех функциональных зонах города встречаются точки с повышенным содержанием токсичных микроэлементов, представляющих экологическую опасность.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 14-27-00133 «География почв экстремальных условий среды в прошлом и настоящем: теория, методология и эмпирическое обеспечение»), а также проекта 3.2 Программы Президиума РАН № 1.18П «Природные катастрофы и адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики».*

УДК 631.445.9:631.452:631.811.94

## **ВЛИЯНИЕ МЕЛИОРАНТОВ И УДОБРЕНИЙ НА СТЕПЕНЬ ПОДВИЖНОСТИ КАДМИЯ В ЗАГРЯЗНЕННОМ АГРОЗЕМЕ ТЕКСТУРНО- ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОМ**

**А.В. Леднев, А.В. Ложкин**

ФГБНУ Удмуртский НИИСХ,  
г. Ижевск, Россия

Резкое увеличение масштабов загрязнения почв тяжелыми металлами в индустриально развитых регионах — серьезная экологическая проблема Российской Федерации. Именно здесь проживает основная часть населения страны и производится значительное количество сельскохозяйственной продукции. К одному из самых распространенных и опасных тяжелых металлов в России относится кадмий. Только в Удмуртии доля почв с повышенным и высоким уровнем содержания

валового кадмия составляет 84,3%, в том числе с высоким – 14,6% [1]. При этом статистические данные не учитывают земли городских и промышленных территорий, степень загрязнения которых, в большинстве случаев, существенно превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК).

Исследованиями почв, загрязненных тяжелыми металлами, ученые Удмуртского НИИ сельского хозяйства занимаются с 2010 г. За этот период в серии лабораторных и полевых опытов установлено влияние нескольких уровней внесения мелиорантов и удобрений на степень подвижности тяжелых металлов (свинца и кадмия) в загрязненных почвах. В данной работе показано влияние мелиорантов и удобрений на снижение степени подвижности кадмия течение трех лет наблюдений.

Полевой мелкоделяночный опыт заложен в 2011 г. на опытном поле Ижевской государственной сельскохозяйственной академии в хозяйстве «Июльское» Воткинского района Удмуртской Республики на искусственно загрязненном агроземе текстурно-дифференцированном среднесуглинистом. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы:  $pH_{KCl}$  4,8,  $N_T$  – 3,3 мг-экв./100 г, S – 11,0 мг-экв./100 г, содержание подвижного фосфора – 121 мг/кг, обменного калия – 110 мг/кг, гумуса – 1,8%. Загрязнение почвы проведено сульфатом кадмия в дозе 5 мг д.в./кг (высокий уровень загрязнения). Опыт заложен в 4-кратной повторности согласно общепринятым методикам, его схема представлена в таблице. Размер опытной делянки – 1×2 м, площадь – 2 м<sup>2</sup>. Размещение вариантов систематическое со смещением. Использовали следующие мелиоранты и удобрения: низинный торф с сильной степенью разложения (60–70%), близкой к нейтральной реакции ( $pH_{KCl}$  5,8) и влажностью 65%; известняковая мука 1 класса с нейтрализующей способностью 88%; фосфоритная мука высшего сорта с содержанием  $P_2O_5$  30%; гранулированный простой суперфосфат с содержанием  $P_2O_5$  19%; цеолит из Хотынецкого месторождения Орловской области. В качестве сульфида натрия применяли химически чистую соль. Все агротехнические работы проводили вручную (кроме посева). Массовую долю содержания кадмия в пробах почв и растений определяли атомно-адсорбционным методом согласно общепринятой методике [2]. Изучение эффективности действия мелиорантов и удобрений на агроэкологические показатели загрязненной почвы проводили в звене севооборота: однолетние травы (2011 г.); ячмень (2012 г.); овес (2013 г.).

Для определения влияния различных доз мелиорантов и удобрений на степень подвижности кадмия использовали различные по вытеснительной способности солевые вытяжки из почвы: раствор хлористого кальция и аммонийно-ацетатный буферный раствор (ААБР). В данной статье мы приведем данные только вытяжки ААБР (табл.). Она является наиболее распространенной на практике и более сильной по вытеснительной способности.

Данные таблицы свидетельствуют, что все изучаемые мелиоранты и удобрения в условиях полевого опыта существенно снизили степень подвижности кадмия в загрязненной почве, однако их эффективность сильно колебалась в зависимости от их вида, дозы внесения и периода прошедшего после внесения. В первые два года наиболее значительно снизила степень подвижности кадмия водорастворимая форма мелиоранта – сульфид натрия в дозе внесения 120 кг д.в./га (снижение на 39–40%). На третий год после внесения, его действие проявлялось только на уровне положительной тенденции, а на первое место в этот период вышел трудно растворимый мелиорант – известняковая мука в дозе 12 т/га (снижение на 18%). Эти мелиоранты осаждали тяжелые металлы, в том числе и кадмий, в труднорастворимые соединения, резко снижая их степень подвижности (химический механизм действия).

Стабильно высокие результаты по снижению степени подвижности кадмия все три года наблюдений проявляли торф и цеолит в дозе внесения 100 т/га (снижение на 16–39%). Их механизм действия на этот показатель отличался от остальных мелиорантов. Они значительно повышали сорбционную емкость загрязненных почв и, тем самым, способствовали переводу ионов кадмия в поглощенное состояние, в том числе и необменное (физико-механический механизм действия).

Таким образом, при рекультивации почв, загрязненных кадмием, можно достаточно эффективно использовать два механизма: химический (перевод ионов тяжелых металлов в труднорастворимые соединения) и физико-химический (необменное поглощение ионов тяжелых металлов).

Внесение изучаемых мелиорантов и удобрений, в большинстве случаев, статистически достоверно повысило урожайность сельскохозяйственных культур и позволило снизить содержание кадмия в растениеводческой продукции ниже уровня ПДК [3, 4], что делает этот агроприем перспективным для внедрения в производство.

**Влияние мелиорантов и удобрений на снижение степени подвижности кадмия  
в почве, мг/кг (данные вытязки ААБР)**

Вариант	Срок отбора											
	17.08.2011					21.08.2012					16.08.2013	
	показатель		отклонение		показатель	отклонение		показатель		отклонение		
мг/кг	%	мг/кг	%	мг/кг		%	мг/кг	%	мг/кг	%		
1. Почва без загрязнения и мелиорантов	0,00	—	—	—	0,06	—	—	—	0,23	—	—	
2. Почва + Cd без мелиорантов — фон	3,90	—	—	—	2,83	—	—	—	2,68	—	—	
3. Фон + фосфорит. мука 1 т/га	3,53	-0,37	-9	-0,94	1,89	-0,94	-33	2,45	-0,23	-9	-9	
4. Фон+ фосфорит. мука 1,5 т/га	3,00	-0,90	-23	-0,96	1,87	-0,96	-34	2,39	-0,29	-11	-11	
5. Фон + суперфосфат 90 кг/га	3,04	-0,86	-22	-0,38	2,45	-0,38	-13	2,60	-0,08	-3	-3	
6. Фон + суперфосфат 120 кг/га	2,89	-1,02	-26	-0,46	2,37	-0,46	-16	2,48	-0,20	-7	-7	
7. Фон + сульфид натрия 90 кг/га	2,36	-1,54	-39	-0,97	1,86	-0,97	-34	2,45	-0,23	-9	-9	
8. Фон+ сульфид натрия 120 кг/га	2,33	-1,57	-40	-0,98	1,85	-0,98	-35	2,45	-0,23	-9	-9	
9. Фон + известь 8 т/га	3,23	-0,67	-17	-0,54	2,29	-0,54	-19	2,64	-0,04	-1	-1	
10. Фон + известь 12 т/га	3,11	-0,79	-20	-0,87	1,96	-0,87	-31	2,20	-0,48	-18	-18	
11. Фон+ торф 50 т/га	2,65	-1,25	-32	-0,69	2,14	-0,69	-24	2,36	-0,32	-12	-12	
12. Фон + торф 100 т/га	2,50	-1,40	-36	-0,69	2,14	-0,69	-24	2,24	-0,44	-16	-16	
13. Фон + цеолит 50 т/га	2,75	-1,15	-29	-0,50	2,33	-0,50	-18	2,30	-0,38	-14	-14	
14. Фон + цеолит 100 т/га	2,36	-1,54	-39	-0,59	2,24	-0,59	-21	2,22	-0,46	-17	-17	
НСР <sub>05</sub>	—	0,59	15	0,36	—	0,36	13	—	—	—	9	

## Список литературы

1. Безносков, А.И. Содержание тяжелых металлов в пахотных почвах Удмуртской Республики: монография / А.И. Безносков, Л.Б. Башмаков, В.Г. Нелюбин. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2005. – 74 с.
2. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М.: ЦИНАО, 1992. – 31 с.
3. Влияние мелиорантов и удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур, произрастающих на почвах, загрязненных тяжелыми металлами / А.В. Ложкин, А.В. Леднев // Аграрная наука Евро-Северо-Востока : научный журнал Северо-Восточного регионального научного центра Россельхозакадемии. – 2014. – № 1. – С. 30–35.
4. Ложкин, А.В. Исследование поведения Рb и Cd в почвах пригородной зоны г. Ижевска и приемы, снижающие их миграцию в системе почва-растение: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 03.02.13 / А.В. Ложкин. – М., 2014. – 23 с.

УДК 631.474

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО, ЗАГРЯЗНЕННОГО ЦИНКОМ И СВИНЦОМ**

**С.С. Манджиева, Т.М. Минкина, В.А. Чаплыгин,  
И.В. Замулина, Л.Ю. Маштыкова, Е.А. Колина**

*Южный федеральный университет,  
Ростов-на-Дону, Россия*

Оценка антропогенного воздействия на почву является составной частью комплексного экологического мониторинга состояния природных ресурсов. При оценке экологического состояния почв необходимы сведения о прочности удерживания металлов почвенными компонентами. Целью работы является разработка системы показателей для экологической оценки чернозема обыкновенного, загрязненного тяжелыми металлами, на основе учета прочности связи металлов с твердыми фазами почв.

Объектом исследования являлся чернозем обыкновенный мощный слабогумусированный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках. Верхний горизонт почвы (0–20 см) имеет следующие свойства: содержание гумуса 3,5 %; pH 7,5; нитратного азота (N–NO<sub>3</sub>) – 1,0 мг/100 г; подвижного фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – 6,2 мг/100 г; обменного калия (K<sub>2</sub>O) –

35,8 мг/100 г;  $\text{Ca}^{2+}$  – 30 ммоль/100г;  $\text{Mg}^{2+}$  – 7 ммоль/100г;  $\text{CaCO}_3$  – 0,1 %; физической глины – 58,0%, ила – 34,5%.

Для выполнения поставленной цели был заложен модельный вегетационный опыт. На дно вегетационных полиэтиленовых сосудов (1 л) помещали дренаж – промытое стекло слоем 3 см. В сосуды помещали по 1 кг размельченной почвы (диаметром частиц < 5 мм), искусственно загрязненной ацетатами Pb и Zn. Металлы вносили в почву как раздельно в дозе 10 000 мг/кг, так и совместно. Почву инкубировали в течение года. Общее содержание металлов в почве определяли рентген-флюоресцентным методом.

Для изучения прочности металлов в почве выделялись две группы соединений тяжелых металлов: прочно связанные (ПС) и непрочно связанные (НС) с почвой. Непрочно связанные соединения ТМ в почве переведены в раствор параллельными экстракциями (Минкина и др., 2008). Так, для экстракции обменных соединений металлов использована вытяжка 1н аммонийно–ацетатного буфера (ААБ), pH 4,8; комплексные соединения металлов определяли по разнице между содержанием металлов в вытяжках 1% ЭДТА в 1 Н. ААБ и 1 Н. ААБ, pH 4,8. Содержание специфически сорбированных соединений находили по разнице между концентрациями соединений, экстрагируемых вытяжками 1 Н. НС1 и 1 Н. ААБ. Содержание прочно связанных соединений ТМ в почве – по разности между общим содержанием металлов и содержанием их непрочно связанных соединений.

Общее содержание в исходных почвах Zn составляет 67 мг/кг, Pb – 25 мг/кг (табл. 1), что соответствует фоновому уровню для черноземов обыкновенных (Минкина и др., 2008). Они более чем в 2 раза превышают кларковые значения для Pb и в 1,3 раза кларк для Zn (кларк металлов для почв по А.П. Виноградову (1957) составляет в мг/кг: Pb – 10, Zn – 50). Основная часть металлов в почве (82% и 87% от общего содержания) находится в прочно связанном состоянии (табл. 1).

При искусственном загрязнении чернозема обыкновенного Zn и Pb их общее содержание в почве повысилось и составило около 10 000 мг/кг (табл. 1). При этом в большей степени возросло абсолютное содержание трех фракций подвижных соединений металлов. Загрязнение почв сопровождается переходом от явного доминирования содержания в них прочно связанных соединений металлов к уменьшению их количества (до 14–19% от общего содержания). Основное направление происходящих изменений – повышение доли более мобильных соединений среди непрочно связанных форм. Этот процесс усиливается для Zn при совместном внесении металлов в почву (табл. 1).

Таблица 1

**Общее содержание и непрочно связанные соединения Zn и Pb в черноземе  
обыкновенном при моно- и полиэлементном загрязнении, мг/кг**

Вариант опыта	Обменные		Комплексы		Специфически сорбированные		Общее содержание		НС/ПС, %	
	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb
Без внесения	0,7	0,9	0,6	0,5	7,1	3,0	67	25	13/87	18/82
Металл	2478	2962	1628	2443	4386	2568	9890	9851	86/14	81/19
Zn + Pb	2844	2658	1545	2434	4183	2334	9776	9940	88/12	75/25
НСР <sub>0,95</sub>	335	444	318	353	623	355	617	759		
ПДК	23	6	—	—	60	60	100	32		

Опасность загрязнения почв металлами состоит не только в том, что в них повышается их содержание, но и в том, что в них увеличивается подвижность металлов. Следует отметить, что подвижность Zn увеличивается значительно интенсивнее Pb, что доказывает положение о высокой подвижности техногенного Zn. Подвижность металлов повышается преимущественно за счет наиболее мобильных соединений металлов: обменных форм Zn и комплексных форм Pb. Влияние металлов друг на друга проявляется в снижении прочности связи Zn с почвенными компонентами и увеличение с ними прочности связи Pb. Увеличение подвижности Zn связано с ростом наиболее подвижной обменной фракции элемента.

Нами предложены показатели экологического состояния загрязненных почв, основанные на прочности связи металлов с твердыми фазами почв.

1. Коэффициент биологической доступности (Кб), рассчитываемый как отношение непрочно связанных соединений к общему содержанию элемента, и в целом показывает часть от общей концентрации, которая может быть поглощена растениями:

$$Кб = НС/Свал,$$

где НС – группа непрочно связанных соединений металла в почве, мг/кг, Свал – валовое содержание данного элемента в почве, мг/кг.

Установлено, что чем выше уровень техногенной нагрузки на почву, тем выше показатель Кб (табл. 2).

2. Коэффициент подвижности металлов (Кп), рассчитываемый как соотношение содержания непрочно связанных (НС) и прочно

связанных (ПС) соединений металлов с почвенными компонентами:

$$K_{п} = HC/ПС.$$

При увеличении концентрации металла в почве до 10000 мг/кг  $K_{п}$  вырос для Zn в 61 раз, для Pb – в 21 раз, а при их совместном внесении – в 71 и 15 раз соответственно (табл. 2). Таким образом, совместное внесение металлов ведет к снижению прочности связи Zn с почвенными компонентами.

Таблица 2

**Коэффициент подвижности металлов ( $K_{п}$ ) и коэффициент стабильности (КБ) в черноземе обыкновенном при загрязнении Zn и Pb, (%)**

Вариант	КБ		Кп	
	Zn	Pb	Zn	Pb
Без внесения	0,1	0,2	0,1	0,2
Металл	0,9	0,8	6,1	4,2
Zn + Pb	0,9	0,7	7,1	3,0

Выполненное исследование позволило выявить решающее влияние на экологическое состояние загрязненных металлами почв двух важнейших групп соединений ТМ в почвах: непрочно и прочно связанных с почвенными компонентами. Группа непрочно связанных соединений определяет экологическую опасность загрязненных почв. Группа прочно связанных соединений определяет способность почв защищать от загрязнения сопредельные среды. На основе данных представлений предложены два показателя: коэффициент биологической доступности и коэффициент подвижности. Предлагаемые способы оценки состояния ТМ в почве могут служить важным критерием индикации степени загрязненности почв и возможной миграции металлов в сопредельные среды.

*Работа выполнена при поддержке базовой части госзадания  
Министерства образования и науки Российской Федерации  
№ 1894, Грант Президента РФ № МК–6448.2014.4.*

### Список литературы

1. Комбинированный прием фракционирования почвенных соединений металлов и его информативность / Т.М. Минкина [и др.] // Почвоведение. – 2008. – № 11. – С. 40–49.

## **СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

**Л.Ю. Маштыкова, С.С. Манджиева, Т.М. Минкина,  
Е.А. Колина, М.Н. Козлова**

*Южный федеральный университет,  
Ростов-на-Дону, Россия*

Основным предприятием теплоэнергетического комплекса г. Новочеркасск, оказывающим серьезное воздействие на окружающую среду является филиал ОАО «ОГК–2» Новочеркасская ГРЭС (НчГРЭС). НчГРЭС является объектом 1–2 категории опасности по уровню загрязнения атмосферного воздуха, вклад которой в общие валовые выбросы в атмосферу составляет порядка 70%. Учитывая, что значительная часть тяжелых металлов (ТМ) поступает в атмосферу в составе аэрозолей с размерами частиц порядка 0,1–1,0 мкм, можно предположить, что металло-содержащие частицы в воздухе способны переноситься на значительные расстояния от источника эмиссии, загрязняя не только промышленную и селитебную зоны, но и прилегающие территории сельхозугодий.

Цель работы – изучение содержания тяжелых металлов (ТМ) в почвах, подвергающихся воздействию аэротехногенных выбросов НчГРЭС.

Исследовались почвы территорий, прилегающих к Новочеркасской ГРЭС – черноземы обыкновенные, лугово-черноземные и аллювиально-луговые почвы поймы р. Тузлов (табл.). Верхний горизонт аллювиально-луговой почвы (0–20 см) имеет следующие свойства: содержание физической глины – 5,9%, ила – 2,9%, гумуса – 2,9%,  $\text{CaCO}_3$  – 0,4%, аммиачного азота ( $\text{NH}_4^+$ ) – 2,5 мг/100г, подвижного фосфора ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) – 1,7мг/100 г, обменного калия ( $\text{K}_2\text{O}$ ) – 21мг/100г, сумма обменных катионов – 11 мг-экв/100 г, ЕКО – 12мг-экв/100 г. Физико-химические свойства лугово-черноземных почв следующие: содержание физической глины – 45,15%, ила – 23,35%, гумуса – 3,15%,  $\text{CaCO}_3$  – 0,5%, аммиачного азота ( $\text{NH}_4^+$ ) – 2,45 мг/100 г, подвижного фосфора ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) – 4,15 мг/100г, обменного калия ( $\text{K}_2\text{O}$ ) – 36 мг/100 г, сумма обменных катионов – 38,5 мг-экв/100г, ЕКО – 39 мг-экв/100 г. В черноземе обыкновенном среднее содержание физической глины – 53,24%, ила – 29,44%, гумуса – 4,03%,  $\text{CaCO}_3$  – 7,56%, аммиачного азо-

та ( $\text{NH}_4^+$ ) – 2,93 мг/100 г, подвижного фосфора ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) – 3,63 мг/100 г, обменного калия ( $\text{K}_2\text{O}$ ) – 38,13 мг/100 г, сумма обменных катионов – 32 мг-экв/100 г, ЕКО – 33,62 мг-экв/100 г.

Мониторинговые площадки были заложены в 2000 г. на расстоянии 1–20 км от НЧГРЭС и приурочены к точкам единовременного отбора проб, который производился с учетом различных направлений распространения выбросов (рис.). Общее содержание ТМ в почве определялось рентгенфлуоресцентным методом.

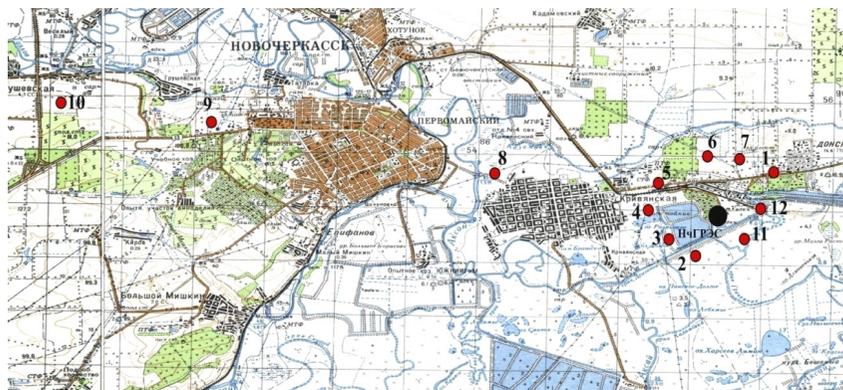


Рис. Карта-схема расположения мониторинговых площадок в зоне влияния Новочеркасской ГРЭС

В зависимости от расстояния и расположения контролируемых участков установлены различия в накоплении металлов в почвах (табл.).

Таблица

Общее содержание тяжелых металлов в 0–20 см слое почв мониторинговых площадок (2014г.), мг/кг

№ площадки, направление и расстояние от источника, км	Pb	Zn	Cu	Ni	Mn	Cd	Cr
1. 1,0 СВ	54	<b>110</b>	<b>60</b>	71	968	<b>0,8</b>	<b>121</b>
2. 3,0 ЮЗ	18	<b>103</b>	41	43	625	<b>0,7</b>	83
3. 2,7 ЮЗ	<b>38</b>	<b>119</b>	<b>61</b>	80	746	0,8	115
4. 1,6 СЗ	<b>58</b>	89	<b>57</b>	63	920	<b>1,0</b>	<b>127</b>
5. 1,2 СЗ	<b>51</b>	<b>141</b>	50	59	821	<b>1,6</b>	<b>150</b>
6. 2,0 СЗ	54	98	54	67	945	<b>1,2</b>	<b>138</b>
7. 1,5 С	31	91	<b>59</b>	66	970	<b>0,9</b>	<b>104</b>
8. 5,0 СЗ	<b>38</b>	<b>134</b>	<b>81</b>	<b>87</b>	1147	0,7	107

№ площадки, направление и расстояние от источника, км	Pb	Zn	Cu	Ni	Mn	Cd	Cr
9. 15,0 СЗ	31	87	<b>56</b>	66	939	0,3	<b>112</b>
10. 20,0 СЗ	<b>37</b>	<b>117</b>	45	55	844	<b>0,6</b>	<b>109</b>
11. 1,0 ЮВ	27	<b>132</b>	33	31	781	0,3	<b>104</b>
12. 1,1 Ю	<b>32</b>	86	46	49	688	0,2	<b>92</b>
НСП <sub>0,95</sub>	3,8	4,3	3,8	3,1	18,3	0,2	5,8
ПДК	32	100	55	85	1500	0,5	90
Фоновые значения для почв Новочеркаска	21	72	33	32	624	0,3	110

Примечание: полужирным шрифтом выделено превышение ПДК.

Проведенный анализ общего содержания ТМ в 2014 г. показал зависимость содержания Cr в почвах мониторинговых площадок от расположения их по отношению к НчГРЭС (табл.). Установлено увеличение Cr в 1,4 раза на близлежащих к НчГРЭС площадках. Данный факт можно объяснить содержанием этого элемента в исходном сырье: хромовый ангидрид (около 0,1 т/год) (Экология Новочеркаска, 2001).

В отличие от Cr, содержание Pb, Zn, Cu, Cd, Ni и Mn на наиболее отдаленных участках мониторинга (площадка № 9 и 10) лишь немного превосходит фоновый уровень. Это свидетельствует об отсутствии загрязнения почв, находящихся на расстоянии более 10–15 км от НчГРЭС, но показывает, что тенденция к этому имеется (табл.).

Содержание Mn увеличилось примерно в 1,5 раза по сравнению с фоновым уровнем на близлежащих к НчГРЭС точках. Максимальное содержание металла отмечается в лугово-черноземной почве на расстоянии 5 км от ГРЭС (табл.). Максимальные концентрации Cr, As, V, Co в почвах установлены на расстоянии 1 км от НчГРЭС, Mn, Ni, Cu – на расстоянии 5 км (Л.Я. Кизильштейна и др., 1990).

Прослеживается накопление содержания Cu на всех исследуемых площадках (табл.). Максимальное содержание Cu установлено в лугово-черноземной почве на расстоянии 5 км от ГРЭС в северо-западном направлении.

Концентрация Ni в почве не превышает ПДК, но в то же время на некоторых близлежащих к источнику мониторинговых площадках (№ 4, 5, 6) его содержание в 2 раза выше фонового, что может свидетельствовать о влиянии аэротехногенного загрязнения. По результатам обследования почв пригорода Новочеркаска (Экология Новочеркаска..., 2001), Ni проявляется в большинстве случаев на фоновом уровне (32–40 мг/кг).

Особое положение занимает мониторинговая площадка № 10, удаленная на расстояние 20 км по розе ветров от НчГРЭС. Территория площадки расположена внутри V-образного пространства, огражденного двумя автомагистралями Ростов–Москва с северо-западной стороны и Ростов–Новочеркасск с юго-восточной (рис.). При различных направлениях ветра территория расположения мониторинговой площадки № 10 загрязняется автомобильными выхлопами.

Таким образом, выбросы одного из крупнейших предприятий теплоэнергетического комплекса – НчГРЭС влияют на содержание тяжелых металлов в почвах пригорода Новочеркаска, источником дополнительной эмиссии поллютантов могут служить транспортные выхлопы.

*Работа выполнена при поддержке базовой части госзадания Министерства образования и науки Российской Федерации № 1894, Грант Президента РФ № МК–6448.2014.4.*

#### Список литературы

1. Акимцев, В.В. Микроэлементы и их применение / В.В. Акимцев. – Ростов н/Д, 1962.
2. Элементы-примеси в углях, продуктах сгорания, растениях, почвах и атмосфере района тепловой электростанции / Л.Я Кизильштейн // Известия СКНЦ ВШ. – 1990. – № 2. – С. 42–52.
3. Экология Новочеркаска. Проблемы, пути решения / под ред. Н.В. Белоусовой. – Ростов н/Д: СКНЦВШ, 2001. – 393 с.

УДК 631.416.8

## СОЕДИНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ И МЕТОДЫ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Т.М. Минкина<sup>1</sup>, С.С. Манджиева<sup>1</sup>, О.Г. Назаренко<sup>2</sup>,  
О.А. Бирюкова<sup>1</sup>, Н.Е. Кравцова<sup>1</sup>, И.В. Замулина<sup>1</sup>, М.Н. Козлова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Южный федеральный университет,

г. Ростов-на-Дону, Россия

<sup>2</sup>ФГУ ГЦАС «Ростовский»

Тяжелые металлы (ТМ) относятся к числу приоритетных загрязняющих веществ. Формы нахождения ТМ в почвах определяют их подвижность, миграционную способность, доступность живым организмам и токсичность. Именно поэтому экспериментальные методы

оценки форм нахождения ТМ в почвах на протяжении многих лет привлекали внимание ученых. В почвенных исследованиях эффективно применяются приемы оценки группового состава соединений железа, алюминия, кремния, фосфора, гумусовых веществ, результаты которых адекватно отражает условия почвообразования. Актуальным является использование данного подхода для оценки состояния тяжелых металлов (ТМ) в почвах.

Оценка экологического состояния исследуемых почв проводилась по общему содержанию металлов в почвах и по показателям прочности удерживания металлов почвами. Общее содержание ТМ в почвах определено рентген-флуоресцентным методом. Соединения тяжелых металлов по прочности связи с почвенной матрицей разделены на 2 группы – непрочно и прочно связанных соединений. Для характеристики данных групп предлагается комбинированная схема фракционирования ТМ в почве. Назначение ее – оценить предполагаемое участие многофункциональных почвенных компонентов как в прочном, так и в непрочном удерживании металлов. Она основана на сочетании параллельного и последовательного экстрагирования, и определении содержания соединений металлов прямым аналитическим методом и расчетным путем (табл.). Метод Тессьера предусматривает последовательное извлечение из почв, обменных соединений и соединений металлов, предположительно удерживаемых отдельными почвенными компонентами (карбонатами, органическими веществами), свободными (несиликатными) соединениями Fe, Mn. Оставшаяся фракция характеризует содержание металлов прочно удерживаемых силикатными минералами.

Таблица 1

**Комбинированная схема фракционирования соединений металлов в почве**

Показатель	Способ нахождения	
	Экспериментальный	Расчетный (по разности содержаний ТМ в вытяжках)
1. Содержание металла в обменной форме		
- общее	1н. $\text{NH}_4\text{Ac}$ , pH 4,8	–
- легко обменные	$1\text{MgCl}_2$	–
- трудно обменные		разность 1н. $\text{NH}_4\text{Ac}$ – $1\text{MgCl}_2$
2. Содержание металла, связанного с карбонатами и в виде отдельных фаз		
- общее	нет метода	–

Показатель	Способ нахождения	
	Экспериментальный	Расчетный (по разности содержаний ТМ в вытяжках)
- непрочно связанные (специфически сорбированные)	1М NaCH <sub>3</sub> COO, рН 5	—
- прочно связанные (соосажденные, окклюдированные, хемосорбированные, осадки малорастворимых соединений ТМ)	нет метода	—
3. Содержание металла, связанного с несиликатными соединениями Fe, Al, Mn:		
- общее	0,04 MNH <sub>2</sub> OH·HCl	
- непрочно связанные (специфически сорбированные)	—	разность (1н. HCl – 1н. NH <sub>4</sub> Ac) - 1М NaCH <sub>3</sub> COO
- прочно связанные (окклюдированные)	—	разность 0,04MNH <sub>2</sub> OH·HCl - (1н. HCl - 1н. NH <sub>4</sub> Ac - 1М NaCH <sub>3</sub> COO)
4. Содержание металла, связанного с органическим веществом:		
- общее	30% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	
- непрочно связанные (комплексные)	—	разность 1% ЭДТА в 1н. NH <sub>4</sub> Ac – 1н. NH <sub>4</sub> Ac
- прочно связанные (хелаты)	—	разность 30% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> – 1% ЭДТА
5. Содержание металла, прочно связанного с силикатами	Вытяжка HF+HClO <sub>4</sub> из остаточной фракции почвы	разность между общим содержанием элемента в почве и суммарным содержанием всех фракций, (кроме остаточной)

Параллельное экстрагирование используется для определения непрочно связанных соединений металлов (как наиболее экологически важных). В качестве экстрагентов используют растворы 1н. NH<sub>4</sub>Ac (рН 4,8); 1% ЭДТА в NH<sub>4</sub>Ac; 1н. HCl. Извлекаемые металлы предположительно характеризуют соответственно содержание обменных соединений (вытяжка 1н. NH<sub>4</sub>Ac), комплексных (разность между количествами металлов, экстрагируемых второй и первой вытяжками),

специфически сорбированных соединений (разность между количествами металлов, экстрагируемыми вытяжками 1н. HCl и 1 н. NH<sub>4</sub>Ac). Аддитивность вытяжек доказана экспериментально [2].

Исследования проводили на черноземе обыкновенном карбонатном тяжелосуглинистом (пашня) Ростовской области, имеющем следующие свойства: C<sub>орг</sub> – 2,3%; CaCO<sub>3</sub> – 0,4%, pH<sub>H2O</sub> – 7,6, содержание частиц < 0,01 мм – 53,1%, < 0,001мм – 32,4%, обменных катионов (мМэкв /100г): Ca<sup>2+</sup> – 29, Mg<sup>2+</sup> – 4, Na<sup>+</sup> – 0,1. Для закладки модельного опыта использовали верхний 20-см слой почвы. Объем сосудов, использован в опыте, вмещал по 4 кг почвы, искусственно загрязненной сухими ацетатными солями Pb, Cu, Zn в дозах 100 и 300 мг/кг. Повторность опыта – 3-кратная. Почва увлажнялась до полной полевой влагоемкости. Соединения металлов экстрагировали из искусственно загрязненной почвы и определяли их содержание в вытяжках методом ААС.

**Результаты и их обсуждение.** Использование комбинированной схемы дало возможность установить роль отдельных почвенных компонентов в удерживании металлов. Доминирование прочно связанных соединений в почвах природных ландшафтов обеспечивается в основном закреплением металлов в решетках силикатных минералов (56–83% от общего содержания). Подвижность Cu, Pb и Zn в исследуемых почвах низка (5–12% от общего содержания) и обусловлена преимущественно соединениями металлов с карбонатами. При загрязнении чернозема металлами повышается содержание всех соединений Cu, Pb и Zn, но их соотношение резко меняется в сторону повышения доли непрочно связанных соединений (до 30–40% от общего содержания). Закрепление внесенных металлов в решетках силикатных минералов незначительно. Основными агентами удерживания, как в прочно, так и непрочно связанном состоянии выступают преимущественно органические вещества и несиликатные минералы Fe, Al, Mn, однако связь их с Cu, Pb, Zn проявляется по-разному. Наиболее активны в непрочно удерживании исследуемым черноземом Pb органические вещества, в удерживании Cu и Zn – органические вещества и несиликатные соединения Fe, Al, Mn. Прочное удерживание внесенных Cu и Pb обеспечивается органическими веществами и несиликатными минералами, Zn – несиликатными минералами.

Следовательно, все почвенные компоненты ответственны за удержание металлов как в подвижном, так и в прочно связанном состоянии. При этом ведущую роль в процессах мобилизации и иммобилизации природных соединений металлов в черноземе обыкновенном играют

карбонаты и силикатные минералы, для экзогенных соединений металлов в почве – органическое вещество и Fe-Mn гидр/оксиды.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проектов  
Министерства образования и науки Российской Федерации  
№ № 5.885.2014/К, РФФИ № 14-05-00586*

### **Список литературы**

1. Фракционно-групповой состав Mn, Cr, Ni и Cd в почвах техногенных ландшафтов (район Новочеркасской ГРЭС) / Т.М. Минкина // Почвоведение. – 2013. – № 4. – С. 414–425.
2. Tessier A. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals / A. Tessier, P.G.C. Campbell, M. Bisson // Anal. Chem. – 1979. – № 51. – P. 844–851.

УДК 631.453

## **СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АККУМУЛЯТИВНОМ ГОРИЗОНТЕ ПОЧВ УРБЭОКОТОПОВ Г. КУРСКА**

**Н.П. Неведров**

*Курский государственный университет,  
г. Курск, Россия*

Интенсификация промышленного производства ежегодно наращивает темпы. Растущие объемы потребления природных ресурсов приводят к стремительному накоплению отходов производства, увеличению количества сбросов и выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду. Очень часто в виду своих биокосных особенностей объектом загрязнения антропогенными поллютантами является почвенный покров [6].

Одними из опасных загрязняющих веществ являются тяжелые металлы. Значимая часть почвенного покрова нашей страны далека от своего оптимального состояния. Около 16% почв Российской Федерации в различной степени подверглись загрязнению тяжелыми металлами. К тому же, эта цифра с каждым годом неуклонно растет, ввиду того, что разрабатываемые инструменты минимизации воздействия промышленного производства на окружающую природную среду не всегда достаточно эффективны. Сложившаяся экологическая обста-

новка требует тщательного изучения и мониторинга почв на предмет загрязнения тяжелыми металлами, а также незамедлительного локального устранения подобных загрязнений.

Почвы подавляющего количества урбоэкотопов испытывают мощный антропогенный пресс, в связи с чем, подвержены загрязнению различного рода поллютантами. Современные почвы городов делятся на две группы. Первая группа представлена почвами клумб, газонов, пустырей, садово-огородных участков, вторая – запечатанными в асфальт почвами [1]. Депонирование загрязняющих веществ, присущее первой группе почв. Аккумулированные почвой токсичные вещества приводят к контоминации растительных продуктов, выращиваемых на многочисленных дачных и садово-огородных участках, расположенных как вблизи территории города, так и непосредственно в ней. К тому же, поступающие в почву поллютанты способны к стремительной миграции вниз по почвенному профилю. Данное явление несет в себе опасность загрязнения грунтовых вод [1, 6].

Подобная экологическая обстановка сложилась в г. Курске. Насыщенные промышленные центры находятся в южной и юго-западной части города (Сеймский и Железнодорожный административные округа). Около 10 тыс. га почвенного покрова городских клумб, газонов садов, парков, огородных и дачных участков находятся в зоне постоянно подвергающейся воздействию промышленного производства. По данным «Доклада о состоянии и охране окружающей среды на территории Курской области в 2013 году», ежегодные выбросы специфических загрязняющих веществ составляют 150 т [3]. Большая часть их депонируется в почвах вблизи источника эмиссии.

Наивысшие концентрации цинка среди почв Курской области зафиксированы в серых лесных почвах г. Курска, в отдельных районах города – клумбы и земельные участки вблизи Кожзавода – его содержание достигает 27 000 мг/кг. Очень часто встречаются участки с уровнем загрязнения, равным 2–5 ОДК (валовое содержание), – садовые участки «Весна – 1», «Весна – 2», «Химик», «Лавсан», пустыри вблизи завода «Курскрезинотехника», пустыри «Магистрального проезда» [4, 6, 7]

В результате проведенных исследований А.В. Прусаченко (2011), содержание свинца в серых лесных почвах г. Курска колеблется от 23 мг/кг до 94 мг/кг, а кадмия – от 0,12 до 0,98 мг/кг. Часто встречаются участки с содержанием свинца, превышающим предельно допустимое значение. Основным источником загрязнения свинцом является действующий на территории г. Курска завод «Аккумулятор». Как со-

общает В.А. Жидеева (2000), за 62 года существования завода «Аккумулятор» эмиссия свинца в атмосферу составила более 4500 т, кадмия – более 300 т.

Исследование проводили в рамках гранта Фонда Бортника. В работе изучался чернозем типичный четырех экотопов южной агропромышленной зоны города. Общая площадь объектов – 15 га. Отбор образцов почв произведен по общепринятой методике [2]. Все участки находились в зоне воздействия промышленного производства. Измерение содержания тяжелых металлов в почвенных образцах проводилось на базе аккредитованного Испытательного центра Курского государственного университета методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе ТА–4. Пробоподготовка и анализ проб выполнены в соответствии с методикой МУ 31–04/04 [5].

В ходе проведенных исследований были получены следующие результаты. Содержание валового свинца во всех изучаемых экотопах превышает ПДК в 1,5–7,2 раза. Повышенное содержание кадмия обнаруживалось в почвах приусадебных участков улиц Придорожная (в 1,2 раза) и Огородная (в 5,4 раза). Также в почвах садово-огородных участков по ул. Огородной и почвах пустырей вблизи завода РТИ зафиксировано высокое содержание валового цинка. Повышенного содержания меди ни в одном из вариантов опыта не зафиксировано (рис.).

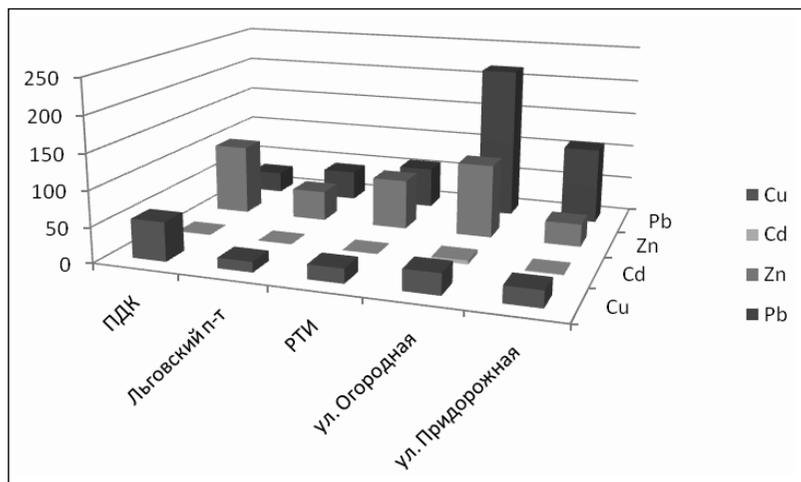


Рис. Влияние антропогенной нагрузки на содержание ТМ в черноземе типичном южной агропромзоны г. Курска

## Список литературы

1. Герасимова, М.И. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация / М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2003. – 268.
2. ГОСТ 28168–89 Почвы. Отбор проб. – М.: Стандартинформ, 2008. – 5 с.
3. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Курской области в 2013 году. Департамент экологической безопасности и природопользования курской области. – Курск, 2014, – С. 17–18.
4. Жидеева, В.А. Загрязнение тяжелыми металлами почв садовых агроценозов Курской области: автореф. дис. ...канд. биол. наук / В.А. Жидеева. – Курск, 2000. – 23 с.
5. МУ 31–11/05 Количественный химический анализ проб почв, тепличных грунтов, илов, донных отложений, сапропелей, твердых отходов. Методика выполнения измерений массовых концентраций цинка, кадмия, свинца, меди, марганца, мышьяка, ртути методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА. ФР.1.34.2005.02119. ПНД Ф 16.1:2:2:3.48–06. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 43 с.
6. Неведров, Н.П. Фитоэкстракция цинка растительностью урбозкоптов города Курска в сравнении с культурными растениями [Электронный ресурс] / Н.П. Неведров, Е.П. Проценко // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2013. – №4. – Режим доступа: <http://www.scientific-notes.ru/pdf/033-005.pdf>.
7. Прусаченко, А.В. Экотоксикологическая оценка загрязнений тяжелыми металлами урбаноземов города Курска: автореф. дис. ... канд. биол. наук / А.В. Прусаченко. – М., 2011. – 19 с.

УДК 631.416.8:504.53.054:539.261

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ И АТОМНОЙ СТРУКТУРЫ ИОНОВ 3D ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ И МИНЕРАЛЬНЫХ ФАЗАХ МЕТОДАМИ XANES И EXAFS СПЕКТРОСКОПИИ

Д.Г. Невидомская<sup>1</sup>, Т.М. Минкина<sup>1</sup>, А.В. Солдатов<sup>1</sup>,  
Г.В. Мотузова<sup>2</sup>, Ю.С. Подковырина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Южный Федеральный университет,

г. Ростов-на-Дону, Россия

<sup>2</sup>МГУ им. М.В. Ломоносова,

Москва, Россия

Одним из наиболее важных компонентов экосистемы является почва, которая неразрывно связана со всеми другими ее компонентами. Поэтому загрязнение почв отражается на всей экосистеме в целом.

Исследование состояния почв сопряжено с рядом трудностей в связи с их гетерогенностью и полидисперсностью. В настоящее время актуальным является разработка методов и подходов для объективной оценки и прогноза экологического состояния почв в условиях загрязнения.

Развитие прямых физических методов рентгеноабсорбционной спектроскопии, реализуемых на источниках синхротронного излучения обеспечило принципиально новые возможности анализа различных природных образований. Эти методы позволили получать информацию о структурной организации исследуемых объектов на основе спектров их рентгеновского поглощения. Тонкая структура рентгеновского спектра поглощения условно разделяется на две части: околопороговая тонкая структура рентгеновского спектра поглощения (XANES – X-ray absorption near edge structure) и дальняя тонкая структура рентгеновского спектра поглощения (EXAFS – Extended X-ray Absorption Fine Structure). При анализе XANES спектров получают информацию о симметрии локального атомного окружения и о зарядовых состояниях атомов. Энергетическое положение пиков определяется геометрией локального атомного окружения около поглощающего атома. При использовании метода спектроскопии EXAFS получают информацию о локальной геометрии поглощающего атома тяжелого металла, включая радиусы координационных сфер и координационные числа.

В настоящей работе проведен анализ электронной и атомной структуры ионов 3d переходных металлов на примере Cu(II) и Pb(II) с органо-минеральной матрицей почв при использовании новейших физических методов рентгеноабсорбционной спектроскопии (EXAFS и XANES), реализуемых на источниках синхротронного излучения.

Образцы чернозема обыкновенного Ростовской области, искусственно загрязненные в модельном опыте высокими дозами CuO, Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> и PbO, Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Срок инкубации металлов в почвах составил один год. Образцы отдельных минеральных фаз (карбонаты, бентонит, каолинит, гибсит, кварц и др.) были получены при взаимодействии с насыщенными растворами Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> и Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Экспериментальные данные расширенной дальней тонкой структуры рентгеновского поглощения EXAFS и ближней тонкой структуры рентгеновских спектров вблизи К-края поглощения XANES были получены на станции «Структурное материаловедение», расположенной на канале 1.36 Курчатовского центра синхротронного излучения НИЦ «Курчатовский институт». Источником синхротронного излучения на канале 1.36 служит поворотный магнит с полем 1.7 Тл накопительного кольца

«Сибирь-2». При генерации синхротронного излучения энергия электронного пучка составляет 2.5 ГэВ, средний ток 60–70 мА. Обработка экспериментальных EXAFS спектров в рутинном режиме проводилась Фурье-фильтрацией с последующей подгонкой варьируемых параметров модели локальной атомной структуры с использованием программных комплексов FEFFIT и Viper.

Анализ спектров XANES показал, что при внесении Cu(II) в почву в форме CuO она не меняет своего состояния с течением времени [1]. При внесении в почву  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ , ионы Cu(II) при поглощении связываются в октаэдрических позициях и образуют внутрисферные координационные гуматные комплексы, что подтверждается структурными данными, полученными Фурье-фильтрацией.

Установлено, что в почвенных образцах октаэдрические позиции ионов Cu(II) тетрагонально искажены. При этом локальное окружение поглощенных ионов меди 1-й координационной сферы представлено 4 атомами кислорода, разделенными попарно на Cu-O и Cu-O. При этом одна пара Cu-O с большим межатомным расстоянием характеризует апикальное положение атомов O. Зафиксировано формирование Cu-C связей во второй координационной сфере почвенных образцов.

Для серии почвенных фаз слоистых минералов (бентонит, каолинит, гиббсит) помимо Cu-O диагностированы взаимодействия Cu-Cu и Cu-Al. Ионы Cu(II) встраиваются в позиции внутрисферного комплекса, заменяя часть ионов алюминия в октаэдрических позициях. Можно предполагать, что Cu(II) также сорбируется димерно (Cu-Cu) силикатными и/или алюминиевыми группами, которые имеют неполную координацию. Процесс может иметь место вследствие изменений в местах дефекта минералов длины связей и появления двойных связей.

Параметры полученных экспериментальных XANES спектров, исследуемых почвенных образцов, насыщенных высокими дозами Pb-содержащих соединений, заметно отличаются, что зафиксировано в виде отличных энергетических пиков. Выявлено, что для спектров почвенных образцов, насыщенных PbO, характерен  $2p_{3/2} \rightarrow 6s$  электронный переход, указывающий на гибридизацию 6s и 6p для свинца и  $2p_{x,y}$  для кислорода. В связи с этим, Pb(II) участвует в образовании многочисленных искаженных комплексов, так как адсорбированные ионы Pb могут иметь различные O–Pb–Oвалентные углы.

Анализ спектров EXAFS для серии почвенных минеральных фаз (бентонит, каолинит, гиббсит, кварц др.), насыщенных Pb(II), выявил сильные изменения локального ближнего окружения вокруг поглощенного металла. Отсутствие края поглощения при съемке

минеральной фазы кварца, насыщенного Pb(II), указывает на незначительное или полное отсутствие адсорбции металла (в пределах чувствительности монохроматора). Наблюдается «размытость» спектральных особенностей на спектрах минеральных фаз, что означает согласно правилу Натоли [2] – увеличение длины связи металла с лигандами. Двухвалентный свинец обладает  $6s^2$  электронной конфигурацией внешней оболочки. Эти две одинокие электронные пары часто стереохимически активны и вызывают сильную деформацию двухвалентного свинца в многогранниках. В зависимости от величины ионной силы ионы свинца могут образовывать комплексы разного типа. При низкой ионной силе свинец образует преимущественно внешнесферные комплексы на базальной плоскости минерала или в межпакетном слое, при высокой – внутрисферные на краях минерала. В случае, когда свинец сорбируется как бидентантный внутрисферный комплекс на краях октаэдрически координированных атомов алюминия, образуется комплекс в виде тригонально искаженной пирамиды с инертной неподделенной парой электронов ( $6s^2$ ) с одной стороны и тремя гидроксидными лигандами – с другой.

Таким образом, XANES и EXAFS спектры Cu (II) и Pb (II) очень чувствительны к изменениям состава соединений. В результате проведенного рентгеноструктурного анализа выявлено, что в зависимости от формы внесенных в почву соединений металлов в виде монооксида и соли за период инкубации возникают различные локальные атомные структуры. В механизмах сорбции ионов металлов минеральными фазами ключевую роль играет структура поверхности адсорбента и край поглощения, что приводит к изменению свойств иона металла и определяет индивидуальное строение координационной сферы.

*Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 14-05-31469 мол\_а, № 14-05-00586 А и Министерства образования и науки № 5.885.2014/К.*

### Список литературы

1. Молекулярно-структурный анализ иона Cu (II) в черноземе обыкновенном с применением спектроскопии XANES и методов молекулярной динамики / Т.М. Минкина [и др.] // Доклады Академии Наук. – 2013. – Т. 449. – № 5. – С. 570–573.
2. Natoli C. In EXAFS and Near Edge Structure III / edited by K.O. Hodgson and J. Penner-Hahn, Springer Proceedings in Physics. – Vol. 2. (Springer-Verlag, Berlin, 1984). – P. 38–42.

## **РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ДЛИТЕЛЬНОГО СРОКА ХРАНЕНИЯ**

**Е.П. Пахненко, Е.А. Гунина**

*МГУ им. М.В. Ломоносова,  
г. Москва, Россия*

На очистных сооружениях канализации (ОСК) г. Сергиев Посад поступают хозяйственные и промышленные сточные воды  $\approx 80$  тыс. м<sup>3</sup>/сут. Их исследование в настоящее время связано с реконструкцией городской дороги, строительством объездной автодороги «Западный объезд» и планируемым закрытием полигона ТБО «Парфеново». Были взяты образцы осадков сточных вод (ОСВ) длительного срока хранения и различной технической переработки: осадки, подсушенные на иловых картах и складированные на временных площадках; осадки из первичных отстойников, которые образуются в весенний и летний период соответственно (смесь сырого осадка и активного ила); песок из песколовков подсушенный.

Анализ показал, что осадки с иловых карт и из первичных отстойников по основным агрохимическим показателям соответствуют установленным нормативам: рН<sub>Н<sub>2</sub>О</sub> 6,6–7,2, содержание органического вещества – 43–68%, отношение С:N 7,6–8,1, суммарное содержание фосфора – 2,9–3,7%, который представлен, в основном, слаборастворимыми минеральными формами, и количественно превышает норматив  $\approx$  в 2 раза. Песок из песколовков имеет рН – 6,8, отличается низким содержанием органического вещества  $\approx 10\%$  (табл.).

Содержание особо опасных токсикантов, таких как ртуть и мышьяк не вызывает опасения при использовании этих осадков в агрикультуре: содержание ртути в песке 1,2 мг/кг, в осадках не более 5,1 мг/кг, что в 3 раза меньше установленных ПДК. Мышьяк в осадках практически не обнаружен.

Оценка радиоактивного фона осадков показали, что содержание Cs<sup>137</sup> составляет 9,3–10,8 Бк/кг., т.е. в 2 раза ниже фоновых значений для почв Московской области равен 18 Бк/кг. Полученные результаты подтверждаются масштабными и многолетними исследованиями радиационного фона осадков, которые были проведены для крупной Курьяновской станции аэрации в течение первого десятилетия нашего века (Ушаков, 2009). Установлено, что радиационная безопасность

осадков устойчиво обеспечивается в широком диапазоне видов, сроков, технологий получения и это, прежде всего, определяется высоким содержанием в них качественного органического материала.

Доказано экспериментально на большом фактическом материале, что цезий радиоактивный закрепляется в почве активнее при внесении всех видов удобрений. Присутствие кальция в системе почва-удобрение значительно снижает подвижность главного радионуклида  $Cs^{137}$ , т.к. практически всегда в условиях агроценоза кальций является его устойчивым антагонистом (Агапкина, 2002; Илахун и др., 2008; Федорова, 2013).

Таблица

**Агроэкологическая характеристика ОСВ длительного срока хранения на иловых картах г. Сергиев Посад Московской области**

Образец / Показатель	Осадок с иловых карт	Осадок с временных площадок	Осадок первичных отстойников		Песок песколовков	ПДК, ГОСТ Р 17.4.3.07-2001
			весна	лето		
Влажность, %	65,0	—	30,0	—	21,0	Не норм.
pH	07,7	—	06,6	—	06,8	5,5-8,5
Содержание в сухом веществе						
Органическое вещество, %	43,0	—	68,0	—	10,00	20
Нобщ, %	03,3	—	04,9	—	00,40	>0,6
N-NH <sub>4</sub> , %	00,2	—	00,3	—	00,01	Не норм.
C:N	07,6	—	08,1	—	16,10	Не норм.
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	03,7	—	02,9	—	00,40	>1,5
K <sub>2</sub> O, %	00,5	—	00,5	—	00,20	Не норм.
Валовое содержание тяжелых металлов и марганца, в мг/кг сухого вещества						
Cd	0015,0	0009,5	0035,0	003,0	002,1	15-30
Ni	0057,0	0050,0	0092,0	035,0	017,0	200-400
Pb	0230,0	0590,0	0600,0	074,0	085,0	250-500
Cr	0640,0	0226,0	1000,0	280,0	115,0	500-1000
Cu	1650,0	0490,0	2600,0	380,0	205,0	750-1500
Zn	0960,0	1080,0	1640,0	580,0	520,0	1750-3500
Mn	0130,0	0510,0	0180,0	080,0	069,0	Не норм.
Особо опасные токсиканты, мг/кг сухого вещества						
Hg	5,1	1,74	2,06	6,7	1,2	7,5-15
As	Отсутствует					10-20
Радиоактивность, Бк/кг (Фоновое значение для почв Московской области = 18 Бк/кг)						
Cs <sup>137</sup>	9,3	—	—	—	10,8	Не норм.

Обеззараживание осадков осуществляется различными способами: термофильным сбраживанием, пастеризацией, обработкой известью, аммиаком и другими химическими реагентами, а также компостированием, выдержкой в буртах, сохранением на иловых картах (Jolucke, 1985; Основные направления..., 1990; Strauch, 1991; Хенце, Армос, 2004).

На ОСК г. Сергиев Посад в основной технологической схеме обработка осадков не предусмотрена, на иловые карты поступает нативный осадок. В процессе длительного хранения на иловых картах и в отвалах происходит его обеззараживание за счет активной микробиоты. По санитарно-бактериологическим показателям все указанные образцы, в т. ч. песок из песколовок, соответствуют санитарным требованиям. В образцах не обнаружены бактерии группы кишечной палочки, патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, яйца гельминтов жизнеспособные.

*Фитотоксичность* осадков с иловых карт и песка ОСК г. Сергиев Посад проверяли в водных вытяжках в соотношении осадок (песок): вода – 1:20 с учетом существующих методик (Ванюшина и др., 2004; Ананьев, Давыдов, 2009; Убугунов и др., 2009). Количество осадка рассчитывали по содержанию сухого вещества. Реальное разбавление при внесении осадков в почву значительно выше. В качестве тест культуры использовали редис розовокрасный с белым кончиком (*Raphanus sativus L.*). Все семена проросли за 72 ч., визуальными различиями между контрольным и опытными вариантами при биотестировании образцов не наблюдалось, длина корней составляла 98 и 106% от контроля.

Расчет класса опасности, выполненный по действующей и проектной методике показал, что, несмотря на различия в содержании тяжелых металлов между осадками и песком из песколовок, расчетные индексы находятся в диапазонах, соответствующих 4 классу опасности, т.е. малоопасным отходам.

Комплексная оценка осадков сточных вод длительного срока хранения на иловых площадках г. Сергиев Посад Московской обл. показала, что по содержанию органического вещества, наличию макроэлементов, по санитарно-бактериологическим показателям и радиоактивному фону осадки можно использовать в качестве нетрадиционного органического удобрения. Определение фитотоксичности осадка и песка из песколовок методом жесткого биотеста показала отсутствие отличий между контролем и опытными образцами, что свидетельствует о высокой биогенности осадка и отсутствии значимых токсикантов. Оценка их радиоактивного фона показала, что содержание  $Cs^{137}$  составил 9,3 Бк/кг, что в 2 раза ниже фоновых значений по Московской области. Установлено и согласуется с результатами многолетних исследований

на традиционных очистных сооружениях г. Москвы, что радиационная безопасность осадков устойчиво сохраняется в широком диапазоне видов, сроков, технологий получения, что, в основном, определяется высоким содержанием в них качественного органического материала.

УДК 631.438

## **ДИНАМИКА ПЛОДОРОДИЯ ПАХОТНЫХ ПОЧВ ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧАЭС**

**Ю.В. Путятин**

*РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,  
г. Минск, Беларусь*

При разработке стратегий применения защитных мероприятий в растениеводстве, направленных на получение максимального эффекта от их применения с минимальными дополнительными вложениями, необходимо учитывать ряд факторов, к числу которых, определяющих формирование доз внутреннего облучения, относятся плотность и состав выпадений, тип и плодородие почв. С момента аварии за последние 29 лет в загрязненных районах обеспечивался достаточно высокий уровень проведения защитных мер, в том числе, известкование кислых почв, внесение повышенных доз фосфорных и калийных удобрений, соответствующий практически 100% от их потребности.

Средневзвешенные значения рН загрязненных пахотных почв в настоящее время превышают доаварийные показатели на 0.27 ед. по Гомельской области и на 0.40 по Могилевской (табл. 1). В ряде районов доля переизвесткованных почв ( $pH_{(KCl)} > 6,5$ ) составляет до 41%.

*Таблица 1*

**Распределение загрязненных  $^{90}Sr$  дерново-подзолистых пахотных почв  
по кислотности**

Область	1989	2014			
	$pH_{(KCl)}$	Плотность загрязнения пахотных земель, $^{90}Sr$			
		$< 5.55 \text{ кБк/м}^2$ ( $< 0.15 \text{ Ки/км}^2$ )	$> 5.55 \text{ кБк/м}^2$ ( $> 0.15 \text{ Ки/км}^2$ )		
	$pH_{(KCl)}$	$pH_{(KCl)}$	$\pm$ к 1989	% от площади пашни	
Гомельская	5.77	5.88	6.04	+0.27	23%
Могилевская	5.83	6.08	6.23	+0.40	1%

Средневзвешенное содержание подвижных форм калия в пахотных почвах, загрязненных радионуклидами, за послеаварийный период повысилось в Гомельской области на 64 мг/кг  $K_2O$ , Могилевской – на 36 и Брестской – на 23 мг/кг (табл. 2). В настоящее время, из 22 обследованных районов в 21 районе наблюдается значительная доля пахотных почв с содержанием калия выше оптимальных значений, что экономически неоправданно.

Таблица 2

**Обеспеченность загрязненных  $^{137}Cs$  дерново-подзолистых пахотных почв подвижным калием**

Область	1989	2014			
	$K_2O$ , мг/кг	Плотность загрязнения, $^{137}Cs$			
		$^{137}Cs < 37 \text{кБк м}^{-2}$ ( $< 1 \text{Ки км}^{-2}$ )	$^{137}Cs > 37 \text{кБк м}^{-2}$ ( $> 1 \text{Ки км}^{-2}$ )		
	$K_2O$ , мг/кг	$K_2O$ , мг/кг	$\pm$ к 1989	% от площади пашни	
Гомельская	172	164	236	+64	43%
Могилевская	173	191	209	+36	18%
Брестская	164	177	187	+23	4%

Аналогичная ситуация наблюдается с обеспеченностью загрязненных почв подвижным фосфором, содержание которого возросло в Гомельской области на 57 мг/кг  $P_2O_5$  и Могилевской – на 29 мг/кг (табл. 3). В настоящее время средневзвешенное содержание  $P_2O_5$  на загрязненной пашне выше среднего республиканского уровня на 30%.

Таблица 3

**Распределение загрязненных  $^{90}Sr$  дерново-подзолистых пахотных почв подвижным фосфором**

Область	1989	2014			
	$P_2O_5$	Плотность загрязнения, $^{137}Cs$			
		$^{137}Cs < 37 \text{кБк м}^{-2}$ ( $< 1 \text{Ки км}^{-2}$ )	$^{137}Cs > 37 \text{кБк м}^{-2}$ ( $> 1 \text{Ки км}^{-2}$ )		
	$P_2O_5$ , мг/кг	$P_2O_5$ , мг/кг	$\pm$ к 1989	% от площади пашни	
Гомельская	193	234	250	+57	43%
Могилевская	175	197	204	+29	18%

Широкомасштабный комплекс защитных мер, проведенных на загрязненных землях, позволил успешно решить первоочередные задачи производства нормативно чистых продуктов питания. Уже ряд лет основные продовольственные культуры (зерно, картофель, овощи) производятся с содержанием  $^{137}Cs$  ниже допустимого уровня согласно

РДУ-99. Количество молока с превышением норматива по содержанию  $^{90}\text{Sr}$  сократилось до 300–400 т в год в общественном секторе и до 1% от контролируемых проб в личных подсобных хозяйствах.

Установлено что, высокую экономическую эффективность на предотвращение коллективной дозы  $^{90}\text{Sr}$  при возделывании зерновых культур можно ожидать при оптимизации кислотности дерново-подзолистых супесчаных почв с плотностью загрязнения  $^{90}\text{Sr}$  более 12 кБк/м<sup>2</sup>, песчаных – более 16, суглинистых – более 17 кБк/м<sup>2</sup>, доля которых в Беларуси в настоящее время составляет около половины от площади загрязненных  $^{90}\text{Sr}$  пахотных земель – 86 тыс. га. Высокий эффект на предотвращение коллективной дозы  $^{137}\text{Cs}$  при возделывании сельскохозяйственных культур можно ожидать при оптимизации калийного режима дерново-подзолистых супесчаных почв с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  более 925 кБк/м<sup>2</sup>, песчаных – более 1184, суглинистых – более 629 кБк/м<sup>2</sup>.

В период с 2005 по 2010 гг. на загрязненные радионуклидами земли для внесения основных и дополнительных доз удобрений было выделено 154 тыс. т  $\text{P}_2\text{O}_5$  и 533 тыс. т  $\text{K}_2\text{O}$  или в среднем 25,7 и 88,8 тыс. т в год соответственно.

Проведенное ранжирование районов по наличию загрязнения пахотных почв  $^{137}\text{Cs}$ , годовых объемов применения удобрений и урожайности зерновых и зернобобовых культур показало, что в период 2005–2010 гг. в среднем ежегодно на 1 га загрязненной пашни в Гомельской области вносилось на 15%, в Могилевской – на 18% и Брестской области – на 26% больше фосфорных удобрений, чем в чистых районах, калийных – на 5, 13 и 21% соответственно (табл. 4).

Таблица 4

**Продуктивность пахотных земель и агрохимические показатели по областям Беларуси, загрязненных  $^{137}\text{Cs}$  (2005–2010 гг.)**

Область	Урожайность зерна, ц/га	Внесено НРК, кг/га в год	Балл плодородия пашни	Фактическая цена балла
<b>Гомельская область</b>				
21 район	26,2	276	30,2	0,87
«Чистые» районы (8)	24,3	268	28,5	0,85
Загрязненные $^{137}\text{Cs}$ районы (13)	26,1	288	30,6	0,85
Разница в показателях между загрязненными $^{137}\text{Cs}$ и «чистыми» районами, %	+7,5	+7	+7,5	<b>0,0</b>
<b>Могилевская область</b>				
21 район	30,9	255	31,8	0,97

Область	Урожайность зерна, ц/га	Внесено НПК, кг/га в год	Балл плодородия пашни	Фактическая цена балла
«Чистые» районы (15)	30,8	251	31,2	0,99
Загрязненные <sup>137</sup> Cs районы (6)	27,0	268	29,3	0,92
Разница в показателях между загрязненными <sup>137</sup> Cs и «чистыми» районами, %	-12	+7	-6	-7
Брестская область				
16 районов	28,9	280	31,9	0,91
«Чистые» районы (13)	29,7	277	32,0	0,93
Загрязненные <sup>137</sup> Cs районы (3)	25,1	317	29,4	0,85
Разница в показателях между загрязненными <sup>137</sup> Cs и «чистыми» районами, %	-15	+14	-8	-9

Обобщая данные, приведенные в таблицах, можно отметить, что с точки зрения продуктивности в условиях производства отдача от применения средств химизации на загрязненных территориях невысока. Долгосрочное применение комплекса агрохимических защитных мер, на загрязненных землях, позволяет успешно решить важнейшую из задач – производство нормативно чистых продуктов питания.

УДК 631.4

## ОЦЕНКА ПОЧВ ТЕРРИТОРИИ ЗОНЫ ЭМИССИИ НОВОЧЕРКАССКОЙ ГРЭС

**А.С. Саламова, В.И. Монжоло, С.Н. Сушкова, И.Г. Тюрина,  
Т.М. Минкина, С.С. Манджиева**

*Южный федеральный университет,  
г. Ростов-на-Дону, Россия*

Бенз(а)пирен (БаП) является представителем класса полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) — органических соединений, для которых характерно наличие в химической структуре трех и более конденсированных бензольных колец. Во всем мире из всего перечня ПАУ только БаП подлежит обязательному контролю как приоритетный загрязнитель окружающей среды (Jianetal., 2004). Содержание БаП в почве является индикатором уровня техногенной нагрузки территорий, основным загрязняющим агентом которых являются про-

дукты сгорания углеводородного топлива. Наиболее мощным предприятием энергетической отрасли в Ростовской области является филиал ОАО «ОГК-2» Новочеркасская ГРЭС (НчГРЭС), общий объем выбросов которой составляет более 90 тыс. т в год, из них около 10% приходится на долю ПАУ.

Цель работы – оценить содержание БаП в почвах зоны влияния Новочеркасской ГРЭС за 2013 г..

Объектом исследования являются почвенный покров территории, прилегающей к НчГРЭС, который представлен: черноземами обыкновенными тяжелосуглинистыми, лугово-черноземными легкосуглинистыми и тяжелосуглинистыми, аллювиальной песчаной почвой поймы р. Тузлов. Для определения содержания в почве БаП образцы отбирались посылно 0–5 см и 5–20 см.

Почвы мониторинговых площадок заложены в 2000 г. на разном удалении от НчГРЭС (1–20 км) и приурочены к точкам единовременного отбора проб воздуха, который производился при разработке проекта по организации и обустройстве санитарно-защитной зоны северного промышленного узла г. Новочеркасска (точки № 1, 2, 3, 5, 6, 7).

В соответствии с преобладающим направлением розы ветров было определено основное направление распределения атмосферных выбросов НчГРЭС. Это зона, расположенная по прямой от источника загрязнения через селитебные зоны г. Новочеркасска и станицы Кривянской. По линии преобладающего направления розы ветров образцы отбирались в почвах мониторинговых площадок № 4, 8, 9, 10. Все мониторинговые площадки располагались на залежных участках.

Почвенные образцы отбирались и подготавливались для химического анализа в соответствии с требованиями ГОСТ 17.4.4.02-84 [1]. Извлечение БаП из почв проводилось методом омыления [2]. Последовательность операций при проведении анализа схематически показана на схеме.

Количественное определение БаП в экстрактах проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на приборе ThermoSeparationProduct 2000 (США) с ультрафиолетовым (UV-1000) и флуоресцентным (FL-3000) детекторами в соответствии с требованиями, установленными международным стандартом ИСО 13877 [3]. Пик БаП на хроматограмме почвенного образца идентифицировали путем сравнения времени удерживания БаП при анализе экстракта и стандартного образца при одновременном детектировании на двух детекторах. Это позволяет идентифицировать пик БаП с достаточно высокой степенью достоверности и более точно определить его концентрацию в экстракте.

Содержание БаП в анализируемых образцах рассчитывали по методу внешнего стандарта [4].

Результаты исследования показали, что накопление БаП в почвах, расположенных в зоне влияния НчГРЭС с 2008–2013 гг., происходит преимущественно по линии преобладающего направления розы ветров от предприятия, характеризующиеся максимальной степенью загрязнения на расстоянии 1,2 и 1,6 км от НчГРЭС, постепенным снижением уровня загрязнения по мере удаления от НчГРЭС, и минимальным количеством БаП в почвах самых отдаленных мониторинговых площадок. Необходимо отметить, что по результатам 2013 г. содержание БаП не изменяется в зависимости от удаленности мониторинговых площадок от ГРЭС, однако максимум превышения концентрации наблюдается на самой приближенной к ГРЭС площадке № 4, затем по мере удаления от НчГРЭС наблюдается постепенное снижение содержания поллютанта и незначительное повышение содержания в почве самой удаленной площадки, что может быть связано с наличием дополнительных источников эмиссии БаП, как автомагистраль и городская свалка (табл.). Также из данной таблицы видно, что со временем происходит уменьшение загрязнения, благодаря уменьшению выбросов поллютанта. Однако в 2013 г. количество выбросов снова увеличивается в связи с переходом на уголь, а также наращиванием мощности производимой энергии.

Таблица

**Содержание БаП в почвах мониторинговых площадок зоны влияния НчГРЭС с 2008–2013 гг., нг/г**

№ площадки	Глубина	Содержание БаП в почвах, нг/г					
		2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
1	0–5	56,4±2,4	68,1±2,7	48,1±2,4	23,9±1,8	28	62,28
	5–20	23,0±1,2	22,4±1,9	21,0±0,9	11,7±1,1	6	11,60
2	0–5	27,8±1,3	15,3±1,3	16,2±0,8	18,5±1,1	7	4,55
	5–20	24,2±2,1	26,3±1,7	22,5±1,2	17,3±1,2	18	6,67
3	0–5	67,4±3,0	123,9±7,4	53,1±2,7	21,4±0,7	17	2,48
	5–20	17,8±0,8	60,8±5,4	17,2±0,7	7,3±0,2	12	12,53
4	0–5	173,3±4,5	260,4±11,9	78,7±6,3	56,0±4,7	46	236,41
	5–20	110,1±17,4	112,1±6,3	43,9±1,8	34,7±1,9	34	115,50
5	0–5	113,4±4,9	135,1±8,6	66,5±4,5	41,2±5,6	16	35,13
	5–20	72,8±8,2	86,1±3,9	40,1±2,0	31,4±2,6	21	44,06
6	0–5	45,8±2,8	66,7±3,2	29,1±2,4	35,9±3,2	28	8,70
	5–20	23,9±1,5	35,4±2,4	11,3±0,5	7,3±0,7	13	5,34

№ пло- щадки	Глу- бина	Содержание БаП в почвах, нг/г					
		2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
7	0–5	37,4±2,1	86,9±5,1	37,8±3,2	35,1±4,7	35	9,3
	5–20	14,4±1,1	33,8±1,2	13,2±0,6	14,7±1,3	12	7,79
8	0–5	59,1±3,9	81,2±4,8	50,9±4,8	32,3±2,7	33	91,62
	5–20	38,7±2,5	27,8±2,4	29,7±2,2	22,2±1,5	19	32,07
9	0–5	22,4±1,4	23,2±2,2	17,3±1,3	12,4±0,9	27	14,60
	5–20	12,8±1,3	19,3±1,1	7,8±0,4	10,2±1,0	18	10,89
10	0–5	24,9±1,5	51,1±5,0	27,4±2,0	13,4±0,4	36	21,2
	5–20	16,4±1,4	34,5±3,2	14,1±0,7	6,9±0,5	19	16,5

### Список литературы

1. Jian Y. Photomutagenicity of 16 polycyclic aromatic hydrocarbons from the US EPA priority pollutant list / Y. Jian // *Mutat. Res.* – 2004. – Vol. 557. – P. 99–108.
2. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки для химического, бактериологического и гельминтологического анализа. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 56 с.
3. Ярошук, А. В. Разработка методики извлечения бенз(а)пирена из почв / А. В. Ярошук, Е. В. Максименко, Н. И. Борисенко // *Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. Приложение.* – 2003. – № 9. – С. 44–46.
4. Формы и факторы накопления ПАУ в почвах при техногенном загрязнении (Московская область) / А. Н. Геннадиев [и др.] // *Почвоведение.* – 2004. – № 7. – С. 804–818.

УДК 631.45:631.416.9

## ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ ОРОШАЕМЫХ ВИНОГРАДНИКОВ

**Е. В. Скрыльник, Л. О. Рушенко, Е. Н. Дрозд**

*ННЦ «Институт агрохимии и почвоведения им. О. Н. Соколовского»,  
г. Харьков, Украина*

Виноград, как никакая другая культура, специфически реагирует на условия выращивания. Химический состав растений отражает в целом элементный состав среды его роста, что в итоге влияет на качество конечных продуктов – свежих ягод и вина. Характерным признаком увеличения антропогенного влияния на окружающую среду принято

считать тяжелые металлы. Использование значительных доз минеральных удобрений и средств защиты на виноградниках часто становится причиной избыточного поступления тяжелых металлов в почвы. Попадая в биогеохимический круговорот, они способны вызывать угнетение роста и развития виноградного растения, снижение урожайности и ухудшение качества продукции.

Орошаемые виноградники, как и в целом орошаемые агроландшафты, выступают центром более интенсивных и мощных потоков вещества и энергии, из-за чего миграция и аккумуляция тяжелых металлов может претерпевать существенные агрогенные изменения, которые на сегодняшний день не достаточно изучены. В орошаемых почвах существенно изменяются ионно-солевой состав почвенного раствора, направленность и интенсивность почвенных процессов, скорость антропогенной эволюции, усиливаются процессы миграции, повышается интенсивность биологического выноса элементов из почв при увеличении урожая, что не может не влиять на содержание тяжелых металлов, что и обуславливает актуальность проведения наших исследований.

Исследования проводили в 2013–2014 гг. на лугово-аллювиальных карбонатных почвах орошаемых виноградников юго-западной части полуострова Крым (пгт. Хмельницкое, Севастополь). Почва характеризуется щелочной реакцией среды ( $\text{pH} = 8,5$ ), содержание карбонатов – 32–38%, содержание гумуса – 1,7–2,2%, нитратного азота – 6,9–10,9 мг/кг, подвижного фосфора – 52–78 мг/кг, калия – 323–343 мг/кг. Орошение виноградника проводится капельным способом водами р. Черная.

Определение подвижных форм тяжелых металлов в почве и оросительной воде проводили согласно действующим в Украине нормативным документам и методикам.

Оценка качества оросительной воды по экологическим критериям показала, что в целом она является пригодной для орошения, содержание железа, цинка, марганца, хрома, никеля, меди, кобальта, кадмия не превышает установленных предельно-допустимых концентраций. В отдельные периоды в оросительной воде наблюдали незначительное превышение ПДК по свинцу, что может быть дополнительным источником поступления этого элемента в почвы виноградников.

Существенное влияние на содержание тяжелых металлов в почвах оказывают как антропогенные, так и природные факторы. Характерной чертой почв исследуемого региона является обогащенность материнских пород кадмием, кобальтом, медью, цинком и свинцом, что влияет на химический состав почв. Среди других природных фак-

торов – высокое содержание в почвах карбонатов кальция, которые снижают подвижность микроэлементов вследствие сорбции собственными высокодисперсными фракциями.

Установлено, что содержание тяжелых металлов в лугово-аллювиальных карбонатных почвах за пределами виноградника (контроль) по отдельным микроэлементам и тяжелым металлам превышает значения установленного регионального фона. Так, наблюдается превышение меди в 1,2 раза, цинка – в 1,9, свинца – 7,56, кадмия – 4 раза (табл. 1).

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в почвах, мг/кг

Вариант	Глубина, см	Cu, г/кг	Zn, мг/кг	Pb, мг/кг	Co, мг/кг	Cd, мг/кг
2013 г.						
Контроль	0-30	0,6±0,09	1,09±0,19	2,56±0,25	0,05±0,001	0,06±0,005
	30-60	0,7±0,04	1,00±0,17	2,37±0,22	0,01±0,0003	0,08±0,003
Виноградник	0-30	0,94±0,09	1,18±0,20	2,45±0,16	0,12±0,005	0,05±0,002
	30-60	0,78±0,07	1,09±0,18	2,32±0,2	0,06±0,001	0,05±0,002
2014 г.						
Контроль	0-30	0,61±0,07	1,11±0,3	3,78±0,1	0,43±0,04	0,3±0,07
	30-60	0,7±0,09	0,89±0,26	4,28±0,16	0,22±0,01	0,28±0,06
Виноградник	0-30	0,24±0,04	1,69±0,24	3,63±0,2	0,37±0,03	0,19±0,06
	30-60	0,19±0,01	1,18±0,25	2,73±0,23	0,34±0,03	0,25±0,05
Фоновые концентрации [5]		0,5	1,0	0,5	0,5	0,1

В почвах виноградника выявлено превышение содержания подвижных форм микроэлементов в сравнение с почвами контрольного варианта по меди в 1,5–2,5 раз, цинку – 1,1–1,8 раза. Кроме того, в 2014 г. отмечено превышение содержания кобальта в 2,4 раза относительно контроля, что подтверждает антропогенное происхождение загрязнения металлами почв виноградника. Почвам исследуемых виноградников свойственно превышение значений регионального фона по меди в 1,5–1,8 раз, цинку – 1,2–1,7, свинцу – 4,9–7,2 раза.

Сравнение содержания тяжелых металлов в почвах виноградников по срокам исследования показало, что в 2014 г. наблюдалось увеличение содержания цинка в 1,43 раза, свинца – 1,48 и кадмия – 3,8 раз

по сравнению с 2013 г., что связано с использованием минеральных удобрений и средств защиты растений на виноградниках. Содержание меди на винограднике в течение исследуемого периода уменьшилось в 4 раза, предположительно за счет перехода элемента в связанную форму. Несмотря на периодическое превышение ПДК по свинцу в оросительной воде, в почвах виноградника накопления этого элемента выявлено не было. Это может быть обусловлено более низкими значениями плотности сложения почв в результате проведения плантажной вспашки под виноградник, что способствует вымыванию свинца в более глубокие почвенные горизонты.

Таким образом, в почвах орошаемых виноградников выявлено превышение содержания свинца, цинка, меди и кадмия относительно регионального фона и почв контрольного варианта, что может свидетельствовать об антропогенном поступлении этих элементов в составе удобрений и применяемых средств защиты. За время исследований концентрации подвижных форм меди и цинка имели тенденцию к возрастанию по сравнению с почвами контрольного варианта. Несмотря на периодическое превышение ПДК по свинцу в оросительной воде, в почвах виноградника накопления этого элемента выявлено не было. В дальнейшем нами будут исследоваться особенности связывания микроэлементов гуминовыми веществами в почвах.

УДК 631.4

## **ИЗМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ МОРФОБИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ БЕНЗАПИРЕНОМ**

**С.Н. Сушкова<sup>1</sup>, Т.М. Минкина<sup>1</sup>, А.В. Гимп<sup>1</sup>, О.Г. Назаренко<sup>2</sup>,  
И.Г. Тюрина<sup>1</sup>, А.С. Саламова<sup>1</sup>, С.С. Манджиева<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Южный федеральный университет,  
г. Ростов-на-Дону, Россия*

*<sup>2</sup>Федеральное государственное учреждение гос. центра  
агротехнологий «Ростовский»,  
г. Ростов-на-Дону, п. Рассвет, Россия*

Главным маркером загрязнения почв полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ) является бенз(а)пирен (БаП) – канцероген и мутаген 1 класса опасности. Поступление БаП в почву про-

исходит в основном за счет техногенных источников. Актуальность исследований ПАУ в системе почва-растение обусловлена повышенной опасностью и масштабностью загрязнения окружающей среды этими соединениями.

Цель работы – изменение основных морфобиометрических показателей ячменя ярового в условиях искусственного загрязнения почв полициклическими ароматическими углеводородами на примере БаП.

Исследования проводили в условиях вегетационного эксперимента, который был заложен в мае 2011 г. Исследуемая почва – чернозем обыкновенный карбонатный среднemosный малогумусный тяжело-суглинистый на лессовидных суглинках, отобранный на целинном участке почвенного природного заповедника «Персиановский», со следующими свойствами (слой 0–20 см): содержание физической глины – 52%, ила – 30%, гумуса – 4,2%, рН – 7,5, CaCO<sub>3</sub> – 0,4%, ЕКО – 33 смоль(+)/кг. Образцы почвы подвергали предварительной пробоподготовке (сито диаметром 1 мм). 2 кг воздушно-сухой почвы помещали в специальные тарированные вегетационные сосуды общей емкостью 4 л. Рассчитанную дозу БаП растворяли в 100 мл ацетонитрила, затем полученный раствор приливали к 600 мл бидистиллированной воды и вносили в почву. Повторность опыта – 3-кратная. Внесение БаП в сосуды проводилось по следующей схеме:

Контроль; Ацетонитрил (Фон); 1 ПДК; 10 ПДК; 20 ПДК; 40 ПДК. ПДК БаП в почве составляет 20 нг/г: высота растений, длина стебля, корня и колоса, количество проросших семян.

За тест-культуру был принят ячмень яровой сорта Одесский-100. Высев растений производился в 2012, 2013 и в 2014 гг. в первой половине апреля на глубину 5 см в количестве 30 зерен на сосуд. Полив осуществлялся дистиллированной водой по рассчитанной норме полива на заданный объем почвы. Изучение морфобиометрических показателей тест-культуры было проведено в соответствии с В.В. Церлинг (1990) в фазу полной спелости.

Извлечение БаП из почв было проведено методом омыления. За основу был взят метод, используемый для определения нефтепродуктов в донных отложениях, соответствующий РД 52.10.556-95, в результате которого удаляется омыляемая фракция липидов. Установлено, что методом омыления из почв извлекается 74,4% от общего содержания БаП (Sushkova et al., 2014).

Содержание БаП в контрольных образцах модельного эксперимента меньше ПДК (табл. 1), и в течение 3-летнего периода постепенно снижается от 5 до 45%.

Таблица 1

**Содержание бенз(а)пирена в почве модельного вегетационного опыта  
за 3 года исследований**

Описание	Концентрация бенз(а)пирена в почве, нг/г		
	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Контроль	16,22	15,31	12,85
Ацетонитрил	18,97	17,61	11,09
1 ПДК	34,79	27,68	16,09
10 ПДК	118,75	95,27	38,33
20 ПДК	239,46	190,75	82,04
40 ПДК	371,11	341,81	97,60

Уменьшение количества поллютанта наблюдается также в почвенных образцах, загрязненных различными концентрациями БаП. Происходит интенсивный вынос БаП растениями. С увеличением содержания БаП в почве вынос его растениями возрастает. За период вегетации ячменя ярового в 2012 и в 2013 гг. содержание БаП в почве снижается от 20 до 50%. Существенное влияние на уменьшение первоначальной концентрации БаП в почвах, возможно, также оказал вынос БаП растениями в течение двух лет после закладки эксперимента. Отмечено, что в период между уборкой ячменя и посевом новой партии снижение концентрации БаП незначительное.

Для того, чтобы дать оценку влияния поллютанта на продуктивность ярового ячменя определены его основные морфобиометрические показатели по методике В.В. Церлинг (1990) в фазу полной спелости.

Установлено, что морфобиометрические показатели ярового ячменя на контроле и в варианте с внесением ацетонитрила в почву в течение трех лет исследования варьировали незначительно. Внесение БаП в почву в первый год произрастания ячменя ярового оказало угнетающее действие на растения (табл. 2).

Таблица 2

**Морфобиометрические показатели ярового ячменя в 1 год исследований после  
внесения бенз(а)пирена в почву, см**

Описание	Суммарн растений	Высота колоса с остями	Высота колоса без остей	Высота соломины	Высота ости
Контроль	42,7±3,7	2,1±0,4	1,4±0,2	40,6±3,3	0,7±0,2
Ацетонитрил	41,6±4,1	2,9±0,6	1,6±0,1	38,7±4,5	1,3±0,1

Описание	Суммарн растений	Высота колоса с осями	Высота колоса без остей	Высота соломины	Высота ости
1 ПДК	34,8±2,7	1,7±0,9	1,1±0,4	33,1±3,7	0,6±0,3
10 ПДК	32,1±1,9	1,3±0,6	0,9±0,2	30,8±3,4	0,4±0,3
20 ПДК	31,3±2,3	1,2±0,4	0,8±0,3	30,1±5,6	0,5±0,2
40 ПДК	26,8±1,7	0,7±0,3	0,4±0,1	26,1±3,4	0,3±0,1

Высота растения с увеличением дозы внесения поллютанта имела тенденцию к уменьшению. Наблюдалось снижение высоты колоса, высоты стебля на 15–25% по сравнению с контрольными вариантами. Максимальные величины высоты растений тест-культуры достигались в контрольных вариантах опыта, минимальные – в вариантах опыта, загрязненных в концентрации 800 нг/г. Выраженный угнетающий эффект можно объяснить проявлением фитотоксических свойств БаП по отношению к растениям. Со временем, происходит снижение отрицательного действия ячменя на рост и развитие растений. При этом, сохраняется устойчивый отрицательный эффект влияния БаП на высоту колоса без остей.

Таким образом, загрязнение почв БаП оказывает отрицательный эффект на рост и развитие растений. При этом, действие его зависит от концентрации и скорости его разложения в почве.

Работа поддержана грантами Министерства образования и науки № 5.885.2014/К, РФФИ № 14-05-00586

### Список литературы

1. Церлинг, В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: справочник / В.В. Церлинг. – М.: Агропромиздат. – 1990. – 235 с.
2. New method for benzo[a] pyrene analysis in plant material using subcritical water extraction / S.N. Sushkova [et al.] // Journal of Geochemical Exploration. – 2014. – Vol. 144. – Part B. – P. 267–272.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТВАЛА ФОСФОГИПСА

**Е.Л. Торочков<sup>1</sup>, В.П. Белобров<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ОАО «НИУИФ», г. Москва, Россия

<sup>2</sup>ФГБНУ «Позвальный институт им. В.В. Докучаева,  
г. Москва, Россия

При получении фосфорсодержащих удобрений в больших количествах образуется техногенный гипс (фосфогипс или фосфополугидрат), как правило, размещаемый в отвалах и/или шламонакопителях. Негативное влияние отвалов фосфогипса на окружающую среду может проявляться в загрязнении атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почвенно-растительного покрова.

Загрязнение атмосферного воздуха и почвенно-растительного покрова происходит из-за газопылевой эмиссии с поверхности отвала. При сухом складировании в газовую фазу выделяется в среднем 0,1% фтора, содержащегося в фосфогипсе. Выделение пыли фтора с поверхности сухого отвала составляет около 10 г с 1 т фосфогипса. Радиус зоны ветрового распространения пыли вокруг отвала составляет от 0,5 до 1,5 км [1].

Одним из эффективных способов минимизации воздействия на атмосферный воздух и почвенно-растительный покров, прилегающих к отвалу территорий, является его биологическая рекультивация. Обычно, рекультивацию проводят при выведении объекта из эксплуатации. Однако, для Балаковского филиала АО «Апатит» предложено проводить частичную рекультивацию действующего отвала, что позволит дополнительно провести закрепление откосов посредством стабилизации их поверхности техническими средствами и растениями для уменьшения эрозии пород.

Суть работы заключается в исследовании следующих аспектов:

- почвенно-климатических параметров;
- химических и агрохимических свойств фосфогипса и потенциальных субстратов рекультивантов;
- приживаемости и поведении различных растений, определяемых в ходе лабораторных и полевых экспериментов (в данной публикации не рассматриваются, т.к. исследования еще продолжаются).

Территория предприятия расположена в Саратовском Заволжье и характеризуется малоснежной зимой, пониженной относительной

влажностью воздуха летом и зимой, высокими летними температурами и относительно меньшим количеством атмосферных осадков по сравнению, например, с Правобережьем Саратовской области. Официальные климатические данные по субъектам РФ за 2009 г. по Саратовской области [2] свидетельствуют о дефиците влаги и росте температур, в особенности в летние месяцы в области в целом и локально в районе расположения предприятия. Этот факт следует принять во внимание при выборе растений (трав, кустарников и древесных пород), наиболее приспособленных к специфическим мезоклиматическим и эколого-почвенным условиям среды в зоне отвала фосфогипса.

Приподнятость отвала фосфогипса над основной поверхностью равнины, и другие техноэкологические факторы могут существенно менять основные климатические параметры, что также требует учета при выборе культур и в целом биорекультивации.

Экстремальный характер климатических условий в районе предприятия обуславливает очевидную сложность в использовании имеющегося опыта биорекультивации отвалов фосфогипсов более благоприятных климатических условиях. Необходимо разработать адаптированный (локально используемый) метод биорекультивации, применительно к конкретным природно-климатическим условиям промышленной площадки.

Как следует из мировой практики рекультивации, биологический этап на отвалах таких пород проводится лишь после нанесения на их поверхность слоя, состоящего из материала (субстрата) плодородного или потенциально плодородного грунта [3], что соответствует ГОСТ 17.5.3.04-83 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель».

В качестве рекультивантов рассматривались следующие субстраты:

- 1) гумусовый горизонт почв территории, прилегающей к отвалу фосфогипса;
- 2) грунт, состоящий преимущественно из материала гумусового горизонта и предоставленный БФ АО «Апатит» для закладки опытов;
- 3) коммунальные отходы – осадки сточных вод ОСК МУП «Балаково-Водоканал»;
- 4) грунт с противодиффузионной дамбы, ограждающей отвал фосфогипса;
- 5) илы (шлам) из шламонакопителя водооборотной системы предприятия.

Исследования показали, что осадки сточных вод ОСК МУП «Балаково-Водоканал» по загрязняющему воздействию на компоненты окружающей среды (по показателю Zc) значительно превосходят сам

фосфогипс. Поэтому, несмотря на высокое содержание в них органического вещества и относительно благоприятные агрохимические и агрофизические свойства (оструктуренность, рыхлое сложение), использование их для рекультивации означает усиление загрязняющего воздействия на природную среду.

Наиболее перспективными из указанных рекультивантов оказались гумусовый горизонт почв территории, прилегающей к отвалу фосфогипса и илы (шламы) из шламонакопителей.

Лучшим из исследованных рекультивантов по токсикологическим, агрохимическим и агрофизическим свойствам является гумусовый горизонт почв территории, прилегающей к отвалу фосфогипса. Этот рекультивант содержит полезную естественную микрофлору, от симбиотических связей с которой во многом зависит рост, развитие и укоренение растений, формирование дернины как основного защитного поверхностного компонента на отвале фосфогипса. Однако доступность данного рекультиванта ограничена.

Ил (шлам), образующийся в шламонакопителе при осветлении поверхностного стока и оборотной воды, сам по себе является отходом производства и ресурс его практически не ограничен. По суммарному показателю загрязненности он соответствует допустимой норме и как рекультивант обладает определенными преимуществами перед упомянутыми грунтами. Ил (шлам) характеризуется величиной рН водной вытяжки, соответствующей «очень сильнощелочному» уровню. Его размещение на поверхности отвала будет способствовать нейтрализации избыточной кислотности фосфогипса, приближая его реакцию к оптимуму для роста и развития растений.

Использование илов (шламов) приведет к повышению содержания магния в корнеобитаемой зоне растений. С одной стороны это необходимо для нормального роста и развития растений, с учетом важнейшей роли этого элемента. С другой – снижает негативное влияние кальция, избыток которого в фосфогипсе может блокировать поступление в растения многих необходимых элементов питания.

Шлам может быть источником поступления в фосфогипс обменного калия, количество которого в последнем варьирует в пределах экстремальных градаций обеспеченности. Уровень подвижного фосфора в шламе соответствует градации «очень низкого» содержания, но учитывая чрезмерное его количество в фосфогипсе, это будет способствовать нормализации фосфатного питания растений.

К недостаткам шлама, как рекультиванта, следует отнести высокое содержание в нем стронция, а также его бесструктурность, что может ухудшить водно-воздушный режим растений.

Таким образом, использование илов (шламов) оборотной системы водоснабжения предприятия в качестве субстрата рекультиванта, с учетом его химических и агрохимических свойств может дать определенный синергетический эффект, который отразится на снижении негативного воздействия отвала фосфогипса БФ АО «Апатит» на окружающую среду. При этом не потребуются вовлечение в переработку гумусовых горизонтов почв, выемка которых с прилегающих территорий принесет не меньше вреда окружающей среде, чем воздействие отвала.

### Список литературы

1. Экологическая и санитарно-гигиеническая оценка фосфогипса и продуктов его переработки / И.М. Мальцева [и др.] // Труды НИУИФа. – Вып. 256. – М.: НИУИФ, 1989. – С. 18–34.
2. Охрана окружающей среды в России 2010: стат. сборник. – М., 2010. – 303 с.
3. Жуков, С.Н. Эффективность применения фосфогипса в сельском хозяйстве / С.Н. Жуков, Н.А. Торина // Труды НИУИФа. – Вып. 243. – М.: НИУИФ, 1983. – С. 131–137.

УДК 631.8:631.445.2:633.32

## **ВЛИЯНИЕ КАТИОННОГО СОСТАВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СВЯЗНОСУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ И ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПЕРЕХОД РАДИОНУКЛИДОВ В КЛЕВЕР**

**Е.С. Третьяков**

*РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,  
г. Минск, Беларусь*

После аварии на Чернобыльской АЭС на загрязненных радионуклидами почвах резко сократились площади возделывания бобовых культур. Это привело к ухудшению структуры севооборотов и дисбалансу в кормах по переваримому протеину. Так, по оценкам некоторых белорусских специалистов, дефицит переваримого протеина в животноводстве составляет 280–300 тыс. т в год, что, в свою очередь, приводит к удорожанию кормов в 1,5 раза и перерасходу их на 25–30% [1].

Цель исследований заключалась в определении параметров перехода радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в клевер в зависимости от кислотности и обеспеченности обменными формами кальция и магния дерново-подзолистых супесчаных почв и дифференцированных доз калийных удобрений.

Исследования проводились в стационарном полевом опыте, заложенном в КСУП «Стреличево» Хойникского района на дерново-подзолистой связносупесчаной почве, подстилаемой с глубины 0,7 м моренным суглинком с содержанием гумуса – по методу Тюрина ( $0,4 \text{ н } \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) – 1,56% (1,26–1,86), содержанием подвижных форм  $\text{P}_2\text{O}_5$  и  $\text{K}_2\text{O}$  – по методу Кирсанова ( $0,2 \text{ н } \text{HCl}$ ) – 259 мг/кг (235–283) и 242 мг/кг почвы (207–277) соответственно на фоне различных уровней кислотности почвы и содержания обменных форм кальция и магния ( $1 \text{ н } \text{KCl}$ ). Плотность загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  – 272 кБк/м<sup>2</sup> (247–297 кБк/м<sup>2</sup>),  $^{90}\text{Sr}$  – 13,0 кБк/м<sup>2</sup> (10,5–15,4). Исследуемая культура – клевер сорт Витебчанин.

Опыт включал варианты, с возрастающими дозами калийных удобрений  $\text{K}_{60-120-180}$  на фоне  $\text{P}_{60}$  на различных уровнях кислотности почвы и содержания обменных форм кальция и магния (таб. 1, 2).

Таблица 1

**Влияние катионного состава дерново-подзолистой связносупесчаной почвы и доз минеральных удобрений на коэффициент перехода  $^{137}\text{Cs}$  в зеленую массу клевера (в пересчете на сухое вещество)**

Вариант	Кп, $^{137}\text{Cs}$ (Бк/кг:кБк/м <sup>2</sup> )			
	I укос	II укос	среднее за 2 укоса	Кп от контроля, %
<b>Фон 1 (pH 5,5, Ca – 548 мг/кг, Mg – 135мг/кг, <math>\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}/\text{K}^+ = 2,8/1/0,53</math>)</b>				
Контроль (без удобрений)	0,051	0,041	0,046	100,00
$\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	0,033	0,037	0,035	76,09
$\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	0,036	0,029	0,033	70,65
$\text{P}_{60}\text{K}_{180}$	0,029	0,028	0,029	61,96
<b>Фон 2 (pH 6,5, Ca – 597 мг/кг, Mg – 152 мг/кг, <math>\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}/\text{K}^+ = 2,7/1/0,47</math>)</b>				
Контроль (без удобрений)	0,041	0,034	0,038	100,00
$\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	0,03	0,03	0,030	80,00
$\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	0,024	0,027	0,026	68,00
$\text{P}_{60}\text{K}_{180}$	0,016	0,024	0,020	53,33
<b>Фон 3 (pH 6,8, Ca – 685 мг/кг, Mg – 143 мг/кг, <math>\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}/\text{K}^+ = 3,4/1/0,50</math>)</b>				
$\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	0,019	0,023	0,021	56,00

Вариант	Кп, $^{137}\text{Cs}$ (Бк/кг:кБк/м <sup>2</sup> )			
	I укос	II укос	среднее за 2 укоса	Кп от контроля, %
Фон 4 (рН 6,9, Са – 715 мг/кг, Mg – 184 мг/кг, $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}/\text{K}^+ = 2,7/1/0,39$ )				
Контроль (без удобрений)	0,037	0,034	0,036	100,00
$\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	0,024	0,026	0,025	70,42
$\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	0,022	0,024	0,023	64,79
$\text{P}_{60}\text{K}_{180}$	0,019	0,022	0,021	57,75
Фон 5 (рН 7,1, Са – 800 мг/кг, Mg – 155 мг/кг, $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}/\text{K}^+ = 3,6/1/0,47$ )				
$\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	0,022	0,024	0,023	64,79
$\text{SD}_{95}$	0,0099	0,0058		

Таблица 2

**Влияние катионного состава дерново-подзолистой связносупесчаной почвы и доз минеральных удобрений на коэффициент перехода  $^{90}\text{Sr}$  в зеленую массу клевера (в пересчете на сухое вещество)**

Вариант	Кп, $^{90}\text{Sr}$ (Бк/кг:кБк/м <sup>2</sup> )			
	I укос	II укос	среднее за 2 укоса	Кп от контроля, %
Фон 1 (рН 5,5, Са – 548 мг/кг, Mg – 135 мг/кг, $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}/\text{K}^+ = 2,8/1/0,53$ )				
Контроль (без удобрений)	17,72	13,82	15,77	100,00
$\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	17,66	13,42	15,54	98,54
$\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	15,95	12,62	14,29	90,58
$\text{P}_{60}\text{K}_{180}$	15,15	12,18	13,67	86,65
Фон 2 (рН 6,5, Са – 597 мг/кг, Mg – 152 мг/кг, $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}/\text{K}^+ = 2,7/1/0,47$ )				
Контроль (без удобрений)	15,69	11,94	13,82	100,00
$\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	15,8	11,46	13,63	98,66
$\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	12,95	10,94	11,95	86,46
$\text{P}_{60}\text{K}_{180}$	13,25	10,46	11,86	85,81
Фон 3 (рН 6,8, Са – 685 мг/кг, Mg – 143 мг/кг, $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}/\text{K}^+ = 3,4/1/0,50$ )				
$\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	11,83	10,22	11,03	79,80
Фон 4 (рН 6,9, Са – 715 мг/кг, Mg – 184 мг/кг, $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}/\text{K}^+ = 2,7/1/0,39$ )				
Контроль (без удобрений)	15,49	11,49	13,49	100,00
$\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	12,98	10,94	11,96	88,66
$\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	12,99	10,74	11,87	87,95
$\text{P}_{60}\text{K}_{180}$	12,95	9,81	11,38	84,36
Фон 5 (рН 7,1, Са – 800 мг/кг, Mg – 155 мг/кг, $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}/\text{K}^+ = 3,6/1/0,47$ )				
$\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	12,86	9,74	11,30	83,77
$\text{SD}_{95}$	1,916	1,263		

В полевом стационарном эксперименте изменение агрохимических свойств почв и внесение минеральных удобрений оказало существенное влияние на переходы радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в зеленую массу клевера (табл. 1, 2). В среднем по вариантам коэффициенты перехода (Кп) по  $^{90}\text{Sr}$  I укоса были выше в 1,21 раза, чем второго, по  $^{137}\text{Cs}$  достоверно не различались. В среднем за 2 укоса клевера наиболее низкий коэффициент перехода  $^{137}\text{Cs}$  – 0,02 получен в варианте с внесением  $\text{P}_{60}\text{K}_{180}$  на фоне рН 6,5, Са – 597 мг/кг, Mg – 152 мг/кг и их эквивалентного соотношения  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}/\text{K}^{+} = 2,7/1/0,47$ . Снижение по сравнению с контрольным вариантом без удобрений на исходном уровне рН, Са и Mg составило 56,5%. Минимальный Кп  $^{90}\text{Sr}$  в среднем за 2 укоса клевера составил 11,03 и был зарегистрирован в варианте  $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$  на фоне рН 6,8 содержание обменных Са – 685 мг/кг и Mg – 143 мг/кг, при соотношении  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}/\text{K}^{+} = 3,4/1/0,50$ . Снижение по сравнению с контрольным вариантом без удобрений и исходным уровнем рН, Са и Mg составило 30,1%.

Применение калийных удобрений оказывало большее влияние на снижение коэффициента перехода  $^{137}\text{Cs}$ , чем  $^{90}\text{Sr}$ . Однако на вариантах с увеличением дозы калийных удобрений на фоне  $\text{P}_{60}$ , при одинаковой кислотности Кп  $^{90}\text{Sr}$  также снижался, но уже не так значительно. Калийные удобрения снижали Кп  $^{137}\text{Cs}$  в варианте  $\text{P}_{60}\text{K}_{180}$  на 38%, 46,7% и 42,3% в среднем за 2 укоса по сравнению с контролем на 1, 2 и 4 фонах соответственно, снижение Кп  $^{90}\text{Sr}$  составило 13,4%, 14,2%, 15,6% в среднем за 2 укоса клевера на тех же фонах.

Внесение известковых удобрений, на радиационно-загрязненных землях, направлено как на снижение Кп  $^{90}\text{Sr}$ , так и на снижение Кп  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в растения. В наших экспериментах снижение Кп  $^{137}\text{Cs}$  было значительно выше, чем снижение Кп  $^{90}\text{Sr}$  в процентном отношении к исходному. При сравнении контрольных вариантов фона 2 (рН 6,5, Са – 597 мг/кг, Mg – 152 мг/кг,  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}/\text{K}^{+} = 2,7/1/0,47$ ) и фона 4 (рН 6,9, Са – 715 мг/кг, Mg – 184 мг/кг,  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}/\text{K}^{+} = 2,7/1/0,39$ ) с контрольным вариантом фон 1 (рН 5,5, Са – 548 мг/кг, Mg – 135 мг/кг,  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}/\text{K}^{+} = 2,8/1/0,53$ ) снижение Кп  $^{137}\text{Cs}$  составило 18,48% и 22,83%, а Кп  $^{90}\text{Sr}$  12,4% и 14,46% соответственно.

Совместное применение калийных удобрений и известкования дает наибольший эффект снижения коэффициентов перехода  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  из почвы в растения клевера.

### Список литературы

1. Жданович, В.П. Перспективы использования зернобобовых культур в условиях радиоактивного загрязнения / В.П. Жданович, С.А. Исаченко, Л.И. Козлова // Проблемы радиологии загрязненных территорий. – Минск, 2001. – С. 64–74.

## **ВЛИЯНИЕ МЕЗОРЕЛЬЕФА НА НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

**А.И. Фатеев, Т.И. Измоденова, Я.В. Бородина**

*ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского»,  
г. Харьков, Украина*

Закономерности накопления в почвах тяжелых металлов в зонах влияния локальных источников техногенного загрязнения достаточно хорошо изучены. Известно, что в зависимости от высоты труб промышленных предприятий, состава выбросов и направления господствующих ветров, разной степени загрязнения подвергаются почвы на расстоянии до 15–20 км от источника загрязнения. При этом подвижность тяжелых металлов в зоне загрязнения значительно выше, чем на незагрязненных территориях. Однако необоснованно мало внимания уделяется вопросу влияния мезорельефа на накопление тяжелых металлов в почвах разных элементов ландшафта.

Исследования выполнены на территории, прилегающей к г. Днепропетровску, на черноземах обыкновенных малогумусных. Пробы почв отбирали с учетом доминирования юго-восточных ветров из поверхностного слоя 0–25 см, на наветренных и подветренных склонах холмов и плакорах. Пробы отбирали на расстояниях от 0,7 км до 12 км от границы города по схеме, обеспечивающей их репрезентативность для данной территории и соответствие целям исследования. В качестве фонового рассматривали содержание тяжелых металлов на расстоянии 20 км от черты города. В почвенных пробах определяли содержание цинка, меди, кадмия, марганца, свинца и кобальта, извлекаемое аммонийно-ацетатным буферным раствором с pH 4,8 и 1 н раствором соляной кислоты на атомно-абсорбционном спектрофотометре С-115.

На территории г. Днепропетровска находится большое количество различных предприятий металлургической, коксохимической и химической промышленности. В выбросах предприятий, в зависимости от специализации, присутствуют различные химические элементы. Выбросы металлургического завода содержат Pb, Zn, Cu, Cd, Mn, Hg, Ni, F<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>; коксохимического завода – Zn, Cu, Pb, Ni, Hg; для химических заводов характерны выбросы Hg, Zn, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (Тютюнник, 1998 г.).

В данном случае установить конкретный источник загрязнения почв тяжелыми металлами невозможно, вероятнее всего, происходит наложение ореолов выбросов разных предприятий.

Установлено, что содержание подвижных форм тяжелых металлов на обследованной территории варьировало в очень широких пределах, что характерно для территорий в зоне влияния локальных источников техногенного загрязнения. Так, содержание марганца, извлекаемого 1 н раствором соляной кислоты, меняется от 150,2 мг/кг (на расстоянии 6,7 км от черты города) до 326,3 мг/кг (на расстоянии 2,8 км) при фоновом значении 229,5 мг/кг. До расстояния 2,8 км характерно резкое превышение содержания марганца в почвах, расположенных на наветренных склонах, в сравнении с его содержанием в почвах плакоров и подветренных склонов холмов. Так, на расстоянии 2,8 км от границы города накопление марганца в почвах, расположенных на наветренных склонах было практически в два раза выше, чем в почвах плакора – 253,4 мг/кг и подветренных склонов – 155,6 мг/кг.

Содержание цинка варьировало от 8,81 мг/кг (12 км от границы города) до 19,9 мг/кг (0,7 км), при фоновом значении 11,7 мг/кг. Более высокое содержание цинка в почвах наветренных склонов наблюдалось только на расстоянии 0,7 км от границы города. В остальных случаях содержание кислоторастворимого цинка было выше в почвах плакоров, хотя в почвах, расположенных на наветренных склонах, содержание цинка всегда на 20–30% превышало его содержание в почвах подветренных склонов.

Минимальное содержание меди – 2,96 мг/кг наблюдалось на расстоянии 12 км от черты города, максимальное – 6,42 мг/кг на расстоянии 0,7 км при фоновом содержании 3,43 мг/кг. Для кислоторастворимых форм меди характерно более высокое (на 30–40%) накопление в почвах плакоров по сравнению с почвами склонов, которое линейно убывает по мере увеличения расстояния от границы города. В почвах наветренных склонов содержание подвижной меди несколько больше, чем в почвах подветренных склонов, хотя в большинстве случаев это различие не является статистически значимым.

Содержание кислоторастворимых форм кобальта варьировало от 3,33 мг/кг (на расстоянии 12 м от черты города) до 5,75 мг/кг (0,7 км от черты города) при его фоновом содержании 4,03 мг/кг. В почвах, расположенных на всех элементах мезорельефа, содержание кобальта закономерно снижается с увеличением расстояния от источников выбросов. Для этого элемента характерно преимущественно близкое содержание в почвах наветренных склонов и плакоров и более низкое содержание в почвах подветренных склонов.

В отличие от меди, кислоторастворимые формы кадмия накапливались в большей мере в почвах склонов, его содержание всегда было выше в почвах наветренных склонов, чем в почвах подветренных склонов на 15–46%, что является статистически значимым отличием. Минимальное содержание кислоторастворимого кадмия составило 0,18 мг/кг (12 км от границы города), максимальное – 0,41 мг/кг (0,7–2,8 км от границы города) при фоновом содержании 0,20 мг/кг.

Для кислоторастворимых форм свинца характерно резкое преобладание накопления в почвах наветренных склонов, приблизительно на 30–40%, по сравнению с его накоплением в почвах плакоров и подветренных склонов (между которыми по накопления кислоторастворимых форм свинца статистически значимых различий не обнаружено). Больше всего свинца – 13,55 мг/кг содержалось в пробах, отобранных на расстоянии 2,8 км от границы города. Меньше всего – 5,32 мг/кг на расстоянии 12 км при фоновом содержании 7,98 мг/кг.

Для извлекаемых аммонийно-ацетатным буферным раствором форм тяжелых металлов выявлены практически такие же закономерности накопления в почвах, расположенных на разных элементах мезорельефа. Варьирование содержания этих форм металлов в почвах, подверженных техногенному загрязнению, оказалось еще выше, чем содержания кислоторастворимых форм.

Содержание подвижных форм марганца в почвах, расположенных на наветренных склонах, с удалением от границы города оставалось неизменным и составляло приблизительно 15,5–16,0 мг/кг. В почвах плакоров и подветренных склонов содержание этого элемента было практически одинаковым и составляло 6,3–7,0 мг/кг. В этом случае не наблюдалось зависимости содержания подвижного марганца в почвах от расстояния до источников загрязнения.

Содержание подвижного цинка, определенное в почвах на разных элементах рельефа, напротив, закономерно уменьшалось по мере удаления от источников выбросов. Наиболее загрязненными подвижным цинком были почвы на расстоянии 0,7 км от черты города – 1,35 мг/кг. На всех точках отбора проб содержание цинка в почвах наветренных склонов существенно превышало его содержание в почвах подветренных склонов. Такая же закономерность прослеживается в содержании подвижных меди и кобальта с максимальным содержанием этих элементов на расстоянии 0,7 км от границы города – 1,78 мг/кг меди и 1,45 мг/кг кобальта.

Содержание подвижного кадмия имеет два четко выраженных пика: на расстоянии 0,7 км – 0,15 мг/кг и на расстоянии 3,5 м – 0,10 мг/кг. Наибольшее накопление этого металла характерно для почв плакоров

и объясняется, вероятно, наличием как минимум двух локальных источников поступления кадмия в почвы.

В содержании подвижного свинца наблюдается максимум на расстоянии 5,5 км от границ города – 2,59 мг/кг, вероятно, источник поступления свинца расположен за пределами Днепродзержинска, на близком расстоянии от этой точки проб отбора.

Для подвижных форм тяжелых металлов, извлекаемых аммонийно-ацетатным буферным раствором с рН 4,8 и 1 н раствором соляной кислоты, даже в случаях, когда их максимальные абсолютные содержания найдены в почвах, расположенных на плакорах, характерно статистически значимое более высокое содержание в почвах, расположенных на наветренных склонах, по сравнению с почвами подветренных склонов. Игнорирование этого факта может приводить к существенным ошибкам при оценке загрязнения почв тяжелыми металлами в зоне влияния локальных источников загрязнения. При составлении программы отбора проб техногенно загрязненных почв необходимо учитывать различия в накоплении подвижных форм тяжелых металлов в почвах, расположенных на разных элементах рельефа.

УДК 631.37:631.412

## **ОБ ОСОЛОНЦЕВАНИИ ЧЕРНОЗЕМА ПРИ ОРОШЕНИИ ВОДАМИ МЕСТНОГО СТОКА**

**В.Ф. Филипчук, Л.В. Боаге**

*Институт почвоведения, агрохимии и защиты почв им. Н.А. Димо,  
г. Кишинев, Молдова*

Орошение является технологическим фактором, который в разной степени влияет на химические и физико-химические свойства почвы. Состав и концентрация элементов в ирригационной воде могут непосредственно влиять на эти свойства. В зависимости от степени минерализации использованной воды концентрация почвенного раствора может снижаться или повышаться. Косвенным эффектом орошения является перераспределение, вымывание или вынос за пределы почвенного профиля некоторых соединений и элементов с высокой растворимостью [1].

Известно, что орошение существенно влияет на водно-солевой режим почв в зависимости от ряда природных факторов. Изменение состава и содержания растворимых солей черноземов обусловлено в большей степени качеством использованной воды.

Исследования, по изучению влияния орошения на свойства почв, проводили на черноземе типичном, орошаемом водой реки Рэут, а также на целинном и пахотном неорошаемых аналогах. Полученные данные показывают, что длительное орошение типичного чернозема водой минерализации 0,9–1,2 г/л не привело к существенному изменению содержания солей. Сухой остаток меняется в узких пределах и составляет 0,020–0,064%. В анионном составе целинной и неорошаемой почвы до глубины 70 см преобладает  $\text{SO}_4^{2-}$  (0,20–0,32 мг-экв/100 г почвы), ниже –  $\text{HCO}_3^-$  (0,44–0,52 мг-экв/100 г почвы). В катионном составе доминирует  $\text{Ca}^{2+}$  (0,22–0,64 мг-экв/100 г почвы). Катионы  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Na}^+$  находятся в незначительных количествах.

Орошение почвы привело к существенному изменению соотношения ионов в водной вытяжке. Так, в пахотном и подпахотном горизонтах орошаемой почвы было выявлено существенное увеличение содержание сульфатов и соединений натрия. Надо отметить, что  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  является главным компонентом растворимых солей ирригационной воды. Соотношение  $\text{Ca}:\text{Na}$  в почвенном растворе указывает на возможность развития процесса вторичного осолонцевания. Исследования показали, что по сравнению с целинной и неорошаемой пахотной почвой, в орошаемом черноземе этот показатель снизился в 13 и 5 раз соответственно. Существенные изменения произошли также в реакции почвы. Значение рН в орошаемой почве выше на 0,27–0,45ед., чем в других почвах.

Орошение черноземов, независимо от качества использованной воды, приводит к неблагоприятным изменениям состава и соотношения обменных катионов в поглощающем комплексе. При орошении пресной водой происходит повышение содержания поглощенного магния и снижение соотношения  $\text{Ca}:\text{Mg}$  [2]. Использование воды с высоким щелочным резервом, даже при низком содержании солей, приводит к вторичному осланцеванию почв. Эта физико-химическая форма деградации была отмечена в разных почвенно-климатических зонах республики при использовании воды из местных источников с некондиционными показателями качества.

В таблице приведены результаты определения содержания поглощенных катионов и содоустойчивость исследованных почв. Было установлено существенное снижение содержания кальция на 3,29–

5,49 мг-экв/100 г почвы в орошаемой почве по сравнению с целинной и неорошаемой. Также выявлено повышенное содержание обменного магния в коллоидном комплексе. В целинной и неорошаемой почве  $Mg^{2+}$  составляет 1,03–3,00 мг-экв/100 г почвы или 3–9% от суммы поглощенных катионов. В орошаемой почве количественные показатели этого элемента составляют 5,30–6,15 мг-экв/100 г почвы, что соответствует 17–18%. В результате произошло резкое снижение соотношения двухвалентных катионов. Если в неорошаемом и целинном черноземах соотношение Ca:Mg составляет 10–11:1, то в орошаемой почве этот показатель не превышает 4:1.

Таблица

**Влияние орошения на содержание обменных катионов и содоустойчивость типичного чернозема**

Глубина, см	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Сумма	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Су, мг-экв
	мг-экв/100 г почвы				% от суммы			
Целинная почва								
0–38	31,46	3,00	1,15	35,61	88	8	4	30,0
38–79	29,32	2,57	1,21	33,10	89	8	3	29,4
79–101	27,30	1,68	1,23	30,21	90	6	4	–
101–123	25,20	2,10	1,36	28,66	88	7	5	–
123–150	24,80	1,70	1,37	27,87	89	6	5	–
Неорошаемая почва								
0–25	29,26	2,97	1,31	33,54	87	9	4	29,1
25–41	27,98	2,54	1,34	31,86	88	8	4	29,1
41–78	27,56	1,06	1,34	29,96	92	4	4	–
78–109	26,29	1,27	1,39	28,95	91	4	5	–
109–150	24,38	1,70	1,51	27,59	88	6	6	–
Орошаемая почва 23 года								
0–30	25,97	6,15	4,73	36,85	70	17	13	24,9
30–50	23,53	6,15	3,92	33,60	70	18	12	25,2
50–84	22,26	5,56	3,74	31,56	70	18	12	–
84–114	23,20	5,17	3,44	31,78	73	16	11	–
114–150	22,79	5,30	3,44	31,53	72	17	11	–

С мелиоративной точки зрения, существенное значение имеет содержание обменного натрия в поглощающем комплексе. Согласно существующей классификации целинная и неорошаемая почвы относятся к неосолонцованным с относительным содержанием натрия в 3–4%. В почве орошаемой в течение 23 лет этот элемент составляет

12% от суммы обменных катионов, что соответствует сильной степени осолонцевания [3].

Изучение влияния щелочных вод на буферную способность почв представляет большой интерес для орошаемого земледелия. Считается, что в почвах с низкой содоустойчивостью сода может появиться уже в первый год орошения. Некоторые подтипы чернозема, в том числе и типичный, характеризуются высокой устойчивостью при орошении щелочной водой, поскольку обладают гидrolитической кислотностью, которая способна нейтрализовать часть карбоната или бикарбоната натрия.

Содоустойчивость почв (Су) была определена по методу В.П. Бобкова с некоторыми изменениями. В первую очередь было использовано предложение В.Ф. Градобоевой [4], в котором предполагается изменить процесс фильтрации содовых вытяжек центрифугированием. Известно, что эти растворы фильтруются тяжело, поглощая  $\text{CO}_2$  из воздуха. Кроме того, из содовых вытяжек очень редко получают прозрачные растворы. Центрифугирование в большой степени устраняет данные недостатки. Титрование центрифугированного раствора проводилось только в присутствии «контроля» поскольку содовые вытяжки во всех случаях были окрашены.

Исследования показали, что поверхностные горизонты орошаемого типичного чернозема постепенно теряет способность противостоять действию щелочной воды. Если содоустойчивость целинной и неорошаемой почвы составляет 29,1–30,0 мг-экв/100 г почвы, то в орошаемой почве, в течение 23 лет этот показатель не превышает 24,9–25,2 мг-экв/100 г почвы. Содоустойчивость орошаемой почвы снижается в результате нейтрализации гидrolитической кислотности, а также из-за снижения содержания обменного кальция и поглощения натрия коллоидным комплексом.

### Список литературы

1. Крупеников, И.А. Диагностика и принципы классификации орошаемых почв / И.А. Крупеников, Б.П. Подымов // Почвенномелиоративные проблемы орошаемого земледелия. – Кишинев, Штиинца. – 1978. – С. 8–13.
2. Filipciuc, V. Pretabilitatea solurilor și apelor la irigație. Seceta și metode de minimalizare a consecințelor nefaste / V. Filipciuc. – Chișinău, 2007. – P. 10–11.
3. Экологические требования к орошению почв России: рекомендации. – М., 1996. – 69 с.
4. Градобоева, В.Ф. Содоустойчивость солонцовых почв Западной Сибири / В.Ф.Градобоева // Научн. тр. Омского с.-х. ин-та. – Омск, 1973. – Т. 113 – С. 30–32.

## **ОСОБЕННОСТИ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ И ТИПИЗАЦИИ ЗЕМЕЛЬ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ**

**Н.Н. Цыбулько<sup>1</sup>, А.Ф. Черныш<sup>2</sup>, Ю.П. Качков<sup>3</sup>, С.С. Бачила<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Департамент по ликвидации последствий катастрофы  
на Чернобыльской АЭС МЧС РБ,*

*г. Минск, Беларусь*

*<sup>2</sup>Институт почвоведения и агрохимии,*

*г. Минск, Беларусь*

*<sup>3</sup>Белорусский государственный университет,*

*г. Минск, Беларусь*

Вопросы почвенно-экологического микрорайонирования, как необходимого звена почвенно-экологического районирования и типизации земель, современной формы агропроизводственной и агроэкологической интерпретации почвенного покрова приобретают особую актуальность на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС. В особой степени это относится к Беларуси, поскольку острота радиоэкологических проблем усугубляется масштабами радиоактивного загрязнения, неравномерным характером выпадения радионуклидов и значительной пестротой почвенного покрова, являющимся важнейшим фактором в миграции радионуклидов по пищевым цепочкам.

Почвенно-экологическое микрорайонирование и типизация земель территории радиоактивного загрязнения предполагает учет двух факторов — почвенного и радиологического. По каждому из них необходимо определить критерии — показатели или признаки, характерные для всей территории радиоактивного загрязнения и в то же время свойственные конкретному микрорайону или типу земель.

В процессе выполнения почвенно-экологического микрорайонирования и типизации земель в более 15 административных районах республики определились как сами понятия микрорайонов и типов земель, так и критерии, их обуславливающие. Основным критерием выделения микрорайона явилась группа почвенных мезокомбинаций, состав и соотношение составляющих их компонентов, в то время как тип земель формирует почвенная мезокомбинация или группа микромбинаций. Микрорайоны и типы земель составляют конкретное

природно-производственное содержание почвенно-экологических районов.

На основе этих принципов и критериев выполнено почвенно-экологическое микрорайонирование наиболее загрязненных радионуклидами Ветковского, Наровлянского и Чериковского районов, а также типизация земель на примере ОАО «Ветковский Агросервис» Ветковского района. Выделенные на территории данных административных районов 6–8 почвенно-экологических микрорайонов, которые характеризуются разными уровнями радиоактивного загрязнения почв. Следует отметить, что границы их распространения в большинстве случаев не совпадают с границами почвенно-экологических микрорайонов.

Проанализирована динамика плотности загрязнения территорий  $^{137}\text{Cs}$  в ретроперспективе и в перспективе до 2056 г., в связи с чем шкала плотности загрязнения расширена от минимальных величин (менее 1,0 Ки/км<sup>2</sup>) до максимальных (более 40 Ки/км<sup>2</sup>).

При сопоставлении данных радиоактивного загрязнения в настоящее время с прогнозными данными установлено, что конфигурация, размеры полос и пятен радиоактивного загрязнения разных лет по большей части совпадают. Изменяется с годами только степень загрязнения в сторону ее уменьшения. В связи с этим возможна или даже необходима корректировка использования земель микрорайонов, опираясь на современные данные радиоактивного загрязнения и прогнозируемой ее динамики. Она может быть выполнена с учетом масштабов распространения внутри микрорайона той или иной группы загрязнения радионуклидами, количества этих групп, степени их различий, выраженной в их динамике. При этом должны быть приняты во внимание особенности почвенного покрова. Так, в Чериковском районе один из почвенно-экологических микрорайонов (Глинь-Устье) можно подразделить на менее загрязненную  $^{137}\text{Cs}$  часть и более загрязненную, опираясь на их различия в гранулометрическом составе и учесть эти различия при формировании полей и рабочих участков. Другой микрорайон (Боровая), преобладающая часть территории которого загрязнена в сильной степени в настоящее время (15–40 Ки/км<sup>2</sup>), и в средней – в будущем (5–15 Ки/км<sup>2</sup>), можно сохранить в очертаниях, обусловленных природной основой. По всей вероятности, не следует подразделять микрорайоны из-за пестроты показателей и очень низкого агропроизводственного потенциала доминирующих в микрорайоне песчаных почв (Поличено-Ушаки), при наличии в районе более плодородных почв. Абсолютное преобладание одной группы

загрязнения (микрорайоны Долгая, Чериков) определяет очевидное сохранение их природных границ.

Иная картина радиоактивного загрязнения складывается среди почвенно-экологических микрорайонов Наровлянского района, где преобладают уровни загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  с плотностью 5–15 Ки/км<sup>2</sup>, в то время как по периферии района прослеживается пятна с плотностью 1–5 Ки/км<sup>2</sup>.

В этой связи в существенной корректировке границ землепользования в ряде выделенных почвенно-экологических микрорайонов нет необходимости, поскольку, например, пятна невысокой плотности загрязнения (1–5 Ки/км<sup>2</sup>) занимают незначительные площади (микрорайоны Романовка-Демидов, Хильчицы-Дерновичи) так же, как и пятна с высокой плотностью (15–40 Ки/км<sup>2</sup>), встречающиеся в отдельных микрорайонах (Лубень, Головчицы-Вербовичи). К тому же в последнем случае они либо относятся к лесным землям, либо примыкают к пойме, почвенный покров которой резко контрастируют с почвенным покровом водоразделов.

Пестрая картина загрязнения  $^{137}\text{Cs}$ , складывающаяся в отдельных случаях (микрорайон Дятлик), где, наряду с самой распространенной группой загрязнения (5–15 Ки/км<sup>2</sup>), появляются участки с высокой плотностью загрязнения (15–40 Ки/км<sup>2</sup>) и низкой плотностью (1–5 Ки/км<sup>2</sup>), требует более дифференцированного использования земель, и в первую очередь исключения из состава сельскохозяйственных земель участка с более сильной степенью загрязнения.

Для территории Ветковского района характерно неоднородное распределение  $^{137}\text{Cs}$ , с преобладанием, средней степени (5–15 Ки/км<sup>2</sup>) загрязнения. В перспективе (2056 г.) прогнозируется по всей территории района две группы загрязнения цезием-137: 1–5 и 5–15 Ки/км<sup>2</sup>. При этом более слабая степень загрязнения (1–5 Ки/км<sup>2</sup>) будет свойственна северо-восточной и юго-западной частям района, в то время как центральная часть остается в зоне средней степени загрязнения.

Исходя из этих обстоятельств границы микрорайонов, попавших в эту зону (Немилово, Новые Громыки), могут быть откорректированы путем отчленения менее загрязненной части, опираясь на конструктивные черты почвенного покрова.

Микрорайоны, которые в будущем войдут в зону слабой степени загрязнения (Великие и Малые Немки, Светловичи, Столбун, Старое Село) предпочтительно оставить в прежних границах, с переориентировкой использования частей микрорайонов в соответствие с их степенью радиоактивного загрязнения.

Во всех трех районах выделяются микрорайоны и типы земель, приуроченные к поймам рек Припяти, Сож и их притоков, которые характеризуются разной степенью радиоактивного загрязнения и которые целесообразно в связи с их однотипным характером использования оставить в качестве целостных структурных единиц.

Разнообразие почвенного покрова, характерное для большинства выделенных микрорайонов, обуславливающие разную интенсивность миграции радионуклидов в системе почва–растение, осложняются пестротой радиоактивного загрязнения, что отчетливо прослеживается на примере ОАО «Ветковский Агросервис». На его территории выделено 6 групп загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  и 4 группы –  $^{90}\text{Sr}$ . При этом следует отметить совпадения по степени загрязнения этими радионуклидами большинства контуров и даже целых массивов. Наложение данных радиоактивного загрязнения на карту типов земель сельхозпредприятия показало очень пеструю картину характеристик почв территории, еще более усугубляя ее сельскохозяйственное использование.

В целом проблема использования данных радиоактивного загрязнения при проведении почвенно-экологического микрорайонирования и типизации земель требует в будущем еще своего рационального решения.

## СОДЕРЖАНИЕ

РАСШИРЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ В СОВРЕМЕННОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ .....	5
<b>Liaudanskiene I., Slepetys J., Slepetiene A.</b> Accumulation of carbon and macronutrients in soil cultivated with legumes in organic management .....	5
<b>Анисимова Т.Ю.</b> Сравнительная оценка эффективности применения органических удобрений на основе торфа в зернопропашном севообо- роте .....	9
<b>Артемьева Е.С.</b> Оценка применения жидкого органоминерального удоб- рения в посевах ячменя ярового .....	12
<b>Бамбалов Н.Н., Соколов Г.А.</b> Сравнительная оценка белорусских орга- нических материалов для окультуривания песчаных почв при озелене- нии пустынных территорий ОАЭ .....	15
<b>Бауэр Т.В., Минкина Т.М., Кушнарера А.В.</b> Определение подвижности и фракционного состава соединений цинка в черноземе обыкновенном Ростовской области .....	18
<b>Безуглова О.С., Полиенко Е.А., Горовцов А.В., Лыхман В.А.</b> Опыт при- менения гуминового удобрения Bio-Dop в растениеводстве .....	22
<b>Белоконь А.Л.</b> Особенности развития почв на залежных геосистемах в условиях заповедного режима .....	26
<b>Белоус И.Н., Мелихова С.И., Сычев М.С.</b> Влияние агрохимических средств на минеральный состав зерна озимой ржи .....	28
<b>Белявская Ю.А.</b> Влияние органической системы земледелия на уро- жайность картофеля на высокоокультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве .....	33
<b>Бирюкова О.А., Божков Д.В., Минкина Т.М., Чепко Ж.А., Сидорен- ко В.Д.</b> Моделирование урожайности и качества зерна озимой пше- ницы на черноземе обыкновенном .....	37
<b>Бирюкова О.М., Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Кирдун Т.М., Белявс- кая Ю.А.</b> Экономическая эффективность применения различных видов и доз органических удобрений в звене севооборота на дерново- подзолистой супесчаной почве .....	41
<b>Богатырева Е.Н., Серая Т.М., Бирюкова О.М.</b> Влияние заправки соло- мы на гумусное состояние дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы .....	44

<b>Богдевич И.М., Терещенко Н.Д.</b> Почвенно-агрохимические и экономические факторы эффективности удобрений .....	48
<b>Божков Д.В., Носов В.В., Бирюкова О.А.</b> Продуктивность кукурузы и сои на черноземе обыкновенном при различных технологиях возделывания .....	52
<b>Бурькина С.И., Коваленко Е.В.</b> Минеральные удобрения и формирование приростов пшеницы озимой в Причерноморской степи Украины ...	55
<b>Валейша Е.Ф., Горбылева А.И., Комаров М.М.</b> Влияние систем удобрения и способов обработки на целлюлозоразлагающую активность почвы .....	59
<b>Вильдфлуш И.Р., Мурзова О.В.</b> Влияние макро- и микроудобрений, регуляторов роста на урожайность и качество пленчатого и голозерного овса .....	63
<b>Витковская С.Е.</b> Влияние приемов окультуривания на строение профиля и агрохимические параметры дерново-подзолистой почвы .....	67
<b>Гавриков С.В., Макаро В.М., Рутковская Л.С.</b> Влияние минеральных удобрений на семенную продуктивность люцерны .....	71
<b>Гамаюнова В.В.</b> Ресурсосберегающее применение удобрений с наибольшей их окупаемостью в условиях юга Украины .....	74
<b>Гаполюк А.Н., Сорока А.В., Бачило В.А.</b> Оценка продуктивности однолетних засухоустойчивых кормовых культур на дерново-глебовых песчаных почвах Белорусского Полесья .....	78
<b>Германович Т.М., Гуринович Т.А.</b> Органическое земледелие: перспективы и проблемы .....	82
<b>Гладких Е.Ю., Мирошниченко Н.Н.</b> Особенности распределения азота в почве при внесении безводного аммиака .....	85
<b>Денева С.В., Панюков А.Н., Лаптева Е.М., Новаковский А.Б.</b> Накопление макро- и микроэлементов в железо-марганцевых конкрециях криогенных природных и антропогенно-преобразованных почв .....	88
<b>Доценко А.В., Никоненко В.Н., Винниченко Л.Н.</b> Комплексная почвенно-растительная диагностика — эффективный способ повышения рентабельности агропроизводства .....	92
<b>Забара Ю.М., Гребенникова Л.Ю.</b> Агрохимические и водно-физические свойства дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы стационарного овощного севооборота .....	94
<b>Золотарев В.Н.</b> Эффективность использования симбиотического азота клевера лугового при возделывании тимофеевки луговой на семена ....	98
<b>Зубковская В.В., Десятник К.А., Огородняя А.И.</b> Процессы аккумуляции-миграции питательных элементов почв гумидных регионов Украины ...	102
<b>Иванов А.И., Иванова Ж.А., Конашенков А.А., Цыганова Н.А.</b> Пространственная неоднородность почв и эффективность точных систем удобрения .....	104

<b>Иванова Ж.А., Баева С.С., Фрейдкин И.А.</b> Воспроизводство плодородия деградированной дерново-подзолистой почвы с использованием нового органико-минерального удобрения .....	108
<b>Иовик Л.Н.</b> Влияние органических удобрений на основе отходов биогазовой установки на урожайность ярового ячменя .....	111
<b>Капустина Г.А., Бурыкина С.И., Ищенко С.Н.</b> О диагностике питания подсолнечника .....	115
<b>Кирдун Т.М., Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Бирюкова О.М., Белявская Ю.А., Торчило М.М.</b> Солома в системе удобрения ячменя .....	118
<b>Кирилюк В.П.</b> Современное состояние применения микроудобрений в сельском хозяйстве Республики Молдова .....	122
<b>Корзун О.С.</b> Продукционный процесс пайзы в зависимости от обработки растений бактериальными препаратами .....	125
<b>Кравцова Н.Е., Гында К.И., Богданова Т.А.</b> Влияние новых удобрительных смесей на урожай и качество зерновых культур в условиях юга России .....	127
<b>Крамарев С.М., Исаенков В.И., Артеменко С.Ф., Крамарев А.С., Токмакова Л.Н.</b> Агрохимическая оценка изменения содержания подвижного фосфора в старопашотных черноземах обыкновенных по отношению к целинным и финансовый механизм привлечения дополнительных средств для восстановления утраченного их плодородия .....	130
<b>Куликова А.Х., Яшин Е.А., Яшин А.Е.</b> Повышение эффективности соломы в качестве удобрения сельскохозяйственных культур .....	133
<b>Курилович В.В., Кухарчик В.М.</b> Применение азотных удобрений на семеноводческих посевах гороха овощного .....	137
<b>Кутовая А.Н.</b> Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на агрохимические показатели чернозема оподзоленного .....	140
<b>Лапа В.В., Ивахненко Н.Н., Грачева А.А.</b> Изменение плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы при длительном применении удобрений .....	142
<b>Лапа В.В., Ивахненко Н.Н., Грачева А.А., Шумак С.М.</b> Агрохимическая деградация дерново-подзолистой супесчаной почвы .....	146
<b>Лапа В.В., Мезенцева Е.Г., Кулеш О.Г., Жук И.Г.</b> Эффективность возделывания кукурузы на зеленую массу на высококультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве .....	150
<b>Лапа В.В., Михайловская Н.А., Ивахненко Н.Н., Погирицкая Т.В.</b> Применение биохимических показателей для оценки плодородия дерново-подзолистых почв при длительном применении удобрений .....	153
<b>Ласько Т.В., Подоляк А.Г.</b> Возделывание бобово-злаковых травосмесей для поддержания плодородия торфяных почв .....	157

<b>Литвинович А.В., Павлова О.Ю., Лаврищев А.В., Ковлева А.О., Снежков Н.А.</b> Скорость растворения и удобрительная ценность отсева щепочного производства .....	160
<b>Ломонос О.Л., Богдевич И.М.</b> Динамика агрохимических свойств пахотных почв Республики Беларусь .....	162
<b>Лопушняк В.И., Вега Н.И.</b> Динамика содержания соединений калия в темно-серой оподзоленной почве в период вегетации ячменя ярового в зависимости от фона минерального питания .....	166
<b>Макаро В.М., Гавриков С.В., Рутковская Л.С., Бабич Б.И.</b> Влияние комплексных удобрений на продление продуктивного долголетия пастбищных травостоев .....	170
<b>Мижуй С.М., Пехота А.П., Соломахина М.Л.</b> Влияние препаратов Гумистим, Кинто дуо и Экосил на структуру посевов ярового тритикале ...	173
<b>Мнатсакян А.А.</b> Эффективность применения ростового вещества Вигор Форте и гуминового удобрения Эдагум СМ при выращивании озимой пшеницы .....	176
<b>Новик В.</b> Актуальные результаты по улучшению показателей биологического плодородия почвы после применения фитогуминовой комбинации (PHCS) в рамках программы TANDEM12/21 (2012–2021) .....	179
<b>Осипов А.И.</b> Известьесодержащие отходы промышленности и их эффективное использование .....	182
<b>Пашаев А.Б., Сабзиев Э.Н.</b> Оптимизация внесения удобрений по фазам вегетации растений .....	185
<b>Персикова Т.Ф., Блохина Е.А.</b> Эффективность микроэлементов и регулятора роста при возделывании сорго зернового в условиях северо-востока Беларуси .....	189
<b>Персикова Т.Ф., Радкевич М.Л.</b> Качество и биологическая ценность зерна люпина узколистного в зависимости от применения микроэлементов, регуляторов роста растений и бактериальных удобрений .....	194
<b>Пехота А.П., Мижуй С.М., Куприенко А.С.</b> Влияние препаратов Гумистим и Кинто дуо на структуру посевов ярового ячменя .....	198
<b>Пироговская Г.В., Исаева О.И.</b> Изменение почвенных показателей и запасов элементов питания в процессе длительного сельскохозяйственного использования (1980–2012 гг.) .....	201
<b>Проценко Е.П., Проценко А.А., Никитина Н.В., Неведров Н.П., Караулова Л.Н., Кузнецов А.Е.</b> Проблемы получения компостов на основе свекловичного жома и их агрохимические свойства .....	204
<b>Рак М.В., Титова С.А., Николаева Т.Г.</b> Эффективность применения хелатных микроудобрений МикроСтим при возделывании сахарной свеклы, моркови и капусты белокочанной .....	207
<b>Ревтьё А.В.</b> Определение степени насыщения почвенно-поглолительного комплекса аммонием при внесении безводного аммиака .....	211

<b>Рокитянский А.Б., Маклюк Е.И.</b> Влияние совместного действия ор- гано-минерального микроудобрения Humin Plus с гербицидами разно- го класса опасности на ферментативную активность чернозема опод- золенного .....	214
<b>Самохвалова В.Л., Лопушняк В.И., Фатеев А.И., Горякина В.Н.</b> Прог- нозирование содержания подвижных форм микроэлементов и тяже- лых металлов в почвенной системе для управления качеством почв разной буферности .....	217
<b>Сафронова Г.В., Алещенкова З.М., Босак В.Н., Мельникова Н.В., Ми- нюк О.Н.</b> Особенности микробиологического режима почвы в зави- симости от применения удобрений .....	221
<b>Семененко Н.Н., Каранкевич Е.В.</b> Агробиотехнологические приемы повышения производительной способности и устойчивости к дегра- дации агроторфяных почв Полесья .....	224
<b>Семенов В.М., Зинякова Н.Б., Семенова Н.А., Тулина А.С.</b> Соотноше- ние химически экстрагируемого и биологически активного органичес- кого вещества в серой лесной почве при разных системах удобрения ...	228
<b>Семенов Д.А., Фатеев А.И., Смирнова Е.Б., Шемет А.М.</b> Роль качест- венного состава органического вещества почвы в подвижности мик- роэлементов и их накоплении в растениях .....	231
<b>Семенов Н.А., Косолапов В.М., Муромцев Н.А., Витязев В.Г., Снит- ко А.Н.</b> Урожайность сеяных трав и свойства почвы в процессе рес- таврации разновозрастной залежи .....	235
<b>Скрыльник Е.В.</b> Агрохимические подходы к производству органими- неральных удобрений и эффективность их применения в короткоро- тационных севооборотах .....	239
<b>Сметанко А.В., Пилипенко В.Н., Вельвер М.А.</b> Аммиачная селитра и карбамид при подкормке пшеницы озимой .....	241
<b>Смирнова Л.Г., Чендев Ю.Г, Ткаченко А.В., Смирнов Г.В.</b> Состояние обменной кислотности чернозема типичного в агроландшафтах в ус- ловиях краткосрочной климатической динамики юга лесостепи Среднерусской возвышенности .....	245
<b>Сулейманов Р.Р., Гамалетдинова Г.А.</b> Использование различных ор- ганических отходов сельскохозяйственного производства на черно- земах выщелоченных в южном Предуралье .....	248
<b>Сюрис А.И.</b> Влияние органических удобрений на плодородие эроди- рованных почв и продуктивность сельскохозяйственных культур .....	250
<b>Тарасенко С.А., Тарасенко Н.И.</b> Продукционный процесс основных сельскохозяйственных культур в западном регионе Беларуси .....	254
<b>Устемирова А.М.</b> Плодородие почв при длительном и систематичес- ком применении удобрений на 3-х полном овощном севообороте Юго-востока Казахстана .....	258

<b>Филимончук Я.С.</b> Коэффициенты использования питательных веществ из удобрений сельскохозяйственными культурами .....	261
<b>Филон В.И., Шевченко С.С., Прудникова С.О.</b> Совершенствование диагностики питания растений .....	263
<b>Хомяков Д.М.</b> Минеральные удобрения в системах точного земледелия (окупаемость агрохимических средств и экономическая эффективность) .....	267
<b>Цандур Н.А., Друзьяк В.Г.</b> Расширенное воспроизводство плодородия чернозема южного в Украине .....	270
<b>Цыбулько Н.Н., Жукова И.И., Шапшеева Т.П., Киселева Д.В.</b> Нетто-минерализация азота в почве и поступление <sup>137</sup> Cs в растения .....	274
<b>Чабан В.И.</b> Оптимизация минерального питания пшеницы озимой при выращивании на черноземах Степной зоны Украины .....	277
<b>Шешко П.С., Бруйло А.С.</b> Ресурсосберегающая адаптивная система удобрения яблони, основанная на некорневом внесении Растворина ....	280
<b>Шлапунов В.Н., Привалов Ф.И., Долгова Е.Л.</b> Продуктивность пожнивной культуры на среднекультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве при разных дозах азотного удобрения .....	283
<b>Щетко А.И.</b> Эффективность применения удобрений под клевер луговой .....	287
<b>Юркевич М.Г.</b> Сохранение и рациональное использование пахотных земель Европейского Севера при применении биоудобрений .....	289

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ И ИХ ОХРАНА

<b>Белоус Н.М., Смольский Е.В., Сердюков А.П., Батуро Л.М.</b> Возделывание многолетних трав на сено в условиях радиоактивного загрязнения природных кормовых угодий .....	293
<b>Ворошилов А.А.</b> Разработка нормативов допустимого остаточного содержания нефти в почве (ДОСНП) с помощью методов биодиагностики на примере нефтезагрязненных почв острова Сахалин .....	297
<b>Горбов С.Н., Безуглова О.С., Тагивердиев С.С., Дубинина М.Н., Алексикова А.С.</b> Тяжелые металлы в естественных и антропогенно-преобразованных почвах Ростовской агломерации .....	299
<b>Гуцева Г.З., Леферд Г.А., Гапоненко С.А.</b> Влияние минеральных удобрений и бактериальных препаратов на урожайность и накопление <sup>137</sup> Cs в растениях салата .....	302
<b>Карпиченко А.А., Чертко Н.К.</b> Распределение валовых форм никеля и олова в почвах г. Пинска .....	306
<b>Курбатова А.Н., Замотаев И.В.</b> Загрязнение тяжелыми металлами почв г. Львова (Курская область) .....	309
<b>Леднев А.В., Ложкин А.В.</b> Влияние мелиорантов и удобрений на степень подвижности кадмия в загрязненном агроземе текстурно-дифференцированном .....	312

<b>Манджиева С.С., Минкина Т.М., Чаплыгин В.А., Замулина И.В., Маштыкова Л.Ю., Колина Е.А.</b> Экологическая оценка чернозема обыкновенного, загрязненного цинком и свинцом .....	316
<b>Маштыкова Л.Ю., Манджиева С.С., Минкина Т.М., Колина Е.А., Козлова М.Н.</b> Содержание тяжелых металлов в почвах промышленной зоны предприятий теплоэнергетического комплекса .....	320
<b>Минкина Т.М., Манджиева С.С., Назаренко О.Г., Бирюкова О.А., Кравцова Н.Е., Замулина И.В., Козлова М.Н.</b> Соединения тяжелых металлов в почве и методы их определения .....	323
<b>Неведров Н.П.</b> Содержание тяжелых металлов в аккумулятивном горизонте почв урбоэкотопов г. Курска .....	327
<b>Невидомская Д.Г., Минкина Т.М., Солдатов А.В., Мотузова Г.В., Подковырина Ю.С.</b> Исследование электронной и атомной структуры ионов 3d переходных металлов в почвах и минеральных фазах методами XANES И EXAFS спектроскопии .....	330
<b>Пахненко Е.П., Гунина Е.А.</b> Рекультивация городских территорий с использованием осадков сточных вод длительного срока хранения .....	334
<b>Путятин Ю.В.</b> Динамика плодородия пахотных почв загрязненных радионуклидами после аварии на ЧАЭС .....	337
<b>Саламова А.С., Монжоло В.И., Сушкова С.Н., Тюрина И.Г., Минкина Т.М., Манджиева С.С.</b> Оценка почв территории зоны эмиссии Новочеркасской ГРЭС .....	340
<b>Скрыльник Е.В., Рушенко Л.О., Дрозд Е.Н.</b> Тяжелые металлы в почвах орошаемых виноградников .....	343
<b>Сушкова С.Н., Минкина Т.М., Гимп А.В., Назаренко О.Г., Тюрина И.Г., Саламова А.С., Манджиева С.С.</b> Изменение основных морфобиометрических показателей ячменя ярового в условиях искусственного загрязнения почв бензапиреном .....	346
<b>Торочков Е.Л., Белобров В.П.</b> Использование отходов при рекультивации отвала фосфогипса .....	350
<b>Третьяков Е.С.</b> Влияние катионного состава дерново-подзолистой связнорудной почвы и доз минеральных удобрений на переход радионуклидов в клевер .....	353
<b>Фатеев А.И., Измоденова Т.И., Бородин Я.В.</b> Влияние мезорельефа на накопление тяжелых металлов в почвах в зоне влияния локальных источников техногенного загрязнения .....	357
<b>Филипчук В.Ф., Боаге Л.В.</b> Об осолонцевании чернозема при орошении водами местного стока .....	360
<b>Цыбулько Н.Н., Черныш А.Ф., Качков Ю.П., Бачила С.С.</b> Особенности почвенно-экологического микрорайонирования и типизации земель, загрязненных радионуклидами .....	364

Научное издание

ВОСПРОИЗВОДСТВО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ  
И ИХ ОХРАНА В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Материалы Международной научно-практической конференции  
и V съезда почвоведов и агрохимиков  
(Минск, 22–26 июня, 2015 года)

В двух частях

*Часть 2*

Авторская редакция сохранена

Ответственный за выпуск *Н.Ю. Жабровская*  
Редактор *Т.Н. Самосюк*  
Компьютерная верстка *Е.А. Титовой*

Подписано в печать 01.06.2015. Формат 60x84/16.  
Бумага офсетная. Уч.-изд. л. 17,79.  
Усл. печ. л. 21,86. Тираж 150 экз. Заказ № 215.

Республиканское унитарное предприятие  
«Информационно-вычислительный центр  
Министерства финансов Республики Беларусь».  
Свидетельства о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/161 от 27.01.2014, № 2/41 от 29.01.2014.  
Ул. Кальварийская, 17, 220004, г. Минск.

**Для заметок**