

ISSN 0130-8475

---

Институт почвоведения и агрохимии

---

# **ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

Основан в 1961 г.

**№ 2(51)**

**июль–декабрь 2013 г.**

Минск  
2013

УДК 631.4+631.8(476)  
ББК 40.4+40.3(Бел)

*Учредитель:* Республиканское научное дочернее унитарное предприятие  
«Институт почвоведения и агрохимии»

Свидетельство № 721 от 6 октября 2009 г.  
Министерства информации Республики Беларусь

Главный редактор *В.В. ЛАПА*

Редакционная коллегия: М.В. РАК (зам. главного редактора)  
А.Ф. ЧЕРНЫШ (зам. главного редактора)  
Н.Ю. ЖАБРОВСКАЯ (ответственный секретарь)

Н.Н. БАМБАЛОВ, И.М. БОГДЕВИЧ, И.Р. ВИЛЬДФЛУШ,  
А.И. ГОРБЫЛЕВА, С.А. КАСЬЯНЧИК, Н.В. КЛЕБАНОВИЧ,  
Н.А. МИХАЙЛОВСКАЯ, Г.В. ПИРОГОВСКАЯ,  
Ю.В. ПУТЯТИН, Т.М. СЕРАЯ, Г.С. ЦЫТРОН

## **ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ**

**№ 2(51)**  
**июль–декабрь 2013 г.**

Основан в 1961 г. как сборник научных трудов «Почвоведение и агрохимия»,  
с 2004 г. преобразован в периодическое издание –  
научный журнал «Почвоведение и агрохимия»

Адрес редакции: 220108, г. Минск, ул. Казинца, 62  
Тел. (017) 212-08-21, факс (017) 212-04-02  
E-mail: brissainform@mail.ru

© Республиканское научное дочернее  
унитарное предприятие «Институт почвоведения  
и агрохимии», 2013

# СОДЕРЖАНИЕ

**Лапа В.В., Ивахненко Н.Н.** Продуктивность севооборотов, баланс элементов питания и изменение плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы при длительном применении удобрений ..... 8

## 1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

**Черныш А.Ф., Волович П.И., Устинова А.М.** Полезащитные лесные полосы в рациональном землепользовании на осушенных дефляционных почвах Белорусского Полесья ..... 32

**Шульгина С.В., Цытрон Г.С., Шибут Л.И., Калюк В.А.** Оценка степени устойчивости дерново-подзолистых почв Беларуси к агротехногенным воздействиям ..... 43

**Курьянович М.Ф.** Картографирование неоднородности почвенного покрова осушенных земель Белорусского Полесья на основе материалов дистанционного зондирования ..... 55

**Дробыш С.В., Цытрон Г.С., Матыченкова О.В., Бубнова Т.В.** Спектрофотометрический способ определения содержания гумуса в агродерново-подзолистых почвах ..... 64

**Коляда В.П.** Расчет податливости почв Украинского Полесья к дефляции на основе множественной линейной модели ..... 76

**Кирильчук А.А.** Процессы дифференциации химического состава минерального профиля рендзин Западного региона Украины ..... 88

**Ожован Е.А.** Гумусное состояние и буферные свойства черноземов юго-запада Украины ..... 102

**Домась А.С.** Особенности качественного состава органического вещества аллювиальных почв Брестского Полесья ..... 114

**Михайловская Н.А., Черныш А.Ф., Погирницкая Т.В., Юхновец А.В.** Ферментативная активность эродированных дерново-подзолистых почв на мощных моренных суглинках ..... 123

**Гринченко Т.А., Маклюк О.И., Журавлева И.М.** Биохимическая активность и функционально-структурные особенности микробного ценоза чернозема типичного, загрязненного тяжелыми металлами ..... 134

## 2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

- Лапа В.В., Кулеш О.Г., Лопух М.С.** Вынос и баланс элементов питания в зернотравяном севообороте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве..... 143
- Бирюкова О.М., Серая Т.М., Богатырева Е.Н.** Влияние различных видов и доз органических удобрений на баланс элементов питания растений и изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой супесчаной почвы ..... 150
- Цыбулько Н.Н., Ермоленко А.В.** Эффективность минеральных удобрений в звене зернового севооборота при разных системах обработки дерново-подзолистой супесчаной почвы ..... 161
- Пастух Н.Р., Григора Т.И.** Оценка влияния удобрений и способов обработки чернозема типичного на содержание гумуса в условиях Правобережной Лесостепи Украины..... 172
- Пироговская Г.В.** Влияние минеральных удобрений с добавками микроэлементов и регуляторов роста растений на урожайность и качество сельскохозяйственной продукции ..... 177
- Жагунь А.А.** Влияние комплексного применения макро- и микроудобрений и средств химической защиты растений на структуру урожайности различных сортов озимой пшеницы..... 192
- Мирошниченко Н.Н., Савченко Ю.А., Доценко А.В., Панасенко Е.В.** Эффективность применения сульфата аммония для подкормки озимой пшеницы на черноземах типичных Левобережной Лесостепи Украины ..... 202
- Анисимова Т.Ю.** Баланс NPK в звене зернового севооборота при использовании люпина на удобрение ..... 212
- Рак М.В., Кляусова Ю.В.** Влияние некорневых подкормок микроудобрениями на качество зеленой массы и зерна кукурузы ..... 221
- Путятин Ю.В., Маркевич Д.В., Таврыкина О.М.** Сравнительный анализ состава незаменимых аминокислот в продукции кормовых культур ..... 229
- Лапа В.В., Михайловская Н.А., Ивахненко Н.Н., Погирницкая Т.В.** Влияние действия и последствия остаточных количеств фосфорных и калийных удобрений на продуктивность культур и ферментативную активность дерново-подзолистой супесчаной почвы ..... 236
- Хатулев И.Н., Пироговская Г.В.** Влияние некорневых подкормок удобрениями жидкими комплексными с добавками микроэлементов на урожайность и качество многолетних бобово-злаковых травосмесей на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве..... 245

<b>Плескачев Ю.Н., Скороходов Е.А.</b> Эффективность использования обработки почвы и гербицидов при выращивании моркови на орошаемых землях Волгоградской области.....	261
<b>Мысливец Д.Г.</b> Экономическая эффективность применения некорневых подкормок комплексными удобрениями в технологии возделывания моркови.....	269
<b>Рефераты</b> .....	279
<b>Правила для авторов</b> .....	288

## CONTENTS

**Lapa V.V., Ivakhnenko N.N.** Productivity of crop rotations, nutrients balance and fertility level of luvisol loamy sand soil under long-term fertilization..... 8

### 1. SOIL RESOURCES AND THEIR RATIONAL USE

**Chernysh A.F., Volovich P.I., Ustinova A.M.** Field protected forest stripes in rational land using on drained wind erosion dangerous soils of Belarusian Polesye ..... 32

**Shul'gina S.V., Tsytron G.S., Shibut L.I., Kalyuk V.A.** Estimation of the degree of stability of the sod-podzolic soils of Belarus to the agrogenic impacts..... 43

**Kuryanovich M.F.** Mapping the heterogeneity of soil cover of reclaimed land Belarusian Polesye based on remote sensing data..... 55

**Drobysch S.V., Tsytron G.S., Matychenkova O.V., Bubnova T.V.** Spectrophotometric method for the determination of humus content in agro-sod-podzolic soils ..... 64

**Koljada V.P.** Calculation of soil firmness to deflation on the base of multyvalue linear model for conditions of Ukrainian Polissya..... 76

**Kyrylchuk A.A.** Differentiation processes of chemical composition of mineral rendzinas profile in Western region of Ukraine..... 88

**Ozhovan E.A.** Humus status and buffer properties of chernozem soils in southwest of Ukraine ..... 102

**Domas' A.S.** Characteristics of the quality of the organic matter some alluvial soils of Brest Polesye ..... 114

**Mikhailovskaya N.A., Chernysh A.F., Pogirnitskaya T.V., Ukhnovets A.V.** Enzymatic activities of eroded luvisol loamy sand soils on moraine loam..... 123

**Grinchenco T.O., Maklyuk O.I., Zhuravlyova I.M.** Biochemical activity and functional-structural peculiarities of microbiocenosis of typical chernozem soils contaminated of heavy metals..... 134

### 2. SOIL FERTILITY AND FERTILIZATION

**Lapa V.V., Kulesh O.G., Lopukh M.S.** Removal and balance of nutrients in grain-grass crop rotation on sod-podzolic light loamy soil..... 143

**Biryukova O.M., Seraya T.M., Bogatyrova E.N.** Effect of different kinds and rates of organic fertilizers on the nutrients balance and changes of agrochemical parameters of sod-podzolic loamy sand soil..... 150

<b>Tsybul'ka N.N., Yarmolenka A.V.</b> Efficiency of mineral fertilizers in a link of a grain crop rotation at different systems of tillage of sod-podsolic sandy .....	161
<b>Pastukh N.R., Grigora T.I.</b> Assessment the effect of fertilizers and processing ways of black soil typical on humus under conditions of the Right-bank Forest-Steppe of Ukraine .....	172
<b>Pirahouskaya H.V.</b> Influence of mineral fertilizers with additives of microelements and plant growth regulators on productivity and quality of agricultural crops production .....	177
<b>Zhagun' A.A.</b> Influence of omposite mineral macro- and microfertilizers and pests on yield structure of various winter wheat varieties .....	192
<b>Miroshnychenko M.M., Savchenko Y.A., Dotsenko A.V., Panasenko E.V.</b> Efficiency of application ammonium sulfate for top-dressing winter wheat on the typical chernozems of the Left-bank Forest-Steppe of Ukraine.....	202
<b>Anisimova T.Yu.</b> NPK balance in link of the grain crop rotation with lupin for fertilizer .....	212
<b>Rak M.V., Kliausova Y.V.</b> Influence of outside root top-dressing by microfertilizers on green mass and grain corn quality .....	221
<b>Putyatin Yu.V., Markevich D.V., Tavrykina O.M.</b> Comparative analysis of composition of essential amino acids in production of forage crops .....	229
<b>Lapa V.V., Mikhailouskaya N.A., Ivakhnenko N.N., Poghirnitskaya T.V.</b> Effect of mineral fertilizer and aftereffect of phosphorus and potassium fertilization on crop productivity and enzymatic activity of luvisol loamy sand soil .....	236
<b>Hatulev I.N., Pirahouskaya H.V.</b> Influence of foliar liquid multi-nutrient fertilizing with trace elements on the yield and quality of perennial legume-grass mixtures on sod-podzolic gleysol light loamy soils .....	245
<b>Pleskachev Yu.N., Skorokhodov E.A.</b> Efficiency of use soil tillage and herbicides in carrot cultivation on irrigation lands of Volgograd region.....	261
<b>Myslivets D.G.</b> Economic efficiency from foliar fertilization in carrot cultivation technology .....	269
<b>Summaries</b> .....	279
<b>Rules for autors</b> .....	288

## **ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВООБОРОТОВ, БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ И ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДРОДИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ**

**В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко**

*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

В условиях дерново-подзолистых супесчаных почв Республики Беларусь урожайность сельскохозяйственных культур в значительной степени определяется плодородием почв и применением удобрений.

Сегодня очевидно, что повышение продуктивности сельскохозяйственных культур возможно при обоснованном сочетании всех звеньев агротехнологий и в первую очередь оптимизации минерального питания, рационального использования почвенных ресурсов, поддержания нормального фитосанитарного состояния посевов, использования биологических источников питания растений.

Применение минеральных и органических удобрений, наряду с воздействием на общий уровень урожайности сельскохозяйственных культур, является наиболее существенным фактором, способствующим сохранению и повышению плодородия почв. При нынешнем уровне плодородия почв в республике за счет минеральных и органических удобрений формируется около 45% урожайности сельскохозяйственных культур.

Система удобрения в севообороте основывается на нескольких показателях эффективности: агрономическом, когда требуется получить максимальную продуктивность сельскохозяйственных культур и окупаемость применяемых удобрений при снижении энергетических затрат на их применение; экономическом, в основу которого положен принцип наибольшей рентабельности и чистого дохода от применения удобрений; экологическом, предусматривающем сохранение необходимых экологических нормативов и т.д. Однако любая система удобрения должна быть направлена на сохранение, а при необходимости и повышение плодородия почвы, что не всегда соответствует остальным показателям эффективности и в первую очередь агроэкономическим. Сохранение и воспроизводство плодородия пахотных почв является задачей исключительной важности. Особую значимость это приобретает в современных условиях ведения сельского хозяйства при дефиците удобрений и их высокой стоимости.

При этом оценить правильность систем удобрения можно только в условиях их длительного применения в севооборотах. Существенное значение для обоснования наиболее эффективных уровней применения удобрений и целенаправленного регулирования почвенного плодородия имеют балансовые расчеты. Уровень применения удобрений в севооборотах, обеспечивающий их максимальную продуктивность и благоприятный баланс элементов питания, может

быть важным нормативным материалом при разработке мероприятий по сохранению или повышению плодородия почвы [1–5].

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

## МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 1987–2009 гг. в ГП «Экспериментальная база им. А.В. Суворова» в Узденском районе Минской области в длительном стационарном полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой с глубины 0,3–0,5 м песком почве, хорошо обеспеченной фосфором и калием, изучалась эффективность доз и сроков внесения азотных удобрений на фоне фосфорных и калийных. Опыт развернут в пространстве в двух полях со следующим чередованием культур в севооборотах: 1987–1991 гг. – 1 (первая ротация – зернопропашной) – кормовая свекла Эккендорфская желтая, ячмень Ида, озимая рожь Пуховчанка, овес Буг; 1991–1995 гг. – 2 (вторая ротация – зернопропашной) – картофель Орбита, ячмень Визит, озимая рожь Верасень, яровая пшеница Иволга; 1995–1999 гг. – 3 (третья ротация – зернопропашной) – картофель Орбита, ячмень Сябра, озимая рожь Верасень, овес Дукат; 1999–2004 гг. – 4 (четвертая ротация – зернотравяно-пропашной) – картофель Скарб, ячмень Дзівосны, озимая рожь Ігуменская с подсевом клевера лугового, клевер луговой Слуцкий ранний, озимая тритикале Міхась; 2005–2009 гг. – 5 (пятая ротация – зернотравяной) – горохо-овсяная смесь, ячмень Гонар, озимая рожь Зарніца (диплоидный сорт) с подсевом клевера лугового, клевер луговой Устойлівы, озимая тритикале Вольтаріо.

Перед закладкой опыта почва пахотного слоя имела следующую агрохимическую характеристику:  $pH_{\text{сop.}}$  – 5,6–5,9, гидролитическая кислотность – 2,11–2,29 смоль (+)/кг почвы, сумма обменных оснований – 6,12–6,37 смоль (+)/кг почвы, содержание подвижных форм фосфора – 120–150 и калия – 200–250 мг/кг, нитратного азота – 5,0–7,0 мг/кг, гумуса – 2,4–2,5%.

Осенью 1986, 1987 гг. почву известковали доломитовой мукой в дозах, рассчитанных на доведение  $pH_{\text{сop.}}$  по делянкам до 6,0, а также вносили фоном (75 т/га) торфоновозный компост (влажность – 73,3%,  $pH_{\text{сop.}}$  – 7,3, зольность – 11,6%,  $N_{\text{обц.}}$  – 0,49,  $N-NH_4$  – 0,06,  $P_2O_5$  – 0,18,  $K_2O$  – 0,46%).

Осенью 1991, 1992 гг. под картофель внесен торфоновозный компост – 80 т/га с содержанием  $N$  – 0,42%,  $P_2O_5$  – 0,15 и  $K_2O$  – 0,57%.

Осенью 1994, 1995 гг. под картофель внесен солоmistый навоз КРС из расчета 70 т/га, с содержанием  $N$  – 0,36%,  $P_2O_5$  – 0,18 и  $K_2O$  – 0,33%;

Осенью 1998, 1999 гг. под картофель внесено 60 т/га солоmistого навоза КРС (влажность – 74,1%,  $pH_{\text{сop.}}$  – 7,6, зольность – 38,4%, содержание азота – 0,41%, фосфора – 0,24 и калия – 0,43%).

Осенью 2003, 2004 гг. под горохо-овсяную смесь внесено 40 т/га солоmistого навоза КРС с содержанием  $N$  – 0,48%,  $P_2O_5$  – 0,39 и  $K_2O$  – 0,73%.

Химический анализ органических удобрений выполнен в соответствии с государственными отраслевыми стандартами: определение влаги и сухого остатка – ГОСТ 26713–85, золы – ГОСТ 26714–85, общего азота – ГОСТ 26715–85, общего фосфора – ГОСТ 26717–85, общего калия – ГОСТ 26718–85.

Минеральные удобрения (карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий) вносили под предпосадочную и предпосевную культивацию согласно схеме опыта на фоне действия и последствий органических удобрений (табл. 1).

Общая площадь делянки – 45 м<sup>2</sup> (9 м x 5 м), учетная для зерновых – 32 м<sup>2</sup> (8 м x 4,0 м), для пропашных – 22,4 м<sup>2</sup> (8 м x 2,8 м), повторность вариантов – 4-кратная.

Предпосадочную и предпосевную обработку почвы и уход за растениями осуществляли в соответствии с отраслевыми регламентами [6]. В опыте применяли интегрированную систему защиты растений от сорняков, болезней и вредителей.

Анализ почвенных и растительных образцов проводили в соответствии с общепринятыми методиками: гидролитическую кислотность – по Каппену, сумму обменных оснований – по Каппену-Гильковицу, фосфор и калий в почве – по методу Кирсанова, обменные кальций и магний – методом ЦИНАО на атомно-абсорбционном спектрофотометре (ГОСТ 26570–95, ГОСТ 305–97), гумус – по Тюрину в модификации ЦИНИО; в растительных образцах после мокрого озоления проб в смеси серной кислоты и пергидроля определяли: азот и фосфор – фотоколориметрическим индофенольным и ванадо-молибдатным методами (ГОСТ 26657–85), калий – на пламенном фотометре (ГОСТ 30504–97).

Годы исследований (1987–2009 гг.) различались по метеорологическим условиям. Наиболее благоприятными для роста и развития растений были 1987, 1991, 1993 и 1995 гг., которые характеризовались достаточным количеством осадков и их равномерным распределением, температурой воздуха близкой к средней многолетней. Другие годы (1988–1990, 1992, 1994, 1996 и 1999, 2000, 2002) отличались значительным недостатком влаги в апреле-июне (30–40% от среднемноголетней) и более высокой температурой воздуха в первой половине вегетации растений. Существенные отклонения от нормы наблюдались в 1992 г.: величина гидротермического коэффициента составила всего 0,5 при среднемноголетней 1,6. Условия 1993 г. (май-август), если судить по ГТК–1,7, близки к среднемноголетним. Однако следует отметить некоторый недостаток влаги в мае (выпало 48% нормы осадков при температуре на 3 °С выше среднемноголетней) и ливневые дожди в июле, которые способствовали в сочетании с последующей дождливой и холодной погодой сильному полеганию зерновых при этом существенно отодвинулся срок их созревания. Отсутствие осадков в июле 1994 г., высокая дневная температура в период налива зерна (более 30 °С) также не способствовали благоприятному ходу формирования урожая зерновых культур. Вегетационные периоды 1997 и 1998 гг. по количеству осадков и температуре воздуха были похожи и характеризовались как влажные. Температурные условия в 1995–1998 гг. были менее выражены относительно среднемноголетней величины. 1996 г. отличался недостатком осадков в вегетационный период, т.к. их количество за пять месяцев (апрель, май, июнь, июль, август) составило 273,7 мм, в 1995 г. – 363,9, в 1997 г. – 322,8 мм, в 1998 г. – 494 мм, что на 220 мм больше,

чем в 1996 г., в 1999 г. – 290 мм, в 2000 г. – 240,2 мм, в 2001 г. – 335 мм, в 2002 г. – 238 мм, в 2003 г. – 348 мм, в 2004 г. – 387,4 мм и в 2005 г. – 399,9 мм, в 2006 г. – 455 мм, в 2007 г. – 281,8 мм, в 2008 – 310,1 мм, в 2009 г. – 502,8 мм при средней многолетней величине 302 мм. Сумма активных температур также изменялась по годам исследований, а в соответствии с этими показателями изменялся и условный показатель увлажнения – гидротермический коэффициент (ГТК по Селянинову), который в 1999 г. составил 1,02, в 2000 г. – 1,22, в 2001 г. – 1,43, в 2002 г. – 1,01, в 2003 г. – 1,39, в 2004 г. – 1,77 (1,12–2,8), в 2005 г. – 1,73 (0,73–3,31), в 2006 г. – 1,3–4,8, в 2007 г. – 0,3–2,5, в 2008 г. – 0,8–1,7, в 2009 г. – 0,3–5,5.

Вегетационный период 2004 г. и 2005 г. отличался затяжной и холодной весной и количеством осадков выше средней многолетней величины в июле и августе, что продлило созревание зерновых культур на две недели. Очень сложные погодные условия сложились в вегетационный период в 2006 г. Апрель характеризовался прохладной и сухой погодой. После посева горохо-овсяной смеси и зерновых за 15 дней при прохладной и ветреной погоде не выпало ни одного мм осадков. В период налива зерна в течение 20 дней во второй половине июня и первой половине июля также осадков не было. В августе выпадение осадков было в три раза выше среднего многолетнего уровня. В сумме за 5 месяцев количество осадков превысило среднюю многолетнюю величину на 105 мм.

Температура воздуха всего периода вегетации 2007 г. превышала средне-многолетний уровень на 1,2–4,0 °С. Количество осадков в апреле и июне в 3 и 2 раза соответственно было меньше средней многолетней величины, а сумма осадков за 5 месяцев – на 70 мм ниже. Недостаток влаги и повышенная температура воздуха оказали отрицательное влияние на урожайность клевера лугового и зерновых во всех вариантах опыта при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве.

За апрель-август 2008 г. выпало 310,1 мм осадков, что только на 40 мм меньше среднемноголетней величины (350 мм). Гидротермический коэффициент изменялся в пределах от 0,8 (июнь) до 1,7 (апрель), что позволяет сделать заключение о некотором недостатке влаги, т.к. месяцы с ГТК от 1,0 до 1,3 (май и август) относятся к слабозасушливым, от 1,0 до 0,7 (июнь) – к засушливым, а от 1,3 до 1,6 (июль) – к оптимальным.

За апрель-август 2009 г. выпало 502,8 мм осадков. Однако в апреле только 4,6 мм (среднемноголетнее 46 мм), а в июне 255 мм при среднемноголетнем 78 мм (12 июня – 48,1 мм, а 23 июня – 91,5 мм). Гидротермический коэффициент в течение вегетационного периода изменялся в пределах от 0,3 (апрель) до 5,6 (июнь), что свидетельствует о высоком избытке влаги не только в июне, но и в мае и в июле, т.к. месяцы с ГТК выше 1,6 характеризуются как избыточно влажные.

В Беларуси вегетационные периоды с показателями ГТК 1,0–1,3 характеризуются как слабозасушливые, 1,3–1,6 – как оптимальные, а больше 1,6 – как влажные [7].

Таблица 1

**Схема опыта и распределение удобрений по ротациям севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве (1987 – 008/2009 гг.)**

Вариант	Сумма НРК по ротациям севооборотов, кг/га					Сумма НРК за пять ротаций	В среднем за год, кг/га
	1987/1988 гг. – 1990/1991 гг. 1	1991/1992 гг. – 1994/1995 гг. 2	1995/1997 гг. – 1999/2001 гг. 3	2000/2002 гг. – 2003/2005 гг. 4	2004/006 гг. – 2008/2010 гг. 5		
1	<b>Контроль без удобрений</b>						
2	75 т/га ТНК – фон	80 т/га НКРС – фон	70 т/га НКРС – фон	60 т/га НКРС – фон	40 т/га НКРС – фон	325 т/га орг. уд. – фон	14,8 т/га орг. уд. – фон
3	N420P300	N390P300	N300P280	N300P350	N300P350	N1710P1580	фон+N77,7P71,8
4	N420K450	N390K420	N300K510	N300K630	N300K600	N1710K2610	фон+ N77,7K118,6
5	P300K450	P300K420	P280K510	P350K630	P350K600	P1580K2610	фон + P71,8K118,6
6	N280P300K450	N260P300K420	N180P280K510	N180P350K630	N180P350K600	N1080P1580K2610	фон+N49P71,8K118,6
7	N420P300K450	N390P300K420	N300P280K510	N300P350K630	N300P350K600	N1710P1580K2610	фон+N77,7P71,8K118,6
8	N420P450K675	N390P450K630	N420P280K510	N420P350K630	N420P350K600	N2070P1580K3045	фон+N94P85,5K138,4
9	N300+120P300K450	N260+130P300K420	P160K360	P200K440	P200K400	N810P980K2070	фон+N36,8P44,5K94,1
10	N300+120P300K675	N260+130P300K420	N180P160 K360	N180P200 K440	N180P200K400	N1350P980K2295	фон+N61,4P44,5K104
11	N300+120P450K675	N260+130P450K630	N300P160K360	N300P200K440	N300P200K400	N1710P1130K2505	фон+N77,7P51,4K113,9
12	N390+170P300K450	N360+160P300K420	N420P160K360	N420P200K440	N420P200K400	N2340P1160K2070	фон+N106,4 P52,7K94
13	N390+170P450K675	N360+160P450K630	P80K180	P100K220	P100K200	N1080P1180K1905	фон+N49 P53,6K86,6
14	N300+260P300K450	N260+260P300K420	N180P80K180	N180P100K220	N180P100K200	N1620P880K1470	фон+N73,4P40K66,8
15	N300+260P450K675	N260+260P450K630	N300P80K180	N300P100K220	N300P100K200	N1980P1180K1905	фон+N90P53,6K86,6

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Продуктивность отдельных севооборотов в трех полях, урожайность сельскохозяйственных культур и их качество рассмотрены в работах [8–12].

В зернопропашном севообороте (1987–1991 гг.) максимальная урожайность корнеплодов кормовой свеклы 898 ц/га получена при применении N150P135K225. Однако более достоверная урожайность корнеплодов 867 ц/га формировалась при внесении N150P90K150 на фоне 75 т/га торфонавозного компоста. Применение азотных удобрений N150–200 кг/га д.в. в два-три срока было неэффективным и даже приводило к снижению урожая корнеплодов. Оптимальная доза под ячмень составила N90P70K100. При применении указанной дозы получена урожайность зерна ячменя 39,4 ц/га зерна. Повышение доз азотных удобрений до 120 кг/га д.в., а также внесение их в два-три срока не способствовало увеличению урожайности зерна. Отсутствие эффекта от азотных подкормок объясняется недостатком влаги в период их проведения (фазы кущения и начала выхода в трубку). Дозы P70K100 также можно считать оптимальными для исследуемой почвы, так как последовательное увеличение количества  $P_2O_5$  до 105 и  $K_2O$  до 150 кг/га не приводило к росту урожайности ячменя (табл. 2). Наиболее высокая урожайность озимой ржи Пуховчанка отмечена в двух вариантах: с внесением N60 весной в подкормку в начале вегетации растений и N60 в начале выхода в трубку на фонах P70K100 и P105K150 – соответственно 54,3 и 55,8 ц/га при НСР<sub>05</sub> 1,4 ц/га. Однако в варианте N60 + 60P70K100 окупаемость 1 кг NPK прибавкой урожая на 1,5 кг больше, чем при внесении N60 + 60P105K150, что дает основание считать первый вариант более приемлемым. Оптимальные условия минерального питания овса Буг формировались при внесении N60P70K100 + N30 в подкормку в стадию начала трубкования, урожай составил 46,8 ц/га. Применение такой же дозы азота (N90) в один прием под предпосевную культивацию было менее эффективным, урожай по сравнению с оптимальным вариантом снижался на 4,2 ц/га (табл. 2).

Максимальная продуктивность зернопропашного севооборота (1987–1991 гг.) 89,0 ц к.ед./га получена при среднегодовом внесении N105P112,5K168,8 на фоне среднегодового применения 18,8 т/га торфонавозного компоста. Прибавка от минеральных удобрений составила 34,5 ц к.ед./га при окупаемости 1 кг NPK 8,9 кг кормовых единиц. Однако оптимальная продуктивность 85,7 ц к.ед./га (достоверная, НСР – 4,6 к.ед.) формировалась при применении N105P75K112 на фоне 18,8 т/га органических удобрений, при этом прибавка кормовых единиц составила 31,2 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 10,7 к.ед.

В целом по севообороту не получено достоверной прибавки продуктивности от внесения азотных удобрений в два-три срока, так как по двум культурам, кормовой свекле и ячменю, наиболее высокий урожай обеспечивался при внесении всей дозы азота в один прием под предпосевную культивацию. Увеличение среднегодового уровня применения минеральных удобрений до N140P112K169 не приводило к росту продуктивности севооборота.

Отсутствие в системе удобрения азотных удобрений привело к недобору продуктивности севооборота на 22,0–25,3 ц к.ед./га (табл. 2).

**Влияние доз и сроков внесения минеральных удобрений  
на продуктивность зернопропашного севооборота и  
баланс элементов питания (1987–1991 гг.)**

Вариант	Продуктивность севооборота, ц к.ед./га		Прибавка к фону	Окупаемость 1 кг НРК, кг к.ед.	Баланс, кг/га		
	общая	среднегодовая			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. Без удобрений	195,5	48,9	–	–	–50,8	–26,6	–110,1
2. Торфонавозный компост 18,8 т/га – фон	218,0	54,5	–	–	+ 8,5	+ 4,2	–44,8
3. N105P75	289,4	72,4	17,9	9,9	+ 42,9	+ 67,6	– 97,6
4. N105K112,5	300,8	75,4	20,7	9,5	+ 37,5	–4,3	–4,7
5. P75K112,5	254,9	63,7	9,2	4,9	–5,9	+ 72,3	+ 23,1
6. N70P75K112,5	318,8	79,7	25,2	9,8	+ 12,1	+ 64,2	–0,4
7. N105P75K112,5	342,8	<b>85,7</b>	<b>31,2</b>	<b>10,7</b>	+ 26,0	+ 63,5	–22,7
8. N105P112,5K168,8	355,9	<b>89,0</b>	34,5	8,9	+ 24,1	+ 98,9	+ 7,6
9. N105*P75K112,5	350,9	<b>87,7</b>	<b>33,2</b>	<b>11,4</b>	+ 18,5	+ 62,0	–50,6
10. N105*P75K168,8	345,6	86,4	31,9	9,1	+ 26,5	+ 62,4	+ 20,7
11. N105*P112,5 K168,8	338,8	84,7	30,2	7,8	+ 26,8	+102,5	+ 34,4
12. N140*P75K112,5	351,6	87,9	33,4	10,2	+ 34,2	+ 63,1	–50,4
13. N140* P112,5K168,8	353,9	<b>88,5</b>	34,0	8,1	+ 27,7	+ 97,2	–11,2
14. N140*P75K112,5	328,2	82,0	27,5	8,4	+ 45,6	+ 64,8	–23,5
15. N140*P112,5K168,8	317,0	79,2	24,7	5,9	+ 47,8	+104,0	+ 36,4
HCP <sub>05</sub>		4,6					

Примечание. Внесение азотных удобрений в два-три срока.

По данным баланса элементов питания [13], в среднем за ротацию севооборота (1987–1991 гг.) наиболее эффективное использование азотных и фосфорных удобрений отмечается при среднегодовых дозах, соответственно равных 105 и 75 кг/га (табл. 2): баланс азота в варианте 9 составил 18,5, фосфора – 62,0 кг/га. Баланс калия в этом варианте при среднегодовой дозе 112,5 кг д.в./га был отрицательный, что связано, по нашему мнению, с высоким урожаем ( $\approx$  800 ц/га) и выносом калия кормовой свеклой.

Положительный баланс калия на уровне 20 кг/га обеспечила среднегодовая доза калия 168,8 кг д.в./га, однако роста продуктивности севооборота при этом не наблюдалось. Поэтому для дерново-подзолистых супесчаных почв более целесообразным является среднегодовой уровень применения минеральных удобрений N105P75K112. Оптимальный режим минерального питания в севообороте обеспечивался при интенсивности баланса азота, равной 114%, фосфора – 232%. Интенсивность баланса калия в севооборотах с кормовой свеклой необходимо поддерживать на уровне 108–115%.

Применение 450 кг д.в. фосфорных удобрений за ротацию севооборота (112 кг/га в год) обеспечило повышение запасов подвижных фосфатов (по Кирсанову) в почве на 103–121 мг/кг в зависимости от соотношений с азотными и калийными удобрениями (табл. 9). При ежегодном балансе фосфора в севообороте 97,2–104,0 кг/га затраты  $P_2O_5$  (сверх выноса с урожаем) на повышение его содержания в почве на каждые 10 мг/кг составили 33–40 кг/га (табл. 9).

Повышение содержания калия в почве отмечено только в вариантах с его положительным балансом, который обеспечивался при среднегодовых дозах калия 169 кг д.в./га. Среднегодовое внесение  $K_2O$  112 кг/га в севообороте с кормовой свеклой на супесчаной почве было недостаточным для поддержания запасов калия на достигнутом уровне. В этом отношении фактическое изменение содержания калия в почвах достаточно хорошо согласуется с результатами балансовых расчетов по калию за ротацию севооборота (табл. 9).

Во второй ротации зернопропашного севооборота (1991–1995 гг.) максимальная урожайность клубней картофеля 242 ц/га формировалась при внесении N120P135K180 на фоне 80 т/га навоза крупного рогатого скота. Однако, исходя из ограниченных поставок фосфора и высокой стоимости удобрений в республике, на данном этапе оптимальной можно рекомендовать дозу N60P90K120 на фоне 80 т/га органических удобрений, при которой получена урожайность клубней 224 ц/га.

Наиболее эффективная доза минеральных удобрений для ячменя, обеспечивающая урожайность на уровне 50–53 ц/га, 230–260 кг д.в./га **НРК на фоне** последствия органических удобрений. Оптимальная доза азотных удобрений – 60 кг/га, вносимая в один прием, и N90, вносимая в два срока в вегетационные периоды с благоприятным водным режимом на фоне P70K100.

Оптимальная доза минеральных удобрений под озимую рожь 260 кг/га д.в. **НРК (N60P70K100)** обеспечила урожайность зерна на уровне 55 ц/га. Азотные удобрения необходимо вносить в два срока – N60 весной при возобновлении вегетации растений + N30 в фазу трубкования.

Урожайность зерна яровой пшеницы на уровне 22,4–25,7 ц/га формировалась при внесении N60P70K100 и N90P70K150 (N90 вносили в два приема – N60 под предпосевную культивацию и N30 в фазу кущения).

Максимальная продуктивность зернопропашного севооборота (1991–1995 гг.) на уровне 60–65 ц к.ед./га на дерново-подзолистой супесчаной почве обеспечивалась при среднегодовом внесении N65 в один срок и N97,5 в два срока на фоне P75K105 и 20 т/га органических удобрений.

Внесение 97,5–130 кг/га д.в. азотных удобрений в два срока повысило среднегодовую продуктивность севооборота на 3,8–5,2 ц к.ед./га и способствовало более эффективному использованию минеральных удобрений.

Калийные удобрения увеличили среднегодовую продуктивность на 3,2 ц к.ед./га, фосфорные только – на 0,5 ц к.ед./га.

Увеличение среднегодового уровня применения минеральных удобрений не приводило к росту продуктивности севооборота (табл. 3).

**Влияние доз и сроков внесения минеральных удобрений  
на продуктивность второй ротации зернопропашного севооборота и  
баланс элементов питания (1991–1995 гг.)**

Вариант	Продуктив- ность севообо- рота, ц к.ед./га		При- бавка к фону	Окупа- емость 1 кг НРК, кг к.ед.	Баланс, кг/га		
	общая	средне- годовая			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. Без удобрений	151,0	37,7	–	–	– 50	– 20	– 71
2. Торфонавозный компост 20 т/га – фон	170,4	42,5	4,8		– 15	+ 7	– 26
3. N97,5P75	232,0	58,0	15,5	9,0	+ 16	+ 73	– 9
4. N97,5K105	242,6	60,7	18,2	9,0	+ 11	– 3	+ 82
5. P75K105	192,0	48,0	5,5	3,0	– 22	+ 79	+ 112
6. N65P75K105	240,8	60,2	17,7	7,2	– 4	+ 70	+ 80
7. N97,5P75K105	244,6	<b>61,2</b>	<b>18,7</b>	<b>6,7</b>	+ 7	+ 71	+ 77
8. N97,5P112K158	249,6	<b>62,5</b>	20,0	5,4	+ 3	+ 107	+ 109
9. N97,5*P75K105	261,8	<b>65,4</b>	<b>22,9</b>	<b>8,2</b>	+ 2	+ 69	+ 63
10. N97,5*P75K158	253,9	63,6	21,1	6,4	+ 3	+ 70	+ 119
11. N97,5*P112K158	251,6	62,9	20,4	5,6	+ 3	+ 106	+ 117
12. N130*P75K105	260,0	65,0	22,5	7,2	+ 15	+ 69	+ 59
13. N130* P112K158	265,4	<b>66,3</b>	23,8	6,0	+ 13	+ 106	+ 101
14. N130*P75K105	249,7	62,4	19,9	6,4	+ 15	+ 70	+ 62
15. N130*P112K158K112,543	248,4	62,1	19,6	4,9	+ 18	+ 106	+ 110
НСП <sub>05</sub>		3,0					

Примечание. Внесение азотных удобрений в два-три срока.

Расчет баланса элементов питания [13], выполненный в среднем по севообороту, показал, что применение 20 т/га севооборотной площади органических и минеральных удобрений в дозах N97,5–130 P75–112 K105–158 обеспечило положительные балансы всех элементов питания. Баланс азота изменялся в пределах 7–18 кг/га, фосфора – 69–107кг/га, калия – 59–119 кг/га в вариантах с полным минеральным удобрением. Применение такого уровня удобрений было ориентировано на расширенную систему воспроизводства почвенного плодородия и обеспечило накопление фосфора в почве за ротацию севооборота до 16 мг/га, калия – до 35 мг/кг почвы (табл. 9). Коэффициент использования азота из удобрений при этом составил 49–58%, фосфора – 11–17%, калия – 41–68%. При увеличении доз минеральных удобрений коэффициенты использования элементов питания из удобрений снижались.

В третьей ротации зернопропашного севооборота (1995–1999 гг.) оптимальная урожайность клубней картофеля на уровне 250–280 ц/га формировалась при применении органо-минеральной системы удобрения – 70 т/га навоза КРС + N60P40K120; зерна ячменя (урожайность 41–45 ц/га) – N30P20K40 и N60P40K80 + N30 в фазу начала стеблевания на фоне последействия 70 т/га органических удобрений; зерна озимой ржи (урожайность – 40–45 ц/га) – P40K80 + N90 весной при возобновлении вегетации растений + N30 в фазу начала стеблевания; зерна овса – (урожайность 35–45 ц/га) – N60P40K80 + N30 в фазу начала стеблевания.

Наиболее высокая среднегодовая продуктивность зернопропашного севооборота (1995–1999 гг.) 62,6 ц/га к.ед. формировалась при внесении максимальной дозы азотных удобрений – 105 кг д. в. /га в два срока на фоне P70K127,7 (100% компенсации выноса  $P_2O_5$  и  $K_2O$  с урожаем). Окупаемость 1 кг NPK в данном варианте была 6,9 к.ед., а азотных удобрений – 16 к.ед. Оптимальная продуктивность 61,7 ц к.ед./га получена при внесении 105 кг д.в. азотных удобрений в два срока на фоне P40K90. Дополнительно за счет NPK получено 20,0 ц к.ед/га при окупаемости 1 кг NPK 8,5 кг зерна. Варианты удобрения сельскохозяйственных культур со среднегодовым внесением N45–75P20K45 (50% компенсации выносов  $P_2O_5$  и  $K_2O$ ) обеспечили среднегодовую продуктивность севооборота 55,8–56,7 ц/га к.ед., или на 0,9 и 3,1 ц/га к.ед. меньше, чем при 100 компенсации выносов фосфора и калия, однако, окупаемость 1 кг NPK здесь была самая высокая и составила 10,7–12,8 к.ед. (табл. 4).

Таблица 4

**Продуктивность третьей ротации зернопропашного севооборота и баланс элементов питания (1995–1999 гг.)**

Вариант	Продуктивность, ц/га к.ед.	Прибавка от удобрений, ц/га к.ед.		Оплата к.ед. 1 кг		Баланс, кг/га		
		NPK	N	NPK	N	N	$P_2O_5$	$K_2O$
1. Без удобрений	33,8	–	–	–	–	– 25,3	– 17,5	– 71,6
2. 17,5 т/га НКРС – фон	41,7	7,9	–	1,0	–	12,5	9	44,9
3. N75P70	56,8	15,1	–	10,4	–	39,0	70,7	15,3
4. N75K127,5	54,8	13,1	–	6,5	–	40,0	2	139,4
5. P70K127,5	49,2	7,5	–	3,8	–	3,3	74,7	157,2
6. N45P70K127,5	56,7	15,1	7,6	6,2	21,0	20,6	70,9	139,5
7. N75P70K127,5	59,8	18,1	10,6	6,7	17,7	34,3	68,7	130,9
8. N105P70K127,5	<b>62,6</b>	20,9	13,4	6,9	16,0	49,1	68,1	124,6
9. P40K90	49,5	7,9	–	6,1	–	4,1	46,1	118,9

Вариант	Продуктивность, ц/га к.ед.	Прибавка от удобрений, ц/га к.ед.		Оплата к.ед. 1 кг		Баланс, кг/га		
		НPK	N	НPK	N	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
10.N45P40K90	58,9	17,2	9,3	9,9	26,0	21,1	41,6	103
11.N75P40K90	57,5	15,8	7,9	7,7	13,2	37,1	41,6	98,6
12.N105P40K90	<b>61,7</b>	20,0	12,1	8,5	14,5	52,1	39,2	87,7
13.P20K45	48,6	6,9	–	10,7	–	6,1	26,7	72,6
14.N45P20K45	55,8	14,1	7,2	12,8	20,0	26,1	22,5	55,3
15.N75P20K45	56,7	15,0	8,1	10,7	13,5	40,8	21,5	50,4
НCP <sub>05</sub>	2,6							

Примечание. Внесение азотных удобрений в два срока.

Применение фосфорных и калийных удобрений в расчете на положительные балансы P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O (N45–105P70K127,5) не обеспечило достоверного увеличения урожайности культур севооборота при одновременном снижении окупаемости 1 кг NPK до 6,2–6,9 к.ед. (табл. 4).

На дерново-подзолистой супесчаной почве при среднегодовой продуктивности севооборота на уровне 60–62 ц/га к.ед. наиболее эффективной является система удобрения со 100% компенсацией выносов фосфора и калия – N105P40K90 на фоне 17,5 т/га среднегодового применения органических удобрений. Данная система удобрения обеспечила положительный баланс элементов питания в почве при увеличении содержания фосфора на 7 мг/кг и калия – на 9 мг/кг в год (табл. 9).

При расчете баланса элементов питания в зернопропашном севообороте в приходную статью включено поступление азота, фосфора и калия с органическими (N71,8P42,6K75,2) и минеральными удобрениями, осадками и семенами (N13,9P1,5K10,7) [14]. Учтена фиксация азота свободноживущими микроорганизмами (из расчета 10 кг/га в год). В статью расхода включены: вынос элементов питания сельскохозяйственными культурами, газообразные потери азота, которые в среднем составляют 25% от общего количества, внесенного с минеральными и органическими удобрениями, вынос с инфильтрационными водами (N10K25).

Результаты исследований показали, что среднегодовая продуктивность севооборота формировалась при положительном балансе азота, фосфора и калия. Положительный баланс фосфора и калия прослеживается и при дозах удобрений, соответствующих 50% компенсации выносов P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O с урожаем, что объясняется более низкой продуктивностью сельскохозяйственных культур и достаточно высокой дозой органических удобрений (17,5 т/га). Даже при отсутствии одного из удобрений в парных комбинациях PK, NP и NK баланс элементов питания оказался положительным (табл. 4).

Отрицательный баланс по азоту (–25,3), фосфору (–17,5) и калию (–71,6) отмечен только в варианте без минеральных и органических удобрений. С увеличением доз фосфорных и калийных удобрений баланс азота уменьшается с 6,1 до 3,3 и возрастает при повышении доз азотных удобрений (табл. 4).

Результаты исследований подвижных (по Кирсанову) форм фосфора и калия в почве показали, что их содержание увеличилось во всех вариантах, даже при внесении только органических удобрений. Содержание подвижного фосфора увеличилось в пахотном слое на 6–41 мг/кг, калия – на 34–45 мг/кг почвы. Кислотность пахотного слоя ( $pH_{KCl}$ ) изменялась в пределах ошибки опыта, содержание гумуса сохранялось на первоначальном уровне или изменялось в сторону повышения на 0,09–0,62% (табл. 9, 10).

За три ротации 4-польного зернопропашного севооборота (1987–1999 гг.) при среднегодовом применении N68–125P48–98K88–151 продуктивность формировалась на уровне 65,5–71,5 ц к.ед./га. Максимальная среднегодовая за 12 лет продуктивность трех ротаций 71,5 ц к.ед./га получена при применении N125 P63K102,5 на фоне органических удобрений в среднегодовой дозе 18,8 т/га. При этом прибавка кормовых единиц составила 25,3 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 8,7 к.ед. Содержание подвижных фосфора и калия в пахотном слое при указанной системе удобрения в основном изменялось в пределах ошибки опыта с тенденцией или достоверным накоплением на 28 и 34 мг/кг почвы соответственно. Кислотность пахотного слоя ( $pH_{KCl}$ ) варьировала в пределах ошибки опыта или достоверно снижалась на 0,07–0,47 ед. Содержание гумуса при среднегодовом применении органических удобрений в дозе 18,8 т/га изменялось в сторону повышения на 0,20–0,92% (табл. 9, 10).

В зернотравяно-пропашном севообороте (1999–2004 гг.) на дерново-подзолистой супесчаной почве оптимальная урожайность клубней картофеля на уровне 335–376 ц/га формировалась при применении органо-минеральной системы удобрения – 60 т/га навоза KPC + N90 или N120 на фоне P40K120 (поддерживающие балансы фосфора и калия). Эти варианты обеспечивали достаточно высокие параметры окупаемости удобрений – 37–48 кг клубней на 1 кг NPK и 68–85 кг на 1 кг азота. При увеличении доз удобрений (N120P70K150) получена урожайность клубней 360 ц/га (НСР – 20ц/га) при окупаемости 1 кг NPK 34,7 кг клубней и 1 кг азота – 58 кг клубней.

Наиболее эффективными дозами минеральных удобрений под ячмень на фоне последействия 60 т/га органических удобрений оказались N60+30P40K80. Их внесение обеспечило урожайность зерна ячменя в среднем за два года 51,7 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 7,3 кг зерна. Последействие органических удобрений обеспечило получение дополнительной прибавки урожайности зерна ячменя 7,9 ц/га.

Рекомендуемыми вариантами внесения минеральных удобрений под озимую рожь, обеспечивающими получение 46,0–48,3 ц/га зерна, являются N60P20K40 и N60+30P40K80. Окупаемость 1 кг NPK в оптимальных по урожайности зерна вариантах составила 17,6 и 11,7 кг зерна. Оптимальный срок внесения азотных удобрений: N60 весной в начале вегетации растений и N60 весной в начале вегетации растений + N30 в фазу первого узла стеблевания.

В качестве оптимальных доз под клевер луговой Слуцкий ранний рекомендуется применение P40K80. В сумме за три укоса и в среднем за два года

урожайность зеленой массы в этом варианте составила 581 ц/га при содержании сырого белка 17,2%.

При возделывании озимой тритикале на дерново-подзолистой супесчаной почве внесение возрастающих доз азотных удобрений обеспечило прибавку урожайности зерна 5,8–16,3 ц/га; фосфорных и калийных удобрений – соответственно 6,6–10,1 ц/га. Дробное внесение азота в дозе 120 кг/га (N90 в начале возобновления вегетации + N30 в фазу первого узла стеблевания) на фоне P70K120 способствовало формированию наибольшей в опыте урожайности зерна озимой тритикале 51,5 ц/га.

Для получения продуктивности зернотравяно-пропашного севооборота на уровне 88 ц к.ед./га наиболее эффективной оказалась система удобрения со 100% компенсацией выносов фосфора и калия – N84P40K88 на фоне 12,0 т/га среднегодового применения органических удобрений. При применении указанной системы удобрения окупаемость 1 кг NPK кормовыми единицами составила 11,6, а 1 кг д.в азота – 19,4 к.ед. (табл. 5).

Таблица 5

**Влияние систем удобрения на продуктивность зернотравяно-пропашного севооборота и баланс элементов питания (1999–2004 гг.)**

Среднегодовой уровень применения удобрений	Среднегодовая продуктивность, ц/га к.ед.	Прибавка от удобрений, ц/га		Оплата удобрений, к.ед.		Баланс, кг/га		
		NPK	N	NPK	N	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. Без удобрений	55,1	–	–	–	–	– 41	– 40	– 107
2. 12,0 т/га НКРС – фон	63,2	8,1	–	–	–	– 13	– 21	– 73
3. N60P70	81,0	17,8	–	13,7	–	8	36	– 89
4. N60K126	83,4	20,2	–	10,8	–	6	– 37	8
5. P70 K126	73,3	10,1	–	5,1	–	– 41	42	25
6. N36P70K126	80,4	17,2	7,1	7,4	19,7	– 15	36	7
7. N60P70K126	82,2	19,0	8,9	7,4	14,8	6	36	<b>8</b>
8. N84P70K126	<b>87,6</b>	24,4	14,3	8,7	17,0	17	33	1
9. P40K88	71,5	8,3	–	6,5	–	– 27	14	– 7
10. N36P40K88	78,6	15,4	7,1	9,4	19,7	– 5	11	– 14
11. N60P40K88	82,2	19,0	10,7	1,0	17,8	5	5	– 20
12. N84P40K88	<b>87,8</b>	24,6	16,3	11,6	19,4	20	4	<b>– 23</b>
13. P20K44	69,8	6,6	–	10,2	–	– 22	– 3	– 43
14. N36P20K44	75,6	12,4	5,8	12,4	16,1	– 3	– 8	– 53
15. N60P20K44	79,4	16,2	9,6	13,0	16,0	9	– 12	– 57
НСП урожай.	3,3	–	–	–	–			
НСП продукт.	1,9	–	–	–	–			

При расчете баланса элементов питания за севооборот в приходную статью включено поступление азота, фосфора и калия с органическими (N49,2P46,8K87,6) и минеральными удобрениями, осадками и семенами (N13,9P1,6K10,7), среднегодовая фиксация азота свободноживущими микроорганизмами 10,0 кг/га и среднегодовая фиксация азота клевером 22 кг/га [14]. В статью расхода: вынос элементов питания сельскохозяйственными культурами, газообразные потери азота, которые в среднем составляют 25% от общего количества, внесенного с минеральными и органическими удобрениями, вынос с инфильтрационными водами (N10K25) (табл. 5).

При применении N84P40–70K88–126 на фоне 12 т/га навоза КРС положительный баланс азота составил 17–20 кг/га, фосфора – 4–33 кг/га. В вариантах без применения азотных удобрений и при внесении N36 на фоне P20–70K44–126 баланс азота оказался отрицательный от –3 до –41 кг/га. Интенсивность баланса более 100% характерна для азота при внесении N60–84 на фоне P40,70K126.

Положительный баланс фосфора характерен для системы удобрения с N36–84P40,70K88,126 ( $P_2O_5$  в расчете на поддерживающий и положительный баланс), и с нарастанием доз азотных удобрений баланс уменьшался.

Баланс по калию положительный только при среднегодовом внесении 126 кг/га калийных удобрений.

В вариантах с максимальной продуктивностью севооборота 87,6–87,8 ц к.ед./га при применении N84P40–70K88–126 интенсивность баланса по азоту составила 112–110, фосфору –107–150 и калию – 87–100% (табл. 5).

Результаты исследований подвижного фосфора в пахотном слое за ротацию севооборота показали, что его содержание в основном изменялось в пределах ошибки опыта с тенденцией к накоплению при внесении N36–84 P70K126 или к снижению в вариантах с внесением N36–60 P20K44 (табл. 9).

Содержание подвижного калия в пахотном слое уменьшилось на 21–41 мг/кг в вариантах без калийных удобрений и при внесении их в расчете на дефицитный баланс. Максимальное снижение содержания калия в почве на 41 мг/кг обнаружено при внесении N36P20K44 (табл. 9).

Обменная кислотность пахотного слоя за ротацию пятипольного зернотравяно-пропашного севооборота повысилась на 0,23–0,35 ед. за счет значительного выноса кальция и магния клевером луговым от 6,07–6,27 до 5,79–5,96. Содержание гумуса при внесении органических удобрений в среднегодовой дозе 12 т/га снизилось на 0,17–0,68 (табл. 10).

В зернотравяном севообороте (2003–2009 гг.) оптимальная урожайность зеленой массы горохо-овсяной смеси на уровне 390–400 ц/га формировалась при применении органо-минеральной системы удобрения – 40 т/га навоза КРС + N30–90P40,70K80,120. Эти варианты обеспечили достаточно высокие параметры окупаемости удобрений – 33,0–54,7 кг зеленой массы на 1 кг NPK и 38–166 кг зеленой массы на 1 кг азота.

Наиболее эффективными дозами минеральных удобрений под ячмень на фоне последствия 40 т/га органических удобрений являются N30P40K80 и N60 + 30P40K80. Их внесение обеспечило получение урожайности зерна в среднем за два года 51,5 и 54,1 ц/га. Последствие органических удобрений обеспечило получение дополнительной урожайности зерна ячменя 5,8 ц/га.

Коэффициенты использования элементов питания из удобрений в вариантах с оптимальной урожайностью: азота – 37%, фосфора – 32%, калия – 45%. За счет плодородия почвы формировалось 63,7–66,8%, фосфорных и калийных удобрений – 15,3–8,6, азотных – 9,8–12,2 и последствие органических удобрений – 11,8–12,4% урожайности зерна.

В среднем за два года оптимальная урожайность зерна диплоидного сорта озимой ржи Зарница 63,5 ц/га формировалась при комплексном последовательном и совместном применении средств химизации. Оптимальный срок внесения азотных удобрений – N60 весной в начале возобновления вегетации растений + N30 в стадию 1-го узла на фоне P40K80 (внесение осенью в расчете на поддерживающие балансы) и последствие 40 т/га навоза КРС. При данной системе удобрения окупаемость 1 кг NPK составила 12,4 кг и 1 кг азотных удобрений – 19,2 кг зерна.

В сумме за два укоса и в среднем за два года внесение P40K80 и P70K120 обеспечило урожайность зеленой массы клевера лугового сорт Устойливы на уровне 500–511 ц/га. Внесенные под покровную культуру озимую рожь азотные удобрения в дозах 60, 90 кг/га д.в. снижали урожайность зеленой массы клевера 1 укоса. Максимальная урожайность 511 ц/га формировалась при применении P70K120. Прибавка при сравнении с внесением P40K80 и P20K40 составила 11 ц/га и 61 ц/га соответственно. Сбор сухого вещества при оптимальной урожайности составил 103,5 ц/га, или сена получено 123,2 ц/га, кормовых единиц 107,3 ц/га. Среднегодовое содержание сырого белка в 1 укосе изменялось в зависимости от системы удобрения от 13,3 до 15,0% и во 2 укосе – от 13,6 до 17,0%.

Оптимальная урожайность зерна озимой тритикале Вольтарио 76,5 ц/га формировалась при комплексном последовательном и совместном применении средств химизации. Азотные удобрения 150 кг/га д. в. вносили в три срока (90 кг/га весной при возобновлении вегетации растений + 30 кг/га в фазу 1 узел стеблевания + 30 кг/га в фазу последний лист) на фоне фосфорных и калийных в расчете на поддерживающие балансы P40K80 и последствие 40 т/га органических удобрений. При данной системе удобрения прибавка зерна от NPK составила 33,7 ц/га, в том числе от азотных удобрений 27,0 ц/га, при оплате 1 кг NPK 12,5 кг и 1 кг азота – 18,0 кг зерна. **Последствие органических удобрений (40 т/га) не оказало достоверного влияния на урожайность зерна озимой тритикале.**

Максимальная продуктивность зернотравяного севооборота (2003–2009 гг. – пятая ротация) 90,7 ц/га к.ед. формировалась при применении органо-минеральной системы удобрения (среднегодовое внесение 8 т/га навоза крупного рогатого скота + N84P70K120). Азотные удобрения вносили в два и три срока. За счет NPK дополнительно получено 25,5 ц/га к.ед. при окупаемости 1 кг удобрений 9,3 кг к.ед. Однако оптимальная (достоверная) продуктивность 89,4 ц/га к.ед. формировалась также при применении органо-минеральной системы удобрения, но при внесении минеральных удобрений в дозе N84P40K80 на фоне органических. При применении данной системы удобрения получена прибавка от NPK 24,2 ц/га к.ед., в том числе за счет действия азотных удобрений – 11,8 ц/га к.ед., при оплате 1 кг NPK 11,9 кг, а 1 кг азотных удобрений – 14,0 кг к.ед. (табл. 6).

При применении азотных (N36, 60) удобрений на фоне фосфорных и калийных в расчете на дефицитные балансы (P20K40) недобор продукции по сравнению с оптимальной по продуктивности системой удобрения составил 8,2 и 6,5 ц/га к.ед.

Таблица 6

Продуктивность зернотравяного севооборота и баланс элементов питания (2003–2009 гг.)

Вариант	Продуктивность, ц/га к.ед.	Прибавка от удобрений, ц/га к.ед.		Оплата к.ед. 1 кг		Баланс, кг/га		
		NPК	N	NPК	N	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. Без удобрений	57,7	–	–	–	–	– 20,7	– 38,4	– 98,3
2. 8 т/га НКРС – фон	65,2	7,5	–	0,9	–	5,9	– 14,2	– 66,9
3. N <sub>60</sub> P <sub>70</sub>	82,3	17,1	–	13,2	–	27,1	42,8	– 80,9
4. N <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	80,3	15,1	–	8,4	–	30,7	– 23,2	2,1
5. P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	77,7	12,5	–	6,6	–	– 4,2	45,8	– 3,9
6. N <sub>36</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	87,5	22,3	9,8	11,7	27,2	8,4	35,8	– 16,9
7. N <sub>60</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	86,3	21,1	8,6	8,4	14,3	30,3	40,8	– 17,9
8. N <sub>84</sub> *P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	<b>90,7</b>	25,5	13,0	9,3	15,5	27,6	34,8	– 24,9
9. P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	77,6	12,4	–	10,3	–	– 5,0	14,8	– 36,9
10. N <sub>36</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	86,8	21,6	9,2	13,8	25,6	12,1	9,8	– 50,9
11. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	87,3	22,1	9,7	12,3	16,2	24,1	7,8	– 49,9
12. N <sub>84</sub> *P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	<b>89,4</b>	24,2	11,8	11,9	14,0	34,3	7,8	– 53,9
13. P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	72,3	7,1	–	11,8	–	– 3,8	– 1,2	– 57,9
14. N <sub>36</sub> P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	81,2	16,0	8,9	16,7	24,7	13,9	– 5,2	– 61,9
15. N <sub>60</sub> P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	82,9	17,7	10,6	14,8	17,7	27,8	– 4,2	– 54,9
НСР <sub>05</sub>	1,7							

Примечание. Внесение азотных удобрений в два срока.

При расчете баланса элементов питания [15] в приходную статью включено поступление азота, фосфора и калия с органическими (N38,4P31,2K58,4) и минеральными удобрениями, осадками и семенами (N13,9P1,6K10,7), среднегодовая фиксация азота свободноживущими микроорганизмами 15,0 кг/га и среднегодовая фиксация азота 1 ц зеленой массы клевера лугового 0,35 кг азота и горохо-овсяной смеси – 0,20 кг. В статью расхода: вынос элементов питания сельскохозяйственными культурами, газообразные потери азота, которые

в среднем составляют 25% от общего количества, внесенного с минеральными и органическими удобрениями, вынос с инфильтрационными водами (N10K25) (табл. 6).

Баланс азота в зернотравяном севообороте с горохо-овсяной смесью и клевером луговым отрицательный в варианте без минеральных и органических удобрений, а также при внесении P20–70K40–120 (без азотных удобрений), в остальных вариантах он положительный – от 5,9 (фон) до 34,3 кг/га при его интенсивности 105–120%.

Баланс фосфора отрицательный при внесении фосфорных удобрений в расчете на дефицит от –1,2 до – 5,2 кг/га, в фоновом варианте (–14,2 кг/га) и без удобрений (–38,4 кг/га), при внесении N60K120 (–23,2 кг/га). Положительный баланс фосфора изменялся в пределах от 7,8 до 45,8 кг/га при интенсивности баланса 112–180%.

Баланс калия положительный (2,1 кг/га) только при внесении N60K120 на фоне 8 т/га органических удобрений и отрицательный во всех остальных вариантах опыта от –3,9 кг/га (при внесении P70K120) до –98,3 кг/га (без удобрений). Отрицательный баланс калия в зернотравяном севообороте объясняется очень высоким выносом калия горохо-овсяной смесью и клевером луговым. Баланс по калию отрицательный при возделывании горохо-овсяной смеси в пределах 88–167 кг/га, а по клеверу – 225 – 350 кг/га (табл. 6).

Содержание подвижных фосфора и калия в пахотном слое за ротацию в основном изменялось в пределах ошибки опыта с тенденцией или достоверным снижением на 5–32 мг/кг и на 20–57 мг/кг почвы соответственно. Кислотность пахотного слоя повысилась на 0,01–0,18 ед., содержание гумуса изменялось в пределах ошибки опыта (табл. 9, 10).

Максимальная среднегодовая продуктивность сельскохозяйственных культур 78,4 ц к.ед./га за пять ротаций получена при применении N94P86K138 и N106P53K94, при этом 25,1 ц к.ед./га формировалось за счет NPK, окупаемость 1 кг NPK составила 7,9 к.ед. и 9,9 к.ед. соответственно (табл. 7). Органические удобрения повысили 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 ротации (1987–1991 гг.) 9,2 ц к.ед./га, в четвертой – 10,1 ц к.ед./га и пятой – 12,5 ц к.ед./га. Внесение NP и NK обеспечивало 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 PK.

В среднем за пять ротаций внесение азотных удобрений увеличило продуктивность на 10,4–16,0 ц к.ед./га: N49 – на 10,4 ц к.ед./га, N78 – на 12,6 ц к.ед./га. Фосфорные удобрения увеличили продуктивность культур на 4,0 ц к.ед./га, а калийные – на 4,9 ц к.ед./га. Более высокая среднегодовая продуктивность сельскохозяйственных культур в пятой ротации была обусловлена высокой урожайностью клевера лугового и отзывчивостью новых сортов зерновых культур на внесенные минеральные удобрения. Среднегодовая продуктивность культур во второй и третьей ротациях практически во всех вариантах была на одном уровне. Продуктивность в варианте без внесения удобрений в третьей ротации зернопашного севооборота снизилась по отношению к первой на 15,1 ц к.ед./га (табл. 7).

Таблица 7

**Продуктивность зернопропашных (1, 2 и 3), зернотравяно-пропашного (4) и зернотравяного (5) севооборотов при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве (1987–2009 гг.)**

Среднегодовой уровень применения удобрений, кг/га д.в.	Среднегодовая продуктивность севооборотов, ц к.ед./га						Прибавка от удобрений, ц к.ед./га		Окупаемость 1 кг д.в. удобрений, к.ед.	
	1	2	3	4	5	средняя	НРК	N	НРК	N
1. Без удобрений	48,9	37,7	33,8	55,1	57,7	46,7		–	–	–
2. Навоз КРС – 14,8 т/га – фон	54,5	42,5	41,7	63,2	65,2	53,3	6,6	–	0,7	–
3. N78P72	72,4	58,0	56,8	81	82,3	70,1	16,8	–	11,2	–
4. N78K119	75,4	60,7	54,8	83,4	80,3	71,0	17,7	–	9,0	–
5. P72K119	63,7	48,0	49,2	73,3	77,7	62,4	9,1	–	4,8	–
6. N49P72K119	79,7	60,2	56,7	80,4	87,5	72,9	19,5	10,4	8,1	21,2
7. N78P72K119	85,7	<b>61,2</b>	59,8	82,2	86,3	75,0	21,7	12,6	8,1	16,2
8. N94*P86K138	89,0	<b>62,5</b>	62,6	87,6	90,7	<b>78,4</b>	25,1	16,0	7,9	17,0
9. N37P53K94	87,7	<b>65,4</b>	49,5	71,5	77,6	70,3	16,9	–	9,2	–
10. N61P53K104	86,4	63,6	58,9	78,6	86,8	74,9	21,6	–	9,9	–
11. N78P66K114	84,7	62,9	57,5	82,2	87,3	74,9	21,6	–	8,4	–
12. N106*P53K94	87,9	65,0	61,7	87,8	89,4	<b>78,4</b>	25,0	–	9,9	–
13. N 49P54K87	88,5	<b>66,3</b>	48,6	69,8	72,3	69,0	15,7	–	8,3	–
14. N74P40K67	82	62,4	55,8	75,6	81,2	71,3	18,0	–	10,0	
15. N90P54K87	79,2	62,1	56,7	79,4	82,9	72,0	18,7	–	8,1	
НСР <sub>05</sub>	3,1	1,9	2,0	3,3	1,7	2,6				

Примечание. Дробное внесение азотных удобрений в два или три срока.

Баланс азота при возделывании пяти севооборотов (три зернопропашных (1, 2 и 3), зернотравяно-пропашной (4) и зернотравяной (5)) при среднегодовой продуктивности культур 46,7–78,4 ц/га к.ед. и среднегодовом внесении 14, 8 т/га севооборотной площади органических удобрений положительный от 6,7 до 43,6 кг/га во всех вариантах [15]. При этом его интенсивность изменялась в пределах 104–129%. Отрицательный баланс (–20,0 кг/га) азота только в варианте без удобрений.

Баланс фосфора положительный от 35,8 кг/га до 78 кг/га во всех вариантах со среднегодовым внесением фосфорных удобрений в дозах 40–86 кг д.в./га. Отрицательный баланс отмечен в вариантах без применения фосфорных удобрений и изменялся он от –3 (при внесении N78K119) до –25,3 кг/га в варианте без удобрений. Интенсивность баланса варьировалась от 103 до 301%.

Баланс калия отрицательный в вариантах 1–3, 9, 12–15 от –7,1 при среднегодовом применении K94 до –98 кг/га в варианте без удобрений. Положительный баланс калия характерен для вариантов со среднегодовым внесением

калийных удобрений в дозах 104–138 кг д.в./га. Интенсивность баланса изменялась от 10 до 137%.

В среднем за пять севооборотов разностным методом посчитаны коэффициенты использования элементов питания из удобрений. Так, в оптимальных по продуктивности вариантах при внесении **N94P86K138** и **N106 P53K94** коэффициент использования азота из удобрений составил 55% и 57%, фосфора – 17 и 26%, калия – 59 и 86%, что согласуется и с приведенными балансовыми расчетами (табл. 8).

Таблица 8

**Среднегодовой баланс элементов питания за пять севооборотов на дерново-подзолистой супесчаной почве**

Вариант	Азот		Фосфор		Калий		Коэффициенты использования элементов питания из удобрений, %		
	баланс, ± кг/га	ИБ*, %	баланс, ± кг/га	ИБ, %	баланс, ± кг/га	ИБ, %	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	- 20,0	69	- 25,3	6	- 98	10	-	-	-
2	22,3	124	1	103	- 32,2	75	-	-	-
3	43,6	129	68,3	263	- 71,7	57	49	15	-
4	39,4	126	- 3	93	30	116	54	-	48
5	13,1	113	73,6	301	57,3	137	-	7	25
6	24,1	117	66,3	251	32,1	118	77	17	46
7	34,2	122	65,9	249	23,3	112	62	18	53
8	40,6	124	78,2	271	24,3	112	55	17	59
9	7,0	105	40,1	194	- 7,1	96	123	26	73
10	25,3	117	39,3	190	3,8	102	74	27	65
11	33,6	121	45,6	203	16,1	108	62	25	58
12	42,1	124	46,1	202	- 19,1	91	57	26	86
13	6,7	104	48,9	213	- 22,5	89	109	22	89
14	27,0	117	35,8	184	- 27,3	86	69	28	71
15	38,9	123	49,3	215	- 9,7	95	57	21	74

Примечание. ИБ – интенсивность баланса.

Содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) за 22 года возделывания сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистой супесчаной почве в пахотном слое повысилось на 45–130 мг/кг почвы во всех вариантах с применением фосфорных удобрений в дозах 40–86 кг/га д.в. За указанный период его содержание в пахотном слое дерново-подзолистой супесчаной почвы в вариантах, где не применяли фосфорные удобрения, снизилось на 12–27 мг/кг (0,55–1,23 мг/кг почвы в год). Максимальное снижение фосфора в почве отмечено в варианте без удобрений. Практически повышение запасов подвижного фосфора в пахотном слое на 12–146 мг/кг почвы происходило на протяжении возделывания сельскохозяйственных культур в трех 4-польных зернопропашных севооборотах (табл. 9).

Таблица 9

Влияние систем удобрения на изменение содержания фосфора и калия в пахотном слое дерново-подзолистой супесчаной почвы за пять севооборотов

Вариант	1986–1987 г.		1990–1991 г.		1994–1995 г.		1998–1999 г.		2003–2004 г.		2008–2009 г.	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. Без удобрений	155	216	159	132	166	117	172	112	153	111	128	69
2. Навоз КРС – 14,8 т/га – фон	163	212	170	136	174	132	190	148	170	126	151	95
3. N78P72	146	186	228	106	208	126	<b>246</b>	150	230	105	225	72
4. N78K119	169	208	168	163	162	180	181	<b>220</b>	165	262	149	231
5. P72K119	124	212	240	218	223	220	<b>268</b>	<b>258</b>	254	287	254	241
6. N49P72K119	134	212	232	174	228	180	262	225	269	264	264	223
7. N78P72K119	137	190	238	172	234	186	<b>281</b>	216	282	257	260	214
8. N94*P86K138	144	172	262	209	272	213	290	227	283	254	266	218
9. N37P53K94	144	230	248	166	241	190	274	230	270	265	241	217
10. N61P53K104	152	210	238	207	254	242	266	246	251	250	240	203
11. N78P66K114	160	190	281	211	282	222	290	228	266	219	234	162
12. N106*P53K94	159	239	240	156	237	179	265	213	239	210	222	166
13. N49P54K87	151	182	254	182	255	210	279	228	241	216	223	171
14. N74P40K67	140	219	234	153	236	174	257	192	222	167	207	147
15. N90P54K87	148	176	252	182	256	196	267	202	217	156	193	116
НСР	41	30	43	35	45	37	38	33	35	22	37	24,4

Таблица 10

**Влияние удобрений на изменение содержания гумуса и кислотности пахотного слоя  
дерново-подзолистой супесчаной почвы за пять севооборотов**

Вариант	1986–1987		1990–1991		1994–1995		1998–1999		2003–2004		2008–2009	
	pH <sub>KCl</sub>	гумус, %										
1. Без удобрений	6,04	2,35	5,84	2,61	6,16	2,62	6,18	3,04	5,88	2,62	5,85	2,71
2. Навоз КРС – 14,8 т/га – фон	6,09	2,59	5,82	2,74	6,20	2,98	6,27	3,19	5,96	2,78	5,95	2,84
3. N78P72	5,98	2,51	5,74	2,72	6,12	3,06	6,18	3,36	5,85	2,84	5,78	2,90
4. N78K119	5,92	2,65	5,95	2,88	6,10	3,08	6,19	3,25	5,88	3,03	5,87	2,98
5. P72K119	5,89	2,99	5,70	3,13	6,28	3,00	6,24	3,19	5,91	2,85	5,85	2,91
6. N49P72K119	5,95	2,48	5,64	2,79	6,23	2,99	6,21	3,19	5,86	2,94	5,76	2,97
7. N78P72K119	5,90	2,54	5,69	2,80	6,17	3,11	6,15	3,20	5,84	2,82	5,72	2,94
8. N94*P86K138	5,98	2,64	5,73	2,96	6,14	2,96	6,13	3,20	5,79	2,90	5,61	2,91
9. N37P53K94	6,03	2,36	5,79	2,82	6,14	3,09	6,19	3,08	5,88	2,91	5,81	2,91
10. N61P53K104	5,64	2,62	5,73	3,05	6,02	3,13	6,11	3,44	5,84	2,91	5,79	2,96
11. N78P66K114	5,74	2,63	5,72	3,04	6,02	3,13	6,14	3,41	5,81	2,92	5,71	2,95
12. N106*P53K94	6,00	2,66	5,80	2,96	6,07	3,17	6,07	3,29	5,80	2,99	5,73	3,02
13. N 49P54K87	5,97	2,49	5,69	2,85	6,11	3,05	6,26	3,33	5,91	2,95	5,93	2,94
14. N74P40K67	5,79	2,60	5,73	2,95	6,02	3,01	6,12	3,50	5,84	3,01	5,84	3,12
15. N90P54K87	5,89	2,58	5,77	2,86	6,02	2,88	6,11	3,50	5,88	2,82	5,79	2,97
НСР	0,13	0,38	0,12	0,36	0,13	0,34	0,12	0,40	0,10	0,31	0,11	2,71

Содержание калия в пахотном слое дерново-подзолистой супесчаной почвы увеличилось или наблюдалась тенденция к его увеличению на 11–46 мг/кг почвы в вариантах со среднегодовым применением калийных удобрений в дозах 119–138 кг/га д.в. Максимальное снижение содержания подвижного калия в пахотном слое на 147 мг/кг почвы (6,7 мг/кг почвы в год) отмечено в варианте без удобрений. При применении органической системы удобрения (среднегодовое применение 14,8 т/га) содержание калия снизилось на 117 мг/кг почвы (5,3 мг/кг в год). Таким образом, внесение калийных удобрений в дозах 67–114 кг/га д.в. при продуктивности севооборотов на уровне 69–78 ц/га к.ед. не обеспечивает сохранение подвижного калия в пахотном слое дерново-подзолистой супесчаной почвы (табл. 9).

Кислотность пахотного слоя сохранялась практически на одном уровне при возделывании трех ротаций зернопропашного севооборота (1, 2, 3) с изменениями в пределах ошибки опыта. Кислотность пахотного слоя при введении в зернотравяно-пропашной севооборот клевера лугового, который потребляет большое количество кальция и магния, повысилась на 0,23–0,35 ед. по сравнению с 1998/1999 гг. При возделывании зернотравяного севооборота с клевером луговым и пелюшко-овсяной смесью кислотность пахотного слоя (за две ротации 1998–2009 гг.) увеличилась на 0,28–0,52 ед. (вар. 8) по сравнению с 1998, 1999 гг. (табл. 10).

Содержание гумуса в пахотном слое при среднегодовом применении 14,8 т/га органических удобрений за 22 года исследований повысилось на 0,26–0,56%, т.е. практически изменялось или в пределах ошибки опыта, или сохранялось на первоначальном уровне, или несколько увеличилось (табл. 10).

## ВЫВОДЫ

1. При возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве пяти (трех зернопропашных, зернотравяно-пропашного и зернотравяного) севооборотов (1987–2009 гг.) в варианте без удобрений при среднегодовой продуктивности 46,7 ц к.ед./га 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 пахотного слоя увеличилась на 0,32 ед., содержание органического вещества сохранилось на первоначальном уровне.

2. Среднегодовое применение 14,8 т/га органических удобрений обеспечило продуктивность сельскохозяйственных культур 53,3 ц к.ед./га при сохранении содержания органического вещества и обменной кислотности на первоначальном уровне, а содержание подвижных фосфора и калия при этом снизилось на 12 мг/кг и 117 мг/кг почвы соответственно.

3. При оптимальной в опыте продуктивности 78,4 ц к.ед./га при среднегодовом внесении **N94P86K138** и **N106P53K94** на фоне **14,8 т/га органических удобрений** кислотность пахотного слоя и содержание подвижного фосфора повысились на 0,37 и 0,27 ед. и на 122 и 73 мг/кг почвы соответственно при сохранении содержания органического вещества. Содержание подвижного калия при среднегодовом внесении **N94P86K138** повысилось на 46 мг/кг, при внесении **N106P53K94** снизилось на 72 мг/кг.

4. На дерново-подзолистой супесчаной почве с оптимальным содержанием подвижных фосфора и калия при возделывании новых интенсивных сортов сельскохозяйственных культур и при среднегодовой продуктивности двух севооборотов (4 и 5) 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 почвы, подвижного калия – на 13–80 мг/кг почвы.

5. Проведение длительного стационарного полевого опыта позволило получить надежные и объективные данные по оценке влияния применения удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур на протяжении нескольких ротаций севооборотов и изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы, которые дают возможность прогнозировать изменение агрохимических свойств почв на перспективу, определить оптимальные размеры интенсивности баланса основных элементов питания. При этом определяется и роль погодных условий в формировании продуктивности сельскохозяйственных культур. Все эти вопросы невозможно решить в обычных краткосрочных полевых опытах. Поэтому считаем, что длительные полевые опыты представляют очень большую ценность для агрохимической науки и их необходимо иметь по возможности хотя бы по 1–2 для основных почвенных разновидностей и для почвенно-климатических зон.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Брагин, А.М. Влияние длительного применения различных систем удобрения в севообороте на изменение агрохимических свойств и окультуренность почвы // Эффективность удобрений, урожайность сельскохозяйственных культур и плодородие почв. – Горки: БСХА, 1989. – С. 9–23.
2. Кулаковская, Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений / Т.Н. Кулаковская. – М.: Агропромиздат, 1990. – 219 с.
3. Воспроизводство плодородия почвы при длительном применении удобрений и севооборота / А.М. Лыков [и др.] // Повышение плодородия почв и получение запланированных урожаев сельскохозяйственных культур. – М., 1985. – С. 16–22.
4. Минеев, В.Г. Плодородие и биологическая активность дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений и их последствии / В.Г. Минеев, Н.Ф. Гомонова, М.Ф. Овчинникова / Агрохимия. – 2004. – № 7. – С. 5–10.
5. Минеев, В.Г. Агрохимия, биология и экология почвы / В.Г. Минеев, Е.Х. Ремпе. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 206 с.
6. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов / Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ.: В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Бел. наука, 2005. – 460 с.
7. Агроклиматические ресурсы Белорусской ССР. – Минск, 1985. – 235 с.

8. Лапа, В.В. Продуктивность сельскохозяйственных культур и баланс элементов питания в севообороте на дерново-подзолистой супесчаной почве в зависимости от доз и соотношений минеральных удобрений / В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко // Агрохимия. – 1995. – № 6. – С. 53–62.

9. Продуктивность зернового севооборота и плодородие дерново-подзолистой почвы при различных системах применения удобрений / В.В. Лапа [и др.] // Агрохимия. – 2003. – № 1. – С. 20–29.

10. Лапа, В.В. Продуктивность зернотравяно-пропашного севооборота и плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы при применении различных систем удобрения / В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко, А.А. Бавтрук // Агрохимия. – 2009. – № 6. – С. 22–31.

11. Продуктивность зернотравяного севооборота и плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы при применении различных систем удобрения / В.В. Лапа [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 1(46). – С. 89–104.

12. Лапа, В.В. Продуктивность севооборотов и изменение плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы при длительном применении удобрений / В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко // Агрохимия. – 2012. – № 9. – С. 41–48.

13. Методические указания по расчету баланса азота, фосфора, калия, кальция и магния в земледелии БССР / В.В. Лапа [и др.]. – Минск, 1990. – 20 с.

14. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В.В. Лапа [и др.]; Белорусский научный центр информации и маркетинга АПК. – Минск, 2001. – 20 с.

15. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В.В. Лапа [и др.]. – Минск, 2007. – 26 с.

## PRODUCTIVITY OF CROP ROTATIONS, NUTRIENTS BALANCE AND FERTILITY LEVEL OF LUVISOL LOAMY SAND SOIL UNDER LONG-TERM FERTILIZATION

V.V. Lapa, N.N. Ivakhnenko

### Summary

In the long-term field experiment (5 crop rotations) on Luvisol loamy sand soil the effect of mineral fertilizer doses and ratios on crop productivity and dynamics of agrochemical properties of arable horizon was studied. It was established that maximal annual productivity of crop rotation – 78,4 c f.u./ha – was obtained as a result of annual application of N94P86K138 and N106P53K94 at background of FYM (14,8 t/ha). At these treatments the increase of acidity level and mobile phosphate content by 0,37 and 0,27 units was observed as well as by 122 and 73 mg/kg respectively under the conservation of soil organic matter. As a result of annual application of N94P86K138 the mobile potassium content was increased by 46 mg/kg, and under application of N106P53 K94 mobile potassium content was reduced by 72 mg/kg.

*Поступила 26.11.13*

## 1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 630\*266:631.445

### ПОЛЕЗАЩИТНЫЕ ЛЕСНЫЕ ПОЛОСЫ В РАЦИОНАЛЬНОМ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИИ НА ОСУШЕННЫХ ДЕФЛЯЦИОННООПАСНЫХ ПОЧВАХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

А.Ф. Черныш<sup>1</sup>, П.И. Волович<sup>2</sup>, А.М. Устинова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Институт леса НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

#### ВВЕДЕНИЕ

К настоящему времени в Белорусском Полесье мелиорировано свыше 2,0 млн га болот и заболоченных территорий [1], большая часть которых используется в качестве сельскохозяйственных земель и защищена лесомелиоративными насаждениями. Рациональное землепользование в таких агролесоландшафтах предусматривает ряд агротехнических, лесомелиоративных и других мероприятий, направленных на охрану окружающей среды и оптимизацию экологического состояния нарушенных экосистем. Защита почв как основного средства производства в земледелии от опасных явлений природы приобретает все большее значение в связи с разрушением плодородного слоя, потерями органического вещества и снижением качества сельскохозяйственных земель, созданных на осушенных территориях. Потери почвенного мелкозема в результате ветровой эрозии могут достигать 15 и более т/га в год [2]. Вместе с выдуваемым материалом с полей уносится органическое вещество, элементы питания растений, ухудшаются условия жизни населения.

Включение в сельскохозяйственный оборот большого количества осушенных земель, представленных торфяными (50% и более) и их интенсивное сельскохозяйственное использование ведет к сработке торфа и образованию на его месте торфяно-минеральных и минеральных почв, отличающихся более низким плодородием. Опасность проявления дефляционных процессов возрастает на торфяно-минеральных почвах, поскольку органическое вещество торфа практически не связано с минеральными составляющими верхних горизонтов. При этом необходимо отметить, что пороговые скорости переноса почвенного мелкозема ветром составляют для песчаных почв 5–6 м/с, для осушенных торфяных – 7–9 м/с [3].

В сложившихся условиях роль полезащитных лесных насаждений в снижении негативного влияния процессов ветровой эрозии на окружающую среду и прежде всего на почвенный покров заметно возрастает.

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Цель данной работы заключается в выделении агротехнологических групп земель в Белорусском Полесье, установлении степени их дефляционной опасности, а также оценке санитарного состояния полевых насаждений с разным составом древесных пород на различных почвах.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объекты исследований представлены осушенными дефляционноопасными почвами и полевыми лесными полосами, созданными при агролесомелиоративном устройстве в Полесской почвенно-экологической провинции.

Агротехнологическая группировка дефляционноопасных земель осуществлялась посредством типизации почвенного покрова и установления компонентного состава почв в каждом типе дефляционноопасных земель. Степень дефляционной опасности почв различных агротехнологических групп устанавливалась в соответствии с методическими указаниями [2]. Одновременно использовались фактические данные, полученные при проведении исследований на ключевых участках, включенных в Государственный реестр мониторинговых наблюдений.

В последнее десятилетие негативное влияние дефляционных процессов значительно увеличилось. В первую очередь это касается южной почвенно-экологической провинции. Во многом усиление дефляции связано с наметившейся в этом регионе аридизацией климата. Как свидетельствуют данные метеонаблюдений, заметно участились пыльные бури, которые оказывают сильное негативное влияние на окружающую среду [3].

Объекты полевых насаждений исследовались включая породный состав, лесорастительные условия, санитарное состояние деревьев и жизнеспособность насаждений с учетом инструктивных указаний и справочных данных по агролесомелиоративному устройству [4–6]. Для оценки санитарного состояния деревьев определяли категорию состояния каждого дерева на пробной площади на основании шкал для лиственных и хвойных пород. Общая жизнеспособность насаждения устанавливалась по 4 классам: вполне здоровые; здоровые с замедленным ростом; насаждения с недостаточным участием главной породы, нуждающиеся в дополнении и реконструкции; погибающие, расстроенные и усыхающие насаждения, подлежащие восстановлению.

Исследования чистых и смешанных полевых насаждений, естественного возобновления в них проводили (2011–2013 гг.) у разных возрастных групп в различных условиях произрастания с учетом характера почвенного покрова и уровня грунтовых вод (УГВ). Изучение роста разных пород выполнено в соответствии с методическими указаниями [7], а характер сформированных насаждений устанавливался по типу конструкции полос, определяемому визуально по наличию и особенностям распределения сквозных просветов между стволами и в кроне деревьев, что характеризует ее ажурность в облиственном состоянии. По конструкции полевых насаждений разделяются на три основных типа: продуваемые, ажурные и плотные в соответствии с ГОСТ [8], но существуют и промежуточные – ажурно-продуваемые, ажурно-плотные.

Эффективность технологий создания лесных полевых насаждений определялась на основании оценки сохранности насаждений, наличия «окон», разрывов и безлесных территорий, роста и развития древесно-кустарниковых пород, типа

конструкций сформированных насаждений. В качестве элемента экологического состояния осушенных земель определялась лесистость этих территорий как частное площади полезационных лесополос к площади соответствующих земель.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Равнинные территории Белорусского Полесья характеризуются сложной структурой почвенного покрова. Дифференцированное использование земель, оценка целесообразности реконструкции, восстановления или создания новых полезационных лесополос должны реализовываться через выделение контуров агротехнологических групп, исходя из типовой принадлежности почв, их гранулометрического состава и степени увлажнения. С этой целью выполнена типизация почвенного покрова и оценка потенциальной дефлируемости в зависимости от компонентного состава входящих в них почвенных разновидностей (табл. 1). В связи с тем, что каждый тип земель представлен определенным компонентным составом почв, их можно рассматривать в качестве агротехнологических групп.

Таблица 1

#### Агротехнологические группы дефляционноопасных пахотных земель в агроландшафтах Белорусского Полесья

Агротехнологическая группа (тип земель)	Состав почв, %									
	1. Плоские заболоченные песчаные			2. Высокие волнистые песчаные		3. Низинные плоские заболоченные осушенные песчаные		4. Котловинные осушенные торфяные		5. Котловинные осушенные деградированные торфяно-минеральные
$\frac{ДП_{авт}^*}{ДП_{виу}}, \frac{ДП_{дф}}{ДП_{огв}}$	–	–	–	100	75	–	–	–	–	–
$ДП_з, ДП_{гв}$	30	40	70	–	25	–	–	–	–	–
$D_з$	50	50	20	–	–	60	60	10	40	–
$DK_з$	–	–	–	–	–	30	–	–	–	20
$T_H$	20	10	10	–	–	10	10	80	50	10
$T_B$	–	–	–	–	–	–	–	10	–	–
$T_D$	–	–	–	–	–	–	30	–	10	70
Темпы дефляции, т/га	1–3			6–10		8–13		10–12		>15

Примечание.  $ДП_{авт}$  – дерново-подзолистые автоморфные,  $ДП_{дф}$  – дерново-подзолистые дефлированные,  $ДП_{виу}$  – дерново-подзолистые временно избыточно

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

увлажненные, ДП<sub>ов</sub> – дерново-подзолистые оглеенные внизу, ДП<sub>гв</sub> – дерново-подзолистые глееватые и глеевые, ДП<sub>з</sub> – дерново-подзолистые заболоченные, Д<sub>з</sub> – дерновые заболоченные, ДК<sub>з</sub> – дерново-карбонатные заболоченные, Т<sub>н</sub> – торфяные осушенные низинные, Т<sub>в</sub> – торфяные осушенные верховые, Т<sub>д</sub> – торфяные осушенные деградированные.

К первой агротехнологической группе земель относятся приподнятые плоские заболоченные песчаные земли с преобладанием дерново-подзолистых заболоченных (30–70%), дерновых заболоченных (20–50%) и небольшим удельным весом (10–20%) торфяных низинных почв. Потенциальная дефляционная опасность их составляет 1–3 т/га в год.

Вторая агротехнологическая группа высоких песчаных земель включает дерново-подзолистые песчаные автоморфные (около 30%), оглеенные внизу (20–25%), временно избыточно увлажненные (около 15%), глееватые и глеевые осушенные (20–25%) почвы. Эта группа земель характеризуется средней и сильной дефляционной опасностью. Потенциально возможный перенос почвы ветром составляет 6–10 т/га в год.

Третья группа земель (низинные плоские заболоченные осушенные песчаные) объединяет песчаные дерновые заболоченные (около 60%) и торфяные низинные осушенные (до 10%), а также дерново-карбонатные заболоченные (около 30%) или торфяные деградированные (до 30%) почвы. Характеризуется легким гранулометрическим составом, сильной неоднородностью и слабой устойчивостью к процессам ветровой эрозии. Потенциальная дефляционная опасность изменяется от 8 до 13 т/га в год.

К четвертой группе отнесены земли самой низкой гипсометрической ступени, то есть котловинные и котловинно-ложбинные. Преобладают осушенные торфяные маломощные почвы (50–80%) с присутствием осушенных дерновых заболоченных (10–40%) по периферии котловин или в виде небольших островов в центре. Характеризуется несложным и малоcontrastным почвенным покровом. Потенциально возможный перенос почвы ветром 10–12 т/га в год.

Пятая группа земель представлена котловинными осушенными деградированными торфяно-минеральными почвами, образовавшимися на месте сработанных маломощных торфяников в результате глубокого осушения и нерационального использования почвенного покрова в сельском хозяйстве. Основной фон почв этой группы (70%) составляют торфяно-минеральные, минеральные остаточноторфянистые и минеральные постторфяные почвы. К небольшим сполженным буграм приурочены дерново-карбонатные заболоченные почвы (около 20%), которые являются одним из компонентов этой группы земель и усиливают степень их неоднородности. Сохранившиеся в небольшом количестве (до 10%) маломощные торфяно-болотные низинные почвы ожидает в недалеком будущем трансформация в общий фон деградированных почв.

На небольших открытых пространствах, занятых данной группой земель, значительно возрастает дефляционная опасность. Потенциально возможный перенос почвы ветром может достигать максимальной величины (15 т/га и более). Распределение дефляционноопасных земель по агротехнологическим группам земель в Полесском регионе представлено в таблице 2.

**Агротехнологические группы дефляционноопасных земель  
Белорусского Полесья**

Область	Площадь пахотных земель, тыс. га (на 01.01.13 г.) [9]	Агротехнологические группы земель					
		всего дефляционно- опасных земель, тыс. га	в том числе по группам, % от площади пахотных земель				
			1. Плоские заболо- ченные песчаные	2. Высокие волни- стые песчаные	3. Низинные пло- ские заболочен- ные осушенные песчаные	4. Котловинные осушенные тор- фяные	5. Котловинные осушенные дегра- дированные торфяно- минеральные
Брестская	676,8	466,2	18,5	31,8	7,0	10,1	4,0
Гомельская	707,5	450,9	14,0	40,7	4,6	6,5	3,1
Минская	1088,8	93,1	1,8	1,7	1,4	2,7	1,1
<b>Всего по РБ</b>	<b>4725,3</b>	<b>1010,2</b>	<b>5,2</b>	<b>11,1</b>	<b>2,0</b>	<b>3,1</b>	<b>1,3</b>

Защитное лесоразведение является главным фактором экологической оптимизации землепользования в современных агролесоландшафтах на осушенных землях применительно к конкретным природным условиям и приоритетам их эксплуатации. В ряду мероприятий по борьбе с ветровой эрозией почв на мелiorированных землях полезащитные насаждения – это основное звено и незаменимый фильтр улучшения микроклиматической обстановки на полях севооборотов, способствующей повышению урожайности возделываемых культур и обеспечивающей необходимые жизненные условия обитания диких животных, птиц, насекомых и т.д.

Полезащитное лесоразведение на осушенных землях берет начало с 60-х годов прошлого столетия. При этом основная доля (94%) полезащитных насаждений была создана в 70–80-е годы, что составило около 7,0 тыс. га (рис. 1).

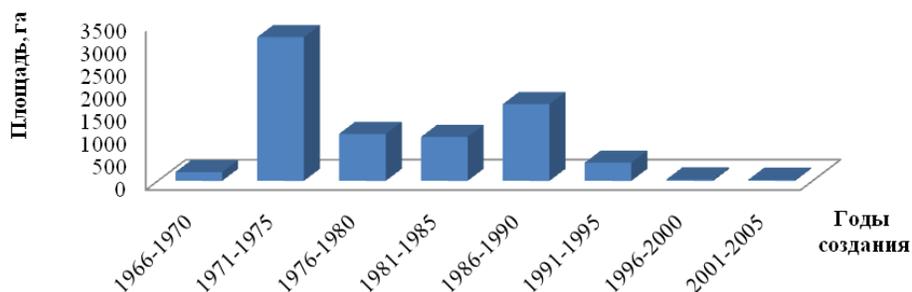


Рис. 1. Динамика создания полезащитных насаждений на осушенных землях Беларуси

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Темпы агролесомелиоративного обустройства осушенных земель значительно снизились в 90-е годы: было посажено только 433 га полезащитных лесных полос (5,7% от общей площади). В текущем столетии (2001–2005 гг.) создание полезащитных насаждений практически прекратилось (25 га за 5 лет). В общем создано более 7,5 тыс. га полезащитных насаждений, различающихся составом древесно-кустарниковых пород, конструкцией, количеством рядов деревьев в полосе, состоянием и, естественно, выполняемыми защитными функциями. Все работы по созданию полезащитных насаждений выполнялись лесохозяйственными учреждениями Минлесхоза по договорам с сельскохозяйственными предприятиями.

В полезащитных насаждениях на осушенных землях разнообразие древесных пород представлено мягколиственными (береза, тополь, ива, осина, ольха черная), хвойными (сосна, ель) и твердолиственными (вяз, дуб, клен, ясень) видами. В качестве подлесочных пород встречаются барбарис, груша, ива (древовидная, русская), пузыреплодник, черемуха, рябина, лещина, яблоня лесная, которые высаживались во время создания полезащитных полос или появились в процессе естественного возобновления леса. При этом необходимо отметить, что подбор культур для размещения на мелиорированных землях зачастую осуществлялся без учета структуры почвенного покрова. В условиях осушенных минеральных почв распространены чаще чистые по составу (березовые, сосновые, тополевые – бальзамический, волосистоплодный, канадский и др.), чем смешанные полезащитные насаждения. Особенности санитарного состояния деревьев и жизнеспособности чистых насаждений на минеральных почвах представлены в таблице 3.

Таблица 3

### Оценка санитарного состояния деревьев и жизнеспособности полезащитных насаждений, созданных на минеральных осушенных землях

Хозяйство	Протяженность полезащитной полосы, км	Количество рядов деревьев в полосе и состав, шт.	Средняя категория санитарного состояния деревьев, балл	Сохранность полезащитного насаждения, %	Класс жизнеспособности насаждения
СПК «Федоринский» Столинского района	2,0	2р Т	1,4	85,0	I
	2,2	3р Т	1,6	80,0	I
	2,0	2р Т	1,5	83,1	I
	2,0	2р Т	2,3	87,5	II
	1,9	2р Т	2,2	94,8	II

Хозяйство	Протяженность полезавитной полосы, км	Количество рядов деревьев в полосе и состав, шт.	Средняя категория санитарного состояния деревьев, балл	Сохранность полезавитного насаждения, %	Класс жизнеспособности насаждения
УП « Пинское ПМС» Пинского района	0,5	3р Б	1,1	63,5	I
	1,9	2р Б	1,7	84,1	I
	1,9	2р Т	2,3	58,8	II
ОАО «С/к «Сож» Гомельского района	1,5	4р Б	1,7	93,1	I
	1,5	2р С 2р Б	2,0 2,0	88,0	II
	0,6	3р Б	2,3	63,3	III
	1,1	3р Б	1,2	94,4	I
	1,5	4р С 4р Б	1,5 1,7	93,1	I

В результате сравнительного анализа установлено, что сформированные полосные насаждения тополя характеризуются нормальными признаками роста и развития для данной породы, возраста и условий местопрорастания, отличаются высокой сохранностью (80–95%) и жизнеспособностью. Полезавитные лесные полосы практически не имеют разрывов, а встречаются лишь небольшие «окна», участки без древесно-кустарниковой растительности, протяженностью 15–20 м.

В целом полезавитные полосы тополя отличает зеленая блестящая листва, нормальный текущий прирост, они формируют продуваемые или ажурно-продуваемые типы конструкций и характеризуются большей степенью ветрозащитного эффекта, обусловленного быстротой роста и высотой насаждений.

Лесные полосы тополя волосистоплодного в 30–35-летнем возрасте начинают усыхать, снижается их сохранность. В аналогичных насаждениях тополя в условиях осушенных торфяных почв санитарное состояние ухудшается и деревья к этому возрасту усыхают на значительных площадях, защитные функции снижаются (рис. 2).

Следует отметить, что в насаждениях тополя на торфяных почвах УГВ в течение вегетационного периода выше (0,5–0,7 м), чем на минеральных (1,2–1,5 м). Происходит подтопление корневых систем, в почве возникают токсичные для растений соединения из-за недостатка кислорода. Поэтому насаждения тополя в целом отличаются сравнительной недолговечностью, что требует проведения вполне определенных оздоровительных и лесохозяйственных мероприятий (лесоводственные уходы, ремонт, рубки реконструкции и т.п.) с целью формирования активных защитных функций.

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование



Рис. 2. Здоровые полезащитные насаждения тополя на минеральных (а) и усыхающие на торфяных (б) почвах

Насаждения березы третьего и четвертого классов возраста в полезащитных лесных полосах имеют сохранность 65–94%. Санитарное состояние оценивается в целом как вполне удовлетворительное. На повышенных участках рельефа состояние насаждений несколько лучше и сохранность выше. В полосах с меньшей сохранностью (53–64%) увеличивается количество «окон», которые при относительно равномерном распределении по площади не оказывают существенного влияния на выполняемые функции, т.к. у опушечных деревьев наблюдается меньшая очищаемость стволов от сучьев и формируется больший диаметр крон, что способствует снижению скорости ветровых потоков.

В полезащитных полосах ОАО «С/к «Сож» сосны в пониженных местоположениях при дополнении березой средняя категория санитарного состояния (1,5–2,0 балла) остается на уровне основного насаждения. Сохранность полосы высокая – 88,0–93,1%, жизнеспособность – **I–II класса, что соответствует здоровому, высокополнотному (0,6–0,7), с несколько замедленным ростом древостою, нуждающемуся в проведении санитарно-оздоровительных мероприятий.**

Чистые сосновые полезащитные полосы, созданные на более дренированных повышенных участках, характеризуются высокой сохранностью и жизнеспособностью (**I класс насаждений, формируя их плотную конструкцию.** На минерализованных участках в этих условиях в «окнах» полезащитных насаждений 37-летнего возраста появляется естественное возобновление сосны в виде самосева и куртин благонадежного (3–12 лет) подроста, высотой 0,5–2,5 м.

В силу всесезонного облиствения лесополос из сосны защитное действие их примерно равнозначное как в весенне-летний период вегетации сельскохозяйственных культур, так и в осенне-зимнее время. Тем не менее, конструктивные особенности таких полос в связи с малой ажурностью не позволяют в полной мере оптимизировать микроклиматические условия на прилегающих территориях.

Позеащитные полосы из твердолиственных пород – вяза, дуба, клена, ясеня распространены значительно меньше в силу биологических особенностей видов, их отношения к влаге и высоким требованиям к плодородию почвы.

Они хуже выдерживают специфичные почвенные условия осушенных земель из-за лесоводственных особенностей выращивания, формируя в основном сложные, порой многоярусные насаждения. Для полезащитных насаждений из твердолиственных видов характерен чаще плотный тип конструкции полос. Так, полезащитные полосы из вяза шершавого в Ивацевичском районе Брестской области, созданные на осушенных торфяниках, отличаются хорошим состоянием и достаточно высокой сохранностью (63,9–70%) насаждений в 35-летнем возрасте [10]. Отмечается перспектива создания защитных насаждений из дуба черешчатого и лиственницы европейской как долговечных видов, формирующих необходимую конструкцию полос.

Обследованные полезащитные насаждения на других объектах Гомельской области из дуба с березой в смешении с кленом и липой как подгонными породами на минеральных почвах представлены относительно здоровыми (мучнистая роса листьев дуба и пятнистость листьев клена). Смешанные древостои 30–32-летнего возраста отличаются высокой полнотой (0,7–0,8), под пологом которых сформировалась лесная подстилка и появилось естественное возобновление рябины, лещины и черемухи. Трехрядная (1рД 1рБ 1рКл) лесная полоса с устроенным скотопрогоном, шириной 8 м между рядом дуба и березы, в настоящее время не используется по прямому назначению. Ряд дуба посажен с наветренной стороны, представлен мощными деревьями, диаметром 26–50 см, с развитой (5 x 8 – 9 x 13 м) и низкоопущенной кроной, что надежно защищает сельскохозяйственные земли от ветра.

В результате экспертной оценки полезащитных насаждений установлено, что среди них есть погибшие или уничтоженные (27,5%), требующие ремонта и реконструкции (30%), нуждающиеся в проведении лесохозяйственных мероприятий (27%) и выполняющие защитные функции удовлетворительно (15,5%). Представленные на рисунке 3 полезащитные лесные полосы, различающиеся по санитарному состоянию деревьев, жизнеспособности насаждений и типу конструкций, требуют в настоящее время проведения вполне определенных лесохозяйственных мероприятий по оздоровлению, реконструкции, частичному или полному восстановлению их в каждом конкретном случае.

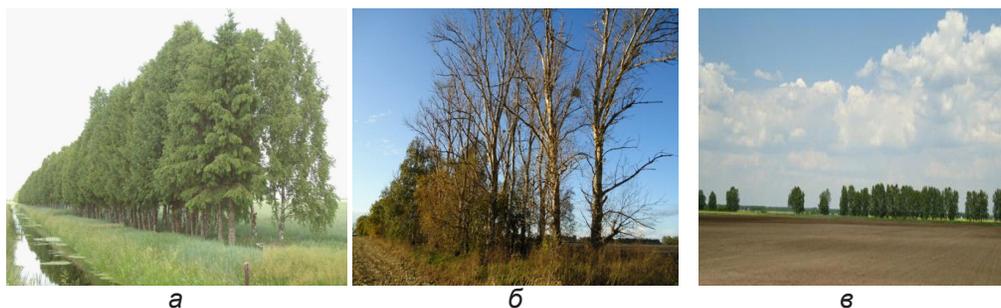


Рис. 3. Полезащитные лесные полосы различного санитарного состояния и жизнеспособности насаждений (а – нормальной жизнеспособности; б – усыхающие; в – расстроенные)

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

В целом же для улучшения экологического состояния осушенных агроландшафтов, охраны и повышения производительной способности в условиях Беларуси необходимо увеличить уровень полезной лесистости как существенного фактора предотвращения деградации сельскохозяйственных земель. Еще в 50-х годах прошлого столетия на основании исследований по выявлению влияния лесных насаждений на повышение урожайности сельскохозяйственных культур в хозяйствах Гомельской и Минской областей было рекомендовано сохранение полезных насаждений на уровне 15–20% [11]. В малолесных районах с низкой лесистостью (6–10%), особенно с преобладанием песчаных почв, необходимо создание защитных насаждений, адаптированных к легким по гранулометрическому составу почвам. На основании многолетних исследований роли лесомелиоративных насаждений в защите минеральных почв от ветровой эрозии в условиях Беларуси также рекомендуется, чтобы площадь противодефляционных лесных полос составляла около 5% занимаемой территории [12].

### ВЫВОДЫ

Дефляционная опасность почв различных агротехнологических групп (типов) земель в регионе Белорусского Полесья зависит от компонентного состава почв и изменяется от 1–3 т/га до 15 и более т/га в год. Наиболее дефляционноопасными являются дегроторфяные почвы.

Созданные в 70–80-е годы XX века полезные полосы требуют проведения их инвентаризации с объективной оценкой их санитарного состояния. Это обуславливается постоянно нарастающей экологической напряженностью в результате интенсификации аграрного производства, изменяющимся климатом и недостаточной защитой земель лесонасаждениями.

Стареющие полезные полосы нуждаются в оздоровлении, реконструкции или восстановлении, а их недостающее количество на осушенных почвах – в создании новых полосных насаждений с обязательным учетом требований лесных культур к почвенным условиям.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лиштван, И.И. Экологические исследования гидрлесомелиорации в Полесье / И.И. Лиштван, Н.Н. Бамбалов, Л.М. Ярошевич // Природные ресурсы. – 1998. – № 2. – С. 57–62.
2. Методические указания по прогнозированию водно-эрозионных и дефляционных процессов на обрабатываемых землях Беларуси / Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2006. – 44 с.
3. Организация агропочвенного мониторинга в эрозионных агроландшафтах Беларуси / А.Ф. Черныш [и др.] // Почвенно-земельные ресурсы: оценка, устойчивое использование, геоинформационное обеспечение: матер. Междунар. научн.-практ. конф., Минск, 6–8 июня 2012 г. / редкол.: И.И. Пирожник [и др.]. – Минск: Издательский центр БГУ, 2012. – С. 147–149.
4. Инструктивные указания по агротехнике создания и выращивания противоэрозионных лесонасаждений на землях сельскохозяйственных предприятий: утв. Мин-во лесн. хоз-ва БССР 04.04.78. – Минск, 1978. – 40 с.

5. Павловский, Е.С. Справочник по агролесомелиоративному устройству / Е.С. Павловский, А.В. Карган. – М.: Лесн. пром., 1977. –152 с.
6. Устойчивое управление и лесопользование. Санитарные правила в лесах Республики Беларусь: ТКП 026–2006 (02080). – Минск, 2006. – 32 с.
7. Исследование роста лесных культур: метод. указ. / ЛенНИИЛХ. – Л., 1978. – 71 с.
8. Агролесомелиорация. Термины и определения: ГОСТ 26462–85. – М.: Изд. стандартов, 1985. – 7 с.
9. Государственный земельный кадастр Республики Беларусь (по состоянию на 01 января 2013 г.). – Минск, 2013. – 63 с.
10. Праходский, А.Н. Состояние ползащитных лесных полос на осушенных торфяниках / А.Н. Праходский, Н.И. Якимов // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. труд.– Гомель, 2008. – Вып. 68. – С. 266–270.
11. Морозов, В.Ф. Влияние лесных насаждений на повышение урожайности сельскохозяйственных культур в прилегающих полях / В.Ф. Морозов, Г.И. Казаков // Сб. науч. работ по лесн. хоз-ву. – Минск, 1955. – Вып. VI. – С. 134–160.
12. Орловский, В.Б. Защитное лесоразведение в Белоруссии / В.Б. Орловский, В.К. Поджаров, В.Н. Воробьев. – Минск: Ураджай, 1980. – 134 с.

## **FIELD PROTECTED FOREST STRIPES IN RATIONAL LAND USING ON DRAINED WIND EROSION DANGEROUS SOILS OF BELARUSIAN POLESYE**

**A.F. Chernysh, P.I. Volovich, A.M. Ustinova**

### **Summary**

The agrotechnical groups of wind erosion dangerous soils of Belarusian Polesye depending on soil varieties form part of component structure are presented at the article. It was found out, that potential deflation rates changes from 1–3 t/ha to 15 and more in year. Degradation peat soils are the most of wind erosion dangerous. Besides of it, the estimation of sanitary state of field protected planting with different composition of trees on diverse soils is presented.

*Поступила 21.11.13*

## ОЦЕНКА СТЕПЕНИ УСТОЙЧИВОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ К АГРОГЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

С.В. Шульгина, Г.С. Цытрон, Л.И. Шибут, В.А. Калюк  
*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### ВВЕДЕНИЕ

Устойчивость почв – способность длительное время сохранять свое состояние (свойства, состав, структуру, функционирование, пространственное положение) в условиях относительно небольшого изменения или колебания факторов почвообразования, а также способность восстанавливать основные качественные характеристики своего исходного состояния после их изменения [1]. То есть понятие «устойчивости» всегда подразумевает ответную реакцию объекта на внешнее воздействие. Вовлечение почв в длительное сельскохозяйственное использование вызывает изменение не только динамических их свойств (агрохимических), устойчивых (гумусного состояния, состава и емкости катионного обмена, валовых форм элементов питания), но и консервативных (гранулометрического и минералогического составов почв). Поэтому в современных условиях, когда антропогенное воздействие на почвенный покров приобрело преобладающий характер и уже назрела «крайняя необходимость защиты освоенных почв от качественной деградации» [2], исследования степени их устойчивости к агрогенным нагрузкам являются непереносимым условием и основой решения задач экологически безопасного и экономически выгодного землепользования, а следовательно, носит весьма актуальный характер.

В научных публикациях пока хоть и редко, но рассматриваются вопросы количественной оценки степени устойчивости почв к антропогенным воздействиям в процессе их использования в сельскохозяйственном производстве.

Так, Т.А. Романовой с соавторами [3] сформулированы методические подходы количественной оценки агроэкологической составляющей потенциала почвенно-земельных ресурсов эрозионных и заболоченных ландшафтов. При этом в качестве операциональных единиц оценки предлагается использовать почвенные комбинации как природные системы и типы земель, а к числу факторов, определяющих интенсивность их использования, отнесены: исходный балл бонитета, эродированность пахотных земель, заболоченность, неоднородность почвенного покрова.

Исследования Н.П. Масютенко и А.В. Кузнецова [4] также направлены на разработку методов количественной оценки степени агрогенного воздействия на черноземы типичные. Авторами установлено, что наиболее информативными и универсальными показателями изменений свойств почв являются: содержание общего гумуса, запасы гумуса, отношение Слгк/Слфк, запасы негумифицированного органического вещества, содержание общего и щелочногидролизуемого азота, количество и масса почвенной фауны, содержание и продуктивность наземной фитомассы. К ограниченно действующим (только в слое 0–25 см)

показателям относятся содержание подвижных форм фосфора, диаметр почвенных агрегатов, сумма водоустойчивых агрегатов, коэффициент структурности и средневзвешенный диаметр водоустойчивых агрегатов. Авторы предлагают рассчитывать индекс качества почвы (в % от контроля) для каждого свойства почвы с последующим определением величины комплексного критерия и оценки ее экологического состояния.

Скорость изменения содержания гумуса и мощность гумусового горизонта взяты за основу оценки степени трансформации свойств разных подтипов черноземов [6], согласно которой потеря более 50% мощности гумусового горизонта приводит к необратимой утрате исходного плодородия этих почв и, соответственно, необратимой деградации.

По мнению А.А. Околеловой и др. [5], параметры, определяющие гумусное состояние почв, носят динамичный характер и являются наиболее информативными, определяющими устойчивость почв и их экологическое состояние. Поэтому при оценке устойчивости почв авторы предлагают учитывать бонитет и показатель «степени бензоидности гуминовых кислот» (обогащенность гуминовых кислот ароматическими фрагментами).

Экологическая оценка степени нарушения почвенного покрова Пермской области проведена с использованием «коэффициентов нагрузки» по таким показателям, как содержание гумуса, доля кислых почв, площадь водной и ветровой эрозии, густота оврагов [7].

И.Ю. Каторгин [8] при определении степени изменения свойств почв в результате интенсивной сельскохозяйственной деятельности использует в бонитировке понижающий коэффициент, который представляет собой долю продуктивности почв, подверженных изменениям, от продуктивности зональных почв, принятой за единицу. Разница между единицей и понижающим коэффициентом названа индексом интенсивности поражения почв, а его произведение на относительную площадь поражения может служить мерой опасности изменений свойств почв в результате нерациональной хозяйственной деятельности.

Длительные исследования позволили А.С. Яковлеву с соавторами [9] построить единую шкалу качества почвы, которая имеет два полюса – «+» и «-», поскольку вред почве может быть нанесен как чрезмерным увеличением, так и уменьшением значений того или иного показателя ее специфических свойств. Авторы считают, что почва приобретает неустойчивое состояние при утрате около 30–40% своего качества.

Коллектив исследователей во главе с А.С. Фридом [10] обосновали выбор определенных критериев свойств почв пахотных земель европейской территории России (содержание органического вещества, агрохимические, физико-химические, физические, загрязнение почв) для разработки нормативов их изменений (допустимых границ изменений показателей свойств почв и почвенного покрова при антропогенных воздействиях) и прогноза этих изменений как в территориальном, так и во временном масштабах результатов воздействия.

С.А. Балюк с соавторами [11] в результате длительных поисков и исследований разработали серьезную теоретическую базу основных концептуальных положений, методологии и структуры экологического нормирования допустимой антропогенной нагрузки на почвенный покров Украины.

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

---

В Беларуси также предпринимается попытка сформулировать принципы экологического нормирования допустимой антропогенной нагрузки на почвенный покров [12], которая пока является первым шагом в сложном многоэтапном процессе.

Установление величины изменения природных свойств и составов почв под действием антропогенных факторов возможно только при наличии минимально нарушенных человеком ландшафтов, так как *ненарушенных в настоящее время практически нет*. В наших исследованиях «точкой отсчета» явились естественные почвы (почвы под лесом), по величине изменений характеристик которых возможно оценить размер их антропогенной трансформации и судить о степени устойчивости к различного рода воздействиям.

Цель исследований состоит в оценке степени устойчивости почв дерново-подзолистого типа республики к агрогенным воздействиям в процессе использования в сельскохозяйственном производстве на основе установления изменений их свойств.

### МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследований явились автоморфные дерново-подзолистые почвы Республики Беларусь под лесом и их агроестественные аналоги.

Предметом исследования послужил весь массив данных, характеризующих современное состояние свойств естественных автоморфных дерново-подзолистых почв (772 разреза почв под лесом) и их агроестественных аналогов (5570 разрезов пахотных земель) различного гранулометрического состава в почвенно-экологических провинциях (ПЭП) Белорусского Поозерья (Северной), Белорусской гряды, Центрально-Березинской равнины и Восточно-Белорусского плато (Центральной), Белорусского Полесья (Южной), находящийся в разных информационных источниках (материалы III тура крупномасштабного почвенного картографирования УП «Проектный институт Белгипрозем», фондовые материалы РУП «Белгослес», РУП «Институт почвоведения и агрохимии», Почвенная Информационная Система Беларуси, фиксированные объекты, литературные источники).

Статистическая обработка данных проводилась с помощью «Пакета анализа Microsoft Excel». **При этом почвы дифференцированы внутри типа по гранулометрическому составу почвообразующих пород (средне- и легкосуглинистые, связносупесчаные, рыхлосупесчаные, связнопесчаные).** Исследования проведены с использованием методов сравнительно-аналитического и экспертных оценок.

Основными наиболее информативными критериями генетических свойств исследуемых почв для установления степени их изменения в результате антропогенных воздействий явились: содержание гумуса, величина суммы поглощенных оснований, емкость поглощения и степень насыщенности основаниями гумусово-аккумулятивных горизонтов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Систематизация и анализ материалов последнего тура крупномасштабного почвенного картографирования пахотных земель РБ [13] показали (рис. 1), что автоморфные агродерново-подзолистые почвы в пределах почвенно-экологической провинции Белорусского Поозерья занимают 34,1% фонда их пахотных земель. Основную долю здесь составляют средне- и легкосуглинистые (18,2%) и связносупесчаные (9,3%) почвенные разновидности. Значительно меньше доля почв рыхлосупесчаного (3,7%) и песчаного (2,9%) гранулометрического состава.

В Центральной почвенно-экологической провинции агродерново-подзолистые почвы нормального увлажнения составляют 56,8% площади пашни. Наибольший удельный вес приходится на почвы, сформировавшиеся на породах рыхлосупесчаного гранулометрического состава – 24,5%. Доля суглинистых и связносупесчаных почв почти в 2 раза меньше – 12,1% и 12,2% соответственно. Агродерново-подзолистые почвы, развивающиеся на песчаных отложениях, занимают 8,0% площади пахотных земель.

В компонентном составе почвенного покрова пахотных земель почвенно-экологической провинции Белорусского Полесья доля автоморфных агродерново-подзолистых почв составляет 38,1%. Основные площади почв занимают разновидности связнопесчаного гранулометрического состава (21,7%). Достаточно широко здесь распространены и рыхлосупесчаные почвы – 11,8%. Связносупесчаные разновидности в составе почвенного покрова пахотных земель этой провинции занимают около 5% их площади, а на суглинистые приходится лишь десятые доли процента (0,2%).

Результаты статистической обработки накопленного к настоящему времени массива почвенных данных (табл. 1) дают возможность утверждать, что гранулометрический состав как основополагающая природная характеристика автоморфных почв Беларуси оказывает первостепенное влияние на их основные генетические свойства (содержание гумуса, величину суммы поглощенных оснований, емкость поглощения и степень насыщенности основаниями гумусово-аккумулятивных горизонтов).

В *Белорусском Поозерье* естественные автоморфные дерново-подзолистые почвы средне- и легкосуглинистого гранулометрического состава по содержанию гумуса значительно превосходят свои пахотные аналоги (табл. 1). Так, средне-статистическая величина содержания гумуса в них составляет 3,59%, в сторону убывания следуют связносупесчаные (2,66%), рыхлосупесчаные (2,26%) и связнопесчаные (1,87%) разновидности. В почвах пахотных земель величина этого показателя слабо изменяется в зависимости от гранулометрического состава – от 1,88 на связнопесчаных до 2,38% на суглинистых разновидностях.

Сумма поглощенных оснований в естественных и агроестественных почвах суглинистого гранулометрического состава почти равновелика: в лесу – 7,22 смоль(+)-кг<sup>-1</sup>, на пашне – 7,96 смоль(+)-кг<sup>-1</sup>, в то время как в супесчаных и песчаных разновидностях почв пахотных земель величина этого критерия выше в 1,4–2,3 раза по сравнению с лесными.

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

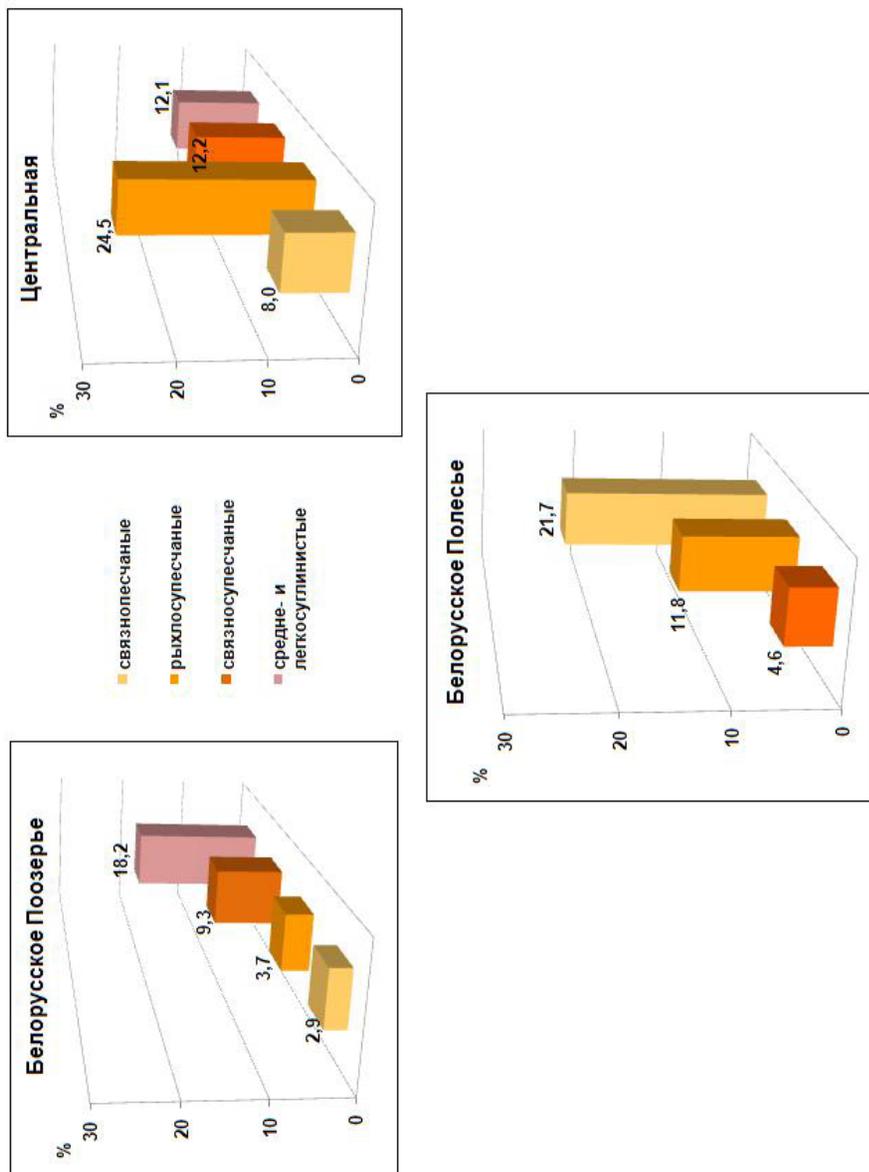


Рис. 1. Распределение автоморфных почв пахотных земель дерново-подзолистого типа по гранулометрическому составу в различных почвенно-экологических провинциях Беларуси, %

Таблица 1  
Среднестатистические показатели основных генетических свойств дерново-подзолистых и агродерново-подзолистых почв

Почвенно-экологическая провинция	Гранулометрический состав	Гумус, %		Сумма поглощенных оснований, смоль(+)-кг <sup>-1</sup>		Емкость поглощения, смоль(+)-кг <sup>-1</sup>		Степень насыщенности основаниями, %	
		естественные	агро-естественные	естественные	агро-естественные	естественные	агро-естественные	естественные	агро-естественные
Белорусское Поозерье	суглинистые	3.59±1.16 45	1.88±0.57 378	7.22±2.56 45	7.96±6.73 378	14.40±4.15 45	9.30±6.67 378	52.37±20.33 45	80.71±13.66 378
	связносупесчаные	2.66±1.11 14	1.98±0.57 334	3.13±2.25 14	6.38±4.71 334	11.08±4.71 14	7.76±4.49 334	32.83±24.86 14	78.26±16.34 334
	рыхлосупесчаные	2.26±1.21 37	1.92±0.67 155	2.81±2.74 37	6.35±5.48 155	10.13±5.32 37	7.71±5.06 155	28.68±19.42 37	78.61±14.66 155
Центральная	связнопесчаные	1.87±0.93 43	2.38±0.67 122	2.69±2.21 43	3.92±2.49 122	7.91±3.36 43	5.46±2.78 122	26.67±20.01 43	73.28±17.51 122
	суглинистые	2.48±1.34 35	1.94±0.71 600	5.17±2.35 35	6.93±4.87 600	11.17±4.98 35	8.57±5.25 600	47.07±14.40 35	77.94±13.94 600
	связносупесчаные	2.15±0.68 22	1.90±0.66 1136	3.10±2.80 22	6.71±5.22 1136	9.16±5.14 22	8.31±5.80 1136	37.82±20.13 22	77.29±15.45 1136
Белорусское Полесье	рыхлосупесчаные	1.90±0.98 92	1.87±0.67 1127	3.37±2.33 92	6.41±4.98 1127	8.61±3.90 92	7.93±5.15 1127	36.72±18.59 92	75.89±15.69 1127
	связнопесчаные	1.49±0.82 110	2.10±0.78 828	2.74±2.68 110	3.39±2.49 828	7.11±4.05 110	4.71±2.52 828	36.40±16.32 110	67.98±20.36 828
	связносупесчаные	1.42±0.33 58	2.39±0.85 120	4.68±2.13 58	5.77±3.69 120	9.47±2.77 58	7.15±4.04 120	43.83±10.95 58	77.59±13.15 120

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Емкость поглощения в естественных почвах значительно выше: 14,40 смоль(+) $\cdot$ кг<sup>-1</sup> в суглинистых разновидностях с постепенным снижением до 7,91 смоль(+) $\cdot$ кг<sup>-1</sup> в связнопесчаных. В агрогумусовых горизонтах почв пахотных земель суглинистого и супесчаного гранулометрического состава – 9,30–7,71 смоль(+) $\cdot$ кг<sup>-1</sup> и 5,46 смоль(+) $\cdot$ кг<sup>-1</sup> – связнопесчаного.

Степень насыщенности основаниями в почвах под лесом значительно ниже (52,37–26,67%), чем на пашне (80,71–73,28%). Причем естественные почвы на суглинистых породах выделяются более высокими значениями этого критерия – 52,37% по сравнению с другими породами. В агроестественных почвах степень насыщенности основаниями практически одинакова на всех породах независимо от гранулометрического состава.

Среднестатистическое содержание гумуса в естественных автоморфных дерново-подзолистых почвах *Центральной провинции* (табл. 1) средне- и легкосуглинистого гранулометрического состава равно 2,48%, связносупесчаного – 2,15%, рыхлосупесчаного – 1,90% и связнопесчаного – 1,49%. Агроестественные аналоги характеризуются примерно одинаковым содержанием гумуса в почвах суглинистого и супесчаного гранулометрического состава – 1,94–1,87%, а в почвах связнопесчаного – 2,10%.

Величина суммы поглощенных оснований в естественных почвах суглинистого гранулометрического состава равна 5,17 смоль(+) $\cdot$ кг<sup>-1</sup>, супесчаного – 3,10–3,37 смоль(+) $\cdot$ кг<sup>-1</sup>, связнопесчаного – 2,74 смоль(+) $\cdot$ кг<sup>-1</sup>. В агрогумусовых горизонтах почв пахотных земель на суглинистых и связносупесчаных породах величина показателя близка к 7,0 смоль(+) $\cdot$ кг<sup>-1</sup>, на рыхлосупесчаных – 6,41 смоль(+) $\cdot$ кг<sup>-1</sup>, на связнопесчаных – понижается до 3,39 смоль(+) $\cdot$ кг<sup>-1</sup>.

Емкость поглощения в гумусово-аккумулятивных горизонтах естественных почв всех разновидностей выше, нежели в агрогумусовых горизонтах пахотных, и составляет в суглинистых и связносупесчаных 11,17–9,16 смоль(+) $\cdot$ кг<sup>-1</sup>, рыхлосупесчаных – 8,61 смоль(+) $\cdot$ кг<sup>-1</sup>, связнопесчаных – 7,11 смоль(+) $\cdot$ кг<sup>-1</sup>. В почвах пахотных земель емкость поглощения находится в интервале 8,57–7,93 смоль(+) $\cdot$ кг<sup>-1</sup> на суглинистых и супесчаных породах, на связнопесчаных – 4,71 смоль(+) $\cdot$ кг<sup>-1</sup>.

Степень насыщенности основаниями в почвах под лесом на суглинках составляет 47,07%, в остальных вариантах – около 40%. В агроестественных почвах, сформировавшихся на суглинистых и супесчаных отложениях, величина этого критерия равна 77,94–75,89%, а на связнопесчаных – 67,98%.

В естественных автоморфных дерново-подзолистых почвах *Белорусского Полесья* (табл. 1) содержание гумуса примерно одинаковое в супесчаных и связнопесчаных разновидностях и составляет около 1,5%. В агрогумусовых горизонтах почв пашни наблюдается аналогичная тенденция: содержание гумуса в почвах на всех породах возрастает до 2,4%.

Величина суммы поглощенных оснований в лесных почвах, развивающихся на супесчаных отложениях, приближается к 5,0 смоль(+) $\cdot$ кг<sup>-1</sup>, а на связнопесчаных находится в пределах 3,0 смоль(+) $\cdot$ кг<sup>-1</sup>. Почвы пахотных земель характеризуются более высокой величиной показателя, который варьирует в пределах 6,20–5,24 смоль(+) $\cdot$ кг<sup>-1</sup> с минимумом на связных песках.

Емкость поглощения в естественных связносупесчаных почвах приближается к отметке 9,5 смоль(+) $\cdot$ кг<sup>-1</sup>, связнопесчаных – к 7,0 смоль(+) $\cdot$ кг<sup>-1</sup>. В почвах пашни она составляет приблизительно 7–8 смоль(+) $\cdot$ кг<sup>-1</sup>.

Величина степени насыщенности основаниями в гумусово-аккумулятивных горизонтах лесных почв изменяется от 43,83–41,32% на супесчаных породах до 34,78% на связнопесчаных. В агроестественных почвах, развивающихся на супесчаных и связнопесчаных отложениях, этот показатель находится в интервале 77,59–75,22%.

Анализ изменения среднестатистических величин основных критериев генетических свойств исследуемых почв в процессе их освоения и использования в сельскохозяйственном производстве (табл. 2) позволил установить, что наибольшее снижение содержания гумуса имеет место на суглинистых разновидностях территории Белорусского Поозерья – отклонение составляет –48%, в Центральной провинции – в 2 раза меньшее (–22%). В почвах на связносупесчаных отложениях в этих же зонах отклонения составляют –26 и –12% соответственно, сокращаясь в рыхлосупесчаных разновидностях до –15 и –2%. В провинции Белорусского Полесья почвы на всех породах гумус накапливают, то есть отклонение его содержания положительное и находится в интервале +68 – +59%.

Отклонение суммы поглощенных оснований в почвах на всех породах во всех ПЭП положительное и колеблется от +10% на суглинистых разновидностях в провинции Белорусского Поозерья до +100% и более в супесчаных разновидностях Северной и Центральной провинций и связнопесчаных Белорусского Полесья.

Таблица 2

**Изменение среднестатистических показателей критериев генетических свойств естественных автоморфных дерново-подзолистых почв в процессе их освоения и использования в сельскохозяйственном производстве, % отклонения**

Почвенно-экологическая провинция	Критерий	Легко-суглинистые	Связно-супесчаные	Рыхло-супесчаные	Связно-песчаные
Северная	Hm	–48	–26	–15	+27
Северная	S	+10	+104	+126	+46
Северная	T	–35	–30	–24	–31
Северная	V	+54	+138	+174	+175
Центральная	Hm	–22	–12	–2	+41
Центральная	S	+34	+116	+90	+24
Центральная	T	–23	–9	–8	–34
Центральная	V	+66	+103	+107	+87
Южная	Hm	–	+68	+59	+66
Южная	S	–	+23	+29	+101
Южная	T	–	–25	–16	–0,3
Южная	V	–	+81	+82	+108

Примечание. Hm – гумус, %; S – сумма поглощенных оснований, смоль(+)-кг<sup>-1</sup>; T – емкость поглощения, смоль(+)-кг<sup>-1</sup>; V – степень насыщенности основаниями, %.

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Отклонение величины емкости поглощения имеет отрицательный характер. Почвы суглинистого гранулометрического состава провинции Белорусского Поозерья теряют свою поглотительную способность на 35%, а в Центральной – на 23%. Отклонение показателей этого свойства в почвах на связносупесчаных отложениях составляет –30% в Белорусском Поозерье и –25% в Белорусском Полесье, а на рыхлосупесчаных колеблется от –24 до –16% соответственно. В Центральной провинции отклонение в почвах на супесчаных породах составляет –9% (связносупесчаных) и –8% (рыхлосупесчаных).

В почвах суглинистого гранулометрического состава изменение степени насыщенности основаниями равняется +54 – +66% в Белорусском Поозерье и Центральной провинции. В почвах на супесчаных и связнопесчаных отложениях Белорусского Поозерья отклонение по этому критерию составляет +138 – +175%, в Центральной и Белорусском Полесье – около +100%.

Проведенный анализ всего массива данных позволил нам предпринять попытку оценить степень устойчивости автоморфных дерново-подзолистых почв, дифференцированных по гранулометрическому составу, к агрогенным воздействиям в различных почвенно-экологических провинциях республики.

С учетом рассчитанных величин отклонений свойств агроестественных почв от свойств их естественных аналогов построена ориентировочная шкала категорий оценки. При этом система проведения ранжирования (оценка) включала следующие этапы:

**1 этап** – выделение классов устойчивости почв, каждому из которых соответствуют определенные пределы варьирования отклонений основных почвенных критериев, разработанных путем собственной экспертной оценки. Нами предлагается выделять следующие классы устойчивости почв (табл. 3):

1 класс – соответствует определенному уровню изменения критериев генетических свойств почв, при котором эти свойства слабо изменяются либо сохраняются,

2 класс – соответствует такому уровню изменения критериев генетических свойств почв, при котором эти свойства изменяются в средней степени,

3 класс – соответствует определенному уровню изменения критериев генетических свойств почв, при котором эти свойства сильно изменяются;

Таблица 3

### Шкала степени устойчивости отдельных критериев генетических свойств почв к агрогенным воздействиям

Класс устойчивости почв	Hm	S	T	V
1	≤ 15%	≤ 20%	≤ 20%	< 70%
2	15,1–30%	20,1–50%	20,1–40%	70–100%
3	> 30%	> 50%	> 40%	> 100%

**2 этап** – присвоение номера класса величинам отклонений почвенных показателей согласно принятой градации (табл. 4, графы 3–6);

Таблица 4

**Оценка устойчивости автоморфных дерново-подзолистых почв почвенно-экологических провинций Беларуси**

Почвенно-экологическая провинция	Гранулометрический состав	Критерий				КУП	Категория устойчивости почв
		Hm	S	T	V		
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Белорусское Поозерье</b>	легкосуглинистые	3	1	2	1	0,3	наиболее устойчивые
	связносупесчаные	2	3	2	3	1,3	неустойчивые
	рыхлосупесчаные	1	3	2	3	1,0	неустойчивые
	связнопесчаные	2	2	2	3	1,0	неустойчивые
<b>ОКУП</b>						<b>0,7</b>	<b>менее устойчивые</b>
<b>Центральная</b>	легкосуглинистые	2	2	2	1	0,3	наиболее устойчивые
	связносупесчаные	1	3	1	3	0,7	менее устойчивые
	рыхлосупесчаные	1	3	1	3	0,7	менее устойчивые
	связнопесчаные	3	2	2	2	1,0	неустойчивые
<b>ОКУП</b>						<b>0,8</b>	<b>менее устойчивые</b>
<b>Белорусское Полесье</b>	связносупесчаные	3	2	2	2	1,0	неустойчивые
	рыхлосупесчаные	3	2	1	2	0,7	менее устойчивые
	связнопесчаные	3	3	1	3	1,3	неустойчивые
<b>ОКУП</b>						<b>1,1</b>	<b>неустойчивые</b>

**3 этап** – определение КУП (коэффициента устойчивости почвы) (табл. 4, графа 7) по формуле:

$$КУП = \frac{\sum_{классов} }{n} - (n - 1) ,$$

где КУП – коэффициент устойчивости почвы, n – количество используемых классов;

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

**4 этап** – оценка устойчивости каждой почвенной разновидности, которая заключается в присвоении полученному КУП определенной категории (табл. 5 и табл. 4, графа 8);

Таблица 5

### Категории устойчивости почв

КУП	Категории устойчивости почв
$\leq 0,30$	наиболее устойчивые
0,31–0,60	устойчивые
0,61–0,90	менее устойчивые
$> 0,90$	неустойчивые

**5 этап** – определение ОКУП (общего коэффициента устойчивости почвы) и также присвоение ей соответствующей категории:

$$\text{ОКУП} = \frac{\sum (\text{КУП} \times S)}{\sum S},$$

где КУП – коэффициент устойчивости для каждой почвенной разновидности, S – площадь почв определенного гранулометрического состава, га.

Полученные результаты оценки устойчивости *автоморфных дерново-подзолистых почв* в почвенно-экологических провинциях республики демонстрирует таблица 4.

## ВЫВОДЫ

Сравнительная оценка степени устойчивости автоморфных дерново-подзолистых почв к агрогенным воздействиям в различных почвенно-экологических провинциях Республики Беларусь показала, что:

– легкосуглинистые почвенные разновидности исследуемых почв оказываются наиболее устойчивыми к агрогенным нагрузкам. Коэффициент их устойчивости в Северной и Центральной ПЭП равен 0,3;

– почвы связносупесчаного гранулометрического состава входят в категорию менее устойчивых в пределах Центральной провинции и неустойчивых – в Северной и Южной. Рыхлосупесчаные разновидности являются менее устойчивыми в почвенном покрове пахотных земель Южной и Центральной провинций и неустойчивыми – в Северной. Коэффициент устойчивости почв супесчаного гранулометрического состава колеблется от 0,7 до 1,3;

– песчаные разновидности дерново-подзолистых почв являются неустойчивыми во всех почвенно-экологических провинциях. Коэффициент устойчивости этих почв колеблется от 1,0 в Северной и Центральной провинциях до 1,3 – в Южной.

То есть степень устойчивости почв к агрогенным воздействиям конкретной территории определяется генетическими особенностями, с одной стороны,

долей почв того или иного гранулометрического состава в компонентном составе почвенного покрова пахотных земель, с другой, и характером хозяйствования, с третьей.

Отметим, что данная разработка – первый шаг в области проведения оценки устойчивости почв к антропогенным воздействиям по отдельным критериям их генетических свойств.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Представление об устойчивости почв к внешним воздействиям // Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям: тез. докл. Всерос. конф., Москва, 24–25 апр. 2002 г. / под ред. Н.Б. Хитрова. – М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2002. – С. 3–6.
2. Оценка экологического состояния почвенно-земельных ресурсов и окружающей природной среды Московской области / под ред. Г.В. Добровольского, С.А. Шобы. – М.: Издво МГУ, 2000. – 221 с.
3. Агроэкологическая составляющая потенциала почвенно-земельных ресурсов / Т.А. Романова [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – № 2 (45). – С. 40–49.
4. Масютенко, Н.Н. Оценка влияния степени агрогенного воздействия на экологическое состояние почвы / Н.П. Масютенко, А.В. Кузнецов // Экологическое нормирование, сертификация и паспортизация почв как научная основа рационального землепользования: материалы междунар. науч.-практ. конф. – М.: МАКС Пресс, 2010. – С.115–117.
5. Безуглова, О.С. Методы мониторинга гумусового состояния почв / О.С. Безуглова, А.Г. Бесчетнова, Е.М. Цвылев // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения: тез. докл. Всерос. конф., 16–18 июня 1998. – М., 1998. – Т. 1. – С. 154–156.
6. Околелова, А.А. Экологические принципы сохранения почвенного покрова: монография / А.А. Околелова, О.С. Безуглова, Г.С. Егорова. – Волгоград: ВолгГТУ, 2006. – 96 с.
7. Двинских, С.А. Оценка экологической ситуации в Пермской области с учетом интенсивности природопользования / С.А. Двинских, Т.В. Зуева // Экология и основы природопользования. – 2005. – С. 124–137.
8. Каторгин, И.Ю. Анализ и оценка агроландшафтов Ставропольского края с использованием геоинформационных технологий: дис. ...канд. геогр. наук: 25.00.26 / И.Ю. Каторгин. – Ставрополь, 2004. – 167 л.
9. Яковлев, А.С. Методологические принципы экологического нормирования почв и управление их качеством (экоменеджмент почв) / А.С. Яковлев, Т.В. Решетина // Экологическое нормирование, сертификация и паспортизация почв как научная основа рационального использования: материалы докл. Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 30 окт. – 1 ноября 2010 г. – М.: МГУ им. Ломоносова, 2010. – С. 189–193.
10. Зонально-провинциальные нормативы изменений агрохимических, физико-химических и физических показателей основных пахотных почв европейской территории России при антропогенных воздействиях: метод. рекомендации / А.С. Фрид [и др.]. – М.: ГНУ Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2010. – 176 с.

## **1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование**

11. Балюк, Н.Н. Принципы экологического нормирования допустимой антропогенной нагрузки на почвенный покров Украины / С.А. Балюк, Н.Н. Мирошниченко, А.И. Фатеев // Почвоведение – 2008. – № 12. – С. 1501–1509.

12. Черныш, А.Ф. Принципы экологического нормирования допустимой антропогенной нагрузки на почвенный покров агроландшафтов Беларуси / А.Ф. Черныш, А.Н. Червань, Ю.П. Качков // Почвоведение и агрохимия. – № 1(50). – 2013. – С. 26–41.

13. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: прак. пособие / Г.И. Кузнецов [и др.]; под ред. Г.И. Кузнецова, Н.И. Смеяна. – Минск: Оргстрой, 2001. – 432 с.

### **ESTIMATION OF THE DEGREE OF STABILITY OF THE SOD-PODZOLIC SOILS OF BELARUS TO THE AGROGENIC IMPACTS**

**S.V. Shul'gina, G.S. Tsytron, L.I. Shibut, V.A. Kalyuk**

#### **Summary**

In the article the attempt of estimation of the degree of stability of authomorphic agrosod-podzolic soils of Belarus to the anthropogenic impacts in dependence from texture was given. Factor of stability of soils was established on the basis of changes their genetical properties (such as contents of the humus, total absorbed basis, basic capacity, degree of base saturation) in process of reclamation and cultivation.

*Поступила 20.11.13*

УДК 528.77:631.44

### **КАРТОГРАФИРОВАНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ОСУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ БЕЛУРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

**М.Ф. Курьянович**

*НПЦ по геологии, г. Минск, Беларусь*

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Белорусское Полесье в силу сложившихся социально-экономических и исторических обстоятельств в XX веке подверглось широкомасштабной осушительной мелиорации. К началу 80-х гг. площадь осушенных земель в Белорусском Полесье достигла 1,3 млн га. В результате в ряде районов (Ганцевичском,

Лунинецком, Калинковичском, Петриковском, Октябрьском, Любаньском, Солигорском, Глуском) земледелие на 60–80% размещается на осушенных землях. Последствия мелиорации, сопровождающиеся существенными изменениями водного, воздушного, теплового режимов почв в сочетании с интенсивным сельскохозяйственным использованием земель, зачастую носят негативную окраску, которая выражается в потере органического вещества торфа, усилении неоднородности почвенного покрова и снижении производительной способности почв, что способствует нарушению экологического равновесия [10].

Скорость уменьшения торфяного слоя мелиорированных торфяных почв определяется тремя факторами: усадкой (уплотнением), минерализацией органического вещества и интенсивностью эрозии. Скорость этих процессов зависит от продолжительности осушения, механической обработки почвы, количества вносимых удобрений, поступления в почву послеуборочных растительных остатков, продолжительности использования в сельском хозяйстве, а также от ботанического состава, степени разложения и зольности торфа [2].

Данные процессы способствуют деградации торфяно-болотных почв, что находит отражение в изменении структуры почвенного покрова. Отсутствие или недостаточно точное, **неполное отражение ее на почвенных картах существенно** снижает ценность последних. Картографирование почв данных территорий традиционными методами вызывает значительные трудности из-за высокой неоднородности почвенного покрова и фактически отсутствием ориентиров для выделения границ почв. В качестве ориентиров, как правило, используются только каналы мелиоративной сети. Высокая пестрота почв и недостаток ориентиров при выведении их границ приводит к снижению информативности почвенных карт, выражающемуся в недостаточно полном отображении неоднородности почвенного покрова.

Космические снимки, обладающие высокой обзорностью и детальностью изображения территории, позволяют ее анализировать и дифференцировать в зависимости от степени неоднородности почвенного покрова, что делает возможным определение места закладки ключевых участков для почвенных комбинаций с различной степенью неоднородности. Основными критериями выделения почвенных комбинаций послужили рисунок изображения на аэрокосмических снимках и неоднородность почвенного покрова.

Игнорирование неоднородности почвенного покрова в процессе хозяйственного использования приводит к серьезным экономическим издержкам и экологическим конфликтам [5].

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являлась неоднородность почвенного покрова мелиорированных озерно-аллювиальных низин Белорусского Полесья. Выбор объекта исследования обусловлен большим разнообразием и высокой неоднородностью почвенного покрова, отображение которого на почвенных картах без использования материалов дистанционного зондирования вызывает большие трудности. Исследования проводились на 11 ключевых участках на территории ОАО «Парохонск» Пинского района и Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства (ПОСМЗ и Л) Лунинецкого района, которые

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

были заложены в зависимости от неоднородности почвенного покрова. Почвенный покров изучаемой территории представлен торфяными почвами различной мощности (торфянисто-глеевыми, торфяно-глеевыми, торфяными маломощными и среднемощными), дерново-глееватыми, дегроторфяными (торфяно-минеральными, **минеральными остаточно-торфяными и минеральными постторфяными**) с различным содержанием органического вещества.

Для исследования использовались панхроматические аэрофотоснимки масштаба 1 : 50 000 и космические снимки системы Landsat с пространственным разрешением 50 м различных сезонов съемки, а также почвенные карты масштаба 1 : 50 000. Аэрофотоэталон почвенных комбинаций были составлены на основе снимков масштаба 1 : 10 000.

Для количественной характеристики почвенных комбинаций аэрофотоэталон использовались коэффициенты структуры почвенного покрова (расчленения, контрастности и неоднородности). Коэффициент расчленения вычислялся путем деления сумм длин контуров почвенных разновидностей на площадь ключевого участка. Контрастность характеризующая степень различия свойств почв устанавливалась по шкале контрастности [8]. Однако в связи с тем, что в данной шкале отсутствуют деградированные торфяные почвы, при расчете коэффициента контрастности мы все деградированные торфяные почвы приравнивали к торфяно-глеевым с коэффициентом 1. По шкале контрастности определяли коэффициент торфянисто-глеевой почвы по отношению к фоновой и далее по мере уменьшения содержания органического вещества в деградированной почве умножали на понижающий коэффициент. Например, коэффициент контрастности торфянисто-глеевой по отношению к торфяно-глеевой почве ( $T = 30-50$  см) по шкале контрастности равен 5,3, далее для определения коэффициента контрастности для деградированных торфяно-минеральных с содержанием органического вещества 40–50% мы умножаем коэффициент 5,3 на 0,8, с содержанием органического вещества 30–40% – на 0,6, 20–30% – на 0,4, 10–20% – на 0,2. При определении степени контрастности почвенной комбинации, в границах которой находятся несколько разновидностей почв, использовалась формула Юодиса Ю.К.:

$$K_k = (ax + by + \dots cz) / 20,$$

где  $K_k$  – коэффициент контрастности почвенного покрова;

$a, b, c$  – площади почв в % от общей площади ПК территории участка;

$x, y, z$  – степень контрастности соответствующих почв по отношению к доминирующей почве, определяемой по шкале. Деление на условную величину коэффициента контрастности – 20 позволяет получить удобную для пользования величину коэффициента контрастности. Коэффициент неоднородности определялся как произведение коэффициента расчленения на коэффициент контрастности.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ структуры почвенного покрова изучаемой территории по материалам аэрокосмической съемки показал ее высокую неоднородность. На космических снимках, особенно ранневесенних, распаханые территории имеют ярко

выраженный пятнистый рисунок изображения. Данный рисунок изображения формируют почвенные комбинации, фоном у которых служат различной мощности торфяные почвы, а на «островах» – деградированные торфяные (деградированные с различным содержанием органического вещества) и дерново-глебоватые. Наличие деградированных почв является следствием осушительной мелиорации.

Одним из последствий проведения мелиорации стало изменение исходного рельефа территории, что обусловлено в первую очередь неравномерностью сработки первоначальной торфяной залежи. В результате значительно понизились абсолютные отметки высот осушенных территорий, возросли относительные высоты, увеличилась глубина и густота расчленения рельефа. Одновременно происходит образование или значительное углубление уже существующих замкнутых западин. На мелкозалежных торфяниках появляются минеральные повышения, что в значительной степени изменяет и усложняет структуру почвенного покрова осушенных территорий [10].

Осушенные торфяно-болотные почвы обладают высоким потенциальным плодородием, что является одной из основных причин, побуждающих земледельцев к их интенсивному использованию. Особенно привлекательны осушенные торфяники для возделывания пропашных культур, поскольку исключается необходимость внесения органических удобрений. Но именно пропашные культуры губительны для этих почв [7].

Исследования [6] показывают, что из 1068, 2 тыс. га осушенных торфяных почв в республике к 2000 г. в составе сельскохозяйственных земель сохранились лишь 877,9 тыс. га.

Анализ разновременных снимков, а также ряд исследований [2, 6, 10] указывает на то, что данные процессы продолжают развиваться и требуют постоянного мониторинга.

По аэрофотоснимкам на территорию ключевых участков были составлены почвенные карты и выполнена их картометрическая обработка (рис.). По рисунку изображения и коэффициентам структуры почвенного покрова почвенные комбинации ключевых участков были ранжированы в пять групп: однородные, слабонеоднородные, среднееднородные, сильнонеоднородные и очень сильнонеоднородные. Выделенные почвенные комбинации существенно различаются по рисунку изображения, составу почв и их количественному соотношению, доли фоновой почвы по отношению к их общей площади.

Данные таблицы наглядно демонстрируют высокую взаимосвязь количественных показателей почвенных комбинаций и рисунка изображения. Особенно выразительно это отражают коэффициенты контрастности и неоднородности.

Следует отметить, что у всех почвенных комбинаций, кроме сильнонеоднородных, фоновыми являются различные по мощности торфяные почвы, которые на снимках изображаются темным тоном. Однако контурная нагрузка почвенных карт и количественные показатели структуры почвенного покрова изменяются в сторону увеличения от слабонеоднородных к сильнонеоднородным. Это разнообразие изображения на снимках создают деградированные почвы, представленные различными оттенками серых пятен.

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

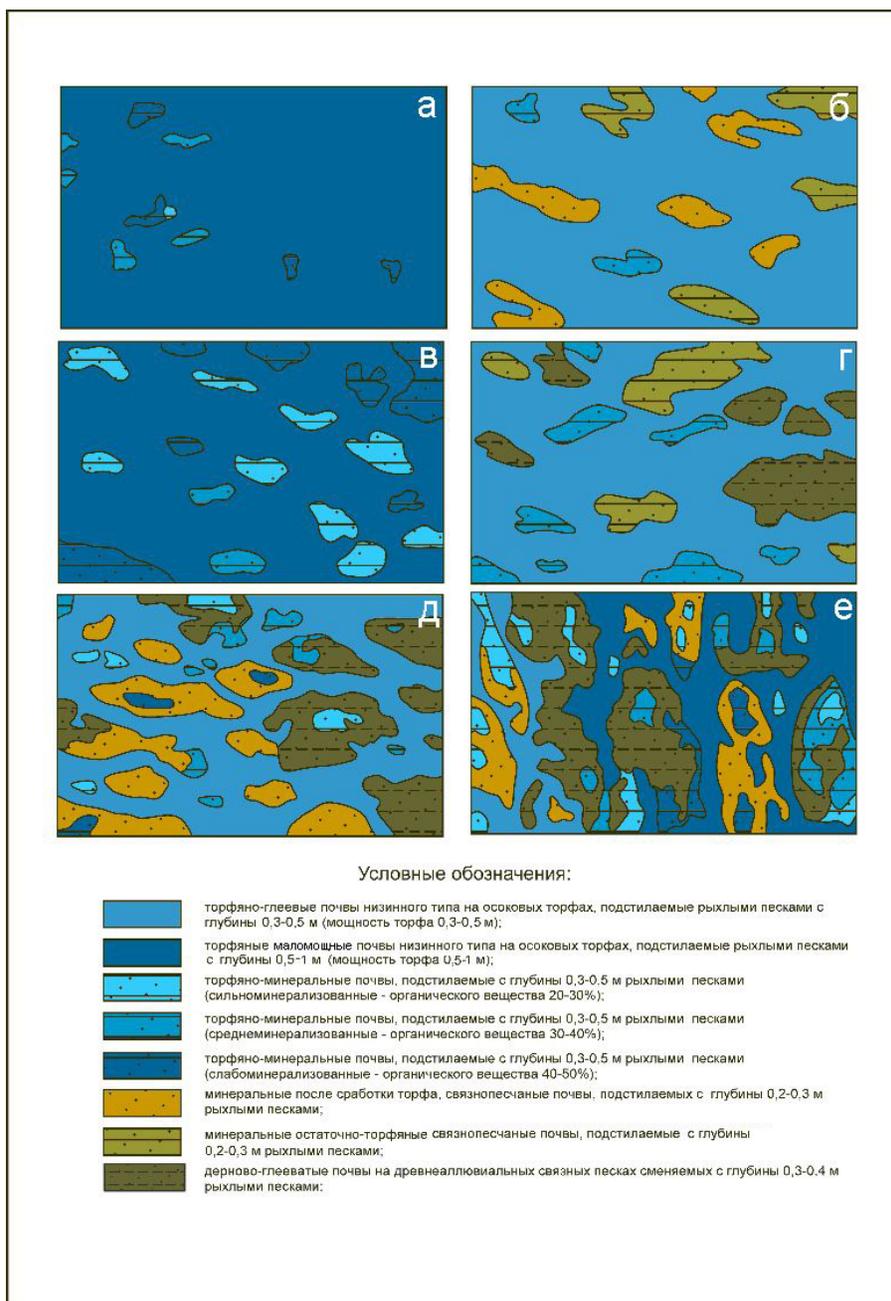


Рис. Почвенные комбинации аэрофотозаталонов (а – однородные –  $K_n = 0,02$ ; б – слабонеоднородные –  $K_n = 0,21$ ; в – слабонеоднородные –  $K_n = 0,3$ ; г – среднееоднородные –  $K_n = 0,84$ ; д – очень сильнонеоднородные –  $K_n = 5,2$ ; е – очень сильнонеоднородные –  $K_n = 6,8$ )

## Количественные характеристики почвенных карт аэрофотозаталонов

№ п/п	Вид рисунка аэроизображения почвенных комбинаций	Площадь островов		Количество контуров	Почвенная комбинация	Кр	Кк	Кн
		га	%					
1	Однородные	54,0	2,41	10	$T_{295} + T_{д5}$	0,12	0,2	0,02
2	Однородные	51,2	7,28	17	$T_{184} + T_{д12} + ДБ_{дТ4}$	0,19	0,38	0,07
3	Слабонеоднородные	54,0	16,86	20	$T_{170} + T_{д118} + T_{д212}$	0,25	0,87	0,21
4	Слабонеоднородные	54,0	12,9	19	$T_{276} + T_{д114} + T_{д310}$	0,26	1,1	0,3
5	Среднеоднородные	52,5	9,84	13	$T_{181} + ДБ_{д110} + ДБ_{дТ9}$	0,22	2,86	0,62
6	Среднеоднородные	54,0	9,35	20	$T_{182} + ДБ_{д210} + T_{д8}$	0,23	2,82	0,65
7	Среднеоднородные	54,0	15,58	19	$T_{171} + ДБ_{д22} + T_{д7}$	0,24	4,07	0,81
8	Среднеоднородные	51,04	11,36	19	$T_{277} + T_{д13} + ДБ_{д110}$	0,23	3,7	0,84
9	Сильнеоднородные	39,7	10,36	22	$T_{288} + T_{д19} + ДБ_{д117}$	0,25	5,9	1,5
10	Очень сильнеоднородные	52,3	22,23	36	$T_{155} + ДБ_{д40} + T_{д5}$	0,44	11,8	5,2
11	Очень сильнеоднородные	38,2	18,66	40	$T_{151} + ДБ_{д82} + T_{д16}$	0,63	10,7	6,8

Условные обозначения:

$T_1$  – торфяно-глеевые почвы с мощностью торфа 30–50 см;

$T_2$  – торфяно-маломощные с мощностью торфа 50–100 см;

$T_{д1}$  – торфяно-минеральные слабоминерализованные почвы с содержанием органического вещества 40–50%;

$T_{д2}$  – торфяно-минеральные среднеминерализованные почвы с содержанием органического вещества 30–40%;

$T_{д3}$  – торфяно-минеральные сильноминерализованные почвы с содержанием органического вещества 20–30%;

$ДБ_{дТ}$  – минеральные остаточно-торфяные почвы;

$ДБ_{д1}$  – минеральные почвы после сработки торфа (постторфяные);

$ДБ$  – дерново-глееватые почвы.

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Неоднородность почвенного покрова сильнонеоднородных и очень сильнонеоднородных почвенных комбинаций в 17 раз выше, чем у слабооднородных.

Исследования [9] показывают, что даже слабоконтрастные почвы (дерново-слабо- и среднеподзолистые) различаются по продуктивности 3–4 ц/га, более контрастные – в 1,5 раза и более.

Различия продуктивности между торфяными и минеральными разновидностями почв достигли 6,8–22,1 ц/га к.ед., или 5–18% [10]. Поэтому при определении сельскохозяйственной направленности использования данных почвенных комбинаций одним из важнейших показателей должна служить неоднородность почвенного покрова, а не преобладающая по площади фоновая почва.

Учет влияния неоднородности на производительную способность почв осуществляется посредством введения понижающих поправочных коэффициентов к баллу почв, установленному по шкале, в зависимости от степени неоднородности почвенного покрова [11].

Согласно методике кадастровой оценки земель, первичной территориальной единицей оценки являются рабочие участки, в пределах которых выполняются все полевые работы на сельскохозяйственных предприятиях [4]. Отсюда следует, что при формировании полей и рабочих участков целесообразно учитывать неоднородность почвенного покрова, которая выражается соответствующими коэффициентами.

С целью сохранения осушенных торфяников и их рационального использования Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь был разработан «План мероприятий на 2008–2012 годы по сохранению торфяных почв и их продуктивного долголетия, сдерживание негативных процессов снижения содержания в них органического вещества» [7].

В соответствии с данным планом УП «Проектный институт Белгипрозем» в экспериментальном порядке были разработаны проекты внутрихозяйственного землеустройства для сельскохозяйственных предприятий, в которых предусмотрена поучастковая форма организации использования обрабатываемых земель, благоприятствующая внедрению адаптивного земледелия. Выделенные участки в зависимости от характеристики почвенного покрова были ранжированы в пять групп [7]: первая группа – торфяные почвы с мощностью торфа > 1 м, вторая – мелкозалежные торфяники 0,5–1,0 м, третья – торфянисто и торфяно-глеевые почвы, четвертая – участки с дегроторфяными почвами (торфяно-минеральными и минеральными остаточно-торфяными), пятая – участки на изначально минеральных и постторфяных минеральных связнопесчаных почвах. Для каждой группы участков рекомендована своя структура посевных площадей различных сельскохозяйственных культур.

Во всех выделенных нами группах почвенных комбинаций преобладают различной мощности торфяные почвы. Однако неоднородность почвенного покрова резко контрастирует между группами. Если у слабонеоднородных коэффициент неоднородности колеблется в пределах от 0,2 до 0,3, то у среднееднородных он составляет от 0,62 до 1,5, сильнонеоднородных – 5,2–6,8. Эти количественные различия проявляются в пятнистости рисунка изображения на аэрокосмических снимках (табл.).

В соответствии с рекомендациями по составлению проектов внутрихозяйственного землеустройства, на осушенных торфяно-болотных почвах с

глубиной залегания торфа более 1 м (однородных почвенных комбинаций) могут возделываться многолетние травы – до 50%, зерновые – до 40%, пропашные – до 10% [7].

Слабонеоднородные и среднееднородные почвы, у которых фоновой почвой являются торфянисто- и торфяно-глеевые, в соответствии со статьей 21 Закона Республики Беларусь «О мелиорации земель» должны использоваться под многолетние травы длительного пользования. Сильнееднородные почвы могут использоваться для возделывания всех сельскохозяйственных культур: многолетних трав – до 40%, зерновых – до 40%, кукурузы на силос и на зерно – до 10%, других пропашных – до 10% [3].

Сравнительный анализ почвенных карт, составленных по аэрофотоснимку и на основе плана землепользования, показал их существенные различия в неоднородности почвенного покрова, что проявляется в рисунке изображения на аэрокосмических снимках. Отмечено значительное уменьшение контуров по площади, но увеличение количества контуров с минеральными почвами, которые формируются на небольших повышениях в виде островов, контрастно выделяющихся на фоне торфяных почв. Усложнилась изрезанность границ контуров, о чем свидетельствуют коэффициенты расчленения (табл.).

### ВЫВОДЫ

1. Материалы дистанционных съемок являются эффективным средством изучения неоднородности почвенного покрова для территорий со сложным микрорельефом. Установлена тесная взаимосвязь между количественными показателями СПП, рисунком изображения на МДС (материалы дистанционных съемок) и неоднородностью почвенного покрова на почвенных картах.
2. Разработанные аэрофотоэталонные почвенных комбинаций и их количественные показатели могут использоваться при визуальном и автоматизированном дешифрировании структуры почвенного покрова для территорий с осушенными торфяными почвами.
3. Выделенные почвенные комбинации могут служить основой для разработки проектов внутрихозяйственного землеустройства для возделывания сельскохозяйственных культур на территории с осушенными торфяными почвами.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бамбалов, Н.Н. Почвы, формирующиеся в результате разрушения торфяного слоя / Н.Н. Бамбалов // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – № 1. – С. 80–83.
2. Бамбалов, Н.Н. Причины и следствия ускоренной деградации торфяных почв / Н.Н. Бамбалов // Белорусское Полесье. – 2001. – Вып. 1. – С. 14–20.
3. О мелиорации земель: Закон Республики Беларусь от 12 авг. 2008 г. № 423–З.
4. Кадастровая оценка земель сельскохозяйственных предприятий: метод. указания / Г.И. Кузнецов [и др.]; Комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии при Совете Министров Республики Беларусь. – Минск, 2001. – 116 с.

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

5. Качков, Ю.П. Почвенный покров как территориальная основа организации аграрного землепользования / Ю.П. Качков, В.М. Яцухно, О.Ф. Башкинцева // Земля Беларуси. – 2006. – № 4 – С. 23–27.

6. Курьянович, М.Ф. Влияние неоднородности почвенного покрова на его сельскохозяйственное использование / М.Ф. Курьянович // Экологические проблемы XXI века: материалы конф. МГЭУ им. А.Д. Сахарова. – 2013. – С. 279

7. Мороз, Г. Проблема сохранения осушенных торфяно-болотных почв по-прежнему актуальна / Г. Мороз // Земля Беларуси. – 2012. – № 2. – С. 10–15.

8. Никитина, А.Н. Шкала контрастности почв БССР / А.Н. Никитина // Структура почвенного покрова и использование почвенных ресурсов. – М.: Наука, 1978. – С. 52–57.

9. Синицина, М.Г. О неоднородности почвенного покрова в подзоне дерново-подзолистых почв и ее учете при крупномасштабном картировании почв / М.Г. Синицина // Структура почвенного покрова и методы ее изучения. – М., 1973. – С. 74–88.

10. Черныш, А.Ф. Закономерности изменения компонентного состава почвенного покрова дефляционноопасных мелиоративных земель Полесья по данным мониторинговых наблюдений / А.Ф. Черныш, А.Э. Радюк, Н.А. Лихацевич // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – № 2. – С. 25–35.

11. Шибут, Л.И. Учет неоднородности почвенного покрова при кадастровой оценке земель в Беларуси / Л.И. Шибут, Г.С. Цытрон, В.А. Калюк // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 1(46). – С. 21–28.

## MAPPING THE HETEROGENEITY OF SOIL COVER OF RECLAIMED LAND BELARUSIAN POLESSYE BASED ON REMOTE SENSING DATA

M.F. Kuryanovich

### Summary

The results of studies of heterogeneity of soil reclaimed land Belarusian Polesye was expounded. The close relationship between the pattern image of soil combinations on the materials of remote sensing and between their of quantitative indicators the structure of the soil cover was detected.

*Поступила 21.11.13*

## СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА В АГРОДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

С.В. Дробыш<sup>1</sup>, Г.С. Цытрон<sup>2</sup>, О.В. Матыченкова<sup>2</sup>, Т.В. Бубнова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Проектный институт Белгипрозем, г. Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время массовое определение гумуса в почвах входит в содержание работ по крупномасштабному почвенному картографированию и (или) корректировке почвенных материалов предыдущих обследований, по агрохимическому обследованию обрабатываемых земель сельскохозяйственных организаций, по подготовке исходных данных для поучастковой кадастровой оценки земель, поскольку при подготовке исходных данных для поучастковой оценки предполагается выборочная актуализация сомнительных значений содержания гумуса. В не меньшей степени потребность в экспрессном определении показателей гумуса может возникать на этапе рассмотрения и согласования результатов оценки с землепользователями – сельскохозяйственными организациями и крестьянскими (фермерскими) хозяйствами для выявления сомнительных с точки зрения землепользователя значений оценочных баллов плодородия земельных участков.

Существует достаточно много способов определения гумуса [1–7]. К тому же в научной литературе имеется довольно обширная информация о влиянии гумуса и гранулометрического состава почв на их спектральную отражательную способность [8–13]. Нами также исследовано воздействие этих почвенных компонентов на отражательную способность пахотных (агрогумусовых) горизонтов агродерново-подзолистых почв [14, 15] и установлено, что почвы с одинаковым содержанием гумуса, дифференцированные по гранулометрическому составу, имеют разные спектральные коэффициенты отражения на одной длине волны и что длина волны в 750 нм является наиболее информативной для характеристики отражательной способности исследуемых почв. Именно эти исследования положены в основу разработки спектрофотометрического способа определения гумуса в агродерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава.

Цель данных исследований – разработка спектрофотометрического способа определения содержания гумуса в агрогумусовых (пахотных) горизонтах агродерново-подзолистых почв, дифференцированных по гранулометрическому составу.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований явились автоморфные агродерново-подзолистые почвы разного гранулометрического состава, занимающие 47% площади пахотных земель республики [16]. Исследовано 399 образцов из агрогумусовых

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

горизонтов вышеназванных почв: 122 образца легкосуглинистых разновидностей; 132 – связносупесчаных; 145 – рыхлосупесчаных и связнопесчаных. Содержание гумуса колебалось от 1,18% до 4,86%. Образцы отбирались в различных почвенно-экологических регионах республики и характеризуют все разнообразие разновидностей агродерново-подзолистых почв нашей страны.

Спектральные коэффициенты отражения на длине волны в 750 нм (СКО  $\lambda_{750}$ ) зарегистрированы в лабораторных условиях на спектрофотометре СФ–18. Аналитическое определение гумуса выполнено в лаборатории почвенно-агрохимических анализов РУП «Институт почвоведения и агрохимии» и в аналитических лабораториях РУП «Проектный институт Белгипрозем» и ОАО «Агрохимпроект» по ГОСТ 26213–91. Математическая обработка данных выполнена с помощью статистического пакета «Анализ данных» программы MicrosoftExcel.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Самым распространенным способом определения содержания гумуса в почвах, используемым при проведении практически всех научно-исследовательских работ, крупномасштабных почвенных и агрохимических обследований земель, является ГОСТ 26213–91 (химический), основанный на обработке образцов почвы раствором хромовой смеси с последующим определением трехвалентного хрома, эквивалентного содержанию гумуса, на фотоэлектроколориметре [1, 2]. Он представляет собой достаточно длительный трудоемкий процесс, требующий использования относительно дорогих химических реактивов и опытного химика-аналитика.

К другим способам относятся:

– определение содержания гумуса в пахотном горизонте минеральных почв по сумме фракций гранулометрических элементов менее 0,001 мм (фракции ила) с дополнительным определением сумм осадков и среднесуточных значений дефицита влажности воздуха за год для вычисления годового дефицита увлажнения, вводимого затем в формулу расчета стабилизированного уровня содержания гумуса. Как видим, требуется достаточно большое количество данных, одни из которых устанавливаются аналитическим путем (гранулометрический состав довольно трудоемкий вид анализа), а другие берутся из климатических справочников или вычисляются [3];

– экспресс-анализ определения гумуса в почвах, основанный на сравнении цвета почвенных горизонтов с эталонными образцами почв с помощью цифровой фотокамеры и компьютерной программы, является весьма перспективным, но для этого нужно иметь базу данных эталонных образцов с весьма широким диапазоном содержания в них гумуса, а ее в Беларуси пока нет. Существующая база данных этого способа охватывает в основном почвы дернового типа почвообразования, который не характерен для территории нашей страны [4];

– одновременное определение содержания гумуса и фосфора в почвах по калибровочному графику, построенному на основании установленной корреляционной зависимости между концентрацией радионуклида тория и содержанием фосфора и гумуса, требует определения тория химическим, радиохимическим или

спектрофотометрическими методами. Для любого из первых двух необходимо время, а спектрофотометрический выигрывает во времени, но уступает по точности (ошибка в определении гумуса составляет  $\approx 40\%$ ) [5];

– рентгенфлуоресцентный способ определения содержания гумуса основан на соотношении мышьяка к кобальту на предварительно построенном калибровочном графике на основании трех почвенных стандартов (Курский чернозем – СП–1; Московская дерново-подзолистая почва – СП–2 и Прикаспийская светлокаштановая почва – СП–3), в расчете на содержание мышьяка в почвах 2,5–7,5 мг/кг, кобальта – 10–14 мг/кг. В минеральных почвах Беларуси среднее содержание кобальта составляет 6 мг/кг (пределы колебаний 3–8,5 мг/кг), а содержание мышьяка в среднем ниже пределов чувствительности анализа [6, 17, 18].

В перечне веществ и методик определения их концентраций, допустимых к измерению на спектрофотометрах серии РV1251, фотометрах РМ21111, РА2600 и спектрофлуориметре СМ2203, указано также и органическое вещество почв при оптимальной длине волны 590 нм ( $\lambda_{590}$ ). Аналогичное упоминание о возможности массового определения гумуса на спектрофотометре «Инфрамед–61» имеется в статье С.Т. Самохвалова и др. в юбилейном сборнике «30 лет ЦИНАО» без дополнительных комментариев [7].

Исходя из этого, мы попытались разработать спектрофотометрический способ определения содержания гумуса, который позволял бы в большей степени устранить недостатки вышеперечисленных методов.

Для решения поставленной задачи было необходимо, во-первых, установить закономерности влияния содержания гумуса в агрогумусовом горизонте агродерново-подзолистых почв на показатели их спектральной отражательной способности, а во-вторых, установить соответствие между содержанием гумуса, полученным аналитическим методом (ГОСТ 26613–91) в лабораторных условиях и на основании спектральных коэффициентов отражения.

Поскольку в литературе встречается использование различных длин волн для установления зависимости спектральной отражательной способности почв от содержания гумуса, то нами были проведены исследования по установлению его влияния на показатели отражательной способности агродерново-подзолистых почв разного гранулометрического состава при длине волны в 680 нм ( $\lambda_{680}$ ), при длине волны в 750 нм ( $\lambda_{750}$ ) и рассчитанному на основании шести длин волн КО ( $\lambda_{440...690}$ ) (рис. 1–3), а также определению гумуса в почвах расчетным путем по спектральным коэффициентам отражения при  $\lambda_{680}$ ,  $\lambda_{750}$  и КО ( $\lambda_{440...690}$ ). То есть расчет содержания гумуса в исследуемых почвах проводился на основании уравнений регрессии между его содержанием и величиной спектральных коэффициентов отражения на разных длинах волн.

Математическая обработка данных (табл. 1) показала, что длина волны 750 нм является наиболее информативной и достоверной для определения гумуса в почвах любого гранулометрического состава – от суглинистых до рыхлосупесчаных и связнопесчаных, так как при этой длине волны все отклонения расчетного содержания гумуса от аналитических показателей составляют наименьшие значения. Так, например, для связносупесчаных разновидностей среднее отклонение значений при  $\lambda_{750}$  составляет всего 0,62 против 2,39 при  $\lambda_{680}$  и 2,56 при КО, для рыхлосупесчаных и связнопесчаных разновидностей среднее отклонение при  $\lambda_{750}$  составляет всего 0,21, а при других длинах волн – соответственно 1,20 и 1,30.

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Также % ошибки определения гумуса при этой длине волны минимален в сравнении с другими длинами волн и колеблется от 8,3% в связносупесчаных почвах до 2,8% в легкосуглинистых против 15,9% и 8,2% при  $\lambda_{440...690 \text{ нм}}$  (КО) и 18,2% и 4,9% при  $\lambda_{680 \text{ нм}}$ .

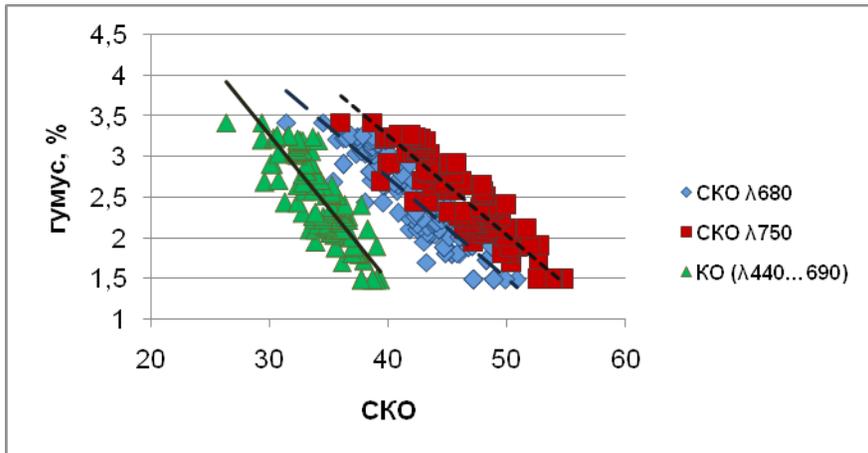


Рис. 1. Зависимость между содержанием гумуса в агродерново-подзолистых легкосуглинистых почвах и спектральным коэффициентом отражения

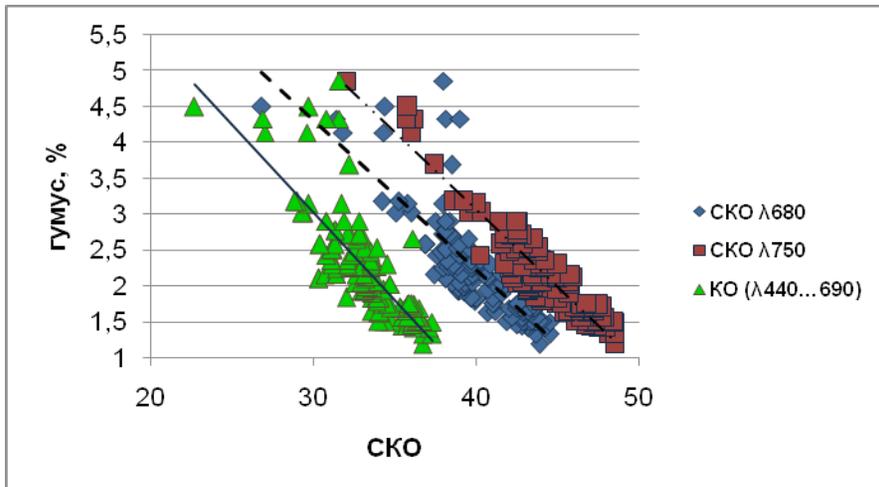


Рис. 2. Зависимость между содержанием гумуса в агродерново-подзолистых связносупесчаных почвах и спектральным коэффициентом отражения

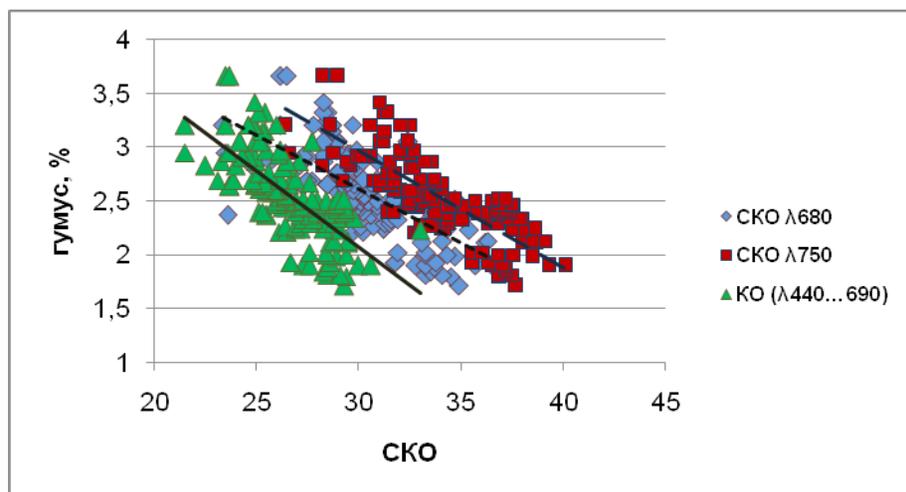


Рис. 3. Зависимость между содержанием гумуса в агродерново-подзолистых рыхлосупесчаных и связнопесчаных почвах и спектральным коэффициентом отражения

Все изложенное выше позволило нам предложить уравнения регрессии корреляционной зависимости между содержанием гумуса и спектральным коэффициентом отражения при длине волны 750 нм в качестве расчетных для определения содержания гумуса в исследуемых почвах:

– для суглинистого гранулометрического состава

$$y = -0,12x + 7,93 \quad (1);$$

– для связносупесчаного гранулометрического состава

$$y = -0,22x + 11,72 \quad (2);$$

– для рыхлосупесчаного и связнопесчаного гранулометрического состава

$$y = -0,097x + 5,78 \quad (3),$$

где  $y$  – содержание гумуса (%),  $x$  – величина СКО  $\lambda_{750}$ .

Например, (рис. 4) СКО  $\lambda_{750}$  для легкосуглинистых почв равен 48,6, то содержание гумуса в пахотном горизонте будет равно  $2,10 = -(0,12 \cdot 48,6) + 7,93$ ;

СКО  $\lambda_{750}$  для связносупесчаных почв равен 43,4, то содержание гумуса в пахотном горизонте будет равно  $2,20 = -(0,22 \cdot 43,4) + 11,72$ ;

СКО  $\lambda_{750}$  для рыхлосупесчаных и связнопесчаных почв равен 33,7, то содержание гумуса в пахотном горизонте будет равно  $2,51 = -(0,097 \cdot 33,7) + 5,78$ .

# 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Таблица 1

Результаты определения содержания гумуса в агродерново-подзолистых почвах по разным спектральным коэффициентам отражения (математическая обработка данных)

Показатели математической обработки	Гранулометрический состав почв											
	легкосуглинистый					связносупесчаный					рыхлосупесчаный и связнопесчаный	
	КО ( $\lambda_{440...680}$ )	СКО $\lambda_{680}$	СКО $\lambda_{750}$	КО ( $\lambda_{440...680}$ )	СКО $\lambda_{680}$	СКО $\lambda_{750}$	КО ( $\lambda_{440...680}$ )	СКО $\lambda_{680}$	КО ( $\lambda_{440...680}$ )	СКО $\lambda_{680}$	СКО $\lambda_{750}$	
Среднее значение отклонений	1,42	1,07	1,32	2,56	2,39	0,62	1,30	1,20	1,30	1,20	-0,21	
Стандартная ошибка	1,05	0,93	0,85	1,38	1,28	0,99	0,95	0,94	0,95	0,94	0,83	
Минимальное значение отклонений	-21,93	-13,67	-14,04	-45,93	-45,59	-17,62	-26,20	-22,12	-26,20	-22,12	-18,59	
Максимальное значение отклонений	31,40	37,71	23,35	40,31	28,82	24,76	31,59	37,58	31,59	37,58	25,05	
Количество определений	122	122	122	132	132	132	145	145	145	145	145	
Уровень надежности	2,08	1,85	1,68	2,73	2,53	1,96	1,88	1,86	1,88	1,86	1,64	
% ошибки (превышения лабораторных определений >20%)	8,2	4,9	2,5	15,9	18,2	8,3	8,3	9,7	8,3	9,7	3,4	

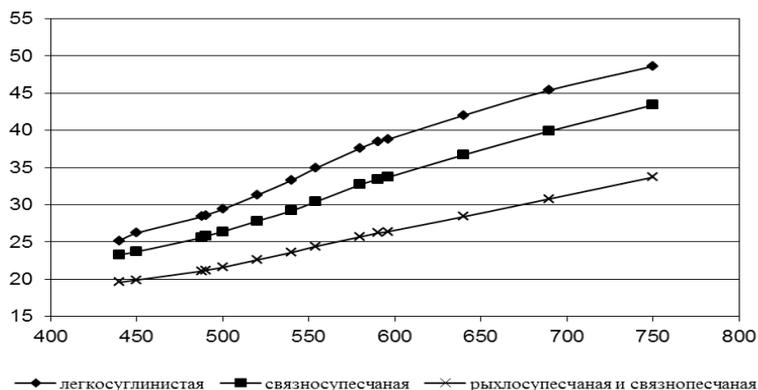


Рис. 4. Определение спектрального коэффициента отражения при  $\lambda_{750}$

Соответствие между содержанием гумуса, полученным в лабораторных условиях и на основании СКО  $\lambda_{750}$ , установлено на 81 образце легкосуглинистых почв, 38 образцах связносупесчаных и 27 образцах рыхлосупесчаных и связнопесчаных почв (табл. 2).

Таблица 2

**Соответствие показателей содержания гумуса по СКО  $\lambda_{750}$  и ГОСТ 26213–91**

Способы определения содержания гумуса	Гранулометрический состав почв					
	легкосуглинистые		связносупесчаные		рыхлосупесчаные и связнопесчаные	
	содержание гумуса	% отклонения (20% допустимо)	содержание гумуса	% отклонения (20% допустимо)	содержание гумуса	% отклонения (20% допустимо)
ГОСТ–26213–91	$1,63 \pm 0,47$ 81	8,8±3,7	$1,78 \pm 0,39$ 38	6,7±4,1	$2,01 \pm 0,31$ 27	10,2±4,3
СКО $\lambda_{750}$	$1,81 \pm 0,38$		$1,93 \pm 0,52$		$2,32 \pm 0,47$	

Результаты исследований выявили хорошую сходимость показателей содержания гумуса, выполненных по ГОСТ 26213–91 и по спектральному коэффициенту отражения при длине волны 750 нм, которая составляет в среднем менее 50% от допустимой по ГОСТ.

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Определение содержания гумуса в почвах для вышеназванных работ осуществляется традиционным лабораторным методом по гостированной методике (ГОСТ – 26213–91). Однако сдерживающим фактором применения спектрофотометрического способа в данных работах является необходимость предварительного знания гранулометрического состава почв. Но поскольку гранулометрический состав является консервативной характеристикой почвы, а крупномасштабное почвенное картографирование сельскохозяйственных земель Беларуси к настоящему времени уже осуществлено практически трижды (подходит к завершению третий тур), то на почвенных картах цветовой иллюминировкой и в номенклатуре почвенных разновидностей в легенде он отмечен достаточно полно для использования его при спектрофотометрическом способе определения гумуса в почвах, так как этот способ не требует количественных показателей содержания определенных фракций, а вполне достаточно качественного определения гранулометрического состава почвы: легкосуглинистая, связносупесчаная, рыхлосупесчаная, связнопесчаная. Поэтому указанный фактор является в некоторой степени сдерживающим, но не препятствующим применению спектрофотометрического способа определения показателей содержания гумуса в агродерново-подзолистых почвах.

Дополнительным аргументом в пользу применения спектрофотометрического способа определения содержания гумуса в агродерново-подзолистых почвах, помимо экспрессного характера технологии, является определенное экономическое преимущество, о чем свидетельствует приведенный в таблице 3 сравнительный расчет затрат.

При расчете нормативных затрат на определение содержания гумуса аналитическим методом использовались действующие в РУП «Проектный институт Белгипрозем» нормативы [19, 20]. Затраты времени на определение показателей содержания гумуса спектрофотометрическим методом установлены применительно к современному спектрофотометру УФ диапазона СФ–2000 с учетом его технических характеристик.

Расчет показывает, что при принятых исходных данных экономия затрат на определение содержания гумуса спектрофотометрическим способом составляет в расчете на 10 почвенных образцов 40060 рублей (82116–42056). При годовой выработке 5 тысяч анализов образцов годовой эффект составляет 20030000 рублей экономии. С учетом этого окупаемость инвестиций в приобретение спектрофотометра составит не более 3 лет.

Наряду с экономией затрат, дополнительным достоинством спектрофотометрического способа является минимальная продолжительность технологического процесса, что позволяет нужные объемы работ выполнять в более сжатые календарные сроки. Отсутствует необходимость в закупке и хранении химикатов, образуется экономия производственной площади для обслуживания рабочего места.

Частный экономический эффект от снижения себестоимости способа:

$$\text{Эс} = (\text{Сд} - \text{Сп}) = (82116 - 42056) = 40060 \text{ рублей.}$$

Или частный экономический эффект от снижения себестоимости способа в процентном отношении:

$$\text{Эс/Сд} = ( 40060/82116 ) = 48,8\%$$

Итак, экономическая эффективность нового способа определения содержания гумуса в агродерново-подзолистых почвах составляет 48,8%.

*Таблица 3*

**Расчет затрат на определение содержания гумуса в дерново-подзолистых почвах по ГОСТ 26213–91 и спектрофотометрическим способом**

Единица измерения – 10 проб

В ценах на 1 июня 2013 года

№ п.п.	Показатели	Способы определения гумуса	
		аналитический	спектрофотометрический
1	2	3	4
	Количество анализов, проб, шт.	10	10
2	Затраты времени, чел.-часов	1,05	0,37
2.1.	в т.ч. подготовительные работы	0,14	0,03
2.2.	определение содержания гумуса	0,91	0,34
3.	Продолжительность технологического процесса по определению содержания гумуса, час:	8	1
	Стоимость работ в рублях:		
4	Основная заработная плата	20229	7128
5	Дополнительная заработная плата	4046	1426
6	Отчисления в фонд социальной защиты населения (34% от пункта 4)	6878	2424
7	Отчисления по обязательному страхованию (0,46% от пункта 4)	931	328

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Окончание табл. 3

№ п.п.	Показатели	Способы определения гумуса	
		аналитический	спектрофотометрический
8	Амортизационные отчисления	–	12000
9	Материалы	5207	50
10	Накладные расходы, (99,9% от пункта 4)	20209	7121
11	Управленческие расходы (31,9% от пункта 4)	6453	2274
12	Итого	63953	32571
13	Плановая прибыль (7,0% от пункта 12)	4477	2296
14	Итого стоимость работ без НДС	68430	35047
15	НДС	13686	7009
16	Всего стоимость с НДС	82116	42056
17	Экономия затрат: на 10 анализов на 5000 анализов		40060 20030000

### ВЫВОДЫ

1. Наиболее информативной длиной волны для определения содержания гумуса в агрогумусовых горизонтах агродерново-подзолистых почв разного гранулометрического состава является 750 нм, так как коэффициент корреляции между спектральным коэффициентом отражения при этой длине волны и содержанием гумуса указывает на их тесную обратную зависимость и составляет для легкосуглинистой разновидности 0,91, связносупесчаной – 0,94, рыхлосупесчаной и связнопесчаной – 0,77.

2. Расчетное содержание гумуса по уравнениям регрессии корреляционной зависимости между спектральным коэффициентом отражения и содержанием гумуса также подтверждает вышеприведенный вывод, так как % ошибки определения гумуса при этой длине волны минимален в сравнении с другими длинами волн и колеблется от 8,3% в связносупесчаных почвах до 2,8% в легкосуглинистых против 15,9% и 8,2% при  $\lambda_{440...690 \text{ нм}}$  (КО) и 18,2% и 4,9% при  $\lambda_{680 \text{ нм}}$ .

3. Ошибка спектрофотометрического метода по сравнению с лабораторным химическим методом определения гумуса по ГОСТ 26213–91 составила менее 50% допустимой.

4. Спектрофотометрический способ определения содержания гумуса в агродерново-подзолистых почвах является более экономичным по затратам времени и средств в сравнении с химическим методом. Экономическая

эффективность этого способа составляет 48,8% с учетом амортизационных отчислений исходя из стоимости прибора (12000 рублей на 10 образцов), годовой нормы выработки (5000 образцов) и нормативного срока эксплуатации (10 лет).

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Физико-химические методы исследования почв: учеб. пособие / Л.А. Воробьева [и др.]; под ред. Н.Г. Зырина, Д.С. Орлова. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – С. 155–157.
2. Почвы. Методы определения органического вещества: ГОСТ 26213–91. – Введ. 29.12.91 – Москва: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1992. – 8 с.
3. Способ определения содержания гумуса в пахотном слое минеральных почв: пат. РФ 2001399 С1 G01N33/24 / В.К. Козин; заявитель Всесоюзный научно-исслед. ин-т цветоводства и горного садоводства. – № 4922563; заявл. 25.01.91; опубл. 15.10.93. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/200/2001399.html>.
4. Булыгин, С.Ю. Оценка гумусированности почв путем обработки их цифровых фотоизображений / С.Ю. Булыгин, Д.И. Бидолах, Ф.Н. Лисецкий // Научные ведомости БелГУ. Сер. естеств. наук. – 2011. – № 15(110). – Вып. 16. – С. 154 –159.
5. Способ определения содержания в почве фосфора и гумуса: пат. СССР 1785572, АЗ G01N33/24 / Л.П. Рихванов, С.И. Сарнаев, Л.М. Балабаева, А.И. Ермохин; заявитель Томский политех. ин-т им. С.М. Кирова. – № 4881364, заявл. 11.11.90; опубл. 30.12.92. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/178/1785572.html>
6. Способ определения содержания в почве гумуса: пат. РФ 2253865 С1 G01N33/24 / В.В. Степанок, О.Н. Анциферова; заявитель ГНИУ Всеросс. научно-исслед. ин-т сельскохозяйственного использования мелиорированных земель. – № 2003138134/12; заявл. 30.12.03, опубл. 10.06.05. – Режим доступа: <http://bd.patent.su/2253000–2253999/pat/servlet/servlet3322.html>.
7. Самохвалов, С.Г. Разработка и усовершенствование методов анализа почв, растений, кормов, вод / С.Г. Самохвалов, В.Г. Прижуков, Н.А. Чеботарева // ЦИНАО – 30 лет: вклад в развитие агрохимслужбы Рос. акад. с.-х. наук (РАСХН) / под ред. В.Г. Сычева. – М.: ЦИНАО, 1999. – 334 с.
8. Виноградов, Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем / Б.В. Виноградов. – М.: Наука, 1984. – 320 с.
9. Михайлова, Н.А. Оптические свойства почв и почвенных компонентов / Н.А. Михайлова, Д.С. Орлов. – М.: Наука, 1986. – 118 с.
10. Орлов, Д.С. Спектральная отражательная способность почв и их компонентов / Д.С. Орлов, Н.И. Суханова, М.С. Розанова. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 165 с.
11. Карманов, И.И. Спектральная отражательная способность и цвет почв как показатели их свойств / И.И. Карманов. – М.: Колос, 1974. – 351 с.
12. Костенко, И.В. Изучение оптических свойств образцов дерново-степных песчаных почв юга Украины при помощи сканера // Почвоведение. – 2009. – № 9. – С. 1090–1098.

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

13. Bowers, S.A. Reflection of radiant energy from soils / S.A. Bowers, R.J. Hanks // Soil. Sci. – 1965. – Vol. 100, № 2. – P. 130–138.

14. Спектральная отражательная способность агрогумусовых горизонтов агродерново-подзолистых почв разного гранулометрического состава / Г.С. Цытрон [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 1(42). – С. 15–21.

15. Бубнова, Т.В. Влияние гранулометрического состава почв на их отражательную способность / Т.В. Бубнова, С.В. Дробыш, Т.Н. Азаренок // Плодородие почв и эффективное применение удобрений: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию Ин-та почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, Минск, 5–8 июля 2011 г. / Ин-т почвоведения; редкол.: В.В. Лапа [и др.]. – Минск, 2011. – С. 16–17.

16. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практ. пособие / Г.И. Кузнецов [и др.]; Комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии при Совете Министров Республики Беларусь; под ред. Г.И. Кузнецова, Н.И. Смеяна. – Минск, 2001. – 432 с.

17. Позняк, С.С. Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах и растительности центральной зоны Республики Беларусь / С.С. Позняк // Известия ТулГУ. Естественные науки. – 2011. – № 1. – С. 254–264.

18. Позняк, С.С. Содержание тяжелых металлов Pb, Ni, Zn, Cu, Mn, Zr, Cr, Co и Sn в почвах Центральной зоны Республики Беларусь / С.С. Позняк // Электронный научный журнал. Сер. «Экономика и экологический менеджмент» [Электронный ресурс]. – 2011. – Вып. 1. – Режим доступа: <http://economics.open-mechanics.com/articles/307.pdf>. – Дата доступа: 09.09.2013.

19. Нормы времени на землеустроительные работы: утв. приказом директора УП «Проектный институт Белгипрозем» 11.12.09. – Минск: Проектный институт Белгипрозем, 2009. – С. 56–58.

20. Тарифы на землеустроительные работы, выполняемые по договорам с Государственным комитетом по имуществу Республики Беларусь: утв. приказом директора УП «Проектный ин-т Белгипрозем» 26.12.11. – Минск: Проектный ин-т Белгипрозем, 2011. – С. 46–48.

## SPECTROPHOTOMETRIC METHOD FOR THE DETERMINATION OF HUMUS CONTENT IN AGRO-SOD-PODZOLIC SOILS

S.V. Drobysch, G.S. Tsytron, O.V. Matychenkova, T.V. Bubnova

### Summary

The express spectrophotometric method for the determination of humus content in different texture agro-sod-podzolic soils is considered. The method is based on close correlation between the values of spectral reflectance at  $\lambda=750$  nm and humus content in the agro humus horizons of these soils. The economic efficiency of this method is 48,8% compared to the existing ones.

*Поступила 16.10.13*

## **РАСЧЕТ ПОДАТЛИВОСТИ ПОЧВ УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ К ДЕФЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ МНОЖЕСТВЕННОЙ ЛИНЕЙНОЙ МОДЕЛИ**

**В.П. Коляда**

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

### **ВВЕДЕНИЕ**

Изучению ветровой эрозии почв (дефляции) уделялось много внимания такими известными учеными-почвоведом, как М.И. Долгилевич, А.И. Бараев, Г.А. Можейко, а также исследователями природы выдувания почвы под действием ветрового потока. Такая заинтересованность явлением не случайность – деградация почв под действием ветра приобретает все большее распространение, а ее негативное влияние на снижение плодородия почв, ухудшение качества и количества получаемой продукции, загрязнение атмосферы пылевой фракцией, нарушение экологического равновесия в регионах с повышенным риском дефляционных процессов наблюдается даже в тех регионах, где ее размеры имели незначительный масштаб ранее [1].

Анализируя работы, отражающие основные закономерности развития дефляционных процессов в южных регионах Украины, можно отметить отсутствие необходимого массива информации и проверенного материала по природе развития процесса в Украинском Полесье, для которого присущи частые засушливые периоды с порывистыми или шквальными ветрами в эрозионноопасный период. Так как для данной части Украины характерна высокая мозаичность почвенного покрова, чередование органогенных и минеральных типов почв, возделывание пропашных культур, то закономерно и развитие деградационных процессов, в том числе и дефляции.

Являясь процессом вероятностным и проявляющимся в различных почвенно-климатических зонах на разных типах почв с неодинаковой периодичностью и динамикой процесса, опыт по изучению дефляции в большинстве случаев ограничивается созданием прогнозного уравнения, учитывающего специфику района исследований (климат, рельеф, типы почв), а также основные и второстепенные эрозионные показатели. Прогнозирование и моделирование процессов на основе полученного материала при составлении эмпирических моделей обобщают выявленные закономерности и получают подтверждение при верификации результатов исследований (в нашем случае материалом, полученным для условий Украинского Полесья, где периодически фиксируются локальные проявления деградационных процессов) [2, 3].

### **МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Целью нашей работы было определение критической и разрушительной скоростей ветрового потока для некоторых типов почв Волинского Полесья с помощью использования аэродинамической установки, сконструированной

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

на базе ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского» (г. Харьков); сравнение результатов моделирования, параметров дефляционной стойкости и дефляционных показателей с размером эквивалентного (среднего) размера почвенных частиц, содержанием гумуса, содержанием катионов Са в составе почвенно-поглощающего комплекса, а также создание прогноза развития процесса в виде эконометрической модели с учетом влияния типа почвы и скорости ветровоздушного потока на динамику процесса ветровой эрозии [2, 4].

Полевые исследования и отбор почвенных образцов производился на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах бывшей Копаяевской осушительной системы вблизи поселков Пища и Подманово Волынской области. Образцы отбирались с поверхностного слоя почвы 0–20 см в 4-кратной повторности на каждом из типов почв, представленных ниже. Гранулометрический состав почв позволяет отнести их к бесструктурным песчаным и супесчаным группам, с различной степенью оподзоленности и оглеения, что является характерным признаком зональных почв Западного Полесья Украины. Изучались следующие почвы: 1) дерново-слабоподзолистая песчаная; 2) дерновая оподзоленная песчаная; 7) дерновая оподзоленная глинисто-песчаная на флювиогляциальных отложениях; 8) дерновая оподзоленная песчаная глеевая на супесчаных отложениях; 9) дерновая оподзоленная оглеенная песчаная на алювиальных породах; 10) луговая на алювиальных породах; 12) дерновая глеевая глинисто-песчаная карбонатная; 13) дерново-карбонатная глинисто-песчаная; 14) дерновая оподзоленная легкосуглинистая глееватая.

Транспортирование отобранных почвенных образцов в лабораторию осуществлялось крайне осторожно – особое внимание уделялось нормам сохранения почвенной структуры, для чего почву высушивали до воздушно-сухого состояния и принимали меры по предупреждению ее переуплотнения в пути [1].

В данной статье представлены результаты, полученные при исследовании минеральных почв за период с 2009 по 2012 гг. в количестве 9 разновидностей. Отобранные образцы высушивались до воздушно-сухого состояния и для каждого из типов почв создавалась усредненная проба, с сохранением ее структуры и фракционного состава. Поскольку целью исследований было определение критической скорости ветра, при которой начинается процесс дефляции, отобранные пробы, подвергались калибровке по податливости к выдуванию ветровоздушным потоком фиксированных скоростей [4]. Скорость потока, при которой выдувалось до 1% от массы всего образца в установке, была обозначена нами как начальная (пороговая), при которой выдувалось более 1% от массы всего образца без прекращения выноса, но не все количество – критическая, при которой за время экспозиционирования (3 минуты) выдувался весь образец – разрушительная. Дополнительно были определены такие важные дефляционные показатели почв, как содержание почвенных агрегатов менее 0,25 мм и более 1 мм в диаметре, содержание фракции физической глины (менее 0,01 мм), а также средний эквивалентный размер почвенных частиц и степень податливости дефляции [4, 5, 6].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основные агрофизические показатели почв приведены ниже в таблице 1. Моделирование действия ветровоздушного потока на образцы почвы с помощью аэродинамической установки и прогноз ветровой эрозии, учитывающий скорость ветрового потока и тип исследуемой почвы, с последующим составлением множественной линейной модели основывались на данных таблицы 2.

Таблица 1

**Некоторые агрофизические показатели почв и дефляционные параметры, используемые в системе опыта при исследовании податливости почв к ветровой эрозии**

№ почвы в эксперименте	Характер использования	Содержание почвенных агрегатов, %		Противодефляционная стойкость при 7 м/с, %	Содержание частиц <0,01 мм, %	Эквивалентный диаметр почвенных частиц, мм	Содержание гумуса, %	Критическая скорость ветра, м/сек	Степень податливости дефляции
		<0,25 мм	>1 мм						
Дерново-слабоподзолистая песчаная									
1	Луга	25,3	7,9	19,9	5,3	0,45	1,25	3,9	Высокая
Дерновая оподзоленная песчаная									
2	Луга	39,2	29,6	14,5	4,4	0,72	1,27	4,0	Высокая
Дерновая оподзоленная глинисто-песчаная									
7	Пастбища	51,5	22,0	34,9	5,1	0,63	1,29	3,9	Высокая
Дерновая оподзоленная песчаная глеевая									
8	Пастбища	70,6	15,9	46,8	3,1	0,56	0,79	3,9	Высокая
Дерновая оподзоленная оглеенная песчаная									
9	Пастбища	52,2	17,1	14,0	1,7	0,57	1,5	3,9	Высокая
Луговая									
10	Луга	60,5	33,7	54,5	4,2	0,92	0,65	4,0	Средняя
Дерновая глеевая глинисто-песчаная карбонатная									
12	Пастбища	52,8	17,1	93,9	6,7	4,45	2,0	4,9	Низкая
Дерново-карбонатная глинисто-песчаная									
13	Пастбища	55,4	84,2	93,6	6,4	4,87	2,03	5,0	Низкая
Дерновая оподзоленная легкосуглинистая глееватая									
14	Пастбища	87,0	83,3	92,7	2,6	4,78	1,95	5,0	Низкая

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

В таблице 1 представлены 9 типов минеральных почв, которые по результатам эксперимента можно разделить на ветростойкие, неветростойкие, частично ветростойкие. Данная градация является предварительной и используется до установления продолжительности периодов с повышенной скоростью ветра для данного региона на основании агрометеорологических показателей местных метеостанций.

Полученные результаты показали, что более стойкими к действию ветра оказались почвы 12, 13, которые характеризуются присутствием карбонатов Са, содержание которых до 1% в совокупности с гумусом оказывает дополнительное цементирующее воздействие на частицы. Критическая скорость для этих типов почв находится на уровне 5 и 6 м/с соответственно, разрушающая (та, при которой за период экспозиции в ветровом потоке, а в нашем случае – за период 180 секунд выдувается 100% анализируемого образца) составила 10 и 11 м/с соответственно.

Таблица 2

**Количество почвенного материала после продувания образцов массой 50 г в аэродинамической установке при различных значениях скорости ветровоздушного потока (U) за период 3 мин с указанием критической ( $U_{кр.}$ ) и разрушительной ( $U_{р.}$ ) скоростей**

Тип почвы	U	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$	$n_{ср.}$	Вы- дуто, г	Вы- дуто, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Грунт 1 Дерново-слабоподзолистая песчаная $U_{кр.}=4$ м/с, $U_{р.}=8$ м/с	4	49,66	49,48	49	49,96	49,52	0,48	0,96
	5	48,39	47,68	48,89	48,55	48,38	1,62	3,24
	6	42,04	43,74	45,74	47,15	44,67	5,33	10,66
	7	10,11	15,01	9,72	5,04	9,97	40,03	80,05
Грунт 2 Дерновая оподзоленная песчаная $U_{кр.}=4$ м/с, $U_{р.}=8$ м/с	4	49,38	49,78	49,61	49,45	49,55	0,45	0,9
	5	49,06	48,45	48,34	48,2	48,51	1,49	2,98
	6	35,28	32,18	34,8	40,08	35,58	14,42	28,84
	7	8,35	6,64	6,98	7,12	7,27	42,73	85,46
Грунт 7 Дерновая оподзоленная глинисто-песчаная $U_{кр.}=4$ м/с, $U_{р.}=8$ м/с	4	49,71	49,45	49,62	49,54	49,58	0,42	0,84
	5	47,33	48,82	46,27	45,76	47,04	2,96	5,92
	6	35,27	32,18	31,71	40,48	34,91	15,09	30,18
	7	18,66	18,44	17,61	15,1	17,45	32,55	65,1
Грунт 8 Дерновая оподзоленная песчаная глеевая $U_{кр.}=4$ м/с, $U_{р.}=8$ м/с	4	49,53	49	49,56	49,65	49,43	0,57	1,14
	5	49,4	47,58	47,71	49	48,42	1,58	3,16
	6	34,87	41,71	37,57	39,34	38,37	11,63	23,26
	7	24,78	23,14	22,78	22,95	23,17	26,83	53,66

Тип почвы	U	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	n <sub>3</sub>	n <sub>4</sub>	n <sub>ср.</sub>	Вы- дуто, г	Вы- дуто, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Грунт 9 Дерновая оподзоленная оглеенная песчаная U <sub>кр.</sub> =4 м/с, U <sub>р.</sub> =8 м/с	4	49,63	49,33	49,38	49,52	49,46	0,54	1,08
	5	48,69	48,72	49,23	49,43	49,02	0,98	1,96
	6	32,92	39,04	39,11	35,16	36,56	13,44	26,88
	7	8,53	5,78	5,77	7,87	6,99	43,01	86,02
Грунт 10 Луговая U <sub>кр.</sub> =4 м/с, U <sub>р.</sub> =8 м/с	4	49,4	49,37	49,85	49,86	49,62	0,38	0,76
	5	48,92	49,3	47,94	49,27	48,86	1,14	2,28
	6	45,29	40	45,61	43,17	43,52	6,48	12,96
	7	29,61	30	26,85	22,45	27,23	22,77	45,54
Грунт 12 Дерновая глеевая глинисто-песчаная карбонатная U <sub>кр.</sub> =6 м/с, U <sub>р.</sub> =11 м/с	6	49,79	48,2	49,87	49,66	49,38	0,62	1,24
	7	47,98	46,87	47,58	45,4	46,96	3,04	6,08
	8	42,64	42,62	39,77	42,98	42	8	16
	9	35,61	29,21	34,83	33,56	33,3	16,7	33,4
	10	10,9	9,38	12,87	9,88	10,76	39,24	78,48
Грунт 13 Дерново-карбонатная глинисто-песчаная U <sub>кр.</sub> =5 м/с, U <sub>р.</sub> =10 м/с	5	49,94	49,88	49,78	49,85	49,86	0,2	0,4
	6	49,82	49,62	49,4	49,72	49,64	0,36	0,72
	7	46,62	46,42	47,25	47,42	46,93	3,07	6,14
	8	43,4	43,84	44,31	45,17	44,18	5,82	11,64
	9	36,87	35,12	40,76	41,74	38,62	11,38	22,76
Грунт 14 Дерновая оподзоленная легкосуглинистая глееватая U <sub>кр.</sub> =6 м/с, U <sub>р.</sub> =10 м/с	6	49,17	49,4	48,98	49,17	49,18	0,82	1,64
	7	46,7	48,62	42,77	47,35	46,38	3,62	7,24
	8	29,69	36,9	35,12	33,79	33,87	16,13	32,62
	9	17,34	21,47	20,05	18,11	19,24	30,76	61,52

Менее стойкими к выдуванию оказались почвы 1, 2, 7, 8, 9, 10, их критическая скорость – 4 м/с, а разрушающая – 8 м/с.

Параллельно с составлением множественной модели дефляции производилось определение среднего (эквивалентного) размера почвенных частиц каждой почвы, стойкости почвы к выдуванию ветровым потоком со скоростью 7 м/с, критических для почв скоростей ветра и содержания отдельных фракций, обладающих наибольшей (>1 мм) и наименьшей (<0,25 мм) стойкостью к выдуванию (табл. 1).

Учитывая результаты выдувания почвы в аэродинамической установке, составим модель процесса ветровой эрозии, предполагая, что показатель

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

выдувания почвы в граммах ( $Y$ ) находится в некоторой зависимости от скорости ветровоздушного потока ( $X_1$ ) и типа исследуемой почвы ( $X_2$ ), двух переменных  $a$ , общее количество данных представлено в таблице 2.

Взаимосвязь между этими факторами предполагается линейная, что отображено в таблице 3.

*Таблица 3*

**Значения показателей выдувания почвы в граммах, количественные значения скоростей ветровоздушного потока и типы исследуемой почвы при составлении множественной линейной модели**

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Потери	0,48	1,62	5,33	40,03	0,45	1,49	14,42	42,73	0,42	2,96
Почва	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Скорость	4	5	6	7	4	5	6	7	4	5

*Продолжение табл. 3*

№ опыта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Потери	15,09	32,55	0,57	1,58	11,63	26,83	0,54	0,98	13,44	43,01
Почва	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Скорость	6	7	4	5	6	7	4	5	6	7

*Продолжение табл. 3*

№ опыта	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Потери	0,38	1,14	6,48	22,77	0,62	3,04	8	16,7	39,24	0,20
Почва	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Скорость	4	5	6	7	6	7	8	9	10	5

*Окончание табл. 3*

№ опыта	31	32	33	34	35	36	37	38
Потери	0,36	3,07	5,82	11,38	0,82	3,62	16,13	30,76
Почва	1	1	1	1	1	1	1	1
Скорость	6	7	8	9	6	7	8	9

Таким образом, предполагаются зависимости, указанные в формулах (1), (2):

$$\hat{Y}_i = a_0 + a_1 * X_{i1} + a_2 * X_{i2} \quad \text{или} \quad \hat{Y} = a_0 + a_1 * X_1 + a_2 * X_2 \quad (1), (2)$$

Параметры модели  $a_0, a_1, a_2$  оценим методом наименьших квадратов, а решение и получение оценок параметров модели множественной линейной регрессии представим, используя матричную форму записи системы нормальных уравнений (3):

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 4 & 5 & 6 & 7 & 4 & \dots & 6 & 7 & 8 & 9 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 4 & 0 \\ 1 & 5 & 0 \\ 1 & 6 & 0 \\ 1 & 7 & 0 \\ \dots & \dots & \dots \\ 1 & 9 & 1 \\ 1 & 6 & 1 \\ 1 & 7 & 1 \\ 1 & 8 & 1 \\ 1 & 9 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 38 & 237 & 14 \\ 237 & 1571 & 105 \\ 14 & 105 & 14 \end{pmatrix} \cdot (3)$$

Тогда для определения вектора  $\hat{a}$  находим матрицу  $B^{-1}$ , т.е. матрицу, обратную матрице B (4):

$$\overline{YX} = X * Y = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 4 & 5 & 6 & 7 & 4 & \dots & 6 & 7 & 8 & 9 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0,48 \\ 1,62 \\ 5,33 \\ 40,03 \\ \dots \\ 11,38 \\ 0,82 \\ 13,62 \\ 16,13 \\ 30,76 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 462,68 \\ 3155,46 \\ 139,76 \end{pmatrix} \cdot (4)$$

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Матрицу  $B^{-1}$  находим следующим способом (5):

$$B^{-1} = \frac{1}{\det B} * \begin{pmatrix} B_{11} & B_{12} & B_{13} \\ B_{21} & B_{22} & B_{23} \\ B_{31} & B_{32} & B_{33} \end{pmatrix}^T, \quad (5)$$

где  $B_{ij}$  – алгебраическое дополнение элемента  $b_{ij}$  матрицы  $B$ .

$B_{ij} = (-1)^{i+j} * M_{ij}$ , где  $M$  – минор для элемента  $b_{ij}$ , т.е. определитель матрицы, полученной из исходной путем вычеркивания  $j$ -го столбца и  $i$ -й строки.

$\det B$  – определитель матрицы  $B$ . Тогда получаем (6):

$$\begin{aligned} \det B &= (-1)^{1+1} * 38 * \begin{vmatrix} 1571 & 105 \\ 105 & 14 \end{vmatrix} + (-1)^{1+2} * 237 * \begin{vmatrix} 237 & 105 \\ 14 & 14 \end{vmatrix} + (-1)^{1+3} * 14 * \begin{vmatrix} 237 & 1571 \\ 14 & 105 \end{vmatrix} = \\ &= 38 * (1571 * 14 - 105 * 105) - 237 * (237 * 14 - 105 * 14) + 14 * (237 * 105 - 14 * 1571) = 19320 \end{aligned} \quad (6)$$

Определитель квадратной матрицы  $A \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}$  типа находится так (7):

$$\det A = a_{11} * a_{22} - a_{21} * a_{12}. \quad (7)$$

Матрица  $B^{-1}$  приобретает следующий вид (8):

$$B^{-1} = \begin{pmatrix} 0,568 & -0,096 & 0,150 \\ -0,096 & 0,017 & -0,035 \\ 0,150 & -0,035 & 0,183 \end{pmatrix}. \quad (8)$$

Определим неизвестные параметры модели  $(a_0, a_1, a_2, \dots, a_m)$  или вектор  $a$  (9):

$$\bar{a} = B^{-1} * Y\bar{X} = \begin{pmatrix} -38,664 \\ 9,203 \\ -20,379 \end{pmatrix}. \quad (9)$$

Таким образом, получена теоретическая линейная зависимость между факторами  $X_1$  и  $X_2$  и фактором  $Y$ , т.е. (10):

$$\hat{Y} = -38,664 + 9,203 \cdot X_1 - 20,376 \cdot X_2. \quad (10)$$

Рассчитаем статистическую значимость факторов  $X_1$  и  $X_2$ , приведенных в нашей модели.

Для этого необходимо рассчитать среднеквадратическое отклонение для параметров  $a_0, a_1, a_2$  (11):

$$\sigma_{a_j}^2 = \sigma_e^2 \times B_{jj}^{-1}, \quad (11)$$

где  $\sigma_e^2$  – оценка дисперсии случайной величины  $e$ ;

$B_{jj}^{-1}$  – диагональный элемент матрицы  $B^{-1}$ .

По теоретической модели (12) рассчитываем значения зависимой переменной  $Y$ , подставляя в уравнение соответствующие значения переменных скорости ветра и типа почвы:

$$\hat{Y} = -38,664 + 9,203 \cdot X_1 - 20,376 \cdot X_2. \quad (12)$$

Рассчитанные отклонения  $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$  представлены в таблице 4 и в формулах (13), (13.1), (13.2), (13.3):

$$\sigma_e^2 = \frac{e^2}{n - m} = \frac{2007,188}{38 - 3} = 57,348; \quad (13)$$

$$\sigma_{a_0}^2 = 57,348 \cdot 0,568 = 32,57; \quad \sigma_{a_0} = 5,71; \quad (13.1)$$

$$\sigma_{a_1}^2 = 57,348 \cdot 0,017 = 0,97; \quad \sigma_{a_1} = 0,99; \quad (13.2)$$

$$\sigma_{a_2}^2 = 57,348 \cdot 0,183 = 10,49; \quad \sigma_{a_2} = 3,24. \quad (13.3)$$

Найдем расчетные значения критерия Стьюдента (14):

$$t_{a_0} = \frac{-38,664}{5,71} = -6,7744; \quad t_{a_1} = \frac{9,203}{0,99} = 9,3206; \quad t_{a_2} = \frac{-20,376}{3,24} = -6,2898. \quad (14)$$

Сравнение расчетных значений критерия Стьюдента с табличным данными  $t(0,05; 35) = 2,03$  позволяет сделать вывод о статистической значимости параметров  $a_0, a_1, a_2$  и подтверждает влияние таких факторов, как тип почвы, скорость ветра на показатели выдувания почвы.

# 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Таблица 4  
**Значения отклонений переменных количественных значений скоростей воздушного потока и типов почв при составлении множественной линейной модели**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$Y_i$	0,48	1,62	5,33	40,03	0,45	1,49	14,42	42,73	0,42	2,96
$Y_i^*$	-1,850	7,353	16,557	25,760	-1,850	7,353	16,557	25,760	-1,850	7,353
$e_i$	2,330	-5,733	-11,227	14,270	2,300	-5,863	-2,137	16,970	2,270	-4,393
Продолжение табл. 4										
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
$Y_i$	15,09	32,55	0,57	1,58	11,63	26,83	0,54	0,98	13,44	43,01
$Y_i^*$	16,557	25,760	-1,850	7,353	16,557	25,760	-1,850	7,353	16,557	25,760
$e_i$	-1,467	6,79	2,420	-5,773	-4,927	1,070	2,390	-6,373	-3,117	17,250
Продолжение табл. 4										
1	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
$Y_i$	0,38	1,14	6,48	22,77	0,62	3,04	8,0	16,7	39,24	0,2
$Y_i^*$	-1,850	7,353	16,557	25,760	-3,822	5,381	14,585	23,788	32,992	-13,026
$e_i$	2,230	-6,213	-10,077	-2,990	4,442	-2,341	-6,585	-7,088	6,248	13,226
Окончание табл. 4										
1	32	33	34	35	36	37	38	39		
$Y_i$	0,36	3,07	5,82	11,38	0,82	3,62	16,13	30,76		
$Y_i^*$	-3,822	5,381	14,585	23,788	-3,822	5,381	14,585	23,788		
$e_i$	4,182	-2,311	-8,765	-12,408	4,642	-1,761	1,545	6,972		

Коэффициент множественной корреляции для нашей модели составляет (15):

$$R = \sqrt{1 - \frac{2007,188}{6912,059}} = \sqrt{0,7096} = 0,8424 \quad (15)$$

Поскольку значение R близко к единице, то данную эконометрическую модель можно использовать для анализа и прогноза.

Рассчитаем прогноз и ошибку прогноза (16), (17).

Пусть  $X_1 = 7$ ,  $X_2 = 0$ , тогда уравнение имеет вид:

$$\hat{Y}_{\text{пр}} = -38,664 + 9,203 \times 7 - 20,376 \times 0 = 25,8 \quad (16)$$

а вектор  $X^T_{\text{пр}} = (1; 7; 0)$ ,  $Y_{\text{пр}} = 25,8$ ,

где  $\Delta Y_{\text{пр}}$  – ошибка прогноза, вычисляемая по формуле:

$$\Delta Y_{\text{пр}} = t_{\text{пр}} \cdot \sigma_e \cdot \sqrt{X^T_{\text{пр}} \cdot B^{-1} \cdot X_{\text{пр}}} \quad (17)$$

Доверительный интервал для полученного прогнозного значения представлен в формуле (18):

$$\Delta Y_{\text{пр}} = 2,03 \times 7,572846 \times \sqrt{(1 \ 7 \ 0) \times \begin{pmatrix} 0,568 & -0,096 & 0,150 \\ -0,096 & 0,017 & -0,035 \\ 0,150 & -0,035 & 0,183 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 \\ 7 \\ 0 \end{pmatrix}} = 3,670228 \quad (18)$$

$$[Y_{\text{пр}} - \Delta Y_{\text{пр}} \leq Y_{\text{пр}} + \Delta Y_{\text{пр}}], \text{ или } 22,13 \text{ и } 29,47.$$

## ВЫВОДЫ

1. С помощью аэродинамической установки определены количественные значения критической и разрушительной скоростей ветрового потока для основных минеральных почв Украинского Полесья, различающиеся степенью оподзоливания и оглеения, с учетом почвенно-климатических условий региона.

2. Построение множественной линейной модели с последующим анализом на примере расчета выдувания почвенного материала ветровоздушным потоком позволило установить параметры возникновения ветровой эрозии на конкретных типах почв.

3. Приведен практический способ определения скоростей ветрового потока, позволяющий диагностировать процесс ветровой эрозии для подтверждения данных моделирования на основе агрофизических показателей почв.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Гендугов, В.М. Ветровая эрозия почв и запыление воздуха / В.М. Гендугов, Г.П. Глазунов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 240 с.
2. Гурьянова, Л.С. Адаптивные модели в системах принятия решений: монография / Л.С. Гурьянова; под ред. Н.А. Кизима, Т.С. Клебановой. – Харьков: ИНЖЕК, 2007. – 368 с.
3. Черныш, А.Ф. Совершенствование методики количественной оценки дефляции почв / А.Ф. Черныш, Н.А. Лихацевич. – Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 2(49). – С. 8–16.
4. Долгилевич, М.И. Аэродинамические показатели почв Краснодарского края и их физико-химические свойства / М.И. Долгилевич, Ю.И. Васильев, Л.С. Фролова // Методы изучения дефляции и охрана почв. – Алматы: Кайнар, 1986. – С. 37–43.
5. Медведев, В.В. Гранулометрический состав почв Украины (генетический, экологический и агрономический аспекты) / В.В. Медведев, Т.Н. Лактионова. – Харьков: Апостроф, 2011. – 292 с.
6. Медведев, В.В. Структура почвы (методы, генезис, классификация, эволюция, география, мониторинг, охрана). – Харьков: 13 типография, 2008. – 406 с.

**CALCULATION OF SOIL FIRMNESS TO DEFLATION  
ON THE BASE OF MULTYVALUE LINEAR MODEL  
FOR CONDITIONS OF UKRAINIAN POLISSYA**

**V.P. Koljada**

**Summary**

The calculation of wind erosion model on the base of parameters: type of soil and wind velocity, which were described with step-by-step algorithm that includes results of wind blowing imitation in aerodynamic installation tool. Such diagnostic indexes as critical and destructive stream velocities were verified with such agrophysical parameters as mean soil particles size, index of soil firmness to wind, humus content, deflation appearance degree and another that indicate phases of process activity.

*Поступила 18.07.13*

## ПРОЦЕССЫ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МИНЕРАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ РЕНДЗИН ЗАПАДНОГО РЕГИОНА УКРАИНЫ

А.А. Кирильчук

*Львовский национальный университет имени Ивана Франко,  
г. Львов, Украина*

### ВВЕДЕНИЕ

Украина занимает ведущее место среди стран Центрально-Восточной Европы, на территории которых распространены рендзины. Согласно статистическим данным, рендзины и черноземы карбонатные на элювии плотных карбонатных пород занимают площадь более 1,2 млн га, что составляет 2,2% от площади пахотных земель Украины. В пределах Западного региона Украины рендзины и черноземы карбонатные на элювии плотных карбонатных пород занимают площадь 162,2 тыс. га, или 13,5% площади соответствующих почв Украины.

Рендзины Западного региона Украины – это интразональные биолитогенные почвы, приуроченные к выходам на поверхность элювиальных, а также элювиально-делювиальных продуктов выветривания мела, мелового мергеля, мергеля, опоки, хемогенных и литотамниевых известняков. Развиваются под смешанными и широколиственными лесами с хорошо развитым травяным покровом в условиях периодически промывного и промывного типов водного режима при хорошем внутрипочвенном дренаже. Сочетание различных элементарных почвенных процессов в условиях достаточного увлажнения способствовало формированию недифференцированного (или слабо дифференцированного) профиля с обогащенным коллоидами и полуторными оксидами гумусово-аккумулятивным горизонтом и постепенным уменьшением их вниз по профилю, за исключением кальция, количество которого увеличивается в том же направлении. Такое перераспределение полуторных оксидов и кальция характерно для почвообразовательного процесса под древесной растительностью, который проходит в направлении к оподзоливанию [1].

Наиболее распространенным подтипом рендзин в Западном регионе Украины являются рендзины типичные (карбо-литоземы). Значительно меньшие площади занимают рендзины выщелоченные (карбо-литоземы глинисто-иллювиальные) [10].

В целом рендзины исследуемой территории характеризуются: значительным количеством гумуса и карбонатов в верхнем гумусово-аккумулятивном горизонте, слабощелочной и (или) щелочной реакцией почвенной среды, благоприятными для роста и развития сельскохозяйственных культур агрофизическими и агрохимическими свойствами, достаточно высоким валовым содержанием главных элементов корневого питания растений (N, P, K), поэтому они отличаются высоким потенциальным плодородием. В пределах исследуемой

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

территории рендзины считаются одними из наиболее освоенных почв и потенциальные ресурсы расширения площадей в качестве пахотных угодий практически отсутствуют [7, 10].

Наиболее полно морфогенетические свойства и, в частности, особенности химического состава минерального профиля рендзин Западного региона Украины описаны в работах И.Н. Гоголева, Г.А. Андрущенко, А.А. Кирильчука, С.П. Позняка, О.В. Гаськевич и др. [1, 4, 6, 7, 10]. Что же касается характера и направления развития современных почвенных процессов дифференциации химического состава минерального профиля рендзин в условиях длительного сельскохозяйственного использования, преимущественно в качестве пахотных земель, то этот вопрос изучен еще недостаточно.

Привлечение рендзин в аграрное производство и длительное их использование в качестве пахотных земель приводит к агродеградации, которая проявляется в существенном снижении количества гумуса (дегумификации), значительном нарушении баланса питательных веществ (истощении), интенсификации внутripочвенного выветривания и декарбонатизации (химической деградации), заметном ухудшении водно-воздушного режима, переуплотнении и дезагрегации (физической деградации), эрозионном смыве верхних гумусовых горизонтов (профильной деградации), усложнении структуры почвенного покрова за счет пространственно неравномерного развития названных процессов (географической деградации) [2, 10].

Целью настоящего исследования является установление характера и направления развития современных процессов дифференциации химического состава минерального профиля рендзин Западного региона Украины. Для этого проведен сравнительный анализ величин молярных отношений, показателей фактора выщелачивания ( $\beta$ ), содержания конституционной воды и величин коэффициента изменения силикатной части почвы, вычисленных по данным разных периодов исследований.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Значительное простираание территории Западного региона Украины с севера на юг ( $\approx 550$  км) и с запада на восток ( $\approx 320$  км) способствовало формированию хорошо выраженных особенностей природных условий и их пространственной дифференциации. По усовершенствованной схеме физико-географического районирования указанная территория расположена в пределах следующих аazonальных региональных ландшафтных единиц: Полесского края, Западно-Украинского края и Украинских Карпат [11]. Климат характеризуется как умеренно континентальный с продолжительным жарким летом, короткой мягкой зимой и достаточным увлажнением. Среднегодовое количество атмосферных осадков – 600–700 мм. Гидротермический коэффициент (ГТК) составляет 1,43–1,74. В настоящее время естественный растительный покров, под которым сформировались исследуемые почвы, почти целиком преобразован деятельностью человека. В структуре сельскохозяйственных угодий преобладают пахотные земли. Распаханность – 79,5%.

Исследования рендзин проводились на территории Вороняцкого природного района Западно-Подольской возвышенной области Западно-Украинского

края и Радеховско-Бродовского природного района области Малого Полесья Полесского края в пределах Белокаменского и Радеховского государственных сортоиспытательных участков (ГСУ), на которых были заложены группы разрезов (модальные участки № 1 и № 2 соответственно). При выборе этих объектов мы учитывали, что исследуемая территория характеризуется наибольшими ареалами сплошного распространения рендзин типичных, которые сформировались на элювиальной коре выветривания мелового мергеля с незначительной примесью флювиогляциального песчаного материала, а упомянутые выше ГСУ находятся в пределах этих ареалов и занимают репрезентативные в почвенном отношении части ареалов. Кроме того, модальные участки № 1 и № 2, состоящие не менее чем из пяти разрезов, заложены на территории, где в 1949–1951 гг. были проведены крупномасштабные почвенные обследования И. Н. Гоголевым, что дало возможность сравнить результаты наших исследований с первичными и последующими исследованиями, проведенными Львовским институтом землеустройства УААН (1965–1966 гг. и 1985–1986 гг.).

Разрезы на модальных участках № 1 и № 2 закладывали до глубины 65–70 см, открывая только верхнюю наиболее выветренную часть почвообразующей породы, представленной элювием мелового мергеля. В почвенных разрезах послонно (через 10 см), сплошной колонкой и по отдельным генетическим горизонтам отбирали образцы почвы для лабораторно-аналитических исследований.

Аналитические работы проводили по стандартным методикам:  $\text{CO}_2$  карбонатов – на кальциметре по методу Гейслера-Максимюк, гумус – по методу Тюрина в модификации Никитина, валовой химический состав – по общепринятой стандартной методике.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Поскольку минеральная часть почвы характеризуется значительной консервативностью, то на основании результатов валового химического анализа можно утверждать о тенденции развития элементарных почвообразующих процессов, которые происходят в профиле почвы, причем как реликтовых, так и современных [8, 14, 16].

Для анализа данных валового химического состава почвы используют различные перерасчеты и коэффициенты, которые в большей или меньшей степени позволяют оценить генетические процессы, непосредственно связанные с абсолютным и относительным изменением химического состава минеральной части почв в аспекте их генезиса и антропогенного воздействия.

Главной задачей генетического изучения минеральной части твердой фазы почвы является установление изменений ее химического состава под влиянием элементарных почвообразующих процессов, поэтому сопоставление полученных данных, выраженных в процентах от веса сухой почвы, не дает истинного представления об изменениях минеральной части почвы, поскольку на количестве каждого оксида отражается величина содержания гумуса и химически связанной воды в каждом генетическом горизонте. Поэтому величины гумуса и химически связанной воды необходимо удалить. Это возможно в случае пересчета данных, выраженных в процентах от веса сухой почвы, в величины, выраженные

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

---

в процентах от минеральной массы почвы, то есть в процентах от прокаленной почвы [12, 16].

Результаты изучения валового химического состава рендзин Вороняцкого природного района Западно-Подольской возвышенной области Западно-Украинского края и Радеховско-Бродовского природного района области Малого Полесья Полесского края, выраженные в процентах от прокаленной почвы, приведены в таблице 1.

Одной из особенностей карбонатных почв, в частности рендзин, является то, что не только накопление гумуса, но и перераспределение и аккумуляция относительно подвижных карбонатов кальция (в меньшей степени карбонатов магния) не позволяют оценить распределение в почвенном профиле минеральных компонентов, особенно полуторных оксидов. Именно поэтому, анализируя карбонатные почвы для более полного отражения изменений в химическом составе их минеральной части по сравнению с материнской породой, большинство исследователей предлагают использовать одновременный пересчет на прокаленную и бескарбонатную почву. Это дает возможность элиминировать влияние карбонатов и органического вещества на валовой химический состав почвы и в большинстве случаев установить его реальную профильную дифференциацию [8, 9, 12, 14, 16].

Наиболее подробную характеристику валового химического состава рендзин области Малого Полесья Полесского края и его профильного распределения приводит в своей монографии «Почвы западных областей Украины» Г.А. Андрущенко. Автор отмечает, что данные почвы в области Малого Полесья Полесского края по валовому химическому составу изменяются сверху вниз, так же, как и в области Волинского Полесья Полесского края уменьшаются молекулярные отношения между кремнеземом и алюминием и между кремнеземом и железом и одновременно увеличиваются в том же направлении количества кальция. Такое перераспределение по профилю алюминия, железа, кальция характерно для почвообразующего процесса под древесной растительностью, который проходит в направлении к оподзоливанию. Г.А. Андрущенко предполагает, что одновременно с растворением и выносом из верхних горизонтов кальция-карбоната подлежат выносу также и элементы силикатного комплекса – железо и алюминий, большая же часть кремния остается на месте – в верхних горизонтах [1].

Таким образом, приведенные аргументы свидетельствуют о том, что на формирование и изменения валового химического состава рендзин и его профильного распределения имеют наибольшее влияние растворение и вынос карбонатов кальция из коры выветривания и почвы. Возможно, речь в данном случае идет о процессе растворения и выщелачивания карбонатов, следствием которого является декарбонизация рендзин и обеднение их на основания в результате выхода последних из кристаллической решетки минералов или органических соединений, растворения и последующего выноса за пределы почвенного профиля.

А priori можно утверждать, что длительное использование исследуемых рендзин в условиях интенсивного земледелия приведет к интенсификации процессов внутрипочвенного выветривания, одним из последствий которого является процесс растворения и выщелачивания карбонатов.

Результаты валового химического анализа, выраженные в процентах от веса прокаленной почвы, когда элиминировано влияние органического вещества на величины относительного содержания оксидов показывают, что особенностью валового химического состава рендзин территории исследования является повышенное содержание оксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ) практически в пределах всей мелкоземистой части генетического профиля этих почв. Существенное уменьшение относительного содержания  $\text{SiO}_2$  в направлении материнской породы и особенно в ее верхней части обусловлено увеличением в этом же направлении относительного (и абсолютного) содержания карбонатов кальция (табл. 1). Такое перераспределение оксида кремния и оксида кальция, в частности, его карбонатной части в почвенном профиле исследуемых рендзин двух природных районов, обусловлено, очевидно, развитием процесса растворения и выщелачивания карбонатов, когда потери карбонатов в гумусово-аккумулятивном и переходном горизонтах компенсируются относительным накоплением *in situ* оксида кремния.

Необходимо отметить, что верхние горизонты рендзин Радеховско-Бродовского природного района характеризуются заметной аккумуляцией таких элементов, как Mg, K, Na, Ti, а также полуторных оксидов ( $\text{R}_2\text{O}_3$ ), тогда как верхние горизонты рендзин Вороняцкого природного района, наоборот, бедны на Mg, Na, K, S и Ti, но также имеют повышенное содержание полуторных оксидов ( $\text{R}_2\text{O}_3$ ). Профильное распределение полуторных оксидов железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) в почвах Вороняцкого природного района отличается слабовыраженной тенденцией к дифференциации, что проявляется в относительном накоплении  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в пределах переходного горизонта этих почв (табл. 1). Одной из причин некоторых различий в профильном распределении элементов минеральной части рендзин двух природных районов является, очевидно, незначительная разница содержания оксида кальция (составляющей которого является кальций-карбонат) в пределах всего генетического профиля этих почв.

Для более полного отражения изменений в химическом составе и профильной дифференциации элементов минеральной части исследуемых почв проведен перерасчет результатов валового химического анализа одновременно на прокаленную и бескарбонатную почву (табл. 2).

Анализ данных валового химического состава рендзин территории исследования, выраженных в процентах от веса прокаленной и бескарбонатной почвы и его профильного распределения, показал, что в случае одновременного элиминирования влияния органического вещества и карбонатов на показатели относительного содержания компонентов минеральной части почвы упомянутые выше различия в профильном распределении оксидов химических элементов в рендзинах Вороняцкого и Радеховско-Бродовского природных районов не наблюдаются (табл. 2). Это указывает на однотипный характер проявления и единую направленность процесса растворения и выщелачивания карбонатов в агрогенно-преобразованных рендзинных почвах.

# 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Таблица 1

Валовой химический состав рендзин, % от веса прокаленной почвы\*

№№ разрезов	Глубина отбора образцов, см	Гигроскопическая влага, %	Потери при прокаливании, %	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
<b>Воронежский природный район</b>													
10-14	0-31	2,26	13,78	76,00	5,69	2,34	8,03	0,20	13,19	0,65	0,71	0,26	0,96
	32-45	1,59	19,67	64,78	4,82	2,28	7,10	0,16	25,33	0,51	0,66	0,31	0,76
	55-65	1,55	25,15	50,17	4,76	2,47	7,23	0,23	38,48	0,88	0,66	0,28	2,37
	70-75	0,86	37,10	15,74	5,14	2,04	7,18	0,21	73,22	0,89	0,75	0,33	1,70
<b>Радеховско-Бродовский природный район</b>													
30-34	0-22	2,97	21,17	66,56	5,00	2,07	7,07	0,17	22,76	1,18	0,81	0,28	1,28
	23-33	2,81	21,49	65,93	4,58	2,03	6,61	0,14	24,82	0,98	0,69	0,28	0,27
	35-45	1,75	29,41	48,95	3,69	1,83	5,52	0,13	43,55	0,51	0,48	0,30	0,80
	50-60	1,34	31,87	28,31	3,81	1,37	5,18	0,12	64,24	0,60	0,43	0,21	1,15
	65-75	0,92	39,46	11,62	2,66	1,30	3,96	0,15	81,53	0,58	0,35	0,18	1,53

Примечание. Приведены средние значения валового химического состава исследуемых рендзин, n = 5.

Таблица 2

Валовой химический состав рендзин, % от веса прокаленной и бескарбонатной почвы\*

№№ разрезов	Глубина отбора образцов, см	Гигроскопическая влага, %	Потери при прокаливании, %	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
<b>Воронежский природный район</b>													
10-14	0-31	2,26	13,78	85,18	6,38	2,63	9,01	0,22	2,59	0,73	0,79	0,29	1,09
	32-45	1,59	19,67	86,72	6,46	3,05	9,51	0,22	0,42	0,68	0,88	0,42	1,01
	55-65	1,55	25,15	70,01	6,64	3,44	10,08	0,32	13,78	1,23	0,92	0,39	3,31
	70-75	0,86	37,10	49,80	16,25	6,44	22,69	0,65	15,29	2,82	2,36	1,06	5,38
<b>Радеховско-Бродовский природный район</b>													
30-34	0-22	2,97	21,17	80,71	6,07	2,51	8,58	0,20	6,19	1,43	0,99	0,34	1,56
	23-33	2,81	21,49	82,02	5,70	2,53	8,23	0,17	6,60	1,22	0,85	0,35	0,33
	35-45	1,75	29,41	84,45	6,37	3,16	9,53	0,22	2,08	0,88	0,83	0,51	1,37
	50-60	1,34	31,87	63,17	8,50	3,05	11,55	0,26	19,98	1,18	0,95	0,50	2,56
	65-75	0,92	39,46	45,83	10,48	5,14	15,62	0,59	27,54	2,28	1,37	0,72	6,05

Примечание. Приведены средние значения валового химического состава исследуемых рендзин, n = 5.

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Характерной особенностью профильного распределения элементного состава минеральной части исследуемых почв является почти равномерное увеличение содержания сверху вниз полуторных оксидов алюминия и железа, а также щелочноземельных оснований. Наряду с этим наблюдается слабовыраженная тенденция к дифференциации профильного распределения оксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ). Это проявляется в относительном накоплении кремнезема на глубине 32 (35) – 45 см, то есть в средней части профиля рендзин обоих природных районов при одновременной относительной потере с этой части профиля силикатных кальция, магния и частично щелочноземельных оснований (табл. 2). Обнаруженное перераспределение кремния, кальция, магния и частично щелочноземельных оснований в почвенном профиле исследуемых рендзин косвенно свидетельствует об интенсификации процессов внутрипочвенного выветривания в средней части профиля этих почв. Известно, что одним из последствий такого выветривания является процесс растворения и выщелачивания карбонатов.

Сходные результаты изучения профильной дифференциации валового химического состава рендзин приведены в статье Р. П. Каска. Автор отмечает, что в процессе выщелачивания карбонатов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  одновременно с изменениями в минералогическом составе твердых частиц почвенной массы наблюдаются также изменения ее химического состава. Уменьшение содержания кальция и магния, а также щелочноземельных оснований является вполне закономерным. Наряду с этим увеличивается относительное содержание других элементов, входящих в состав материнской карбонатной породы [9].

Таким образом, интенсивное развитие процесса растворения и выщелачивания карбонатов в средней части профиля рендзин Вороняцкого и Радеховско-Бродовского природных районов указывает на тенденцию углубления этого процесса в профиле агрогенно-преобразованных почв, что обусловлено, по-видимому, более благоприятными гидротермическими условиями в пределах этой части профиля.

Подтверждением вышеотмеченного являются результаты исследований Н.И. Полупана. Автор доказывает, что гидротермические условия освоенных почв, которые длительное время используются как пахотные земли, заметно отличаются от целинных. Выражается это в большей динамике температуры пахотных земель, которые летом лучше прогреваются (на 2–3°C), а зимой больше охлаждаются и промерзают на 30–50 см глубже. Существенные изменения происходят в увлажнении почв, особенно в верхнем полуметровом слое и пахотном горизонте. В отличие от целинных земель в пахотных почвах верхние горизонты чаще высушиваются до влажности увядания, а в отдельные экстремальные годы такая влажность может храниться в пахотном и подпахотном горизонтах в течение всего вегетационного периода, тогда как в средней и нижней частях профиля подобное не наблюдается [15].

Исследованиями Э.И. Гагариной и Е.В. Абакумова установлено, что химическое выветривание карбонатных обломков исходной почвообразующей породы в профиле рендзин начинается с растворения, в ходе которого карбонаты переходят в бикарбонаты и выносятся из почвы при промывании ее осадками прежде всего в форме микрокристаллического карбонатного цемента, затем доломита (кальцита) и наконец происходит удаление тонкодисперсного материала – гидроксидов железа и глинистой составляющей (процесс декарбонатизации).

Кроме того, в зоне выщелачивания и на поверхности невыветренной части карбонатных обломков наблюдается некоторая аккумуляция глинисто-железистого тонкодисперсного материала буро-ржавой окраски в форме пленок, примазок или округлых новообразований, вещество которых находится в связанном состоянии под влиянием избытка карбонатов [3].

Известно, что оксиды и гидроксиды железа относятся к важнейшим минеральным пигментам, которые зачастую определяют окраску генетических горизонтов почв. Бурюю окраску или буроватый оттенок почвам придает сочетание разных оксидов железа, которые характеризуются разной степенью гидратации [12].

Макроморфологическими исследованиями установлено, что отчетливее буроватый и бурый оттенки проявляются в рендзинах Вороняцкого природного района, причем с заметной тенденцией к насыщению оттенка вниз по профилю к почвообразующей породе [10]. Это согласуется с общим увеличением относительного содержания  $F_2O_3$  в этом же направлении в рендзинах указанного природного района (табл. 2).

Отмечая относительную неподвижность глинозема ( $Al_2O_3$ ) при выветривании и почвообразовании, Герассовиц предложил проводить расчет степени выветрелости и дифференциации коры выветривания и почвы по отношению между подвижными компонентами и глиноземом и обосновал ряд индексов для характеристики коры выветривания и почвы [18].

Рассчитанные нами величины молярных отношений указывают на неоднородность химического состава минеральной части почвы и на некоторую дифференциацию профиля рендзин территории исследования. Так, молярные отношения  $SiO_2/Al_2O_3$ ,  $SiO_2/Fe_2O_3$ ,  $SiO_2/R_2O_3$  свидетельствуют об относительной потере оксидов железа и алюминия в верхней и средней частях профиля (0–45 см), поскольку их величины в пределах этих частей наиболее широкие: 21,17–22,63 для  $SiO_2/Al_2O_3$  и 74,18–127,00 для  $SiO_2/Fe_2O_3$ . В переходном горизонте исследуемых почв на глубине 50 (55) 60 (65) см молярные отношения сужаются и их величины изменяются от 12,76 до 16,80 для  $SiO_2/Al_2O_3$  от 52,44 до 54,55 для  $SiO_2/Fe_2O_3$ . Наиболее обогащенной на полуторные оксиды алюминия и железа является верхняя часть неизменной почвообразующей породы, что косвенно указывает на минимальное в пределах этой части генетического профиля рендзин территории исследования проявление процессов внутрипочвенного выветривания. Кроме молярных отношений названных выше полуторных оксидов, рассчитаны молярные отношения для щелочноземельных металлов:  $K_2O + Na_2O/Al_2O_3$  и  $CaO + MgO/Al_2O_3$  и на основании этих величин вычислен «фактор выщелачивания» ( $\beta$ ), предложенный Йенни [19]. Полученные нами показатели указывают на выщелачивание  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  относительно  $Al_2O_3$  в пределах всей мелкоземистой части почвенного профиля рендзин как Вороняцкого, так и Радеховско-Бродовского природных районов. Абсолютные величины показателей фактора выщелачивания ( $\beta$ ) уменьшаются в направлении к поверхности почвы, что свидетельствует о более интенсивном развитии процессов внутрипочвенного выветривания в средней и верхней частях генетического профиля исследуемых почв.

Агрогенное преобразование рендзин исследуемой территории, наряду с изменениями морфологического строения, отразилось и на величине молярных

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

отношений, и на показателях фактора выщелачивания ( $\beta$ ) в пределах всего генетического профиля этих почв.

Сравнительный анализ величин молярных отношений и показателей фактора выщелачивания ( $\beta$ ), рассчитанных по данным разных периодов исследований, указывает на тенденцию усиления процесса выщелачивания в агрогенно-преобразованных рендзинах с большим сроком использования в условиях интенсивного земледелия. Это проявляется в расширении показателей молярных отношений фактически в пределах всей мелкоземистой части профиля исследуемых почв. Наиболее отчетливо такая тенденция наблюдается до глубины 50(55)–60(65) см.

Сравнивая показатели фактора выщелачивания ( $\beta$ ), мы установили, что наибольшее абсолютное различие между величинами этих показателей для  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  проявляется в средней части почвенного профиля исследуемых почв, где они изменяются от 0,35 до 0,39. Это еще раз подтверждает вывод о том, что в агрогенно-преобразованных рендзинах территории исследования наблюдается заметно выраженная тенденция к интенсификации процессов внутрипочвенного выветривания и, соответственно, процесса растворения и выщелачивания карбонатов в средней части генетического профиля этих почв.

Выявленные тенденции изменений валового химического состава агрогенно-преобразованных рендзин под влиянием интенсивного их использования преимущественно в качестве пахотных земель не отражают в полном объеме характера процессов дифференциации химического состава минерального профиля этих почв. Сущность гипергенных процессов и, в частности, выветривания минералов, заключается в протолитизе, т.е. проникновении ионов водорода в кристаллические решетки первичных минералов. В результате этих процессов содержание конституционной воды в силикатной части профиля увеличивается. По исследованиям И.Н. Гоголева, ее количество в продуктах выветривания андезита увеличивается в 330–350 раз по сравнению с невыветренной породой [5].

Анализ опубликованных работ, в которых приведены данные валового химического состава рендзин, свидетельствует о том, что большинство исследователей не вычисляют и поэтому не приводят данные о содержании в этих почвах конституционной воды. Как отмечает А. А. Роде, определения химически связанной воды на основании валового химического анализа почв должно быть обязательным [17].

Содержание конституционной воды вычисляли как разницу между потерей при прокаливании и процентным содержанием гумуса и  $\text{CO}_2$  карбонатов. После чего полученные результаты пересчитали в молярное количество. По отношению содержания конституционной воды в том или ином горизонте почвы к его содержанию в почвообразующей породе вычислили показатель изменения силикатной части (табл. 3).

Из приведенных в табл. 3 данных видно, что по результатам наших исследований содержание конституционной воды в минеральном профиле исследуемых почв является стабильным, за исключением верхней и особенно средней его части. Величины коэффициента изменения силикатной части в гумусово-аккумулятивном горизонте изменяются от 1,04 в рендзинах Радеховско-Бродовского природного района до 1,05 – Вороняцкого, тогда как в переходном горизонте они немного возрастают.

Таблица 3

## Содержание конституционной воды в рендзинах Западного региона Украины

Глубина, см	Гигроскопическая влага, %	Потери при прокаливании, %	Гумус, %	СО <sub>2</sub> карбонатов, %	Конституционная вода, %	Молярное количество H <sub>2</sub> O	Коэффициент изменения силикатной части
<b>Радеховско-Бродовский природный район [1]</b>							
0-20	-	21,40	6,60	7,24	7,56	420	0,70
20-28	-	27,40	5,93	12,90	8,57	476	0,79
35-45	-	36,80	1,60	27,08	8,12	451	0,75
70-80	-	42,05	0,26	30,93	10,86	603	1,00
<b>Вороняцкий природный район</b>							
0-31	2,26	13,78	3,25	5,92	4,61	256	1,05
32-45	1,59	19,67	2,18	12,84	4,65	258	1,06
55-65	1,55	25,15	1,92	18,76	4,47	248	1,02
70-75	0,86	37,10	0,41	32,32	4,37	243	1,00
<b>Радеховско-Бродовский природный район</b>							
0-22	2,97	21,17	4,80	11,81	4,56	253	0,98
23-33	2,81	21,49	4,28	12,06	5,15	286	1,11
35-45	1,75	29,41	2,82	21,31	5,28	293	1,13
50-60	1,34	31,87	1,70	26,08	4,09	227	0,88
65-75	0,92	39,46	0,36	34,46	4,64	258	1,00

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

---

Несмотря на то, что в абсолютном отношении разница значений коэффициентов небольшая, она свидетельствует о тенденции интенсификации процессов внутрипочвенного выветривания и соответственно, процесса растворения и выщелачивания карбонатов в средней части профиля агрогенно-преобразованных рендзин обоих природных районов. Следствием этих процессов является поглощение ионов водорода, что и приводит к повышенному содержанию конституционной воды.

Исследованиями Т.С. Зверевой, С.П. Позняка установлено, что в верхней части профиля почв и особенно в пахотном горизонте в результате периодического увлажнения и высушивания происходят активные процессы кристаллизации, в частности, оксидов железа и алюминия, связанные с высвобождением конституционной воды [8, 13]. Этим объясняется, что значение коэффициента изменения силикатной части в пахотном горизонте рендзин Радеховско-Бродовского природного района меньше единицы и составляет 0,98. В подпахотном и особенно переходном горизонте исследуемых почв, где гидротермические условия, включая условия увлажнения, являются более стабильными, наблюдается интенсивное развитие процессов современного внутрипочвенного выветривания. Вниз по профилю значения коэффициентов изменения силикатной части несколько уменьшаются и изменяются в пределах от 0,88 в рендзинах Радеховско-Бродовского природного района до 1,02 – Вороняцкого (табл. 3). Это свидетельствует о затухании процессов гидратации и гидролиза в нижней части профиля исследуемых почв.

Анализ приведенных данных показал, что в целом процессы внутрипочвенного выветривания в минеральном профиле рендзин территории исследования малоинтенсивные и проявляются только в верхней и особенно средней частях профиля этих почв.

Для оценки влияния агрогенного преобразования рендзин исследуемой территории на характер проявления современных процессов внутрипочвенного выветривания проведен сравнительный анализ показателей содержания конституционной воды и значений коэффициента изменения силикатной части по результатам двух периодов исследования этих почв. Для вычисления названных показателей, кроме наших данных, использованы результаты исследований валового химического состава рендзин Радеховско-Бродовского природного района Малого Полесья, приведенных в монографии Г.А. Андрущенко «Почвы западных областей Украины» [1].

Сравнительный анализ показателей по данным разных периодов исследований указывает на выраженную тенденцию интенсификации процессов современного внутрипочвенного выветривания практически в пределах всего генетического профиля исследуемых почв. Особенно четко это проявляется в верхней и средней частях профиля почв с более длительным сроком сельскохозяйственного использования в качестве пахотных земель (табл. 3).

Повышенное содержание конституционной воды, которое наблюдается в пределах всего профиля рендзин Радеховско-Бродовского природного района по данным исследования в 1970 г., обусловлено значительным содержанием гумуса, а не интенсивным развитием процессов внутрипочвенного выветривания, поскольку коэффициенты изменения силикатной части в пределах всего профиля является меньше единицы (табл. 3).

## ВЫВОДЫ

Проведенный анализ содержания и распределения химических элементов в минеральном профиле рендзин Западного региона Украины, а также величин молярных отношений, показателей фактора выщелачивания ( $\beta$ ), содержания конституционной воды и величин коэффициента изменения силикатной части почвы, вычисленных по материалам разных периодов исследований, дает возможность сделать следующие выводы:

– наибольшее влияние на изменение валового химического состава минерального профиля исследуемых рендзин имеют растворения и вынос карбонатов кальция из почвы. Речь в данном случае идет о процессе растворения и выщелачивания карбонатов, следствием которого является декарбонатизация (химическая деградация) рендзин и обеднение их основаниями;

– интенсивное развитие процесса растворения и выщелачивания карбонатов в средней части профиля рендзин исследуемых природных районов указывает на тенденцию углубления этого процесса в профиле агрогенно-преобразованных почв, что обусловлено более благоприятными гидротермическими условиями в пределах этой части профиля;

– полученные нами показатели фактора выщелачивания ( $\beta$ ) указывают на выщелачивание  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  относительно  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в пределах всей мелкоземистой части почвенного профиля рендзин обоих природных районов;

– установлено, что абсолютные величины показателей фактора выщелачивания ( $\beta$ ) уменьшаются в направлении к поверхности почвы, что свидетельствует о более интенсивном развитии процессов внутрпочвенного выветривания в средней и верхней частях генетического профиля исследуемых почв;

– сравнительный анализ величин молярных отношений и показателей фактора выщелачивания ( $\beta$ ) указывает на тенденцию интенсификации процессов современного внутрпочвенного выветривания практически в пределах всего генетического профиля исследуемых почв. Особенно четко это проявляется в верхней и средней частях профиля почв с более длительным сроком сельскохозяйственного использования в качестве пахотных земель;

– минеральный профиль агрогенно-преобразованных рендзин характеризуется заметно выраженной элювиально-иллювиальной дифференциацией по  $\text{CaO}$  и тенденцией к дифференциации по полуторным оксидам и щелочноземельным элементам.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрущенко, Г.О. Ґрунти Західних областей УРСР / Г.О. Андрущенко. – Львів–Дубляни: Вільна Україна. – 1970. – Ч. 1. – 295 с.
2. Вернандер, Н.Б. Почвы лесостепной зоны / Н.Б. Вернандер // Природа Украинской ССР. Почвы. – Киев: Наукова думка, 1986. – С. 82–92.
3. Гагарина, Э.И. Почвообразующие породы с элементами четвертичной геологии: учеб. пособие / Э.И. Гагарина, Е.В. Абакумов. – СПб.: Изд-во СПбУ, 2012. – 131 с.
4. Гаськевич, О.В. Структура Ґрунтового покриву Гологоро-Кременецького горбогір'я / О.В. Гаськевич, С.П. Позняк. – Львів: Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. – 208 с.

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

5. Гоголев, И.Н. Бурые горно-лесные почвы Советских Карпат: автореф. дис. ...д-ра с.-х. наук / И.Н. Гоголев. – Львов, 1965. – 48 с.
6. Гоголев, И.Н. К вопросу о генезисе темноцветных (рендзинных) почв под лесом / И.Н. Гоголев // Почвоведение. – 1952. – № 3. – С. 241–250.
7. Гоголев, И.Н. Рендзинные (перегнойно-карбонатные) почвы Западно-Украинского Полесья и их генезис / И.Н. Гоголев // Природные условия и природные ресурсы Полесья. – К.: Изд-во АН УССР, 1958. – С. 114–123.
8. Зверева, Т.С. Формы глинистых образований и высокодисперсные минералы в дерново-карбонатных почвах / Т.С. Зверева // Почвоведение. – 1964. – № 11. – С. 34–44.
9. Каск, Р.П. Дерново-карбонатные выщелоченные и оподзоленные почвы или буроземы / Р.П. Каск // Почвоведение. – 1976. – № 7. – С. 17–27.
10. Кирильчук, А.А. Дерново-карбонатні ґрунти (рендзини) Малого Полісся: монографія / А.А. Кирильчук, С.П. Позняк. – Львів: Вид. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2004. – 180 с.
11. Маринич, О.М. Фізична географія України / О.М. Маринич, П.Г. Шищенко. – Київ: Знання, КОО. – 2003. – 480 с.
12. Орлов, Д.С. Химия почв / Д.С. Орлов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. – 400 с.
13. Позняк, С.П. Орошаемые черноземы юго-запада Украины / С.П. Позняк. – Львов: ВНТЛ, 1997. – 240 с.
14. Полузеров, Н.А. К методике количественной оценки процесса почвообразования на основе химического анализа / Н.А. Полузеров // Почвоведение. – 1970. – № 9. – С. 26–33.
15. Полупан, Н.И. Эволюция почвенного покрова Украины под влиянием природных условий и антропогенных воздействий / Н.И. Полупан // Материалы VIII Всесоюзного съезда почвоведов. – Новосибирск, 1989. – Кн. 4. – С. 66.
16. Польшов, Б.Б. Валовой почвенный анализ и его толкование / Б.Б. Польшов // Почвоведение. – 1944. – № 10. – С. 482–490.
17. Роде, А.А. Система методов исследования в почвоведении / А.А. Роде. – Новосибирск: Наука, 1971. – 92 с.
18. Harrassowitz, H. Laterit / H. Harrassowitz // Forschungsh. Geol. Pala'ontol. – 1926. – № 4.
19. Jenni, H. Behavior of potassium and sodium during the process of soil formation / H. Jenni // Missouri Agric. Exp. Sta. Res. Bull. – 1931. – № 162.

### DIFFERENTIATION PROCESSES OF CHEMICAL COMPOSITION OF MINERAL RENDZINAS PROFILE IN WESTERN REGION OF UKRAINE

A.A. Kyrylchuk

#### Summary

Investigation results of chemical elements content and distribution in mineral rendzina profile in Western Ukraine used for a long period under intensive agriculture have been presented. Comparative analysis of molar ratio value, leaching factor indicators, constitutional water content, coefficient value change of silicate soil part,

using data of some soil investigations stages have been conducted. The character and course of modern differentiation processes development of chemical composition of investigated rendzinas mineral profile have been revealed.

*Поступила 20.06.13*

УДК 631.445.4:641.41

## **ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ И БУФЕРНЫЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ ЮГО-ЗАПАДА УКРАИНЫ**

**Е.А. Ожован**

*Одесский государственный аграрный университет,  
г. Одесса, Украина*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Одним из глобальных типов деградации почв является их дегумификация, поскольку содержание гумуса – это интегральный показатель плодородия почв, отображающий их эколого-генетический статус. Особого внимания заслуживает дегумификация черноземов, параметры которых признаны как эталонные значения почв самого высшего качества. Составляя более половины сельскохозяйственных угодий Украины, они занимают ведущее место в природном и экономическом потенциале страны. Освоение черноземов вызывает уменьшение новообразования гумуса из-за сокращения поступления свежего органического вещества и увеличения скорости его минерализации. Период интенсивной дегумификации наблюдается в первые 30–60 лет освоения черноземов, затем наступает период стабилизации и возможного накопления органических веществ в почве [12]. Продолжительность этих периодов отличается по природным зонам [9]. Также есть данные о различных темпах дегумификационных процессов в пределах степной зоны, что приводит к нивелированию дифференциации почв этой территории по содержанию гумуса [25].

Известно, что количественные изменения гумуса сопровождаются изменением качественных показателей, которые для черноземов имеют противоречивый характер. Так, исследования В.В. Дегтярева свидетельствуют об уменьшении содержания гуминовых кислот в черноземах обыкновенных в начале сельскохозяйственного использования (27-летняя пашня) по сравнению с целиной, но в дальнейшем (65- и 120-летняя пашня) наблюдается их накопление. Здесь длительность сельскохозяйственного использования не влияет на относительное содержание фульвокислот [6]. В своих исследованиях черноземов типичных М.В. Капштык указывает на повышение относительного содержания гуминовых кислот и уменьшение количества нерастворимого остатка на пашне по сравнению с 16-летним перелогом [7]. По данным А.Д. Балаева, состав гумуса чернозема южного на 45-летнем перелогe характеризуется большим относительным содержанием гуминовых кислот и фульвокислот, чем на пашне, и меньшим

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

содержанием нерастворимого остатка. Несколько иным был состав гумуса чернозема типичного [3].

Мониторинг содержания гумуса в почвах исследуемой территории свидетельствует о его уменьшении в последние десятилетия в среднем на 0,35% (от 0,1 до 0,7% в отдельных районах) [1]. Сравнительный анализ с данными А.И. Набоких [13] свидетельствует, что за последние 100 лет в поверхностном горизонте черноземов южных (в пределах исследуемой территории) содержание гумуса уменьшилось на 25–40% [25]. В этой связи целью исследования является установление современных зональных и локальных особенностей качественных показателей гумуса в условиях дегумификации, которые влияют на физико-химические свойства черноземов и их способность противодействовать неблагоприятным экологическим факторам.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По физико-географическому районированию Украины территория исследований находится в пределах степной зоны. Климат умеренно континентальный, с недостаточной увлажненностью, короткой и мягкой зимой, продолжительным и жарким летом [22]. Годовая сумма активных температур составляет 2800–3300 °С, безморозный период длится от 170 до 190 дней. Количество осадков в зоне с севера на юг уменьшается от 475 мм до 350 мм, соответственно уменьшается в этом направлении глубина промачивания почвы и мощность ее профиля. Поэтому степную зону делят на две подзоны: северостепную с черноземами обыкновенными и середнестепную с черноземами южными. Почвы зоны сформировались на лессовых породах под разнотравно-типчаково-ковыльной растительностью, которая с продвижением на юг в связи с увеличением засушливости климата является изреженной и представлена типчаково-ковыльными ассоциациями. На сегодня почти все земли распаханы, на них выращивают зерновые и кормовые культуры. Для увеличения плодородия черноземов засушливых территорий, наряду с другими агротехническими мероприятиями, применяют орошение.

*Объекты исследования.* Для исследования заложили 5 ключевых участков, расположение которых позволяет установить географо-генетические особенности гумусного состояния черноземов. Особенности почвообразования в подзонах исследовали на ключевых участках северной (черноземы обыкновенные – к. у. «Раздельная»,) и южной (черноземы южные – к. у. «Молодежное») частей зоны. Ключевые участки, расположенные в Заднестровье, отражают фациальные особенности почвообразующих процессов (черноземы обыкновенные мицеллярно-карбонатные – к. у. «Малоярославец»). Локальные особенности гумусного состояния почв исследовали на территориях, которые в последние десятилетия выведены из орошения (черноземы южные – к. у. «Глубокое»), и в местности нижнедунайских надпойменных террас (черноземы южные карбонатные – к. у. «Измаил»).

*Предмет исследования* – гумусное состояние почв и их буферные способности. Гранулометрический состав определяли по методике Н.А. Качинского в модификации С.И. Долгова и А.И. Личмановой [5]. Содержание гумуса – методом И.В. Тюрина в модификации Б.А. Никитина [2], групповой состав гумуса –

по М.М. Кононовой и Н.П. Бельчиковой [9, 11]. Определение оптической плотности проводили в вытяжке гуминовых кислот, полученной в ходе определения состава гумуса [18].

По показателям содержания гумуса в профиле и количества физической глины рассчитали коэффициент профильного накопления гумуса (КПНГ) и коэффициент относительной аккумуляции гумуса (КОАГ) [21].

Кислотно-основные буферные свойства почв определяли методом потенциометрического титрования почвенных суспензий кислотой и щелочью с последующим графическим построением кривых титрования по генетическим горизонтам. На основе кривых титрования (кривых буферности) рассчитывали: буферную площадь (в кислотном и щелочном интервалах), показатель нейтрализации, степень буферной способности (в кислотном и щелочном интервалах), а также интегральный индекс кислотно-основного равновесия [14, 15]. Содоустойчивость почв определяли по методике В.П. Бобкова [4].

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Характеризуя исследованные почвы по гранулометрическому составу, нами были отмечены следующие особенности (рис.). Черноземы обыкновенные представлены крупнопылевато-иловатым тяжелым суглинком. Преобладающими фракциями для черноземов обыкновенных по всему профилю является ил и крупная пыль.

Относительно меньшее содержание физической глины до 46–48% наблюдается в черноземах южных, выведенных из орошения, что характеризует их как тяжелосуглинистые почвы. Черноземы южные и черноземы южные карбонатные представлены средним суглинком (35–42% физической глины). В отличие от черноземов обыкновенных, для черноземов южных свойственно преобладание фракции крупной пыли по всему профилю, а содержание фракции ила является несколько меньшим. Исключение – черноземы южные карбонатные надпойменной террасы р. Дунай, для которых второй преобладающей фракцией является мелкий песок (частицы размером 0,25–0,05 мм).

Содержание фракции песка (1–0,05 мм) в исследуемых черноземах составляет около 25%, что свидетельствует об одинаковом составе подстилающих пород. Из них крупного и среднего песка (частицы размером 1–0,25 мм) – около 1%, что негативно влияет на физические свойства почвы, способствуя заплыванию и образованию почвенной корочки после осадков.

Содержание пылеватой фракции (частички размером 0,05–0,001 мм) в черноземах южных карбонатных составляет около 55%, в черноземах южных – 47–50%, в черноземах обыкновенных – около 42–44%. Содержание мелкой и средней пыли (частицы размером 0,005–0,001 мм и 0,01–0,005 мм) во всех исследуемых почвах – около 15–20%, что обуславливает слитизацию и дефляционные процессы.

Ил активно принимает участие в процессах почвообразования и разных миграциях, что обуславливает разнообразное содержание его в почвах. Так, черноземы южные карбонатные в пахотном горизонте содержат наименьшее

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

количество ила 20%, черноземы южные – 26–28%. Исследуемые черноземы обыкновенные характеризуются наибольшим содержанием фракции ила – 32%, что обеспечивает им высокую поглотительную способность.

Приведенные профильные диаграммы гранулометрического состава исследуемых почв показывают, что дифференциация ила в черноземах южных и черноземах обыкновенных мицеллярно-карбонатных выражена слабо или вообще отсутствует. В черноземах южных карбонатных и черноземах обыкновенных наблюдается увеличение илистой фракции с глубиной, что свидетельствует о присутствии в этих почвах процесса лессиважа.

Рассмотрим содержание гумуса в почве по его распределению по профилю. Исследуемые почвы характеризуются аккумулятивным типом распределения гумуса в почвенном профиле, для которого свойственно максимальное накопление органического вещества с поверхности при постепенном уменьшении его содержания с глубиной. Мощность гумусированного профиля ( $H + H_p + Ph_k$ ), выражающая степень развития почвообразовательного процесса, для исследуемых черноземов средняя и колеблется в пределах 65–85 см. Отмечена относительно большая мощность гумусированной части профиля в черноземах обыкновенных мицеллярно-карбонатных (90 см) по сравнению с черноземами обыкновенными (74 см). Для исследуемых черноземов южных глубина гумусированной части обусловлена географическим положением и их гранулометрическим составом. Так, в среднесуглинистых черноземах южных и черноземах южных карбонатных надпойменной террасы р. Дунай глубина гумусированной части профиля достигает 72–75 см, а гумусово-аккумулятивного горизонта (H) – 34 см. Тяжелосуглинистые черноземы южные, выведенные из орошения, имеют мощность гумусированного профиля около 67 см. Более мощный гумусовый горизонт (до 44 см) и большое количество слабогумусовых «языков» и пятен в нижней части гумусированного профиля являются характерными признаками орошаемых почв [20].

Исследуемые черноземы обыкновенные содержат в пахотном слое 3,6–3,8% гумуса, а черноземы южные – 2,4–2,6%, в черноземах южных карбонатных его количество составляет 2,16% (табл.). Следует отметить отсутствие четкой дифференциации между черноземами северных и южных территорий в степной зоне по содержанию гумуса (6,0–6,5% и 3,4–4,2% соответственно), установленной в начале XX века А.И. Набоких, что свидетельствует о нивелировании гумусовой зональности [25]. Вместе с этим сохраняется географическая закономерность его распределения – уменьшение содержания гумуса и мощности гумусового горизонта с севера на юг.

Общие запасы гумуса в профиле определяются типом почвообразования, а в его пределах – гранулометрическим составом, увлажнением и мощностью профиля. Н.И. Полупан рассматривает гумус как показатель типологической и экологической памяти почвы. Он предлагает использовать соотношение содержания гумуса в профиле и физической глины в нем как диагностический показатель типа почвообразования [21].

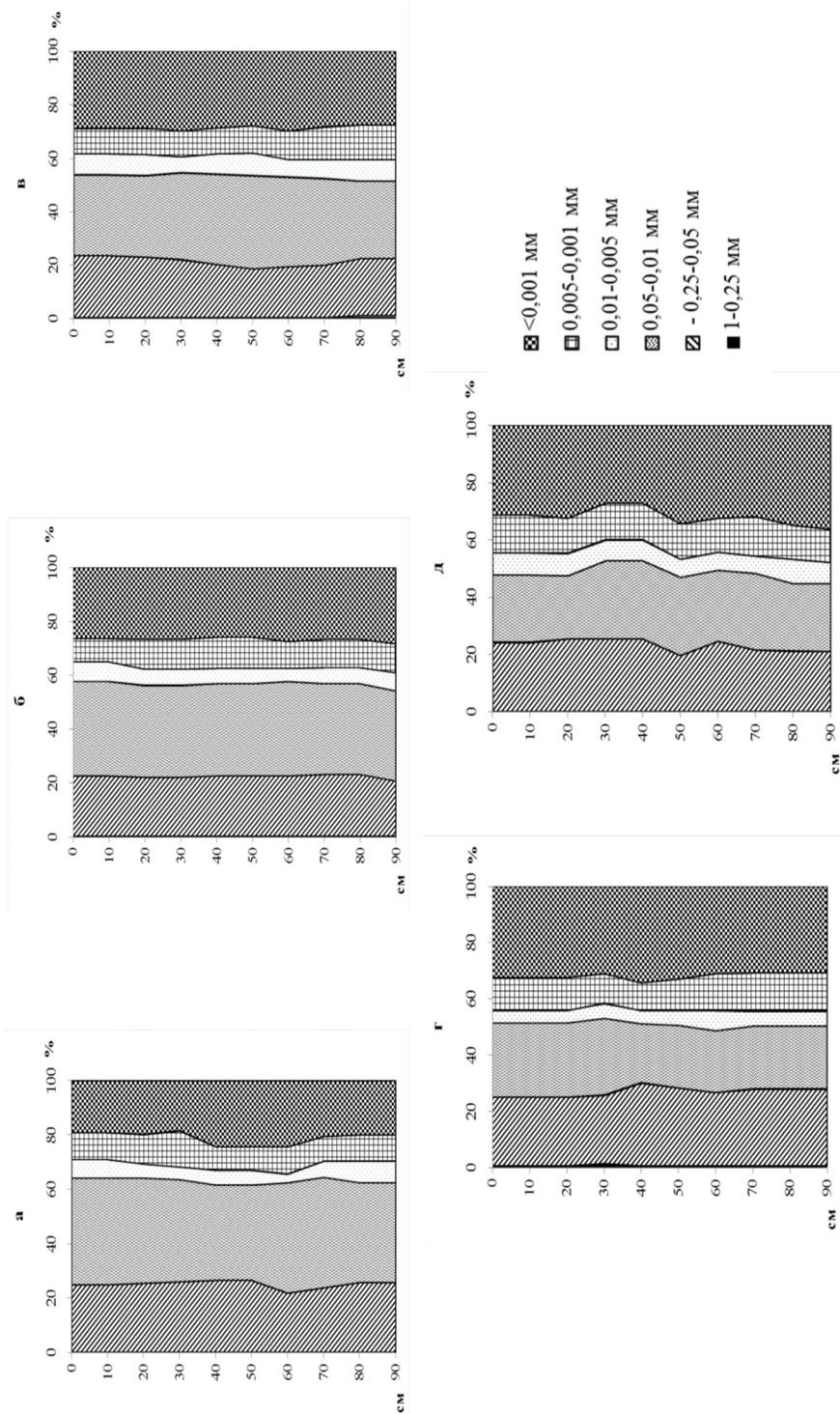


Рис. Гранулометрический состав автоморфных почв юга Украины: а – чернозем южный карбонатный, б – чернозем южный, в – чернозем южный посторошаемый, г – чернозем обыкновенный мителлярно-карбонатный, д – чернозем обыкновенный

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Рассчитанные коэффициенты профильного накопления гумуса (КПНГ) отражают уменьшение интенсивности профильного гумусонакопления с севера на юг, о чем свидетельствует уменьшение показателя КПНГ от 0,051–0,052 до 0,041–0,043 в указанном направлении. Значения коэффициентов относительной аккумуляции гумуса (КОАГ) в свою очередь отражают увеличение засушливости климата и, соответственно, уменьшение аккумуляции гумуса в южной части степной зоны. От черноземов обыкновенных до черноземов южных величина КОАГ уменьшается на 27% (от 0,73 до 0,53 соответственно). Следует отметить, что по сравнению с эталонными [21] полученные значения КПНГ в исследуемых черноземах обыкновенных и черноземах южных, выведенных из орошения, являются несколько заниженными. Значения КОАГ соответствуют эталонам и отражают классификационную принадлежность исследуемых почв к умеренно слабогумусоаккумулятивным черноземам обыкновенным и слабоаккумулятивным черноземам южным.

Оценить масштабы гумусонакопления можно по запасам гумуса, которые отражают общее содержание органических веществ в почве. Исследуемые черноземы характеризуются низкими запасами гумуса в слое 0–20 см. Для черноземов обыкновенных они колеблются в пределах 85,6–89,4 т/га, а для черноземов южных – 68 т/га. Небольшими запасами органических веществ в слое 0–20 см характеризуются исследуемые черноземы южные, выведенные из орошения, – около 60 т/га. Наименьшее значение этого показателя наблюдается в черноземах южных карбонатных надпойменной террасы р. Дунай ( $\approx 50,4$  т/га).

*Качественный состав гумуса.* Динамика процессов гумусонакопления в почве влияет на качественный состав гумуса, который оценивается содержанием и соотношением различных по своим свойствам групп гумусовых веществ: гуминовых кислот, фульвокислот и нерастворимого остатка. Для исследуемых почв групповой состав гумуса характеризуется относительно высоким количеством гуминовых кислот и относительно небольшим количеством фульвокислот, что свойственно почвам черноземного типа почвообразования [17].

Содержание гуминовых кислот в пахотном слое черноземов обыкновенных и южных исследуемой территории колеблется в пределах 31–40% от общего углерода. Меньшее содержание гуминовых кислот (около 27%) отмечено в черноземах южных карбонатных.

Отношение гуминовых кислот к фульвокислотам характеризует тип гумуса, отражая специфику процессов гумификации в разных почвах. В исследуемых черноземах обыкновенных в гумусово-аккумулятивном горизонте соотношение Сгк:Сфк составляет 2,02–2,21, что свидетельствует о гуматном типе гумуса. Однако пахотный слой характеризуется меньшим содержанием гуминовых кислот и соотношением Сгк:Сфк в пределах 1,76–1,84. Гумусово-аккумулятивный горизонт черноземов южных характеризуется гуматным типом гумуса (Сгк:Сфк 2,27). Для исследуемых черноземов южных, выведенных из орошения, и черноземов южных карбонатных надпойменной террасы р. Дунай тип гумуса фульватно-гуматный с соотношением Сгк:Сфк в пределах 1,75–1,87, которое постепенно уменьшается вниз по профилю.

Относительное содержание нерастворимого остатка в исследуемых черноземах обыкновенных и южных среднее (42–59%). Следует отметить его низкое

содержание в черноземах южных, выведенных из орошения, на глубине ниже 70 см, а в черноземах обыкновенных ниже – 110 см.

Наиболее полно органические остатки превращаются в гуминовые вещества в черноземах обыкновенных, о чем свидетельствует высокая степень гумификации (31,0–38,5) в гумусированной части профиля. Степень гумификации черноземов южных высокая (36,2–40,0%) в верхнем слое почвы 0–30 см, с глубиной этот показатель уменьшается и имеет среднее значение (22,0–26,3%). Исключение составляют черноземы южные карбонатные надпойменной террасы р. Дунай, для которых характерна средняя степень гумификации, а с глубины 24 см – слабая (10,7–19,5%).

*Оптическая плотность гуминовых кислот.* По показателям гумусного состояния почв [16] установлено, что гуминовые кислоты исследуемых черноземов имеют высокую и очень высокую оптическую плотность, которая обусловлена значительно конденсированным ароматическим ядром и небольшим содержанием в их молекулах боковых алифатических радикалов. В черноземах обыкновенных мицеллярно-карбонатных и черноземах южных карбонатных коэффициенты оптической плотности имеют высокие значения – 0,177–0,195. Очень высокие коэффициенты оптической плотности (0,223–0,275) гуминовых кислот черноземов обыкновенных и черноземов южных свидетельствуют о большей конденсированности ароматического ядра их молекул и указывают на более благоприятные условия для образования сложных форм гуминовых кислот в этих почвах.

Строение и свойства гуминовых кислот закономерно изменяются в почвенном профиле, что отмечается многими авторами [9, 17, 19]. В исследуемых почвах меньшие значения коэффициентов оптической плотности наблюдаются в пахотном слое, что может быть следствием накопления свежих органических остатков и присутствием относительно «молодых» в химическом отношении гуминовых кислот [9]. Наличие более «зрелых» гуминовых кислот замечено в нижней части гумусово-аккумулятивного горизонта, о чем свидетельствует рост коэффициентов оптической плотности. В нижней части почвенного профиля присутствуют низкие показатели оптической плотности гуминовых кислот, что может быть следствием миграции более подвижных гуминовых кислот упрощенного строения из верхних горизонтов. Это также отмечается Т.А. Плотниковой в исследованиях черноземов южных [17] и объясняется, по мнению М.М. Кононовой, генетическим сродством гуминовых кислот с фульвокислотами и возможностью существования между ними переходных форм [8].

Следует отметить, что гумусово-аккумулятивный горизонт черноземов обыкновенных характеризуется постепенным уменьшением оптической плотности с глубиной. Равномерное распределение этих показателей в профиле объясняется благоприятными условиями гумусообразования для формирования более структурированных молекул гуминовых кислот, роста гидрофобных свойств и уменьшения их подвижности в верхних слоях.

# 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Таблица  
Показатели гумусового состояния и буферных свойств черноземов юго-запада Украины

Почвы, месторасположение	Глубина, см	Содержание физической глины, %	Содержание гумуса, %	КОАГ/КПНГ	Слк:Сфк	Степень гумификации орг. остатков, %	E 465 0,001%	E4:E6	pH	Содержимость, мг экв/100 г	Степень буферной способности, %	
											кислот- ный ин- тервал	щелоч- ной ин- тервал
Чернозем обыкновенный (к. у. «Раздельная»)	0–10	52,07	3,86	0,73/0,052	1,76	31,1	0,275	2,9	5,66	32,4	59,9	58,5
	10–20	52,53	3,59		2,21	38,5	0,25	2,9	6,87	36,6	56,5	54,9
Чернозем обыкновенный мицеллярно-карбонатный (к. у. «Малоярославец»)	0–15	48,5	3,64	0,73/0,050	1,84	26,5	0,195	3,0	6,60	28,8	55,5	49,6
	15–25	46,74	3,34		2,09	31,7	0,199	2,9	7,10	34,6	54,9	51,7
Чернозем южный (к. у. «Молодежное»)	0–4	42,32	2,62	0,64/0,051	2,27	40,0	0,223	2,8	5,70	24,5	51,3	53,6
	4–34	43,84	2,9		2,16	37,1	0,236	2,9	6,85	25,5	51,5	58,6
Чернозем южный карбонатный (к. у. «Измаил»)	0–11	35,73	2,16	0,58/0,041	1,87	26,9	0,177	3,2	7,15	26,7	87,4	37,7
	11–24	35,63	2,03		1,56	28,5	0,185	3,0	8,35	25,3	80,5	49,3
Чернозем южный посторошаемый (к. у. «Глубокое»)	0–10	46,31	2,43	0,53/0,043	1,74	36,2	0,223	2,9	6,40	28,1	54,0	45,4
	10–20	46,73	2,57		1,71	34,9	0,174	2,9	7,48	30,0	54,1	50,8

Для сравнения оптических свойств гуминовых кислот рассчитывали коэффициент цветности по соотношению коэффициентов экстинкции при длинах волн 465 и 665 нм (E4:E6). Это соотношение не зависит от концентрации углерода и отражает степень участия конденсированного ароматического ядра в построении молекулы гуминовых кислот [8, 10]. Большая структурированность молекул наблюдается в пахотных слоях черноземов обыкновенных, черноземов южных и черноземов южных, выведенных из орошения, где соотношение E4:E6 составляет 2,8–2,9. Меньшая структурированность молекул гуминовых кислот вследствие уменьшения участия конденсированного ароматического ядра и, соответственно, увеличение алифатических боковых цепей в построении молекул гуминовых кислот отмечается в черноземах обыкновенных мицеллярно-карбонатных и черноземах южных карбонатных, где наблюдается увеличение соотношения E4:E6 до 3,0–3,2. То есть гумус этих почв представлен молодыми, менее «зрелыми» гуминовыми кислотами.

*Буферность почв.* Гумусовое состояние почв определяет основные их свойства и, в частности, способность противодействовать неблагоприятным экологическим факторам. Именно кислотно-основная буферность является фактором противодействия к некоторым видам физико-химической деградации почв, параметры которой говорят не только об общем экологическом состоянии почвы как природного объекта экосистемы, но и содержат информацию об особенностях процессов почвообразования (их направление и интенсивность) [14, 15].

Исследуемые почвы характеризуются слабокислой и нейтральной реакцией почвенного раствора (5,66–6,60) в слое 0–10 см. Исключение составляют черноземы южные надпойменной террасы р. Дунай со слабощелочным показателем pH почвенного раствора 7,15. Для всех почв отмечено увеличение значения pH вниз по профилю, что обусловлено увеличением содержания карбонатов кальция и магния в нижних горизонтах.

Реакция почвенного раствора тесно связана с составом и свойствами почвы, характером ее использования и направлением почвообразования. Разработанная Б. Ульрихом концепция буферных систем отражает различное поведение буферных механизмов почвы в зависимости от генетически присущей величины pH [23, 24]. Диапазон значений pH почвенного раствора в пределах 6,2–8,6 свидетельствует о карбонатной буферной системе, в которой основными веществами, ответственными за создание буферности, являются карбонаты. Бескарбонатные слои 0–10 см черноземов обыкновенных и черноземов южных характеризуются показателем pH меньше 6,2, что соответствует силикатной буферной системе. Основным механизмом буферности этой системы является выветривание силикатов.

Нейтрализующую способность почвы выражают через показатель нейтрализации (ПН). Этот показатель соответствует количеству миллиграмм-эквивалентов кислоты (ПН кислотный) или щелочи (ПН щелочной) в пересчете на 100 г почвы, обеспечивающему нейтральную реакцию [14]. В верхних горизонтах исследуемых почв ПН щелочной колеблется в пределах 1,25–5,50 мг-экв/100 г, в нижних горизонтах ПН кислотный – 0,75–1,25 мг-экв/100 г, в черноземах южных карбонатных – 12,0 мг-экв/100 г.

Ведущим фактором в формировании щелочной среды почв степной зоны являются процессы содообразования, которым противодействует pH-буферность [24]. Содоустойчивость, то есть количество соды, которую способна почва нейтрализовать, в исследуемых черноземах южных составляет от 24,5 до 30,0 мг-экв/100 г.

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Для черноземов обыкновенных этот показатель несколько выше и достигает отметки 36,6 мг-экв/100 г. Согласно классификации В.П. Бобкова, все исследуемые почвы обладают слабой степенью содоустойчивости [4].

Другим показателем, описывающим кислотно-основную буферность почвы, является буферная площадь в кислотном и щелочном интервалах. Кислотно-основная буферная площадь характеризуется равнозначными показателями в обоих интервалах и возрастает в ряду: черноземы южные посторошаемые – черноземы обыкновенные мицеллярно-карбонатные – черноземы южные – черноземы обыкновенные (от 12 до 14 см<sup>2</sup> соответственно). Исключение составляют карбонатные почвы древних надпойменных террас р. Дунай с наибольшим значением этого показателя (23,7–27,5 см<sup>2</sup>) в кислотном интервале и наименьшим – в щелочном (9,1–9,6 см<sup>2</sup>). Буферная площадь в кислотном интервале в профиле исследуемых почв с глубиной увеличивается, а в щелочном – уменьшается. Эта тенденция объясняется частичной миграцией высокобуферной по отношению к кислотам коллоидной фракции органо-минерального комплекса в нижние горизонты [15].

Степень буферной способности (СБС) дает возможность провести в одинаковых диапазонах рН оценку буферности почвы относительно абсолютного буферного эталона, рН водной суспензии которого соответствует исследуемому образцу [14]. По шкале оценки кислотно-основной буферности почвы, исследуемые черноземы принадлежат к средней степени буферной способности в пределах кислотного интервала (СБС 51–60%). Исключение составляют черноземы южные карбонатные надпойменных террас р. Дунай, которые характеризуются очень высокой буферностью в этом диапазоне (СБС 80–87%). Высокой щелочной буферной способностью отличаются черноземы обыкновенные и черноземы южные – СБС 53–58%, черноземы обыкновенные мицеллярно-карбонатные, черноземы южные посторошаемые, черноземы южные карбонатные характеризуются средней буферностью в щелочном интервале – СБС 38–51%.

В качестве дополнительного критерия оценки устойчивости функционирования агроэкосистем используют индекс кислотно-основного равновесия ( $K_p = \text{СБСк}/\text{СБСщ}$ ). Исследуемые черноземы обыкновенные и черноземы южные по этому показателю являются более устойчивыми агроэкосистемами, чем черноземы южные карбонатные ( $K_p = 1,0$ – $1,2$  и  $2,3$  соответственно). Климатические условия, специфические водно-тепловые и биологические режимы почв, а также антропогенный фактор обуславливают высокую мобильность карбонатов в пределах почвенного профиля на относительно легких по гранулометрическому составу почвах, уменьшают устойчивость кислотно-основного равновесия.

### ВЫВОДЫ

В последние 15–20 лет в пахотном горизонте черноземов юго-запада Украины из-за отсутствия органических удобрений произошло снижение гумуса в среднем на 0,35% (от 0,1 до 0,7% по отдельным районам). Типичное содержание гумуса в черноземах обыкновенных южной полосы их распространения и черноземов южных колеблется в пределах 3,6–3,9% и 2,2–2,6% соответственно.

При видимом выравнивании гумусного состояния черноземов обыкновенных и черноземов южных сохраняется зональный характер большинства показателей, характеризующих процессы гумусоаккумуляции: с севера на юг

уменьшаются интенсивность профильного гумусонакопления (с 0,051–0,052 до 0,041–0,043) и коэффициент относительной аккумуляции гумуса (с 0,73 до 0,53), общие запасы гумуса и мощность гумусированной части профиля.

Групповой состав гумуса и оптические свойства гуминовых кислот в большей степени определены местными условиями – гранулометрическим составом почв, распределением карбонатов в профиле, влиянием орошения. Черноземы южные карбонатные среднесуглинистые характеризуются не только наименьшим содержанием гумуса, но и более слабой степенью гумификации органического вещества, структурированностью молекул гуминовых кислот.

Общими особенностями для исследуемых почв является аккумулятивное распределение гумуса по профилю, гуматный и фульватно-гуматный тип гумуса (Сгк:Сфк  $\approx$  2,02–2,27 и 1,76–1,84), высокая степень гумификации органического вещества (больше 30%), значительная конденсированность ароматического ядра молекул гуминовых кислот (Е4:Е6 около 2,8–3,2). Для них характерна средняя и высокая буферная способность в кислотном и щелочном интервалах, зависящая от степени гумусированности, карбонатности и гранулометрического состава почв.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Голубченко, В.Ф. Агрохимическая характеристика и плодородие почв Одесской области / В.Ф. Голубченко, Е.В. Кулиджанов, А.В. Авчинников. – Одесса: Облгосплдорудие, 2010. – 26 с.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: Изд-во московского университета, 1970. – 490 с.
3. Балаев, А.Д. Изменение органического вещества черноземов типичного и южного при применении почвозащитных технологий возделывания сельскохозяйственных культур: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.00.03 / А.Д. Балаев. – Киев, 1986. – 25 с.
4. Бобков, В.П. О возможности прогнозирования появления соды в почвах / В.П. Бобков // Почвы содового засоления: материалы междунар. симпозиума по мелиорации почв содового засоления. – Ереван: Изд-во НИИПИ, 1971. – Вып. 4. – С. 649–651.
5. Вадюдина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюдина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
6. Дегтярев, В.В. Гумус черноземов левобережной Лесостепи и Степи Украины: монография / В.В. Дегтярев. – Харьков: Майдан, 2011. – 360 с.
7. Капштык, М.В. Воспроизведение органического вещества черноземов как предпосылка органического производства / М.В. Капштык // Земледелие, почвоведение, агрохимия. – 2009. – № 9. – С. 8–13.
8. Кононова, М.М. Гумус главнейших типов почв СССР, его природа и пути образования / М.М. Кононова // Почвоведение. – 1956. – № 3. – С. 18–30.
9. Кононова, М.М. Органическое вещество почвы: его природа, свойства и методы изучения / М.М. Кононова. – Москва: Изд. Моск. акад. наук СССР, 1963. – 313 с.
10. Кононова, М.М. Современные задачи в области изучения органического вещества почвы / М.М. Кононова // Почвоведение. – 1972. – № 7. – С. 27–35.

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

11. Кононова, М.М. Ускоренные методы определения состава гумуса минеральных почв / М.М. Кононова, Н.П. Бельчикова // Почвоведение. – 1961. – № 10. – С. 75–87.
12. Лактионов, Н.И. Продолжительность антропогенного воздействия и темпы дегумификации черноземов Украины / Н.И. Лактионов, В.В. Дегтярев, С.В. Крохин // Вестник ХГАУ. – 1999. – № 1. – С. 18–22.
13. Набоких, А.И. Материалы по исследованию почв и грунтов Херсонской губернии / А.И. Набоких. – 1915. – Вып. 3. – 32 с.
14. Надточий, П.П. Определение кислотно-основной буферности почв / П.П. Надточий // Почвоведение. – 1993. – № 4. – С. 34–39.
15. Надточий, П.П. Экология почвы: монография / П.П. Надточий, Т.М. Мислива, Ф.В. Вольвач. – М.: ЧП Рута, 2010. – 473 с.
16. Орлов, Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д.С. Орлов. – М.: Изд. МГУ, 1990. – 325 с.
17. Плотникова, Т.А. Содержание и состав гумуса в южных черноземах и темно-каштановых почвах Кустанайской области / Т.А. Плотникова // Почвоведение. – 1969. – № 12. – с. 29–39.
18. Плотникова, Т.А. Упрощенный вариант метода определения оптической плотности гумусовых веществ с одним светофильтром / Т.А. Плотникова, В.В. Пономарева // Почвоведение. – 1967. – № 7. – С. 73–85.
19. Подвальная, А.С. Оптическая плотность гуминовых кислот оподзоленных почв Пасмового Побужья / А.С. Подвальная // Генезис, география и экология почв: сб. научн. работ. – Львов: Изд. центр ЛНУ им. Франко, 2003. – С. 298–301.
20. Позняк, С.П. Орошаемые черноземы юго-запада Украины / С.П. Позняк. – Львов: ВНТЛ, 1997. – 240 с.
21. Полупан, Н.И. Классификация почв Украины / Н.И. Полупан, В.Б. Соловей, В.А. Величко. – Киев: Аграрная наука, 2005. – 300 с.
22. Природа Украинской ССР. Ландшафты и физико-географическое районирование / А.М. Маринич, В.М. Пащенко, П.Г. Шищенко. – Киев: Наукова думка, 1985. – 224 с.
23. Соколова, Т.А. Химические основы буферности почв / Т.А. Соколова, Г.В. Мотузова, М.С. Малинина. – Москва: Изд-во МГУ, 1991. – 108 с.
24. Трускавецкий, Р.С. Буферная способность почв и их основные функции / Р.С. Трускавецкий. – Харьков: Новое слово, 2003. – 225 с.
25. Ярмак, В. Географические особенности дегумификации почв юго-степной подзоны Украины / В. Ярмак, С. Полищук // Вестник Львов. ун-та. Сер. географическая. – 2007. – Вып. 34. – С. 309–312.

## HUMUS STATUS AND BUFFER PROPERTIES OF CHERNOZEM SOILS IN SOUTHWEST OF UKRAINE

E.A. Ozhovan

### Summary

Results of research for status of humus and buffer properties of chernozem soils in southwestern Ukraine are summarized. Geographic and genetic features of humus status of soils on the territory under study are identified. Chernozem soils

under study are found to reveal a tendency, in dehumification processes, to retain their parameters being typical for soils of the chernozem-type soil-formation. Features of humus formation processes under impact of natural and man-caused factors were studied as well.

*Поступила 22.10.13*

УДК 631.417

## **ОСОБЕННОСТИ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ БРЕСТСКОГО ПОЛЕСЬЯ**

**А.С. Домась**

*Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина,  
г. Брест, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Ежегодное затопление пойм водами весенних разливов и паводков создает своеобразную, но достаточно самостоятельную категорию почв. Своеобразие их заключается в том, что они формируются в условиях речных пойм под воздействием дернового и болотного процессов почвообразования и их сочетаний, что сопровождается аллювиальным и поемным процессами. Почвообразование и породообразование протекают здесь одновременно, причем отлагающиеся осадки уже подвергались почвообразованию, поэтому формирование аллювиальных почв происходит довольно быстро [1, 2]. Специфика почвообразования предопределяет развитие в поймах преимущественно дерновых заболоченных почв, сходных с почвами междуречий. С водоразделов в поймы сносится органическое вещество с пахотных горизонтов прилегающих агроландшафтов, определяя повышенную гумусированность пойменных почв. Химизм речных и грунтовых вод в поймах [3] определяет многие специфические черты почвенного профиля (карбонатность, охристость или оруденелость).

Аллювиальные (пойменные) почвы относятся к интразональным почвам и занимают всего около 3% суши земного шара. На территории Беларуси на их долю приходится около 5% общей площади сельскохозяйственных земель. Преобладающая часть пойменных почв используется под луга, так как более интенсивному использованию под пашню часто препятствует избыточное переувлажнение. Для использования в качестве лугов наиболее пригодны участки центральной части пойм, обладающие особо благоприятным водным режимом и почвенным плодородием.

Рациональное использование этих почв возможно на основе четкого представления об их генезисе, классификации, диагностических признаках и свойствах.

Анализ литературных источников показывает явную недостаточность данных не только по фракционно-групповому составу органического вещества

## **1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование**

аллювиальных почв, но даже по общему содержанию гумуса. Наиболее полные работы по данной тематике представлены у Л. А. Яблонских и Б.П. Ахтырцева [4–9]. В остальном в литературе – лишь фрагментарные сведения о гумусном состоянии пойменных почв [10–15]. Отечественные аллювиальные почвы практически не изучены на предмет качественного состава органического вещества в них.

Целью нашей работы явилось исследование аллювиальных минеральных почв Брестского Полесья на предмет содержания и фракционно-группового состава гумуса.

### **МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Исследования проводились в период 2011–2013 гг. Объектами исследования выступили аллювиальные дерновые заболоченные почвы различной степени увлажнения (флювисоли – по системе WRB), относящиеся к различным видам землепользования, располагающиеся на территории Брестского Полесья. Аллювиальные (пойменные) дерновые и дерновые заболоченные почвы (в системе ФАО – флювисоли) занимают свыше 60% от общей площади всех пойменных почв в республике [1]. Данные почвы приурочены преимущественно к прирусловой и центральной частям пойм. Их наиболее характерными особенностями являются слоистый характер почвообразующих отложений, отсутствие или слабое развитие подзолообразовательного процесса, формирование мощного гумусового горизонта.

Для достижения поставленной цели нами было заложено 13 почвенных разрезов аллювиальных дерновых заболоченных почв пахотных (2 разреза) и луговых (11 разрезов) земель пойм рек Лесная, Западный Буг и Рита. По гранулометрическому составу почвы данной выборки характеризовались широким спектром – от связнопесчаных (2 разреза) и рыхлосупесчаных (4) до связносупесчаных (4) и легкосуглинистых (3 разреза), по степени увлажнения изучаемый массив включал временно избыточно увлажняемые – 2, глееватые – 9, глеевые – 2. Для характеристики гумусного состояния в лабораторных условиях определяли следующие показатели: валовое содержание органического вещества – методом И.В. Тюрина (ГОСТ 26213–91); качественный состав органического вещества – методом И.В. Тюрина в модификации Пономаревой-Плотниковой [16]; кислотность почвы – стандартным потенциометрическим методом (ГОСТ 26483–85).

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Благодаря привнесенному пойменными водами материалу аллювиальные почвы зачастую характеризуются довольно высоким содержанием органического вещества, что и показали наши исследования. Наиболее обеспеченными гумусом почвами оказались луговые земли, сформированные на легкосуглинистом аллювии.

Среднее содержание органического углерода в пойменных почвах данного региона – 2,1%, что в пересчете на гумус составляет 3,6% (табл. 1). Согласно показателям гумусового состояния почв, разработанным Д.С. Орловым и Л.А. Гришиной [17], подобное содержание относится к градации с низким содержанием. Тем не менее для территории Республики Беларусь данный

показатель считается довольно высоким [18, 19]. Качественный состав изученных пойменных почв Брестского Полесья характеризовался гуматно-фульватным типом ( $S_{гк}/C_{фк}$  в среднем 0,61), а степень гумификации можно оценить как слабую [17]. Подобные низкие значения относительного содержания гуминовых кислот к фульвокислотам отмечались в условиях среднерусской лесостепи Л.А. Яблонских [4]. Как следствие слабой гумификации среднее содержание гумина достигало 54,9% от валового содержания гумуса в почве. Таким образом, групповой состав гумуса аллювиальных почв Брестского Полесья свидетельствует о некоторых специфических особенностях гумификации органического вещества. Специфика процесса гумификации наиболее ясно выявляется при анализе фракционного состава гумуса этих почв (табл. 1). Необходимо учитывать, что в таблице представлены усредненные значения, рассчитанные отдельно по каждому показателю.

В первую очередь данные почвы отличаются невысоким содержанием свободных и связанных с подвижными полуторными оксидами фракций гумусовых кислот, что характерно для «незрелых» гуминовых кислот, которые формируются в условиях избыточного увлажнения. Подвижные фракции представлены преимущественно фульвокислотами. Значения подвижных ГК варьировали в очень широких пределах: от 2,0% от Сорг в пахотных суглинистых до 12,1% в рыхлосупесчаных луговых почвах. Варьирование содержания подвижных фульвокислот происходило не столь широко. Наименьшей суммой ( $ФК-1а + ФК-1$ ) характеризовалась глееватая связносупесчаная луговая почва (8,3%), тогда как наибольшей суммой подвижных фульвокислот обладала также глееватая связносупесчаная луговая почва – 20,9% от Сорг. Отличием данных луговых почв выступила реакция среды. В первом случае значение рН было наибольшим (8,40), тогда как во втором – одним из наименьших (4,86). Общая сумма подвижных фракций ( $ГК-1 + ФК-1 + ФК-1а$ ) распределялась аналогично представленным выше данным. Этот факт может косвенно свидетельствовать о влиянии реакции среды на подвижность гумуса в аллювиальных почвах на территории Брестского Полесья, когда повышение реакции среды снижает подвижность органического вещества почвы. Отношение  $S_{гк-1}/C_{фк-1} + фк-1а$  среди подвижных фракций составило 0,53.

Таковыми же узкими значениями данного показателя характеризовались и фракции прочно связанные с глинистыми минералами и устойчивыми полуторными окислами. Здесь отношение  $S_{гк-3}/C_{фк-3}$  также составило 0,53. Содержание прочно связанных фракций варьировало значительно меньше в сравнении с подвижными. Так, прочно связанные ГК изменялись в пределах от 3,4% от Сорг в глееватых легкосуглинистых луговых почвах до 7,1% в глееватых рыхлосупесчаных луговых почвах. Содержание фульвокислот варьировало несколько шире: от 5,8% в наиболее увлажненных легкосуглинистых почвах до 15,9% в глееватых легкосуглинистых луговых почвах. Наиболее стабилизированное органическое вещество характеризовалось довольно высокими значениями рН – 7,25 в случае когда сумма ( $ГК-3 + ФК-3$ ) была наибольшей (20,2%), тогда как при снижении рН указанный параметр отличался тенденцией к уменьшению, что опять же может свидетельствовать в пользу влияния рН на подвижность органического вещества.

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Довольно сильным варьированием рассматриваемые аллювиальные почвы отличались и по фракции, связанной с  $\text{Ca}^{2+}$ . Если среди фульвокислот данная фракция варьировала умеренно (1,4–7,6%), то в пределах фракции ГК–2 разрыв между минимальным и максимальным значением отмечался более чем в 15 раз (0,6–10,0%).

Таблица 1

### Фракционный состав гумуса аллювиальных дерновых заболоченных почв Брестского Полесья под различными видами земель

Вид земель	Гумус, %	Гуминовые кислоты			
		1	2	3	Σгк
Пашня	<u>1,2–2,7</u> 2,0	<u>2,0–8,7</u> 5,4	<u>7,3–10,0</u> 8,6	<u>4,1–6,9</u> 5,5	<u>16,2–22,9</u> 19,5
Луг	<u>1,2–8,2</u> 3,8	<u>3,1–13,9</u> 7,7	<u>0,6–9,3</u> 3,5	<u>3,4–7,1</u> 5,4	<u>13,6–21,6</u> 16,6

Продолжение табл. 1

Вид земель	Фульвокислоты				
	1а	1	2	3	Σфк
Пашня	<u>1,6–5,5</u> 3,6	<u>9,9–10,3</u> 10,1	<u>3,5–4,4</u> 4,0	<u>9,7–12,9</u> 11,3	<u>28,9–29,0</u> 28,9
Луг	<u>0,4–6,1</u> 4,0	<u>5,6–14,9</u> 9,6	<u>1,4–7,6</u> 4,3	<u>5,4–15,9</u> 10,0	<u>20,0–34,0</u> 27,9

Окончание табл. 1

Вид земель	Гумин	Сгк / Сфк	pH
Пашня	<u>28,2–55,1</u> 51,6	<u>0,56–0,79</u> 0,68	<u>6,16–6,22</u> 6,19
Луг	<u>47,9–62,9</u> 55,5	<u>0,50–0,86</u> 0,60	<u>4,62–8,40</u> 6,13

Рассматриваемые почвы на изучаемой территории заняты преимущественно луговыми землями. Они характеризовались более высоким содержанием органического вещества в почве (3,8% в пересчете на Сорг) в сравнении с пахотными (2,0%), что является логичным вследствие более интенсивного протекания в них дернового процесса почвообразования, тогда как пахотные почвы характеризуются значительными объемами удаления фитомассы с урожаем, что существенно уменьшает количество доступных источников для образования гумусовых веществ, а также их более интенсивной минерализацией.

Фракционно-групповой состав в связи с использованием данных почв под пашню также претерпевал определенные изменения. В первую очередь это

касается наиболее ценной фракции ГК–2, связанной с  $\text{Ca}^{2+}$ , содержание которой на пашне возрастает почти в 2,5 раза в сравнении с луговыми землями. Безусловно, это связано с внесением химических мелиорантов, улучшающих реакцию среды пахотных почв. В целом же сумма фракций, связанных с кальцием, возрастает не столь значительно (на 17%), поскольку присутствие фракции ФК–2 несколько снижается (табл. 1).

Также происходит снижение подвижного и наиболее доступного для минерализации органического вещества – свободных и связанных с подвижными полуторными оксидами фракций. Наибольшие потери при распашке аллювиальных дерновых заболоченных почв на территории Брестского Полесья происходят во фракции ГК–1 – в 1,4 раза. Положительным моментом можно отметить лишь незначительное уменьшение наиболее агрессивной фракции ФК–1а – на 12%. Эти данные могут свидетельствовать об изменении окислительно-восстановительных условий в почве как следствие активного сельскохозяйственного использования, в результате чего создаются благоприятные условия для активной минерализации органического вещества. В итоге этих процессов происходит уменьшение общего содержания гумуса в почве и смещение фракционного состава гумусовых веществ в сторону увеличения доли более стойких соединений – гуматов и фульватов либо прочно связанных с глинистыми минералами и устойчивыми полуторными оксидами форм.

Обобщая данные фракционного состава гумуса пахотных почв и естественных лугов на аллювиальных дерновых заболоченных почвах Брестского Полесья, отмечено, что каких-либо существенных изменений в качественном составе органического вещества вследствие интенсивного сельскохозяйственного использования выявлено не было. Сумма гуминовых кислот пахотных почв значительно превышала таковую луговых, тогда как сумма ФК оставалась практически неизменной, что находит свое отражение в незначительном расширении показателя  $\text{Сгк/Сфк}$  (табл. 1).

Рассмотрение содержания и состава гумуса в зависимости от степени гидроморфизма показало отсутствие четких закономерностей в распределении показателей гумусового состояния почв. Содержание валового органического вещества временно избыточно увлажненных и глееватых почв характеризовалось схожими показателями. В дальнейшем же, при переходе к глеевым почвам, наблюдается значительный прирост содержания гумуса – до 3,2% (табл. 2).

Распределение гумусовых веществ по фракциям с увеличением степени увлажнения почв происходит очень неравномерно. Так, в ряду слабоглееватые – глееватые – глеевые почвы сначала происходит незначительное увеличение (6%) средней суммы подвижных фракций, а затем ее уменьшение на 13%, причем наиболее активно эти изменения протекают во фракции ГК–1. Если при переходе от временно избыточно увлажненных почв к глееватым происходит увеличение участия фракции ГК–1 на 27%, то при дальнейшем переходе к глеевым этот показатель падает практически на 40%, тогда как колебания ФК–1а и ФК–1 не превышали 10% (табл. 2). Причем колебания среди подвижных ФК имели обратно пропорциональную направленность изменениям подвижных гуминовых кислот.

Фракции, связанные с  $\text{Ca}^{2+}$ , также характеризовались довольно значительными колебаниями. Так, при переходе от слабоглееватых к глееватым почвам происходит незначительное снижение суммы фракций, связанных с кальцием, –

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

на 19%. При этом снижение доли ФК–2 достигали 25%, а содержание ГК–2 уменьшалась на 11%.

Дальнейшее усиление участия влаги в почвообразовательном процессе аллювиальных дерновых заболоченных почв Брестского Полесья ведет к существенному увеличению фракции ГК–2 – в 1,6 раза, причем присутствие доли ФК–2 возрастает лишь на 12%. В целом же сумма фракций, связанных с Са<sup>2+</sup>, при переходе от глееватых почв к глеевым увеличивается на 26%.

Таблица 2

### Гумусовое состояние аллювиальных дерновых заболоченных почв Брестского Полесья различной степени увлажнения

Степень увлажнения	Гумус, %	Гуминовые кислоты				Фульвокислоты					Гумин	Сгк / Сфк	рН
		1	2	3	Σгк	1а	1	2	3	Σфк			
АДБ1*	1,9	6,0	4,4	4,9	15,2	4,3	10,1	5,3	10,4	30,0	54,7	0,51	5,55
АДБ2*	1,8	8,2	3,9	5,8	18,0	3,9	9,6	4,0	10,4	27,7	54,3	0,65	6,32
АДБ3*	3,2	4,9	6,2	3,8	14,9	4,1	9,8	4,5	9,3	27,7	57,5	0,54	5,90

Примечание. АДБ1, АДБ2, АДБ3 – временно избыточно увлажняемые, глееватые и глеевые почвы соответственно.

При изменении степени гидроморфизма от временно избыточно увлажненных до глееватых почв средние значения содержания фракций прочно связанных с глинистыми минералами и устойчивыми полуторными оксидами изменялись лишь для ГК–3 – почти в 1,2 раза. При усилении степени увлажненности почв данный показатель уменьшался значительно существеннее – более чем в 1,5 раза, тогда как среднее содержание фракции ФК–3 снижалось лишь на 11%.

Как следствие, происходило скачкообразное изменение относительного содержания гуминовых кислот к фульвокислотам. Показатель Сгк/Сфк сначала возрастал с практически фульватного (0,51) до гуматно-фульватного (0,66), после чего снова снижался (0,54).

Исходя из вышесказанного, временно избыточно увлажненные почвы обладали наибольшей суммой устойчивых фракций (ГК–2 + ГК–3 + ФК–2 + ФК–3), тогда как наибольшим количеством подвижных гумусовых кислот характеризуются аллювиальные глееватые почвы. Они же показали и наибольшие значения рН (6,32).

Достоверное влияние на содержание гумуса оказывал гранулометрический состав почв (табл. 3). Так, в ряду от связных песков до легких суглинков содержание гумуса постепенно возрастало с 2,1% до 4,7% соответственно.

Фракционно-групповой состав гумуса на гранулометрический состав почв реагировал без какой-либо видимой закономерности. По всей видимости, изменения были обусловлены влиянием других факторов или их совокупностью. Подвижные фракции (ГК–1 + ФК–1а + ФК–1) характеризовались двумя

максимумами – в связных песках и в связных супесях – 23,6% и 23,4% соответственно. В легкосуглинистых почвах отмечалась наименьшая сумма подвижных фракций – 16,6%. Почвы данного гранулометрического состава в целом характеризовались наименее гумифицированным органическим веществом и, как следствие, наибольшим содержанием гумина, достигающим в них 57,2% от Сорг.

Таблица 3

**Гумусовое состояние аллювиальных дерновых заболоченных почв Брестского Полесья различного гранулометрического состава**

Гранулометрический состав	Гумус, %	Гуминовые кислоты				Фульвокислоты					Гумин	Сгк / Сфк	рН
		1	2	3	Σгк	1а	1	2	3	Σфк			
Связный песок	2,1	7,9	4,9	5,5	18,2	4,5	11,2	5,8	10,2	31,7	50,1	0,58	5,65
Рыхлая супесь	2,8	8,1	2,5	6,2	16,9	3,8	8,6	4,6	9,4	26,4	56,7	0,66	6,00
Связная супесь	4,1	8,5	3,6	5,8	18,1	4,7	10,2	3,3	10,0	28,2	53,6	0,66	6,36
Легкий суглинок	4,7	4,3	7,2	3,6	15,1	2,9	9,4	3,9	11,5	27,7	57,2	0,54	6,35

Наименьшим содержанием гумина характеризовались наиболее легкие, связнопесчаные, аллювиальные почвы – чуть более 50%. В них же отмечалось и наименьшее среднее значение рН (табл. 3).

Содержание суммы фракций, связанных с  $Ca^{2+}$ , понижалось в ряду связнопесчаные – рыхлосупесчаные – связносупесчаные с 10,7% до 6,9%, а в легкосуглинистых почвах характеризовалось наибольшим значением, превышающим 11% от Сорг.

Наименьшими колебаниями значений характеризовалась фракция, прочно связанная с глинистыми минералами и устойчивыми  $R_2O_3$ . Разница между наибольшей и наименьшей средней суммой (ГК–3 + ФК–3) не превышала 5%, тогда как в ГК–3 достигала 1,5 раза.

**ВЫВОДЫ**

1. Гумус аллювиальных дерновых заболоченных почв Брестского Полесья характеризуется гуматно-фульватным составом (Сгк/Сфк – 0,60–0,68). В результате интенсивного сельскохозяйственного использования данный показатель меняется незначительно.

2. Подвижность органического вещества, вероятно, обусловлена реакцией почвенной среды – с повышением значения рН снижается доля подвижных фракций гумуса.

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

3. Наиболее стабилизированным составом органического вещества обладают аллювиальные временно избыточно увлажненные почвы Брестского Полесья, тогда как глееватые почвы характеризуются наиболее подвижным составом гумуса.

4. С утяжелением гранулометрического состава происходило повышение гумусированности пойменных почв без каких-либо четких закономерностей в изменении качественного состава органического вещества.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. География почв Беларуси: учеб. пособие / Н.В. Клебанович [и др.] – Минск: БГУ, 2009. – 198 с.
2. Witek, T. Gleby Zulaw Wislanych / T. Witek // Pamietnik Pulawski: Pracy JUNG. – 1965. – Z. 18. – S. 157–163.
3. Романова, Т.А. Диагностика почв Беларуси и их классификация в системе ФАО–WRB / Т.А. Романова. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, 2004. – 428 с.
4. Яблонских, Л.А. Органическое вещество аллювиальных дерновых насыщенных почв легкого гранулометрического состава среднерусской степи / Л.А. Яблонских // Вестник ВГУ. Химия. Биология. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2000. – № 2. – С. 156–162.
5. Яблонских, Л.А. Состав и свойства пойменных солонцовых почв Окско-Донского плоскоместья и их использование в сельском хозяйстве / Л.А. Яблонских // Генезис, свойства и мелиорация почв Среднерусского Черноземья. – Воронеж, 1987. – С. 30–37.
6. Ахтырцев, Б.П. Пойменные почвы Окско-Донской лесостепной провинции и их рациональное использование / Б.П. Ахтырцев, Л.А. Яблонских; Воронежский государственный университет // Землепользование, землеустройство, агро-мелиорация. – 1986. – Сер. 2. – № 4.
7. Ахтырцев, Б.П. Пойменные почвы Окско-Донской равнины и их изменение при сельскохозяйственном использовании / Б.П. Ахтырцев, Л.А. Яблонских. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1993. – 216 с.
8. Ахтырцев, Б.П. Зависимость состава гумуса от гранулометрического состава в почвах лесостепи / Б.П. Ахтырцев, Л.А. Яблонских // Почвоведение. – 1986. – № 7. – С. 114–120.
9. Ахтырцев, Б.П. Гумусное состояние аллювиальных луговых почв лесостепи / Б.П. Ахтырцев, Л.А. Яблонских // Почвоведение. – 1995. – № 12. – С. 1460–1468.
10. Адерихин, П.Г. К вопросу об органическом веществе некоторых пойменно-лесных почв / П.Г. Адерихин, В.М. Шевченко, Г.А. Шевченко // Почвоведение и проблемы сельского хозяйства. – Воронеж, 1971. – С. 22–32.
11. Ахтырцев, Б.П. Почвы пойм и их использование / Б.П. Ахтырцев, А.С. Щетинина. – Саранск: Мордовск. книгоизд-во, 1975. – 120 с.
12. Гришина, Л.А. Гумус и азот некоторых почв Тамбовской низменности / Л.А. Гришина, Л.В. Сребнова // Агрохимия. – 1973. – № 5. – С. 75–78.
13. Фаткуллин, А.Ш. Пойменные луговые почвы (о составе гумуса) / А.Ш. Фаткуллин // Гумус почв Волжско-Камской лесостепи и его роль в плодородии. – Казань, 1972. – С. 30–69.

14. Шевченко, Г.А. Характеристика гумуса пойменно-луговых почв / Г.А. Шевченко // География и плодородие почв нечерноземной зоны РСФСР. – Саранск, 1973. – С. 153–159.
15. Жаринова, Н.Ю. Гумусовые характеристики аллювиальных темногумусовых почв Красноярской лесостепи / Н.Ю. Жаринова, А.А. Ямских // Вестник Томского государственного университета: Биология. – 2011. – № 1. – С. 5–10.
16. Практикум по агрохимии: учеб. пособие / О.А. Амелянчик [и др.]; под ред. В.Г. Минеева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
17. Орлов, Д.С. Практикум по химии гумуса / Д.С. Орлов, Л.А. Гришина. – М.: МГУ, 1981. – 272 с.
18. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель республики Беларусь (2007–2010) / И.М. Богдевич [и др.]; под ред. И.М. Богдевича; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012. – 275 с.
19. Программа мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв в Республике Беларусь на 2011–2015 гг. / В.Г. Гусакова [и др.]; НАН Беларуси, МСХП РБ, Госкомимущество, Ин-т почвоведения и агрохимии; под ред. В.Г. Гусакова. – Минск, 2010. – 106 с.

## **CHARACTERISTICS OF THE QUALITY OF THE ORGANIC MATTER ALLUVIAL SOILS OF BREST POLESYE**

**A.S. Domas'**

### **Summary**

The results of study of the humus status of some waterlogged alluvial soils of Brest Polessye are shown. A rather high content of organic matter (2,0–3,8%) in the alluvial soils of Brest Polessye is determined, characterizing humate-fulvate composition ( $Ch_a/C_{fa} - 0,60-0,68$ ). The assumption is made about the influence of the reaction of the soil medium on the organic matter mobility – with increasing pH decreases the amount of mobile humus fractions. It is shown that humus content of fluvisols raised with increasing content of the clay, with any precise patterns of change in the qualitative composition of the organic matter were not observed.

*Поступила 09.09.13*

## **ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭРОДИРОВАННЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ НА МОЩНЫХ МОРЕННЫХ СУГЛИНКАХ**

**Н.А. Михайловская, А.Ф. Черныш, Т.В. Погирницкая, А.В. Юхновец**  
*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Эрозия представляет серьезную экологическую проблему для Беларуси, что обусловлено особенностями рельефа и природой почвообразующих пород. Эродированные почвы занимают 9,4% от общей площади пашни. Процессы эрозии на территории республики имеют выраженные региональные особенности. В Белорусском Поозерье эрозия развивается в условиях мелко- и среднехолмистого рельефа на почвах, сформированных на моренных почвообразующих породах. Наряду с водной эрозией, в этих условиях развивается и техногенная эрозия, обусловленная обработкой почвы [1].

В среднем недоборы урожаев зерновых культур на почвах, подверженных эрозии, составляют 12–40% в зависимости от степени их эродированности [1]. Снижение производительной способности эродированных почв обусловлено ухудшением их агрохимических, агрофизических, а также биологических свойств, которые значительно менее изучены. Научная информация по влиянию эрозии на биологическую активность дерново-подзолистых почв республики ограничена [2, 3, 7]. Недостаток данных по биологическому статусу эродированных почв вызывает необходимость проведения исследований по расширенному спектру биологических показателей, включая оценку их ферментативной активности.

Исследования по ферментативной активности дают информацию об интенсивности ключевых биохимических процессов, определяющих способность почвы выполнять функции минерализации и гумификации органических остатков. В основе деструкционных и синтетических функций почвы лежит биохимическая деятельность микробных сообществ почвы, осуществляемая за счет ферментов, катализирующих все биохимические реакции. Строгая субстратная специфичность ферментов гарантирует объективность оценки активности исследуемого биохимического процесса. Показатели ферментативной активности имеют ряд преимуществ по сравнению с другими биологическими характеристиками, заключающихся в большей стабильности ферментативных параметров. Почвенные ферменты находятся в стабилизированном состоянии, защищены от инактивации и протеолиза, длительно сохраняют свою активность за счет прочной связи с органическими и минеральными компонентами почвы [11, 12, 17].

Цель настоящей работы – дать количественную оценку изменений ферментативной активности дерново-подзолистых почв, сформированных на мощных моренных суглинках, по геоморфологическому профилю (почвенно-эрозионной катене).

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по ферментативной активности проведены в стационарном опыте на дерново-подзолистых почвах, сформированных на мощных моренных суглинках в условиях Северной почвенно-экологической провинции (ОАО «Межаны», Браславский р-н).

Стационарный опыт заложен по геоморфологическому профилю от водораздельной равнины до подножья склона. Ферментативную активность определяли на водоразделе, слабо-, средне- и сильноэродированной почвах на вариантах с отвальной вспашкой (20–22 см) на фонах  $N_{70}P_{60}K_{70}$  и  $N_{70}P_{60}K_{70} + 40$  т/га навоза. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы: содержание гумуса – 1,5–2,1%; рН 6,1–6,3;  $P_2O_5$  – 177–280 мг/кг;  $K_2O$  – 127–185 мг/кг. Минеральные удобрения (карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий) вносили перед посевом. Повторность в опыте четырехкратная, размеры учетных делянок: на водоразделе – 35 м<sup>2</sup>, на верхней и средней частях склона – 30 м<sup>2</sup>, в нижней части – 25 м<sup>2</sup>. Севооборот: яровая пшеница, вико-овсяная смесь с подсевом многолетних трав (люцерна + клевер), люцерна + клевер 1 г.п., люцерна + клевер 2 г.п.

Отбор образцов почвы для энзиматических исследований проводили ежегодно весной до внесения удобрений. Этот срок отбора обеспечивает наиболее объективную информацию, так как позволяет минимизировать маскирующее влияние внесения удобрений и возделываемой культуры [8].

Активность инвертазы определяли по методу, предложенному Т.А. Щербаковой, с использованием динитросалициловой кислоты в качестве индикатора редуцирующих сахаров [9]. Активность уреазы устанавливали колориметрическим методом, по Т.А. Щербаковой, в качестве субстрата использовали мочевины [9]. Активность полифенолоксидазы и пероксидазы оценивали колориметрическим методом по трансформации гидрохинона в почве, разработанным Л.А. Карягиной, Н.А. Михайловской [10].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На территории Беларуси водная эрозия является наиболее распространенным видом деградации почв. Развитие водной эрозии приносит существенный экологический и экономический ущерб, с обрабатываемых склонов ежегодно выносится от 0,1 до 100 и более т/га почвы [1]. Сток поверхностных вод приводит к потерям тонкодисперсной фракции почвы, гумуса и элементов минерального питания. При этом теряется не только органическое вещество и минеральная часть почвы, но и прочносвязанные с ними микробная биомасса и внеклеточные почвенные ферменты [4–6]. Снижение содержания микробной биомассы и ферментного запаса эродированных почв может приводить к нарушению ключевых биохимических процессов, связанных с трансформацией органических веществ в эродированных почвах по сравнению с водоразделом. Микроорганизмы и их метаболиты, в том числе ферменты, являются интегральной частью круговорота веществ и энергии в почве (циклы углерода, азота, серы, фосфора). В совокупности ухудшение агрохимических, агрофизических и биологических свойств и определяет снижение плодородия и производительной способности эродированных почв [1, 6, 11].

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Одна из глобальных функций микробных сообществ почвы – деструкционная, обеспечивающая минерализацию органических остатков до усвояемых форм [11]. Динамика и мобилизация элементов питания тесно связана с действием гидролитических ферментов преимущественно микробного происхождения. Активность гидролитических ферментов является одной из важнейших характеристик биологического статуса почвы. Наибольший интерес вызывают ферменты, участвующие в циклах азота и углерода почвы, такие как инвертаза и уреазы. Именно эти гидролитические ферменты наиболее часто используются в исследованиях по почвенной энзимологии и как биохимические показатели плодородия [11, 12, 16]. Выбор указанных ферментов в качестве биохимических критериев во многом обусловлен тем, что инвертаза и уреазы катализируют завершающие стадии гидролиза, когда образуются конечные продукты почвенных биохимических процессов, в частности, аммоний в процессах аммонификации и моносахариды при минерализации высокомолекулярных углеводов.

В 2008–2010 гг. изучена уреазная активность дерново-подзолистой почвы на моренных суглинках разной степени эродированности. Гидролитический фермент уреазы играет существенную роль в цикле азота, она катализирует разложение мочевины на угольную кислоту и аммоний, высвобождая таким образом неорганический азот [12]. Основная часть почвенного азота входит в состав органических соединений, его доступность для растений обеспечивается за счет универсального процесса аммонификации, в результате биохимической деятельности почвенных микроорганизмов. На завершающих стадиях аммонификации, обеспечивающих непосредственное поступление аммония в почву, действуют гидролитические ферменты амидогидролазы, к которым относится уреазы.

Анализ трехлетних экспериментальных данных показал, что наиболее высокий уровень уреазной активности отмечается на незэродированной почве. По отношению к водоразделу (100%) уреазная активность слабоэродированной почвы составляет 92–96% (разброс по годам исследований), среднеэродированной – 80–87%, наиболее угнетена активность уреазы в сильноэродированной почве – 61–71% (табл. 1).

В большинстве случаев при органоминеральной системе удобрения показатели уреазной активности на всех элементах склона выше, чем при минеральной (табл. 1).

Таблица 1

**Уреазная активность дерново-подзолистой почвы на моренных суглинках в зависимости от степени эродированности и удобрений (ОАО «Межаны» Браславский р-н, 2008–2010 гг.)**

Почва	НРК	НРК + навоз
	мг N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /кг почвы	
<b>2008 г.</b>		
Неэродированная	284 (100%)	321 (100%)
Слабоэродированная	260 (92%)	295 (92%)
Среднеэродированная	241 (85%)	279 (87%)

Почва	NPK	NPK + навоз
	мг N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /кг почвы	
Сильноэродированная	173 (61%)	218 (68%)
НСР <sub>05</sub> фактор А (почва) 5,0; фактор В (удобрения) 3,2		
<b>2009 г.</b>		
Неэродированная	216 (100%)	259 (100%)
Слабоэродированная	201 (93%)	250 (96%)
Среднеэродированная	173 (80%)	217 (84%)
Сильноэродированная	153 (71%)	168 (65%)
НСР <sub>05</sub> фактор А (почва) 8,2; фактор В (удобрения) 6,0		
<b>2010 г.</b>		
Неэродированная	167 (100%)	204 (100%)
Слабоэродированная	158 (95%)	192 (94%)
Среднеэродированная	136 (81%)	168 (82%)
Сильноэродированная	105 (63%)	129 (63%)
НСР <sub>05</sub> фактор А (почва) 7,6; фактор В (удобрения) 5,5		

Определены относительные показатели депрессии активности уреазы (%) по почвенно-эрозионной катене в среднем за три года исследований. По сравнению с водоразделом уреазная активность слабоэродированной почвы снижена на 4–8%, среднеэродированной – на 13–20%, сильноэродированной – на 29–37% (табл. 2).

Таблица 2

**Депрессии уреазной активности в зависимости от степени эродированности дерново-подзолистой почвы на моренных суглинках**

Почва	Уровень депрессии, %
Неэродированная	0
Слабоэродированная	4–8
Среднеэродированная	13–20
Сильноэродированная	29–37

Устойчивая дифференциация уреазной активности в зависимости от степени эродированности почвы является основанием для ее использования в качестве биохимического показателя при оценке биологического статуса эродированных почв.

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Гидролитический фермент инвертаза является важной составляющей цикла углерода в почве, она осуществляет гидролитическое разложение сахарозы, обеспечивая поступление в почву растворимых низкомолекулярных сахаров, глюкозы и фруктозы, которые служат источником питания и энергии для микроорганизмов [12]. Активность инвертазы характеризует скорость накопления глюкозы и фруктозы в почве. Депрессия инвертазной активности указывает на снижение уровня биогенности почвы и угнетение гидролитической деструкции высокомолекулярных углеводов в почве.

По результатам трехлетних исследований установлена существенная зависимость инвертазной активности от степени эродированности почвы. Отмечено устойчивое снижение уровня активности инвертазы на средне- и сильноэродированной почвах.

По сравнению с водоразделом (100%) инвертазная активность слабоэродированной почвы составляет 91–96% (разброс по годам исследований), среднеэродированной – 76–86%, наиболее понижена активность инвертазы в сильноэродированной почве – 54–63% от активности на водоразделе (табл. 3).

Применение органоминеральной системы удобрения с внесением 30 т/га навоза также способствовало повышению инвертазной активности почвы на всех элементах склона по сравнению с минеральной (табл. 3).

Устойчивая и существенная дифференциация инвертазной активности по почвенно-эрозионной катене позволяет считать этот показатель перспективным в качестве биохимической характеристики степени эродированности почвы.

Таблица 3

### Инвертазная активность дерново-подзолистой почвы на моренных суглинках в зависимости от степени эродированности и удобрений (ОАО «Межаны» Браславский р-н, 2008–2010 гг.)

Почва	NPK	NPK + навоз
	мг глюкозы/кг почвы	
<b>2008 г.</b>		
Неэродированная	1706 (100%)	1904 (100%)
Слабоэродированная	1551 (91%)	1751 (92%)
Среднеэродированная	1416 (83%)	1542 (81%)
Сильноэродированная	1063 (62%)	1142 (60%)
НСР <sub>05</sub> фактор А (почва) 84,3; фактор В (удобрения) 53,3		
<b>2009 г.</b>		
Неэродированная	1622 (100%)	1658 (100%)
Слабоэродированная	1549 (95%)	1542 (93%)
Среднеэродированная	1402 (86%)	1392 (84%)
Сильноэродированная	874 (54%)	911 (55%)
НСР <sub>05</sub> фактор А (почва) 97,2; фактор В (удобрения) 73,4		

Почва	NPK	NPK + навоз
	мг глюкозы/кг почвы	
<b>2010 г.</b>		
Неэродированная	2707 (100%)	2956 (100%)
Слабоэродированная	2518 (93%)	2840 (96%)
Среднеэродированная	2053 (76%)	2372 (80%)
Сильноэродированная	1701 (63%)	1787 (60%)
HCP <sub>05</sub> фактор А (почва) 104,7; фактор В (удобрения) 65,2		

Установлены относительные показатели депрессии активности инвертазы (%) по элементам склона. По сравнению с водоразделом инвертазная активность слабоэродированной почвы снижена на 4–9%, среднеэродированной – на 14–24%, сильноэродированной – на 37–46%, что свидетельствует о значимом угнетении процессов гидролитического разложения сложных углеводов с образованием доступных для микроорганизмов и растений низкомолекулярных углеводов (табл. 4).

Таблица 4

**Депрессии инвертазной активности в зависимости от степени эродированности дерново-подзолистой почвы на моренных суглинках**

Почва	Уровень депрессии, %
Неэродированная (водораздел)	0
Слабоэродированная	4–9
Среднеэродированная	14–24
Сильноэродированная	37–46

Наряду с деструкционной функцией, микробные сообщества почвы регулируют процессы гумификации. В настоящее время основными катализаторами гумификации разлагающегося органического вещества считаются микробные оксидазы – фенолоксидазы и пероксидазы [13, 14], а их активность может служить показателем интенсивности процессов гумификации в почве. Полифенолоксидазы и пероксидазы ответственны за гумификацию лигнинов, которые составляют 15–30% растительных остатков и являются структурными единицами для гумификации, наряду с белками. Микробные оксидазы катализируют окисление ароматических соединений и их производных до хинонов, которые способны при соответствующих условиях вступать в реакции конденсации с аминокислотами и пептидами с образованием первичных молекул гуминовых кислот [15].

В наших исследованиях проведена оценка активности оксидаз, пероксидазы и полифенолоксидазы в зависимости от степени эродированности дерново-подзолистой почвы на моренных суглинках. Как и при изучении гидролитических

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

ферментов, отмечена сходная зависимость – снижение активности оксидаз при переходе от водораздела к слабо-, средне- и сильноэродированным почвам.

По сравнению с водораздельной равниной (100%) полифенолоксидазная активность слабоэродированной почвы составляет 97–99% (варьирование по годам исследований), среднеэродированной – 94–97%, сильноэродированной – 86–93% (табл. 5).

Таблица 5

### Полифенолоксидазная активность дерново-подзолистой почвы на моренных суглинках в зависимости от степени эродированности и удобрений (ОАО «Межаны» Браславский р-н, 2008–2010 гг.)

Почва	NPK	NPK + навоз
	мг хинона/кг почвы	
<b>2008 г.</b>		
Неэродированная	30,2 (100%)	32,5 (100%)
Слабоэродированная	29,5 (98%)	32,3 (99%)
Среднеэродированная	29,3 (97%)	30,8 (95%)
Сильноэродированная	26,9 (89%)	28,5 (88%)
НСР <sub>05</sub> фактор А (почва) 0,95; фактор В (удобрения) 0,60		
<b>2009 г.</b>		
Неэродированная	41,5 (100%)	44,3 (100%)
Слабоэродированная	40,5 (98%)	42,9 (97%)
Среднеэродированная	40,0 (96%)	41,7 (94%)
Сильноэродированная	35,8 (86%)	41,1 (93%)
НСР <sub>05</sub> фактор А (почва) 1,36; фактор В (удобрения) 0,86		
<b>2010 г.</b>		
Неэродированная	35,5 (100%)	36,6 (100%)
Слабоэродированная	35,2 (99%)	35,5 (97%)
Среднеэродированная	34,0 (96%)	35,5 (97%)
Сильноэродированная	33,1 (93%)	33,3 (91%)
НСР <sub>05</sub> фактор А (почва) 0,99; фактор В (удобрения) 0,63		

Установлено, что по сравнению с водораздельной равниной (100%) пероксидазная активность слабоэродированной почвы составляет 87–94%, среднеэродированной – 84–92%, сильноэродированной – 79–86% (табл. 6).

**Пероксидазная активность дерново-подзолистой почвы на моренных суглинках в зависимости от степени эродированности и удобрений (ОАО «Межаны» Браславский р-н, 2008–2010 гг.)**

Почва	NPK	NPK + навоз
	мг хинона/кг почвы	
<b>2008 г.</b>		
Неэродированная	36,6 (100%)	38,4 (100%)
Слабоэродированная	33,4 (91%)	36,2 (94%)
Среднеэродированная	31,1 (85%)	35,3 (92%)
Сильноэродированная	30,2 (83%)	32,1 (84%)
НСР <sub>05</sub> фактор А (почва) 2,20; фактор В (удобрения) 1,39		
<b>2009 г.</b>		
Неэродированная	45,9 (100%)	48,1 (100%)
Слабоэродированная	40,9 (89%)	42,5 (88%)
Среднеэродированная	38,6 (84%)	41,7 (87%)
Сильноэродированная	36,3 (79%)	41,1 (85%)
НСР <sub>05</sub> фактор А (почва) 2,22; фактор В (удобрения) 1,40		
<b>2010 г.</b>		
Неэродированная	60,6 (100%)	65,1 (100%)
Слабоэродированная	55,8 (92%)	56,7 (87%)
Среднеэродированная	55,3 (91%)	55,8 (86%)
Сильноэродированная	52,2 (86%)	55,1 (85%)
НСР <sub>05</sub> фактор А (почва) 2,71; фактор В (удобрения) 1,71		

Установлены относительные показатели депрессии активности оксидаз (%) по почвенно-эрозионной катене. По отношению к водоразделу полифенолоксидазная активность слабоэродированной почвы снижена на 1–3%, среднеэродированной – на 3–6% и сильноэродированной – на 7–14% (табл. 7). Пероксидазная активность слабоэродированной почвы снижена на 6–13%, среднеэродированной – на 8–16%, сильноэродированной – на 14–21% по отношению к водоразделу (табл. 8).

Экспериментальные данные свидетельствуют о снижении активности гумификационных процессов в эродированных почвах. Однако следует отметить, что депрессия активности оксидаз по сравнению с гидролитическими ферментами в эродированных почвах значительно менее выражена. Это указывает на то, что при развитии эрозии наиболее угнетена минерализующая способность почвы, обеспечивающая динамику и мобилизацию элементов питания, и в меньшей степени подавлена ее способность к гумификации растительных лигнинов.

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Таблица 7

**Депрессии полифенолоксидазной активности в зависимости от степени эродированности дерново-подзолистой почвы на моренных суглинках**

Почва	Уровень депрессии, %
Неэродированная (водораздел)	0
Слабоэродированная	1–3
Среднеэродированная	3–6
Сильноэродированная	7–14

Таблица 8

**Депрессии пероксидазной активности в зависимости от степени эродированности дерново-подзолистой почвы на моренных суглинках**

Почва	Уровень депрессии, %
Неэродированная (водораздел)	0
Слабоэродированная	6–13
Среднеэродированная	8–16
Сильноэродированная	14–21

Таким образом, получена новая научная информация по ферментативной активности эродированных дерново-подзолистых почв на мощных моренных суглинках. Трехлетнее изучение закономерностей изменения активности гидролитических и окислительных ферментов выявило их дифференциацию в зависимости от степени эродированности почвы и системы удобрения сельскохозяйственных культур. Развитие эрозии приводит к снижению показателей активности гидролитических и окислительных ферментов в условиях слабо-, средне- и сильноэродированных почв по сравнению с водоразделом. Применение органоминеральной системы удобрения, как правило, поддерживает более высокую активность гидролаз и оксидаз на всех элементах склона по сравнению с минеральной системой удобрения, на сильноэродированных почвах ее положительное влияние выражено слабее.

### ВЫВОДЫ

Изучены закономерности изменения активности гидролитических ферментов (инвертазы и уреазы), регулирующих минерализацию полисахаридов с образованием усвояемых мономеров, а также окислительных ферментов (полифенолоксидазы и пероксидазы), ответственных за гумификацию растительных лигнинов в зависимости от степени эродированности дерново-подзолистых почв на мощных моренных суглинках.

Установлена устойчивая депрессия активности гидролитических ферментов по почвенно-эрозионной катене: по сравнению с водоразделом инвертная активность среднеэродированной почвы снижена на 14–24%, сильноэродированной – на 37–46%; уреазная активность среднеэродированной почвы снижена на 13–20%, сильноэродированной – на 29–37%. Показатели активности гидролаз могут использоваться как дополнительные биохимические характеристики степени деградации почвы.

По сравнению с гидролитическими ферментами депрессия активности окислительных ферментов по почвенно-эрозионной катене менее выражена, на сильноэродированных почвах депрессия полифенолоксидазной активности составила 7–14%, пероксидазной активности – 14–21% по отношению к водоразделу.

Органоминеральная система удобрения, как правило, поддерживала более высокую активность гидролаз и оксидаз на всех элементах склона по сравнению с минеральной системой удобрения.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Проектирование противозерозионных комплексов и использование эрозионноопасных земель в разных ландшафтных зонах Беларуси: рекомендации / под общ. ред. А.Ф. Черныша; Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2005. – 52 с.

2. Влияние удобрений на продуктивность севооборота и биологическую активность дерново-подзолистых эродированных почв / О.В. Чистик [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 1989. – Вып. 25. – С. 59–63.

3. Влияние эродированности и способов обработки почвы на ее биологическую активность и урожайность зерновых культур / А.В. Юхновец [и др.] // Почвенные исследования и применение удобрений. – 2001. – Вып. 26. – С. 111–119.

4. Косинова, Л.Ю. Влияние эрозии на микробные сообщества черноземов Западной Сибири / Л.Ю. Косинова, Н.И. Гантимурова, А.А. Танасиенко // Почвоведение. – 1993. – № 8. – С. 72–80.

5. Галстян, А.Ш. Ферментативная активность почв Армении / А.Ш. Галстян. – Ереван: Айастан, 1974. – 255 с.

6. Хазиев, Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 1982. – 202 с.

7. Михайловская, Н.А. Активность гидролитических ферментов в зависимости от степени эродированности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы на моренных суглинках / Н.А. Михайловская, Т.В. Погирницкая, Н.Д. Зеленковская // Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрений: материалы междунар. научно-практ. конф., Горки, 7–8 окт. 2009. – С. 123–126.

8. Михайловская, Н.А. Влияние системы удобрения на ферментативную активность дерново-подзолистой супесчаной почвы / Н.А. Михайловская, О. Миканова, О.В. Рудько // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 2(39). – С. 186–195.

9. Хазиев, Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 1990. – 189 с.

## **1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование**

10. Карагіна, Л.А. Визначенне актыўнасці поліфенолаксідазы і пераксідазы ў глебе / Л.А. Карагіна, Н.А. Міхайлоўская // Весці АН БССР. Сер. с.-г. навук. – 1986. – № 2. – С. 40–41.

11. Звягинцев, Д.Г. Биология почв / Д.Г. Звягинцев, И.Л. Бабьева, Г.М. Зенова. – МГУ, 2005. – 445 с.

12. Speir, T.W. Hydrolytic Enzyme Activities to Assess Soil Degradation and Recovery / T.W. Speir, D.J. Ross // Enzymes in the environments: activity, ecology and applications / eds. R.G. Burns, R.P. Dick. – 2002. – P. 407–431.

13. Martin, J.P. Comparison of the use of phenolase and peroxidase for the synthesis of model humic acid type polymers / J.P. Martin, K.A. Haider // Soil Sci. Soc. Amer. J. – 1980. – Vol. 44, № 5. – P. 983–988.

14. Kirk, T.K. Enzymatic “combustion”: the microbial degradation of lignin / T.K. Kirk, R.L. Ferrell // Annu. Rev. Microbiol. – 1987. – Vol. 41. – P. 465–505.

15. Александрова, Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л.Н. Александрова. – Л.: Наука, 1980. – С. 122–133.

16. Bandick, A.K. Field management effects on soil enzyme activities / A.K. Bandick, R.P. Dick // Soil Biology and Biochemistry. – 1999. – Vol. 31. – P. 1471–1479.

### **ENZYMATIC ACTIVITIES OF ERODED LUVISOL LOAMY SAND SOILS ON MORAIN LOAM**

**N.A. Mikhailovskaya, A.F. Chernysh, T.V. Pogirnikskaya, A.V. Ukhnovets**

#### **Summary**

Steadily depressions of hydrolytic enzymes activities were observed under geomorphologic profile of Luvisol loamy sand soil on moraine loam: compared watershed the invertase activity of medium eroded soil was reduced by 14–24%, severely eroded soil – by 37–46%; the urease activity of medium eroded soil was reduced by 13–20, severe eroded soil – by 29–37%. Oxidized enzymes activities depressions under geomorphologic profile were less significant: on severely eroded soil the reduction of polyphenoloxidase activities varied in diapason of 7–14%, peroxidase activities – in diapason of 14–21% compared watershed.

*Поступила 20.11.13*

## **БИОХИМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МИКРОБНОГО ЦЕНОЗА ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО, ЗАГРЯЗНЕННОГО ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

**Т.А. Гринченко<sup>1</sup>, Е.И. Маклюк<sup>2</sup>, И.М. Журавлева<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Харьковский национальный педагогический университет*

*имени Г.С. Сковороды, г. Харьков, Украина*

*<sup>2</sup>ННЦ «ИПА имени А.Н. Соколовского» НААН Украины, г. Харьков, Украина*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Биологическая деградация техногенно загрязненных почв является процессом стойких изменений их биологических особенностей, проявляется в изменении численности микроорганизмов, уменьшении видового разнообразия и нарушении оптимального соотношения разных видов почвенной мезо- и микрофауны, развитии патогенной микрофлоры и изменении интенсивности протекания биохимических процессов [1, 2]. Соответственно, оценить уровень техногенного влияния на формирование деградации можно с помощью биологических показателей. Характер их изменений зависит от типа антропогенной нагрузки, его продолжительности и интенсивности влияния на почву, взаимодействия с другими природными и антропогенными факторами. Вместе с этим, в научных публикациях отмечена способность определенных микробных сообществ к саморегуляции и приспособлению к изменениям окружающей среды [3]. Резистентность (толерантность) микроорганизмов к тяжелым металлам (ТМ) проявляется в способности расти при высоких концентрациях поллютантов. При определенной концентрации тяжелых металлов может происходить адаптация микроорганизмов. В бактериальном сообществе, которое поддается влиянию одного из металлов, увеличивается резистентность именно к этому металлу, при этом следует учитывать природу самого металла. С увеличением толерантности микроорганизмов к тяжелым металлам негативное влияние последних на микробные сообщества уменьшается. Развитие резистентности к металлам позволяет микробным сообществам сохранять свои функции. Таким образом, активизацию жизнедеятельности почвенных микроорганизмов можно осуществлять путем искусственного обогащения почвы высокоэффективными селекционными культурами микроорганизмов, которые благодаря своей резистентности к ТМ обеспечивают надежное функционирование микробной системы почвы и предотвращают снижение продуктивности сельскохозяйственных культур.

Цель исследования – разработать микробиологический агроприем для снижения техногенной нагрузки на почву и сохранения ее биологической активности путем интродукции активных микробных культур, в частности, штамма гриба *Trichoderma viride*.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования был чернозем типичный тяжелосуглинистый. Почву для экспериментов отбирали из пахотного слоя (0–30 см) опытного поля учебно-опытного хозяйства «Докучаевское» Харьковского национального аграрного университета имени В.В.Докучаева – «Роганский стационар».

Для выполнения поставленной цели и задач была применена следующая схема лабораторного опыта в количестве 10 вариантов:

- № 1 – контроль (с природным уровнем содержания ТМ);
- № 2 – включает обработку почвы Триходермином;
- № 3 – включает загрязнение почвы  $Ni_8$ ;
- № 4 – включает загрязнение почвы  $Ni_8$  на фоне Триходермина;
- № 5 – включает загрязнение почвы  $Pb_8$ ;
- № 6 – включает загрязнение почвы  $Pb_8$  на фоне Триходермина;
- № 7 – включает загрязнение почвы  $Cr_8$ ;
- № 8 – включает загрязнение почвы  $Cr_8$  на фоне Триходермина;
- № 9 – включает загрязнение почвы  $Cd_8$ ;
- № 10 – включает загрязнение почвы  $Cd_8$  на фоне Триходермина.

В качестве загрязняющих веществ использовали тяжелые металлы – Cd, Pb, Cr, Ni. При этом исходили из литературных данных [4], что в черноземе типичном данной зоны фоновое содержание для Cd составляет 0,8–1 мг/кг, для Pb – 10 мг/кг, для Cr – 52 мг/кг, для Ni – 25 мг/кг. Тяжелые металлы вносили в почву в виде растворов нитратов, в количестве, превышающем местный кларк этих металлов для черноземов Харьковской области в 8 раз (коэффициент 8). Так же на вариантах № 2, 4, 6 и 8 вносили Триходермин – биопрепарат на основе штамма гриба *Trichoderma viride*, в количестве 50 мл на 2 л теплой воды. Грибы этого рода подавляют развитие фитопатогенов путем прямого паразитизма, конкуренции за субстрат, выделения ферментов, антибиотиков (глиотоксин, виридин, триходермин), за счет высокой биологической активности быстро осваивают субстрат, активно разлагают органические соединения, принимают участие в процессах аммонификации и нитрификации, обогащают почву подвижными питательными веществами.

В образцах почвы определяли численность основных групп микрофлоры в колониеобразующих единицах (КОЕ) методом микробиологического посева почвенной суспензии на твердые питательные среды [5]: органотрофных бактерий – на мясопептонный агар (МПА), микроорганизмов, усваивающих азот минеральных соединений и актиномицетов, – на крахмало-аммиачный агар (КАА), микроскопических грибов – на среду Рихтера, микроорганизмов, которые мобилизуют минеральные фосфаты, – на среду Муромцева, органические фосфаты – на среду Менкиной. Расчетные показатели, в том числе минерализации и трансформации органических веществ, которые характеризуют напряжение минерализационных процессов и трофический режим почвы, определялись по соотношениям отдельных групп микроорганизмов; интегрированные показатели биогенности (ИПБ), биологической активности (ИПБА) и биологического состояния почвы (ИПБС) – по методике на основе расчета суммарного биологического показателя по Дж. Ацци [6].

Биохимические свойства почвы определялись по показателям активности ферментов инвертазы фотоколориметрическим методом [7] и дегидрогеназы по Галстяну [7]. Способность почвы к накоплению аммонийного и нитратного азота – по методу Ваксмана [8, 9, 10].

Полученные в результате исследований данные статистически обработаны с помощью метода дисперсионного анализа.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований показали тенденцию к увеличению биогенности почвы при внесении в нее грибной культуры. По структурной и функциональной характеристике микробного ценоза чернозема типичного установлено, что под действием тяжелых металлов (последствие загрязнения на уровне 8 кларков) происходит его перестройка (табл. 1). При этом влияние каждого ТМ на микробиоту специфично в соответствии со степенью его агрессивности. С одной стороны, мы наблюдали стимулирующее влияние менее агрессивного тяжелого металла, а с другой стороны – соответствующую реакцию на внешний фактор, которая сопровождается значительным изменением количественного соотношения микробных популяций. Так, на вариантах без интродукции гриба *Trichoderma viride* под действием ТМ численность микроорганизмов большинства экологотрофических группировок уменьшалась; только для микроорганизмов, которые усваивают органический азот, проявилось стимулирующее последствие тяжелых металлов. В экотоксикологии известны случаи стимулирующего действия разных химических соединений, которые поступают в живые организмы или в почву. Они получили название «эффекта малых доз» [11].

Для группы микроорганизмов, которые усваивают органический азот, влияние триходермы было значительно эффективней: на варианте с Ni и грибом *Trichoderma viride* отмечается увеличение показателя в 4,8 раза по сравнению с контролем и на 6% по сравнению с вариантом загрязнения почвы, на варианте с Pb и *Trichoderma viride* – в 3,2 раза по сравнению с контролем и на 32% под действием триходермы, вариант с Cr и интродукцией – в 4,5 раза, биогенность под влиянием гриба выросла на 67% в загрязненной почве, с Cd – в 3,9 раза и на 34% выросла биогенность. Самый высокий эффект наблюдался на фоне менее агрессивных металлов (Ni и Cr), а немного меньший – на фоне металлов Pb и Cd. Приведенные результаты свидетельствуют о специфичности взаимодействия микробного ценоза и тяжелого металла, где важным фактором выступают его природные особенности.

Что касается представителей микроскопических грибов – отмечено снижение их численности на всех вариантах загрязненного чернозема типичного. Внесение Триходермина позитивно повлияло на этот показатель: численность грибов немного выросла на загрязненной тяжелыми металлами почве, на некоторых вариантах несущественно, что возможно объясняется типичной борьбой за питательные вещества представителей одной экологической ниши.

По полученным данным установлено, что под влиянием интродукции штамма гриба *Trichoderma viride* почти на всех вариантах загрязненной почвы наблюдается снижение интенсивности процессов минерализации (показатель минерализации определяется как соотношение микроорганизмов, усваивающих

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

минеральный азот к микроорганизмам, усваивающим органический азот). Что касается показателя трансформации органического вещества почвы (определяется как соотношение суммы микроорганизмов, усваивающих минеральный азот и микроорганизмов, усваивающих органический азот, к коэффициенту минерализации), то здесь прослеживается противоположная тенденция: обогащение микрофлоры грибной культурой триходермы значительно усиливает процесс в черноземе без загрязнения и с последствием тяжелых металлов.

Важным показателем биологической активности почвы является ее ферментативная активность. Установленная корреляционная связь между активностью ферментов и плодородием почвы позволяет использовать уровень ферментативной активности для сравнительной оценки эффективности агротехнических приемов, а также диагностики изменений почвы при разных антропогенных нагрузках [12].

Аналогичное стимулирующее действие на активность ферментов, которые относятся к разным классам, наблюдали как под влиянием фактора тяжелых металлов, так и под влиянием интродукции на большинстве вариантов. Дегидрогеназа относится к классу оксидоредуктаз, которые играют ведущую роль в окислительно-восстановительных процессах почвы и принимают участие в синтезе гумусных веществ в почве. Инвертаза относится к классу гидролаз, которые принимают участие в обогащении почвы подвижными и доступными для растений и микроорганизмов питательными веществами, разрушая высокомолекулярные органические соединения.

В соответствии с природными особенностями тяжелых металлов определены некоторые отличия в ферментативной активности, а именно: если на варианте незагрязненной почвы внесение грибной культуры способствовало повышению дегидрогеназной активности на 12%, то для загрязненной этот прием был эффективным только на вариантах со свинцом и хромом, где показатель вырос на 46% и 8% соответственно; показатель инвертазной активности на незагрязненной почве увеличился под влиянием микробной интродукции на 34%, а на загрязненной – только на 4% и 8% соответственно для вариантов со свинцом и хромом.

Важным циклом микробиологических процессов в почве является трансформация азота, которая представляет собой последовательные реакции разложения органических азотосодержащих соединений до аммиака, его окисление до азотной кислоты и восстановление азота. Внимание привлекает именно аммонификационная и нитрификационная способность почвы, показатели которой характеризуют состояние азотного режима и обеспечиваются активностью микробного пула [13, 14]. Под влиянием тяжелых металлов, о котором свидетельствуют полученные данные (табл. 2), оба показателя были существенно меньше по сравнению с вариантом незагрязненной почвы. Искусственное внесение гриба *Trichoderma viride* на 12% увеличило аммонификационную активность незагрязненного чернозема типичного, а также почвы, загрязненной никелем, – почти в 2,6 раза и хромом – на 7%. При последствии свинца такого эффекта от интродукции не наблюдалось, а наоборот, произошло снижение аммонификационной способности на 24%. Для нитрификационной способности эффект от внесения триходермы проявился на вариантах с никелем и свинцом, где произошел рост на 15% и 5% соответственно. Другие варианты

позитивного влияния не проявили. Отличия в биохимических показателях между контрольными вариантами и вариантами с интродукцией гриба, а также между вариантами загрязненной почвы указывают на специфичность взаимодействия интродуцированной микробиоты с тяжелыми металлами, где существенное влияние имеет природа загрязнителя, концентрация его в почве, что в свою очередь сказывается на эффективности агроприема.

ИПБ – интегральный показатель биогенности – рассчитали по численности микроскопических грибов, микроорганизмов, усваивающих органический и минеральный азот, микроорганизмов, усваивающих фосфор. ИПБА – интегральный показатель биологической активности – рассчитали по показателям ферментативной активности (активность инвертазы, дегидрогеназы).

Для суждения о биологической активности и эколого-биологическом состоянии почвы недостаточно какого-либо одного показателя, так как каждый из них отражает лишь какую-то одну сторону биологических и биохимических процессов в почве. В последнее время все большее внимание привлекает комплексная оценка биологических свойств почв, особенно в связи с оценкой их плодородия и антропогенных изменений. Для этого необходимо использовать широкий набор показателей состояния почвы [15].

При антропогенном воздействии на почву среднее значение выбранных показателей в большинстве случаев снижается, в то время как отдельные показатели биологической активности почвы могут увеличиваться.

Снижение интегрального показателя биологического состояния почвы, как правило, находится в прямой зависимости от степени воздействия антропогенного фактора. При расчете ИПБС должны использоваться не любые показатели биологической активности почв, а наиболее информативные.

Поэтому для определения общей тенденции влияния искусственного внесения гриба *Trichoderma viride* с учетом всех колебаний указанных показателей использована методика расчета интегрированного показателя биологического состояния почвы (ИПБС). Данная методика позволяет оценить совокупность биологических показателей [16]. При диагностике различных антропогенных факторов за 100% принимается значение каждого из показателей незагрязненной почвы (контроль) и по отношению к нему в процентах рассчитывается значение этого показателя в загрязненной почве. ИПБС рассчитывается по формуле: 
$$\text{ИПБС} = (B_1 + B_2 + B_3 + \dots + B_n) / N$$
 где  $B_1, B_2, B_3, B_n$  – значения каждого показателя в % по отношению к этому же показателю в незагрязненной почве;  $N$  – количество показателей. Снижение или рост ИПБС на 10% и больше указывает на существенное влияние на исследуемый фактор.

При характеристике функциональной структуры микробных ценозов использованы наиболее информативные показатели. Известно, что для мониторинга и диагностики почвы, загрязненной тяжелыми металлами, в первую очередь необходимо определить биохимические и количественные показатели структуры микробиоценозов [16, 17].

Проведенная оценка изменения структуры и функционирования микробного ценоза с интродукцией триходермы в чернозем типичный, загрязненный ТМ, по рассчитанным интегрированным показателям биологического состояния почвы (ИПБС) (табл. 2) позволяет определить самые благоприятные условия для проявления эффективности данного агроприема. По полученным данным, загрязнение тяжелыми металлами почвы негативно повлияло на биологическое состояние чернозема типичного на всех вариантах.

# 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Таблица 1

Влияние Триходермина на функционально-структурные особенности микробного ценоза чернозема типичного, загрязненного тяжелыми металлами

Вариант	Грибы, тыс. КОЕ/г	Микроорганизмы, которые усваивают органический азот, млн КОЕ/г	Микроорганизмы, которые усваивают минеральный азот, млн КОЕ/г		Микроорганизмы, которые усваивают фосфор, млн КОЕ/г		Показатели		ИПБ
			общая численность	актиномицеты	органический	минеральный	минерализации	трансформации орган. веществ	
Контроль 1	1,59	1,34	10,4	2,39	3,9	0,99	7,76	1,51	65,7
Триходермин	0,37	3,70	5,33	2,48	1,22	0,61	1,44	6,27	42,0
Ni <sub>8</sub>	0,36	6,05	7,05	1,13	2,85	0,28	1,16	11,6	49,0
Ni <sub>8</sub> + Триходермин	2,26	6,44	0,88	0,4	2,66	3,62	0,13	56,3	65,0
Pb <sub>8</sub>	0,88	3,23	6,33	1,33	1,92	0,33	1,95	4,9	41,8
Pb <sub>8</sub> + Триходермин	0,94	4,27	6,27	1,82	1,12	0,56	1,46	7,2	45,0
Cr <sub>8</sub>	1,15	3,58	4,22	1,42	1,12	0,60	1,17	6,6	39,6
Cr <sub>8</sub> + Триходермин	1,09	5,99	5,58	1,01	1,19	0,39	0,93	12,4	44,7
Cd <sub>8</sub>	0,45	3,88	7,99	3,15	1,29	0,32	2,05	5,79	49,8
Cd <sub>8</sub> + Триходермин	0,73	5,21	4,51	2,34	2,66	0,43	0,86	11,3	51,8
НСР <sub>95</sub>	0,76	0,87	3,3	1,87	1,63	0,41		–	

Таблица 2

Изменение биохимической активности чернозема типичного, загрязненного тяжелыми металлами, под действием биопрепарата Триходермин

Вариант	Дегидрогеназа, мг*ТФФ в 100 г за 24 часа	Инвертаза, мг глюкозы в 100 г за 24 часа	Нитрификационная способность, мг N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> на 100 г почвы	Аммонификационная способность, мг N-NH <sub>3</sub> на 100 г почвы	Интегрированный показатель биологического состояния (ИПБС)
Контроль	91,2	386	0,67	3,99	73
Триходермин	102,1	516	0,52	4,45	64
Ni <sub>8</sub>	115,9	525	0,46	1,73	60
Ni <sub>8</sub> + Триходермин	114,75	479	0,53	4,48	76
Pb <sub>8</sub>	95,9	378	0,40	1,70	50
Pb <sub>8</sub> + Триходермин	139,6	394	0,42	1,30	55
Cr <sub>8</sub>	104,9	540	0,47	2,92	58
Cr <sub>8</sub> + Триходермин	113,3	584	0,30	3,11	60
Cd <sub>8</sub>	122,5	581	0,51	2,87	66
Cd <sub>8</sub> + Триходермин	107,1	513	0,50	2,75	64
НСР <sub>95</sub>	2,3	1,28	0,11	0,44	–

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Наибольшее значение ИПБС (76) имеет вариант с искусственным внесением триходермы в чернозем типичный, загрязненный никелем, даже в контрольном варианте ИПБС составлял 73. Учитывая роль этого элемента в метаболизме микроорганизмов, можно сделать вывод о формировании благоприятных условий, которые создает никель для приспособления интродуцированного гриба и его функционирования в почве. В целом, произошло улучшение биологического состояния загрязненной почвы при интродукции штамма гриба *Trichoderma viride*. Так, на фоне свинца ИПБС чернозема типичного вырос с 50 до 55, на фоне хрома – с 58 до 60. Только при условии загрязнения почвы кадмием позитивный эффект интродукции не проявился, где, вероятно, на функционирование грибной культуры повлияла природная особенность элемента и химического соединения, в форме которого его внесли.

### ВЫВОДЫ

Установлено, что Триходермин способен усиливать биохимическую активность почвы, даже при неблагоприятных для аборигенной микрофлоры условиях – загрязнении тяжелыми металлами.

Для эффективности микробиологического агроприема в практическом применении следует учитывать специфичность негативного влияния на почвенную микробиоту или интродуцированный микроорганизм каждого металла и физиологические особенности внесенной культуры. В целом, результаты исследований показали ухудшение экологического состояния чернозема типичного в условиях загрязнения ТМ на уровне 8 кларков за счет искусственного внесения в почву штамма гриба *Trichoderma viride*: из четырех вариантов загрязненного чернозема типичного три выявили улучшение биологического состояния при условиях интродукции микробной культуры – на фоне никеля, хрома, свинца.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вальков, В.Ф. Методология исследования биологической активности почв на примере Северного Кавказа / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников // Научная мысль Кавказа. – 1999. – № 1. – С. 32–37.
2. Левин, С.В. Тяжелые металлы как фактор антропогенного воздействия на почвенную микробиоту / С.В. Левин, В.С. Гузев, И.В. Асеева // Микроорганизмы и охрана почв. – Москва: МГУ, 1989. – С. 5–46.
3. Іутинська, Г.О. Ґрунтова мікробіологія / Г.О. Іутинська. – К.: Арістей, 2003. – С. 238–250.
4. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України / А.І. Фатєєв [та інш.]; за ред. А.І. Фатєєва, Я.В. Пащенко. – Х., 2003. – 120 с.
5. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г. Звягинцев [и др.]. – М.: МГУ, 1980. – 224 с.
6. Ацци, Дж. Сельскохозяйственная экология / Дж. Ацци. – Москва-Ленинград, 1959. – 480 с.
7. Хазиєв, Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиєв. – М.: Наука, 2005. – 252 с.

8. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом: ГОСТ 26951–86. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 10 с.
9. Основные микробиологические и биохимические методы исследования почвы: метод. рекомендации. – Ленинград: ВНИИСХМ, 1987. – С. 108–114.
10. Сэги, Й. Методы почвенной микробиологии / Й. Сэги. – М.: Колос, 1983. – 135 с.
11. Пономарева, С.В. Изменение эколого-биологических свойств чернозема обыкновенного при загрязнении тяжелыми металлами: автореф. дис. ...канд. биол. наук / С.В. Пономарева. – Ростов-на-Дону, 2008.
12. Хазиев, Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 1982. – 203 с.
13. Мишустин, Е.М. Микробиология / Е.М. Мишустин, В.Т. Емцев. – М.: Колос, 1970. – 344 с.
14. Якість ґрунту. Визначення амонійного азоту в модифікації ННЦ ім. О.Н.Соколовського: ДСТУ 4729:2007 (зі скасуванням в Україні ГОСТ 26488–85).
15. Казеев, К.Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков. – Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 2003. – 204 с.
16. Колесников, С.И. Биоэкологические принципы мониторинга и нормирования загрязнения почв / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЦВВР, 2001. – 64 с.
17. Колесников, С.И. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на микробную систему чернозема / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков // Почвоведение. – 1999. – № 4. – С. 505–511.

## **BIOCHEMICAL ACTIVITY AND FUNCTIONAL-STRUCTURAL PECULIARITIES OF MICROBIOCENOSIS OF TYPICAL CHERNOZEM SOILS CONTAMINATED OF HEAVY METALS**

**T.O. Grinchenco, O.I. Maklyuk, I.M. Zhuravlyova**

### **Summary**

This paper highlights researching of restructuring of microbiocenosis and levels biochemical activity of chernozem belt with contamination of heavy metals and melioration Trihodermini. The influence of pollution on microbiocenose soil in specification of heavy metal. A soil microflora of a typical mushroom culture of Trihodermini greatly enhances the transformation of soil organic matter as without pollution and with the aftereffect of heavy metals.

*Поступила 19.08.13*

## 2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.811:631.582:631.445.2

### ВЫНОС И БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ЗЕРНОТРАВЯНОМ СЕВООБОРОТЕ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

**В.В. Лапа, О.Г. Кулеш, М.С. Лопух**

*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

#### ВВЕДЕНИЕ

Создание оптимальных условий питания в течение вегетации имеет важное значение для обеспечения высокой продуктивности сельскохозяйственных культур, поскольку недостаток одного из элементов питания в процессе роста и развития обычно приводит к существенному снижению урожайности, а также ухудшению качества получаемой продукции. В связи с этим изучение химического состава растений, который определяется их биологическими особенностями и условиями выращивания, и выноса растениями элементов питания имеет немаловажное значение при оценке эффективности систем удобрения [1, 2, 3, 4].

Известно, что если создается более благоприятный комплекс внешних условий, положительно влияющих на урожайность растений, то выше и вынос из почвы элементов питания. В ряде случаев количество отдельных элементов питания, затрачиваемых на создание урожаев, не покрывается вносимыми удобрениями, и тогда имеет место отрицательный баланс элементов, безвозмездно отчуждаемых из почвенных запасов.

Оценка состояния баланса элементов питания в системе удобрение – почва – растение, таким образом, является важной характеристикой эффективности использования минеральных и органических удобрений [5].

Изучение динамики элементов питания в почве и баланса позволяет систематически контролировать и направленно регулировать агрохимические свойства почв, повышать эффективность плодородия путем применения удобрений и мелиорантов, а также других средств химизации. Регулирование биологического круговорота и баланса путем оптимизации доз и соотношений питательных веществ, вносимых с удобрениями, будет способствовать увеличению урожайности, улучшению качества основной продукции и повышению в биологической массе удельного веса хозяйственно-ценной части урожая.

В связи с этим целью наших исследований был расчет хозяйственного и удельного выноса и оценка состояния баланса питательных веществ за ротацию зерноотраважного севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

#### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению влияния различных систем удобрения на вынос и баланс элементов питания в зерноотраважном севообороте проводили в

длительном стационарном полевом опыте в СПК «Щемяслица» Минского района на дерново-подзолистой легкосуглинистой, развивающейся на мощном лесовидном суглинке, почве. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта:  $pH_{KCl}$  5,8–6,0, содержание  $P_2O_5$  – 300–360,  $K_2O$  – 200–250 мг/кг почвы, гумуса – 1,8–2,0%.

Полевой опыт был заложен в трех полях (2006–2011 гг.) в зернотравяном севообороте со следующим чередованием культур: пелюшко-овсяная смесь на зеленую массу – озимое тритикале + клевер – клевер луговой 1 года – яровая пшеница – яровой рапс.

Схемой опыта предусматривалось внесение различных доз азота на фоне трех уровней фосфорно-калийного питания: 1 – питание растений за счет почвенного плодородия, 2 – внесение РК, в расчете на дефицитный баланс фосфора и калия в почве, 3 – внесение РК в дозах, рассчитанных на поддерживающий баланс данных элементов. Органические удобрения в виде подстилочного навоза КРС вносили фоном в дозе 40 т/га под пелюшко-овсяную смесь. Минеральные удобрения (мочевина, аммофос и хлористый калий) вносили перед посевом с заделкой культиватором.

Общая площадь делянки в опыте – 69 м<sup>2</sup> (11,5 x 6 м), учетная – 45 м<sup>2</sup> (10 x 4,5 м), повторность вариантов – 4-кратная.

Расчет общего (хозяйственного) выноса элементов питания ( $B_x$ , кг/га) проводили по формуле:

$$B_x = Y_{co} C_o + Y_{cp} C_p,$$

где  $Y_{co}$  и  $Y_{cp}$  – урожайность сухого вещества основной и побочной продукции, ц/га;  $C_o$  и  $C_p$  – содержание элемента питания в сухом веществе основной и побочной продукции, %.

Удельный вынос ( $B_y$ , кг) (с 10 ц к.ед. основной и соответствующим количеством побочной продукции) рассчитывали по формуле:

$$B_y = B_x * 10 / Y,$$

где  $Y$  – продуктивность севооборота, ц к.ед.

Расчет хозяйственного баланса ( $B_{NPK}$ ) элементов питания определяли как разность между суммами приходной и расходной статей, что выражается формулой:

$$B_{NPK} = (P_{му} + P_{оу} + P_o + P_c + P_b + P_n) - (P_{вын} + P_{выщ} + P_{эр} + P_э),$$

где  $P_{му}$  – приход с минеральными удобрениями, кг/га;  $P_{оу}$  – приход с органическими удобрениями, кг/га;  $P_o$  – приход с осадками, кг/га;  $P_c$  – приход с семенами, кг/га;  $P_b$  – биологический азот, фиксированный бобовыми культурами, кг/га;  $P_n$  – несимбиотически фиксированный азот, кг/га;  $P_{вын}$  – вынос элементов питания урожаем сельскохозяйственных культур, кг/га;  $P_{выщ}$  – потери от выщелачивания (вымывания), кг/га;  $P_{эр}$  – потери от эрозии почв, кг/га;  $P_э$  – газообразные потери азота, кг/га.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В зернотравяном севообороте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве наиболее высокие значения хозяйственного выноса отмечены в отношении калия, затем в убывающем порядке идут азот, фосфор, кальций и магний (табл. 1).

Наименьшие в опыте показатели общего выноса по всем элементам питания были характерны для варианта без удобрений, наибольшие – для варианта с внесением самых высоких доз минеральных удобрений ( $N_{440}P_{280}K_{580}$ ).

Вынос азота за ротацию севооборота в варианте без использования удобрений составил 591 кг/га (табл. 1). Внесение азотных удобрений способствовало не только росту урожайности, но и увеличивало содержание данного элемента в сухой массе растений. Поэтому с увеличением доз вносимого азота закономерно увеличивался и вынос этого элемента. В варианте с внесением  $N_{440}$  данный показатель достигал 1042 кг/га, что в 1,8 раза выше, чем в контрольном варианте.

Общий вынос фосфора за ротацию севооборота был более чем в 2 раза ниже, чем вынос азота и составлял в зависимости от варианта опыта 234–391 кг/га.

Поскольку внесение фосфорных удобрений в условиях высокой обеспеченности почвы фосфатами не оказывало существенного влияния на содержание данного элемента в растительной продукции, то увеличение общего выноса фосфора происходило в первую очередь с ростом урожайности основной и побочной продукции культур севооборота. Внесение органических и минеральных удобрений в зернотравяном севообороте приводило к увеличению выноса фосфора на 20–67% в сравнении с контрольным вариантом.

Вынос калия изменялся от 611 кг/га в контрольном варианте до 1408 кг/га в варианте с внесением  $N_{440}P_{280}K_{580}$ .

За счет внесения в севообороте органических удобрений общий вынос калия увеличился на 195 кг/га. Закономерное увеличение выноса  $K_2O$  наблюдалось при повышении доз калийных и азотных удобрений, поскольку повышалась продуктивность культур севооборота и поглощение растениями калия. В вариантах с внесением  $N_{110-330}P_{140}K_{290}$  вынос калия составил 1146–1195 кг/га, в вариантах  $N_{110-330}P_{280}K_{580}$  – 1266–1355 кг/га. В варианте с наибольшими в опыте дозами азотных и калийных удобрений ( $N_{440}P_{280}K_{580}$ ) вынос калия по отношению к контрольному варианту увеличился на 130%.

Общий вынос растениями кальция в сумме за севооборот составил 214–304 кг/га, магния – 125–164 кг/га. Поскольку содержание кальция и магния в основной и побочной продукции культур севооборота не зависело от системы удобрения, то увеличение показателей выноса данных элементов было обусловлено в первую очередь ростом продуктивности культур севооборота.

Таким образом, с повышением доз удобрений и соответственно с ростом урожайности культур севооборота общий вынос питательных веществ из почвы увеличивался. Более стабильным показателем является удельный вынос основных элементов питания, однако и он может изменяться в определенных пределах в зависимости от доз минеральных удобрений, сорта возделываемой культуры, погодных условий и других факторов.

Таблица 1

## Вынос элементов питания за ротацию зерноотравного севооборота

Вариант	Общий вынос, кг/га					Удельный вынос, кг/10 ц к.ед.					Продуктивность, ц/га к.ед.
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	
Без удобрений	591	234	611	214	125	17,2	6,8	17,8	6,2	3,6	343
Навоз, 40 т – фон 1	715	281	806	259	144	17,4	6,9	19,7	6,3	3,5	410
Фон 1 + N <sub>110</sub>	768	299	907	264	141	17,9	7,0	21,1	6,1	3,3	430
Фон 1 + N <sub>220</sub>	829	322	968	275	150	18,6	7,2	21,7	6,2	3,4	446
Фон 1 + N <sub>330</sub>	861	327	965	282	149	19,1	7,3	21,4	6,3	3,3	451
Фон 1 + N <sub>220</sub> P <sub>140</sub>	853	328	954	280	158	18,7	7,2	20,9	6,1	3,5	457
Фон 1 + N <sub>220</sub> K <sub>290</sub>	821	316	1079	253	140	17,7	6,8	23,3	5,5	3,0	463
Фон 1 + P <sub>140</sub> K <sub>290</sub> – фон 2	797	314	1103	263	146	16,7	6,6	23,1	5,5	3,1	478
Фон 2 + N <sub>110</sub>	842	332	1146	264	149	17,2	6,8	23,4	5,4	3,0	489
Фон 2 + N <sub>220</sub>	887	345	1177	276	152	17,7	6,9	23,5	5,5	3,0	501
Фон 2 + N <sub>330</sub>	931	355	1195	296	155	18,5	7,1	23,8	5,9	3,1	503
Фон 1 + P <sub>280</sub> K <sub>580</sub> – фон 3	854	335	1233	276	147	16,5	6,5	23,8	5,3	2,8	517
Фон 3 + N <sub>110</sub>	896	355	1266	281	152	16,9	6,7	23,9	5,3	2,9	530
Фон 3 + N <sub>220</sub>	946	376	1326	290	156	17,5	7,0	24,6	5,4	2,9	540
Фон 3 + N <sub>330</sub>	986	385	1355	295	158	18,5	7,2	25,4	5,5	3,0	534
Фон 3 + N <sub>330</sub>	1005	387	1378	296	159	18,5	7,1	25,3	5,4	2,9	544
Фон 3 + N <sub>440</sub>	1042	391	1408	304	164	19,3	7,2	26,0	5,6	3,0	541

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Исследования, проведенные на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в зернотравяном севообороте, показывают, что удельный вынос питательных веществ изменялся в различной степени в зависимости от доз и соотношений вносимых удобрений.

Удельный вынос азота изменялся по вариантам опыта от 16,5 до 19,3 кг. Внесение азотных удобрений увеличивало на 0,4–0,5 кг (в зависимости от фона) затраты данного элемента на формирование 10 ц к.ед. основной и соответствующего количества побочной продукции культур севооборота. Повышение доз азотных удобрений с 110 до 330 кг в сумме за ротацию севооборота приводило к увеличению удельного выноса азота на 1,2–1,6 кг (в зависимости от фона). Обращает на себя внимание тот факт, что удельный вынос азота на фоне органических удобрений несколько выше (17,9–19,1 кг), чем на фосфорно-калийных фонах (16,9–18,5 кг). Кроме того, можно отметить, что при внесении азота на фоне фосфорных удобрений ( $N_{220}P_{140}$ ) затраты данного элемента на формирование 10 ц к.ед. основной и соответствующего количества побочной продукции культур севооборота на 1 кг выше, чем при внесении азота на фоне калийных удобрений ( $N_{220}K_{290}$ ).

Затраты фосфора на формирование 10 ц к.ед. продукции культур севооборота ниже, чем затраты калия и азота и изменялись по вариантам опыта в меньших пределах (6,5–7,3 кг). При этом при внесении фосфорных удобрений значения удельного выноса имеют тенденцию к снижению на 0,3–0,4 кг (в зависимости от фона). В то же время внесение азотных удобрений приводило к некоторому повышению удельного выноса фосфора.

Наибольшими величинами в зернотравяном севообороте характеризуется удельный вынос калия. В варианте без удобрений этот показатель составил 17,8 кг, в варианте с внесением  $N_{440}P_{280}K_{580}$  – 26,0 кг. Таким образом, затраты калия на формирование 10 ц к.ед. продукции культур севооборота увеличиваются с повышением доз калийных и азотных удобрений.

Удельный вынос кальция и магния изменялся в нешироких пределах – 5,3–6,3 и 2,8–3,6 кг соответственно и имел тенденцию к снижению с повышением доз минеральных удобрений.

Расчет среднегодового баланса элементов питания в зернотравяном севообороте показал, что расход основных питательных элементов, за исключением фосфора, в вариантах с внесением за ротацию 280 кг д.в./га превышал их поступление (табл. 2).

Баланс азота в среднем за годы исследований был отрицательным и изменялся в пределах от –4,8 до –46,2 кг/га при интенсивности баланса 66,8–97,9% (табл. 2). Необходимо отметить, что оптимальные параметры интенсивности баланса азота, предложенные Институтом почвоведения и агрохимии [4], при продуктивности, полученной в нашем опыте, должны составлять более 130%.

Таким образом, внесение азотных удобрений и возделывание в севообороте клевера лугового полностью не компенсировало вынос данного элемента культурами севооборота. Наименьшая разница между приходом и расходом азота (–4,8 кг/га) наблюдалась в варианте с внесением за ротацию севооборота 330 кг д.в./га азота на фоне органических удобрений, интенсивность баланса при этом составила 97,9%. Наибольший дефицит азота (–26,8 – –46,2 кг/га) был в вариантах без внесения азотных удобрений.

Таблица 2

**Среднегодовой баланс и интенсивность баланса элементов питания  
в зернотравяном севообороте**

Вариант	Баланс элементов питания, кг/га						Интенсивность баланса, %					
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	
Без удобрений	-46,2	-46,8	-128,0	-83,9	-34,3		66,8	3,7	8,5	23,4	12,8	
Навоз – 40 т – фон 1	-27,0	-36,1	-118,9	-60,6	-29,1		84,5	37,7	33,5	49,0	32,3	
Фон 1 + N <sub>110</sub>	-20,5	-39,5	-139,5	-61,0	-28,2		89,4	35,6	30,0	48,9	32,9	
Фон 1 + N <sub>220</sub>	-14,0	-44,1	-151,4	-63,1	-30,1		93,3	33,1	28,3	48,0	31,5	
Фон 1 + N <sub>330</sub>	-4,8	-44,7	-150,4	-64,5	-29,8		97,9	32,8	28,5	47,5	31,7	
Фон 1 + N <sub>220</sub> , P <sub>140</sub>	-15,9	-15,3	-148,0	-64,6	-32,0		92,6	77,3	28,8	47,3	30,2	
Фон 1 + N <sub>220</sub> , K <sub>290</sub>	-7,5	-42,8	-110,8	-58,6	-27,9		96,3	33,8	53,0	49,7	33,1	
Фон 1 + P <sub>140</sub> , K <sub>290</sub> – фон 2	-26,8	-12,8	-120,5	-61,7	-29,5		85,9	80,3	50,4	48,8	31,9	
Фон 2 + N <sub>110</sub>	-20,9	-16,0	-128,4	-61,3	-29,9		89,8	76,4	48,8	48,6	31,6	
Фон 2 + N <sub>220</sub>	-12,7	-18,7	-134,6	-63,8	-30,5		94,3	73,5	47,7	47,7	31,2	
Фон 2 + N <sub>330</sub>	-6,3	-20,5	-136,3	-67,4	-31,2		97,4	71,7	47,3	46,3	30,7	
Фон 1 + P <sub>280</sub> , K <sub>580</sub> – фон 3	-29,3	12,9	-85,7	-64,0	-29,7		85,6	119,1	69,0	47,7	31,8	
Фон 3 + N <sub>110</sub>	-22,3	8,9	-92,0	-64,9	-30,6		89,7	112,2	67,0	47,2	31,1	
Фон 3 + N <sub>220</sub>	-15,0	5,0	-103,0	-66,6	-31,4		93,5	106,6	64,3	46,6	30,5	
Фон 3 + N <sub>330</sub>	-10,9	3,7	-107,3	-67,2	-31,5		95,6	104,8	63,3	46,4	30,5	
Фон 3 + N <sub>330</sub>	-12,8	2,8	-113,2	-67,9	-32,2		94,9	103,5	62,1	46,3	30,1	
Фон 3 + N <sub>440</sub>	-7,6	1,8	-117,9	-68,9	-33,0		97,1	102,3	61,0	45,8	29,6	

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Баланс фосфора изменялся в зависимости от доз фосфорных удобрений. В вариантах, где фосфорные удобрения не вносили, он был отрицательным и составил  $-36,1 - -46,8$  кг/га при его интенсивности 3,7–37,7%. При внесении 140 кг/га д.в. фосфора его баланс также был отрицательным и изменялся в пределах от  $-12,8$  до  $-20,5$  кг/га. Интенсивность баланса в данном случае повышалась до 71,7–80,3% и была близка к оптимальной, которая для почв с высокой обеспеченностью фосфором составляет 50–70%. Варианты опыта с внесением 280 кг/га фосфора характеризовались положительным балансом данного элемента (1,8–12,9 кг/га) при интенсивности 102,3–119,1%.

Расчет среднегодового баланса калия в опыте показал, что потребление растениями данного элемента превышало его поступление в почву на 85,7–151,4 кг/га. В вариантах, где калий не вносили, его баланс составил  $-118,9 - -151,4$  кг/га. При внесении за ротацию севооборота 290 кг/га д.в. калия баланс данного элемента был  $-110,8 - -136,3$  кг/га. Внесение 580 кг/га д.в. калия также не было достаточным для обеспечения положительного баланса, в данном случае он изменялся от  $-85,7$  до  $-117,9$  кг/га. Интенсивность баланса калия изменялась по вариантам опыта от 8,5 до 69,0%, в то время как оптимальным при содержании в почве более 200 мг/кг почвы подвижного калия считается показатель 80–100%.

Разница между приходом и расходом кальция и магния в меньшей степени зависела от варианта опыта и для кальция составила  $-58,6 - -83,9$  кг/га, для магния –  $-27,9 - -34,3$  кг/га при интенсивности баланса 23,4–49,7 и 12,8–33,1% соответственно.

### ВЫВОДЫ

1. На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве общий вынос элементов питания с урожаем за ротацию севооборота увеличивался с повышением доз удобрений. Наиболее значительным был вынос калия, затем в убывающем порядке идут азот, фосфор, кальций и магний. В варианте с внесением наибольшей дозы минеральных удобрений ( $N_{440}P_{280}K_{580}$ ) вынос азота составил 1042 кг/га, фосфора – 391, калия – 1408, кальция – 304, магния – 164 кг/га. Удельный вынос в данном варианте составил: азота – 19,3, фосфора – 7,2, калия – 26,0, кальция – 5,6, магния – 3,0 кг/10 ц к.ед.

2. Расход основных элементов питания, за исключением фосфора, в вариантах с внесением за ротацию 280 кг/га превышал их поступление с удобрениями, что обусловило их отрицательный баланс. Баланс фосфора в вариантах с внесением данного элемента в дозе 280 кг/га составил 1,8–12,9 кг/га при интенсивности баланса 102,3–119,1%. Применение калийных удобрений в дозах 290 и 580 кг д.в./га за ротацию севооборота было недостаточным для компенсации полного выноса калия с урожаем растениеводческой продукции, в результате чего баланс калия составил, в зависимости от вариантов опыта,  $-85,7 - -151,4$  кг/га (интенсивность – 8,5–69,0%).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кидин, В.В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур: уч. пособие / В.В. Кидин. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА им. Тимирязева, 2009. – 412 с.
2. Кулаковская, Т.Н. Применение удобрений / Т.Н. Кулаковская. – Минск: Урожай, 1970. – 220 с.
3. Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая / В.В. Лапа, В.Н. Босак. – Минск, 2006. – 120 с.
4. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
5. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – М.: Колос, 1977. – 416 с.

### REMOVAL AND BALANCE OF NUTRIENTS IN GRAIN-GRASS CROP ROTATION ON SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL

V.V. Lapa, O.G. Kulesh, M.S. Lopukh

#### Summary

Data of calculation of economic and specific removal of basic nutrients, and also estimation of nutrients balance for rotation grain-grass crop rotation on sod-podzolic light loamy soil are resulted and analysed.

*Поступила 29.10.13*

УДК 631.8:631.445.2

### ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ И ДОЗ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ И ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

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

*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

#### ВВЕДЕНИЕ

Использование преобладающих в Республике Беларусь дерново-подзолистых почв без пополнения запасов органического вещества и элементов питания существенно снижает их плодородие [1, 2]. Воспроизводство плодородия почв и рациональное использование земельных ресурсов является одним из первостепенных условий стабилизации экономики аграрного сектора.

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Применение органических удобрений оказывает положительное влияние на все основные агрохимические показатели почвенного плодородия, способствуя накоплению гумуса, увеличивая запас питательных веществ, понижая кислотность, создавая оптимальные условия для минерального питания растений, повышая устойчивость растений к неблагоприятным погодным условиям [3–5].

Научно обоснованное применение органических и минеральных удобрений, с учетом баланса элементов питания растений, способствует получению высоких урожаев при хорошем качестве растениеводческой продукции, повышая тем самым эффективность их использования [6]. В связи с этим определение оптимальных доз удобрений под планируемую урожайность сельскохозяйственных культур должно базироваться на балансовых расчетах [7]. Для объективной оценки влияния органических удобрений на показатели плодородия почвы необходимо учитывать также и фактическое изменение агрохимических показателей во времени.

Цель исследований – изучить влияние разных видов и доз удобрений в звене севооборота кукуруза – яровой рапс – озимое тритикале на изменение основных агрохимических показателей дерново-подзолистой супесчаной почвы.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2010–2013 гг. в стационарном полевом опыте, заложенном в ГП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области на дерново-подзолистой оглеенной внизу супесчаной, развивающейся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 80 см моренным суглинком, почве. Испытания проводили в звене севооборота кукуруза (2010–2011 гг.) – яровой рапс (2011–2012 гг.) – озимое тритикале (2012–2013 гг.). Опыт развернут в двух полях с четырехкратной повторностью вариантов. Общая площадь делянки – 20 м<sup>2</sup> (4 м × 5 м). Всего в опыте 19 вариантов. Пахотный слой исследуемой почвы перед закладкой опыта характеризовался следующими агрохимическими показателями: рН<sub>КCl</sub> 5,52–5,74; содержание гумуса – 2,21–2,61%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 129–141 мг/кг, K<sub>2</sub>O – 227–247 мг/кг почвы.

Дозы минеральных удобрений: под кукурузу – N<sub>90+60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>140</sub>, яровой рапс – N<sub>80+30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>, озимое тритикале – N<sub>70+30+40</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>. Суммарная доза за звено севооборота составила N<sub>400</sub>P<sub>180</sub>K<sub>380</sub>.

Фосфорные и калийные удобрения вносили весной в виде аммонизированного суперфосфата и хлористого калия; азотные – в виде карбамида под предпосевную культивацию и в подкормки.

Органические удобрения внесены под первую культуру звена севооборота – кукурузу. Дозы торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозного компоста (ТЖДСНК), торфо-лигнино-соломисто-навозного компоста (ТЛСНК) и сапропелей выровнены по азоту, внесенному с подстильным навозом КРС в дозе 60 т/га. Дозы подстильного куриного помета, жидкого навоза КРС, органических удобрений (ОУ), получаемых на выходе биогазовой установки, эквивалентны по азоту дозе азота, внесенного с минеральными удобрениями под кукурузу, также изучены двойные дозы этих органических удобрений.

Предусмотрены варианты с органической, минеральной и органоминеральной системами удобрения.

В почвенных образцах определяли основные агрохимические показатели по общепринятым методикам: гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213–91); обменную кислотность  $pH_{KCl}$  – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483–85); подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207–91).

Баланс элементов питания рассчитан согласно методике [8]. Химический состав органических удобрений представлен в таблице 1.

*Таблица 1*

**Химический состав органических удобрений**

Вид удобрения	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	C	Влажность, %	pH <sub>KCl</sub>
	% в расчете на естественную влажность							
Подстилочный навоз КРС	0,43	0,26	0,33	0,13	0,06	9,6	77	7,87
ТЛСНК	0,43	0,23	0,36	0,31	0,09	10,5	71	7,30
ТЖДСНК	0,42	0,36	0,36	1,41	0,11	9,8	70	8,34
Сапропель органо-известковистый	0,66	0,40	0,39	2,89	0,14	8,8	48	7,90
Сапропель кремнеземистый	0,57	0,25	0,51	1,98	0,24	6,0	50	7,45
Вермикомпост	1,01	0,61	1,00	0,69	0,03	11,5	55	7,23
Жидкий навоз КРС	0,21	0,12	0,27	0,17	0,08	2,4	95	7,60
Подстилочный куриный помет	1,09	2,05	1,22	0,41	0,22	26,8	64	8,60
ОУ с биогазовой установки	0,52	0,32	0,33	0,17	0,07	3,1	96	8,10

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

В результате исследований установлено, что продуктивность звена севооборота кукуруза – яровой рапс – озимое тритикале в сумме за три года в зависимости от вариантов опыта была достаточно высокой и составила 175–316 ц к.ед./га [8]. За этот период с урожаем в среднем по опыту вынесено: азота – 382 кг/га, фосфора – 184, калия – 458, кальция – 56, магния – 49 кг/га. Расчет баланса элементов питания показал, что одностороннее применение минеральных или органических удобрений в звене севооборота не обеспечило положительный баланс азота (табл. 2). Небольшой положительный баланс азота получен при органоминеральной системе удобрения. При внесении минеральных удобрений на фоне подстилочного навоза КРС, компостов и сапропелей баланс азота был положительным и находился в пределах

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

16–53 кг/га при интенсивности 102–108%. Установлено, что при органической системе удобрения реутилизация азота составила 39–63%, при органоминеральной – 8–38%.

Наиболее благоприятным в опыте был баланс фосфора. Применение подстилочного навоза КРС и компостов обеспечило интенсивность баланса на уровне 91–135%. В вариантах с применением минеральных удобрений на фоне вышеназванных органических и сапропелей интенсивность баланса фосфора была на уровне 138–161%.

При внесении жидкого навоза КРС и отходов производства биогаза в дозах, выровненных по азоту, внесенному с минеральными удобрениями под кукурузу, баланс фосфора был отрицательным, в двойных дозах – поступление в почву превышало вынос с урожаем на 10 кг/га. Наибольшая интенсивность баланса фосфора отмечена в вариантах с применением подстилочного куриного помета – 189% при дозе 15 т/га, при двойной дозе – 307%. Реутилизация фосфора при органической системе удобрения составила 59–304%. Внесенные органические удобрения в вариантах с органоминеральной системой удобрения обеспечили возврат 15–93% фосфора, вынесенного с урожаем за звено севооборота.

Баланс калия был отрицательным во всех вариантах опыта, однако при органоминеральной системе удобрения вынос калия с урожаем превышал его поступление в почву только на 10–55 кг/га, в то время как в вариантах с внесением органических удобрений с биогазовой установки дефицит калия составил 320–323 кг/га. В связи с этим во избежание снижения содержания подвижного калия в почве при применении органических удобрений с биогазовой установки, работающей в основном на курином помете, следует дополнительно вносить минеральные калийные удобрения. С внесенными органическими удобрениями возврат калия в почву составил 36–74% от выноса при органической системе удобрения, 9–36% – при органоминеральной.

Таблица 2

### Баланс элементов питания в дерново-подзолистой супесчаной почве за звено севооборота, 2010–2013 гг.

Вариант	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
	баланс, ± кг/га	ИБ*	реу- тили- за- ция	ба- ланс, ± кг/га	ИБ	реу- тили- за- ция	ба- ланс, ± кг/га	ИБ	реу- тили- за- ция
			%			%			%
1. Без удобрений (контроль)	-198	29	–	-109	5	–	-313	3	–
2. N <sub>400</sub> P <sub>180</sub> K <sub>380</sub> – фон	-95	84	–	-5	98	–	-153	72	–
3. Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	-83	80	61	0	100	97	-242	46	44

Вариант	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
	баланс, ± кг/га	ИБ*	реу- тили- за- ция	баланс, ± кг/га	ИБ	реу- тили- за- ция	ба- ланс, ± кг/га	ИБ	реу- тили- за- ция
			%			%			%
4. Фон + под- стилочный навоз КРС, 60 т/га	27	104	36	111	148	68	-42	93	32
5. ТЛСНК, 60 т/га	-69	83	63	-14	91	88	-197	53	51
6. Фон + ТЛСНК, 60 т/га	43	106	37	103	147	63	-10	98	35
7. ТЖДСНК, 60 т/га	-108	76	57	57	135	131	-213	51	49
8. Фон + ТЖДСНК, 60 т/га	16	102	35	170	174	93	-21	97	35
9. Фон + сапро- пель кремнеземи- стый, 45 т/га	32	104	36	82	138	52	-25	96	36
10. Фон + са- пропель органи- звестковистый, 40 т/га	53	108	38	130	161	74	-55	91	26
11. Вермиком- пост, 15 т/га	-169	58	38	-59	62	59	-261	38	36
12. Фон + верми- компост, 5 т/га	-70	88	8	15	107	15	-116	79	9
13. Фон + верми- компост, 15 т/га	-43	94	22	57	126	42	-90	86	24
14. Жидкий навоз КРС, 75 т/га	-148	62	41	-49	66	62	-242	47	45
15. Жидкий навоз КРС, 150 т/га	-101	80	63	10	106	103	-133	76	74
16. Подстилоч- ный куриный по- мет, 15 т/га	-161	60	40	147	189	185	-265	42	40
17. Подстилоч- ный куриный по- мет, 30 т/га	-111	79	63	418	307	304	-170	69	67

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Окончание табл. 2

Вариант	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
	баланс, ± кг/га	ИБ*	реу- тили- за- ция	ба- ланс, ± кг/га	ИБ	реу- тили- за- ция	ба- ланс, ± кг/га	ИБ	реу- тили- за- ция
18. ОУ с биогазо- вой установкой, 30 т/га	-154	61	39	-55	65	62	-323	25	23
19. ОУ с биогазо- вой установкой, 60 т/га	-101	80	62	10	106	103	-320	39	38

Примечание. ИБ – интенсивность баланса.

Расчет баланса основных элементов питания растений позволяет прогнозировать изменение их содержания в почве. Однако более точным критерием для оценки влияния изучаемых удобрений на состояние плодородия почв является фактическое изменение агрохимических показателей за звено севооборота.

В исследованиях на дерново-подзолистой супесчаной почве исходный уровень  $pH_{KCl}$  до закладки опыта колебался в пределах 5,52–5,74 ед. (табл. 3). Применение минеральных удобрений достоверно способствовало подкислению почвы в результате снижения  $pH_{KCl}$  с 5,72 до 5,46 ед.

Тенденция снижения уровня  $pH_{KCl}$  отмечена при применении подстильного навоза КРС и вермикомпоста как при органической системе удобрения (на 0,05–0,09 ед.), так и при органоминеральной (на 0,10–0,11 ед.). В вариантах с внесением 75 т/га жидкого навоза КРС показатель  $pH_{KCl}$  через три года снизился на 0,08 ед., подстильного куриного помета – на 0,05–0,08 ед., ОУ с биогазовой установки – на 0,08–0,14 ед. при НСР<sub>05</sub> на уровне 0,18 ед.

Внесение ТЛСНК способствовало незначительному подщелачиванию пахотного слоя почвы до уровня  $pH_{KCl}$  5,72 ед. (исходный показатель  $pH_{KCl}$  5,65 ед.), а совместное применение компоста с минеральными удобрениями – снижению подкисляющего действия минеральных удобрений. При применении ТЖДСНК и кремнеземистого сапропеля на минеральном фоне отмечена тенденция к увеличению  $pH_{KCl}$ , внесение органо-известковистого сапропеля на минеральном фоне достоверно увеличило  $pH_{KCl}$  с 5,67 ед. до 5,87 ед.

Применение минеральных и органических удобрений, а также их сочетаний отразилось на содержании гумуса в пахотном слое дерново-подзолистой супесчаной почвы.

В контрольном варианте содержание гумуса снизилось на 0,11%. Аналогичное снижение наблюдалось в варианте с внесением вермикомпоста в дозе 15 т/га, что свидетельствует об усилении процессов минерализации при использовании данного удобрения. В варианте с внесением минеральных

удобрений на фоне вермикомпоста снижение гумуса было менее выраженным (на 0,04%). Одностороннее применение других изучаемых органических и минеральных удобрений имело тенденцию к снижению содержания гумуса на 0,02–0,09%. При органоминеральной системе удобрения отмечена тенденция к увеличению содержания гумуса (на 0,01–0,04%).

Динамика подвижных форм фосфора и калия согласуется с балансовыми расчетами. В результате исследований установлено снижение содержания  $P_2O_5$  в контрольном варианте на 20 мг/кг. Одностороннее применение минеральных удобрений, а также подстилочного навоза КРС и ТЛСНК достоверного влияния на содержание фосфора не оказали, тогда как применение минеральных удобрений на фоне навоза или ТЛСНК позволили увеличить этот показатель на 14–20 мг/кг. Внесение ТЖДСНК в дозе 60 т/га в сочетании с минеральными удобрениями обеспечило увеличение подвижных форм фосфора на 30 мг/кг, что объясняется относительно высоким его содержанием в компосте (3,6 кг/т).

В варианте с применением вермикомпоста в дозе 15 т/га отмечено обеднение пахотного слоя исследуемой почвы подвижными формами фосфора: содержание  $P_2O_5$  снизилось на 16 мг/кг. Не удалось достичь бездефицитного баланса фосфора и в вариантах с применением жидкого навоза КРС в дозе 75 т/га и ОУ с биогазовой установки в дозе 30 т/га, в то время как при внесении двойных доз этих удобрений отмечена тенденция к увеличению содержания подвижного фосфора. Среди всех изучаемых видов органических удобрений подстилочный куриный помет обеспечил наибольшее увеличение содержания  $P_2O_5$  в почве: при дозе 15 т/га показатель увеличился на 29 мг/кг, при дозе 30 т/га – на 52 мг/кг.

Снижение содержания подвижных форм калия отмечено во всех вариантах опыта. В контрольном варианте показатель снизился на 95 мг/кг. Внесение за звено севооборота 380 кг хлористого калия в составе минеральных удобрений оказалось недостаточным даже для поддержания исходного уровня подвижного калия в почве, в результате показатель снизился на 57 мг/кг. Еще более существенное снижение содержания  $K_2O$  отмечено в вариантах с односторонним внесением подстилочного навоза КРС, ТЛСНК, ТЖДСНК, вермикомпоста в дозе 15 т/га – на 70–77 мг/кг. Аналогичные изменения отмечены при внесении жидкого навоза КРС в дозе 75 т/га и подстилочного куриного помета в дозе 15 т/га: содержание  $K_2O$  уменьшилось на 76 и 77 мг/кг соответственно относительно исходного уровня. При двойных дозах этих удобрений потери калия уменьшились в среднем на 24% по сравнению с одинарными. В вариантах с органоминеральной системой удобрения снижение подвижных форм калия было менее выраженным и составило 27–43 мг/кг. Резко снизилось содержание  $K_2O$  в вариантах с применением отходов производства биогаза (на 96 мг/кг при дозе 30 т/га и на 87 мг/кг при дозе 60 т/га), что еще раз подтверждает необходимость дополнительного внесения калийных удобрений.

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 3  
Влияние разных видов удобрений в звене севооборота на изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой супесчаной почвы, 2010–2013 гг.

Вариант	pH <sub>KCl</sub>		гумус, %		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		K <sub>2</sub> O, мг/кг	
	2010–2011 гг.	2012–2013 гг. ±	2010–2011 гг.	2012–2013 гг. ±	2010–2011 гг.	2012–2013 гг. ±	2010–2011 гг.	2012–2013 гг. ±
1. Без удобрений (контроль)	5,68	5,51 -0,17	2,25	2,14 -0,11	131	110 -20	242	148 -95
2. N <sub>400</sub> P <sub>180</sub> K <sub>380</sub> – фон	5,72	5,46 -0,26	2,41	2,36 -0,05	135	136 1	247	191 -57
3. Подстилочный навоз КРС, 60 т/га*	5,63	5,54 -0,09	2,38	2,35 -0,03	136	134 -1	246	176 -70
4. Фон + подстилочный навоз КРС, 60 т/га	5,66	5,55 -0,11	2,38	2,39 0,01	129	150 20	230	203 -27
5. ТПСНК, 60 т/га	5,65	5,72 0,07	2,32	2,30 -0,02	132	128 -5	243	166 -77
6. Фон + ТПСНК, 60 т/га	5,74	5,72 -0,01	2,42	2,44 0,02	132	146 14	228	185 -43
7. ТЖДСНК, 60 т/га	5,68	5,77 0,09	2,45	2,40 -0,05	134	147 12	244	173 -72
8. Фон + ТЖДСНК, 60 т/га	5,63	5,70 0,07	2,58	2,60 0,02	129	159 30	229	199 -30
9. Фон + сапропель кремнеземистый, 45 т/га	5,61	5,70 0,09	2,60	2,63 0,03	130	146 16	229	188 -41
10. Фон + сапропель органоминеральный, известковистый, 40 т/га	5,67	5,87 0,20	2,62	2,66 0,04	133	157 25	229	202 -27

Окончание табл. 3

Вариант	рН <sub>KCl</sub>		гумус, %		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		K <sub>2</sub> O, мг/кг	
	2010– 2011 гг.	± 2012– 2013 гг.	2010– 2011 гг.	± 2012– 2013 гг.	2010– 2011 гг.	± 2012– 2013 гг.	2010– 2011 гг.	± 2012– 2013 гг.
11. Вермикомпост, 15 т/га	5,64	5,59	2,36	-0,11	136	-16	236	-73
12. Фон + вермиком- пост, 5 т/га	5,52	5,41	2,57	-0,04	137	3	234	-47
13. Фон + вермиком- пост, 15 т/га	5,56	5,46	2,44	-0,04	138	15	236	-33
14. Жидкий навоз КРС, 75 т/га	5,57	5,50	2,38	-0,09	132	-6	231	-76
15. Жидкий навоз КРС, 150 т/га	5,56	5,60	2,35	-0,05	136	2	239	-58
16. Подстилочный куриный помет, 15 т/га	5,46	5,41	2,61	-0,08	135	29	234	-77
17. Подстилочный куриный помет, 30 т/га	5,54	5,46	2,57	-0,05	129	52	234	-58
18. ОУ с биогазовой установки, 30 т/га	5,70	5,56	2,38	-0,08	141	-8	228	-96
19. ОУ с биогазовой установки, 60 т/га	5,51	5,43	2,30	-0,05	134	2	227	-87
НСР <sub>05</sub>		0,18		0,13		14		15

### ВЫВОДЫ

1. На дерново-подзолистой супесчаной почве одностороннее применение как органических, так и минеральных удобрений не обеспечило благоприятный баланс азота. Небольшой положительный баланс азота, с интенсивностью на уровне 102–108%, получен в вариантах с внесением полного минерального удобрения на фоне подстилочного навоза КРС, компостов и сапропелей.

2. При применении органической системы удобрения наиболее благоприятный баланс фосфора обеспечило применение подстилочного куриного помета: при дозе 15 т/га интенсивность баланса составила 189%, при дозе 30 т/га – 307%. Фактическое содержание подвижного фосфора в пахотном слое дерново-подзолистой супесчаной почвы также максимально увеличивалось в этих вариантах: при дозе подстилочного куриного помета 15 т/га – на 29 мг/кг, при двойной дозе – на 52 мг/кг.

3. Применение минеральных и органических удобрений в опыте не обеспечило положительный баланс калия. Анализ агрохимических показателей изучаемой почвы указывает на существенное уменьшение запасов подвижного калия (на 57–96 мг/кг) в пахотном слое во всех вариантах опыта с односторонним внесением минеральных и органических удобрений. Несколько меньше отрицательные изменения затронули варианты с органоминеральной системой удобрения, потери подвижного калия составили 27–47 мг/кг.

4. Реутилизация азота за счет органических удобрений составила 36–62%, фосфора – 59–304%, калия – 23–74%, кальция – 38–603%, магния – 8–112%. При совместном применении минеральных и органических удобрений возврат азота в почву составил 8–38%, фосфора – 15–74%, калия – 9–36%, кальция – 23–724%, магния – 6–147%.

5. Положительное влияние на увеличение  $pH_{KCl}$  с 5,67 до 5,87 ед. оказало применение органо-известковистого сапропеля. Тенденция к подщелачиванию отмечена в вариантах с применением ТЛСНК, ТЖДСНК и кремнеземистого сапропеля.

6. В звене севооборота кукуруза – яровой рапс – озимое тритикале как минеральная, так и органическая системы удобрения не обеспечили поддержание гумуса в почве на исходном уровне. Наиболее выражена тенденция снижения содержания гумуса (на 0,11%) в вариантах без удобрений и с внесением вермикомпоста в дозе 15 т/га; в вариантах с органоминеральной системой удобрения отмечена незначительная тенденция к его увеличению.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лапа, В.В. Сравнительная эффективность различных видов органических удобрений на дерново-подзолистых почвах Республики Беларусь / В.В. Лапа, В.А. Тикавый // Использование органических удобрений и биоресурсов в современной земледелии: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвященной 20-летию ВНИПТИОУ, Владимир, 25–27 июля 2001 г. / ВНИПТИОУ; под. ред. А.И. Еськова, М.Н. Новикова. – М: РАСХН-ВНИПТИОУ, 2002. – С. 212–214.

2. Горбылева, А.И. Об оптимальных уровнях гумусированности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы для некоторых зерновых культур / А.И. Горбылева, В.Б. Воробьев, И.В. Тустова // Эффективность удобрений и плодородие почв: сб. науч. тр. БГСХА. – Горки, 1991. – С. 46–49.

3. Мельцаев, И.Г. Роль гумуса в повышении плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур / И.Г. Мельцаев // Агрохимические аспекты повышения продуктивности сельскохозяйственных культур: бюл. ВИУА. – М., 2002. – № 116. – С. 60–61.

4. Раськова, Н.В. Влияние освоения и окультуривания на биохимические свойства дерново-подзолистых почв / Н.В. Раськова, М.Р. Арсеньева, Д.Г. Звягинцев // Вестник МГУ. Сер. Почвоведение. – 1981. – № 4. – С. 33–37.

5. Ковалев, Н.Г. Влияние органических удобрений на содержание и состав гумуса дерново-подзолистой почвы, урожайность возделываемых культур и качество продукции / Н.Г. Ковалев, И.Н. Барановский // Агрохимия. – 2000. – № 2. – С. 31–35.

6. Державин, Л.М. Научно-методические основы применения ограниченных ресурсов органических удобрений / Л.М. Державин, И.В. Колокольцева // Использование органических удобрений и биоресурсов в современном земледелии: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвященной 20-летию ВНИПТИОУ, Владимир, 25–27 июля 2001 г. / ВНИПТИОУ; под. ред. А.И. Еськова, М.Н. Новикова. – М: РАСХН-ВНИПТИОУ, 2002. – С. 195–197.

7. Методика расчета элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В.В. Лапа [и др.] / Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 26 с.

8. Влияние твердых и жидких органических удобрений на продуктивность культур звена севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве / О.М. Бирюкова [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 1(50). – С. 178–185.

## **EFFECT OF DIFFERENT KINDS AND RATES OF ORGANIC FERTILIZERS ON THE NUTRIENTS BALANCE AND CHANGES OF AGROCHEMICAL PARAMETERS OF SOD-PODZOLIC LOAMY SAND SOIL**

**O.M. Biryukova, T.M. Seraya, E.N. Bogatyrova**

### **Summary**

In studies on sod-podzolic loamy sand soil the one-sided application of organic or mineral fertilizers in crop rotation link corn – spring rapeseed – winter triticale has not supplied the getting of self-supporting nitrogen and potassium balance; at organic-mineral fertilizer system the nitrogen balance ranged 16–53 kg/ha. The chicken manure application provided the positive phosphorus balance with the intensity of 189–307%. The application of peat-lignin-straw-manure, peat-sugar beet presscake-defecate filth-straw-manure com-posts and organic-calcareous, siliceous saproel promoted to soil alkalization. Only in organic-mineral fertilizer system variants was noted positive changes in the humus content.

*Поступила 22.10.13*

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ЗВЕНЕ ЗЕРНОВОГО СЕВООБОРОТА ПРИ РАЗНЫХ СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

Н.Н. Цыбулько<sup>1</sup>, А.В. Ермоленко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Департамент по ликвидации последствий катастрофы на  
Чернобыльской АЭС МЧС, г. Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Могилевский филиал РНИУП «Институт радиологии»,  
г. Могилев, Беларусь

### ВВЕДЕНИЕ

Стратегическим направлением развития земледельческой науки и практики, резервом повышения эффективности производства являются энергосберегающие технологии. Обработка почвы связана со значительными затратами – на ее проведение расходуется около 40% энергетических и 25% трудовых затрат в земледелии. Затраты нефтепродуктов занимают 12–38% общих затрат на возделывание культур. Все это требует поиска способов и приемов обработки, различающихся по интенсивности и характеру воздействия на обрабатываемый слой, и разработки на этой основе систем обработки почвы и технологий возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечивающих охрану почвенного покрова от деградации, сокращение ресурсных и энергетических затрат в земледелии.

Совершенствование агротехнологий должно осуществляться на адаптивной основе с максимальным учетом почвенно-экологических и ландшафтных условий, особенностей каждого конкретного землепользования.

В научной литературе нет единой точки зрения относительно влияния различных приемов обработки почвы на эффективность использования минеральных удобрений. По мнению В.В. Медведева [1], безотвальная обработка усиливает неблагоприятную дифференциацию корнеобитаемого слоя по плодородию и снижает действие удобрений.

Результаты исследований Л.В. Ильиной показали [2], что наибольший эффект от удобрений достигается при переменной по глубине и способам системе основной обработки в севообороте, формирующей мощный культурный пахотный слой.

В ряде работ [3, 4] отмечается, что минеральные удобрения равнозначно действуют при различных способах основной обработки почвы.

Противоречивость мнений и выводов, существующих в научной литературе, о влиянии различных технологий основной обработки на эффективность вносимых удобрений, а также недостаточность экспериментальных данных на дерново-подзолистых почвах послужили основанием для проведения собственных исследований.

Цель настоящей работы – изучить влияние способов и приемов механической обработки на эффективность минеральных удобрений на дерново-подзолистой автоморфной супесчаной почве.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2007–2009 годах в полевом опыте на территории землепользования СПК «Зарянский» Славгородского района Могилевской области. Объектом исследования являлась дерново-подзолистая автоморфная супесчаная почва на водно-ледниковых рыхлых супесях. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы следующие:  $pH_{KCl}$  – 5,9, гумус – 2,2%,  $P_2O_5$  – 210 мг/кг почвы,  $K_2O$  – 200 мг/кг почвы.

В 2007 году возделывали овес сорта Богач, в 2008 году – зернобобовую (пелюшка + овес) смесь, в 2009 году – яровую пшеницу сорта Мунк. Элементы технологии возделывания культур за исключением изучаемых вариантов соответствовали принятым отраслевым регламентам [5].

За годы исследований метеорологические условия вегетационных периодов различались. По величине гидротермического коэффициента 2007 год характеризовался как умеренно влажный ( $ГТК = 1,4$ ), 2008 и 2009 годы – как избыточно влажные –  $ГТК = 2,0$  и  $2,2$ , соответственно.

Схема опыта включала следующие системы обработки почвы:

1 – система обычной отвальной обработки, включающая лущение стерни, отвальную вспашку на 20–22 см плугом ППО–4–40, предпосевную обработку агрегатом АКШ–7,2, посев сеялкой СПУ–3,6;

2 – система безотвальной чизельной обработки, состоящая из лущения стерни, чизелевания на 20–22 см чизель-культиватором КЧ–5,4, предпосевной обработки агрегатом АКШ–7,2, посева сеялкой СПУ–3,6;

3 – система безотвальной поверхностной обработки, включающая лущение стерни, дискование на 10–12 см дисковыми боронами БДТ–7, предпосевную обработку агрегатом АКШ–7,2, посев сеялкой СПУ–3,6;

4 – система минимальной обработки, состоящая из лущения стерни, посева комбинированным посевным агрегатом Rabe Mega Seed 6002K2.

На четырех фонах систем обработки почвы изучены разные дозы и сроки внесения азотных удобрений. Азотные удобрения в форме карбамида применяли в следующие сроки:

под овес и яровую пшеницу: 1.  $N60^*$  – перед посевом; 2.  $N60^*$  – перед посевом +  $N30^{**}$  – в фазу выхода в трубку; 3.  $N90^*$  – перед посевом +  $N30^{**}$  – в фазу выхода в трубку;

под зернобобовую смесь: 1.  $N30^*$  – перед посевом; 2.  $N60^*$  – перед посевом; 3.  $N90^*$  – перед посевом.

Фосфорные и калийные удобрения вносили перед посевом культур в дозах 60 и 120 кг/га действующего вещества соответственно.

Размещение делянок в опыте рендомизированное. Общая площадь делянок – 100 м<sup>2</sup>, учетная – 40 м<sup>2</sup>. Повторность вариантов в опыте четырехкратная.

Полученные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа с использованием компьютерного программного обеспечения (Excel 7.0, Statistica 7.0).

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Урожайность сельскохозяйственных культур – интегральный показатель, характеризующий эффективность применения технологических приемов, их воздействие на плодородие почвы и динамику проходящих в ней процессов. В наших исследованиях замена отвальной системы обработки почвы безотвальной чизельной, поверхностной дисковой и минимальной системами оказала влияние на урожайность возделываемых культур звена севооборота овес – зернобобовая смесь – яровая пшеница и эффективность вносимых минеральных удобрений.

Урожайность овса в условиях умеренно влажного вегетационного периода 2007 года колебалась в зависимости от разных обработок почвы на контрольных вариантах (без применения удобрений) в пределах 17,7–18,8 ц/га. Различия между обработками были незначительными и составили 0,7–1,1 ц/га (табл. 1).

Фосфорные и калийные удобрения, внесенные перед посевом культуры в дозах соответственно 60 и 120 кг/га действующего вещества, обеспечили увеличение урожайности овса на 3,1–4,0 ц/га. На фоне поверхностной дисковой обработки она была достоверно ниже по сравнению с отвальной вспашкой, безотвальной чизельной и минимальной обработками.

Таблица 1

#### Влияние обработки дерново-подзолистой супесчаной почвы на эффективность минеральных удобрений при возделывании овса

Обработка почвы	Вариант с удобрениями	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка зерна, ц/га		Окупаемость удобрений прибавкой зерна, кг		
			к контролю	к фону РК	РК	N	НРК
Отвальная вспашка	1. Контроль	18,4	–	–	–	–	–
	2. P60K120 – фон	22,4	4,0	–	2,2	–	–
	3. Фон + N60*	30,7	12,3	8,3	–	13,8	5,1
	4. Фон + N60* + 30**	35,2	16,8	12,8	–	14,2	6,2
	5. Фон + N90* + 30**	37,4	19,0	15,0	–	12,5	6,3
Безотвальная чизельная	1. Контроль	18,8	–	–	–	–	–
	2. P60K120 – фон	21,9	3,1	–	1,7	–	–
	3. Фон + N60*	30,5	11,7	8,6	–	14,3	4,9
	4. Фон + N60* + 30**	35,7	16,9	13,8	–	15,3	6,3
	5. Фон + N90* + 30**	38,7	19,9	16,8	–	14,0	6,6

Обработка почвы	Вариант с удобрениями	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка зерна, ц/га		Окупаемость удобрений прибавкой зерна, кг		
			к контролю	к фону РК	РК	N	НРК
Поверхностная дисковая	1. Контроль	17,7	–	–	–	–	–
	2. P60K120 – фон	20,8	3,1	–	1,7	–	–
	3. Фон + N60*	28,9	11,2	8,1	–	13,5	4,6
	4. Фон + N60* + 30**	34,2	16,5	13,4	–	14,8	6,1
	5. Фон + N90* + 30**	36,8	19,1	16,0	–	13,3	6,3
Минимальная	1. Контроль	18,7	–	–	–	–	–
	2. P60K120 – фон	21,9	3,2	–	1,8	–	–
	3. Фон + N60*	30,5	11,8	8,6	–	14,3	4,9
	4. Фон + N60* + 30**	35,7	17,0	13,8	–	15,3	6,3
	5. Фон + N90* + 30**	38,7	20,0	16,8	–	14,0	6,7
<i>НСР<sub>05</sub></i> фактор обработки почвы – 1,00; фактор удобрения – 1,10.							

При оптимальной обеспеченности почв подвижными соединениями фосфора и калия величина урожая сельскохозяйственных культур определяется в первую очередь уровнем азотного питания растений. В наших исследованиях за счет азот, вносимого по фону РК, формировалось дополнительно от 11,2 до 20,0 ц/га зерна овса. Действие разных доз и сроков применения азотных удобрений в определенной степени также зависело от механической обработки почвы.

Внесение N60 перед посевом овса обеспечило прибавки зерна к контролю: на фоне отвальной вспашки – 12,3 ц/га, на фоне чизельной обработки – 11,7, на фоне дисковой обработки – 11,2 и на фоне минимальной обработки почвы – 11,8 ц/га. По отношению к фосфорно-калийному фону урожайность возросла в зависимости от способов и приемов обработки на 8,1–8,6 ц/га. Различия между отвальной, безотвальной чизельной и минимальной обработками были несущественными, а на поверхностной дисковой обработке – достоверно ниже.

Увеличение урожайности зерна наблюдалось по мере увеличения доз азотных удобрений. Получены достоверные прибавки зерна при дробном внесении N90 (N60 – перед посевом и N30 – в фазу выхода в трубку), которые составили по отношению к контролю 16,5–17,0 ц/га. Повышение урожайности к фосфорно-калийному фону составило на вспашке 12,8 ц/га, на поверхностной дисковой обработке – 13,4, на безотвальной чизельной и минимальной обработке – 13,8 ц/га.

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Подкормка посевов азотом в дозе 30 кг/га в фазу выхода в трубку растений обеспечила дополнительно 4,5–5,3 ц/га зерна по отношению к варианту с N60 перед посевом. Более эффективной азотная подкормка была в вариантах с чизельной и минимальной обработками.

Внесение азотных удобрений в дозе 120 кг/га (N90\* – перед посевом и N30\*\* – в фазу выхода в трубку) существенно увеличило урожайность овса по отношению к варианту с дробным применением N90 по всем обработкам почвы, прибавки зерна составили 2,2–3,0 ц/га.

Максимальная урожайность зерна овса, составившая 38,7 ц/га, получена в варианте с дробным применением N120 на фонах с безотвальной чизельной и минимальной обработками почвы.

Окупаемость минеральных удобрений прибавкой зерна зависела от доз азотных удобрений. Системы обработки почвы не оказали существенного влияния на этот показатель. Так, окупаемость фосфорных и калийных удобрений изменялась по вариантам с разными обработками в пределах 1,7–2,2 кг зерна.

Окупаемость азотных удобрений колебалась в зависимости от доз и сроков их применения от 12,5 до 15,3 кг зерна. В варианте с внесением N60 перед посевом она составила 13,5–14,3 кг зерна, а с повышением дозы азота до 90 кг/га возросла до 14,2–15,3 кг. Следует отметить, что если на отвальной вспашке увеличение составляло всего 0,4 кг зерна, то на безотвальных чизельной и дисковой и минимальной обработке почвы – 1,0–1,3 кг. При повышении дозы азотных удобрений до 120 кг/га наблюдалось снижение окупаемости азота по отношению к варианту с дробным внесением N90 по всем фонам обработки почвы на 1,3–1,7 кг зерна.

Окупаемость прибавкой зерна полного минерального удобрения (NPK) также зависело от уровней применения азотных удобрений. В среднем окупаемость удобрений в вариантах N60P60K120 составила 4,6–5,1 кг зерна с тенденцией к повышению на фоне вспашки. С увеличением доз внесения азота наблюдалось повышение окупаемости минеральных удобрений. Так, в вариантах с применением доз азота N90P60K120 и N120P60K120 этот показатель изменялся соответственно в пределах 6,1–6,3 и 6,3–6,7 кг зерна.

В 2008 году в звене севооборота возделывали зернобобовую смесь (горох с овсом). Урожайность смеси в условиях избыточно влажного вегетационного периода составила на контрольных вариантах 19,5–20,8 ц/га. На поверхностной дисковой обработке она оказалась достоверно ниже, чем на других способах обработки.

Применение перед посевом зернобобовой смеси фосфорных и калийных удобрений в дозах P60K120 обеспечило прибавки урожая к контролю 3,4–4,5 ц/га. Различия в урожайности на этом варианте между отвальной вспашкой, безотвальной чизельной и минимальной обработками были незначительными, а на поверхностной дисковой обработке она оказалась достоверно ниже.

Под зернобобовую смесь азотные удобрения вносили в один прием до посева в возрастающих дозах 30, 60 и 90 кг/га действующего вещества. При предпосевном применении N30 прибавки зерна составили по отношению к контролю 12,8–13,5 ц/га, к фону РК – 9,0–10,0 ц/га. Обработки почвы не оказали существенного влияния на эффективность азотных удобрений (табл. 2).

Получены также достоверные прибавки зерна при внесении 60 кг/га азотных удобрений, которые составили по отношению к контролю 18,5–19,2 ц/га. Увеличение урожайности к фосфорно-калийному фону изменялось от 14,0 до 15,8 ц/га. Двукратное увеличение дозы азотных удобрений с N30 до N60 обеспечило прибавки урожая от азота – 5,0–5,8 ц/га.

Следует отметить, что на чизельной, дисковой и минимальной обработке почвы прибавки зерна были несколько выше, чем на отвальной вспашки. В то же время различия по варианту N60P60K120 между обработками были несущественными.

Предпосевное внесение азота в дозе 90 кг/га обеспечило увеличение урожайности зернобобовой смеси по отношению к варианту с N60 на 2,5–3,7 ц/га. Более высокие прибавки зерна получены на фоне минимальной и чизельной обработки.

Таблица 2

**Влияние обработки дерново-подзолистой супесчаной почвы на эффективность минеральных удобрений при возделывании зернобобовой смеси**

Обработка почвы	Варианты с удобрениями	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка зерна, ц/га		Окупаемость удобрений прибавкой зерна, кг		
			к контролю	к фону РК	РК	N	НРК
Отвальная вспашка	1. Контроль	20,2	–	–	–	–	–
	2. P60K120 – фон	24,7	4,5	–	2,5	–	–
	3. Фон + N30*	33,7	13,5	9,0	–	30,0	6,4
	4. Фон + N60*	38,7	18,5	14,0	–	23,3	7,7
	5. Фон + N90*	41,2	21,0	16,5	–	18,3	7,7
Безотвальная чизельная	1. Контроль	20,7	–	–	–	–	–
	2. P60K120 – фон	24,1	3,4	–	1,9	–	–
	3. Фон + N30*	33,5	12,8	9,4	–	31,3	6,1
	4. Фон + N60*	39,2	18,5	15,1	–	25,2	7,7
	5. Фон + N90*	42,6	21,9	18,5	–	20,5	8,1
Поверхностная дисковая	1. Контроль	19,5	–	–	–	–	–
	2. P60K120 – фон	22,9	3,4	–	1,9	–	–
	3. Фон + N30*	32,9	13,4	10,0	–	33,3	6,4
	4. Фон + N60*	38,7	19,2	15,8	–	26,3	8,0
	5. Фон + N90*	41,6	22,1	18,7	–	20,7	8,2
Минимальная	1. Контроль	20,8	–	–	–	–	–
	2. P60K120 – фон	24,6	3,8	–	2,1	–	–
	3. Фон + N30*	34,0	13,2	9,4	–	31,3	6,3
	4. Фон + N60*	39,7	18,9	15,1	–	25,2	7,9
	5. Фон + N90*	43,4	22,6	18,8	–	20,9	8,4
<p><i>НСР<sub>05</sub></i>:                      фактор обработка почвы – 1,02;                      фактор удобрения – 1,14.</p>							

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Наблюдались существенные различия по варианту **N90P60K120** и между обработками почвы. Получена достоверно более высокая урожайность на фоне чизельной и минимальной обработок по отношению к отвальной вспашке и поверхностной дисковой обработке. Различия между вспашкой и дискованием были несущественными.

Наиболее высокая урожайность зернобобовой смеси получена в варианте **N90P60K120** на фонах с применением минимальной и чизельной обработок почвы, которая составила соответственно 43,4 и 42,6 ц/га.

Окупаемость фосфорных и калийных удобрений находилась в пределах 1,9–2,5 кг зерна и несущественно зависела от способов и приемов обработки почвы. Окупаемость азотных удобрений колебалась в зависимости от доз и сроков их применения от 18,3 до 33,3 кг зерна.

В варианте с внесением **N30** перед посевом окупаемость азотных удобрений составила 30,0–33,3 кг зерна, а при повышении дозы до 60 кг/га – снизилась на 6,1–7,0 кг зерна. Доза азотных удобрений **N90** окупалась прибавками зерна на уровне 18,3–20,9 кг.

Следует отметить, что окупаемость всех изучаемых доз азотных удобрений в вариантах с применением безотвальной чизельной, поверхностной дисковой и минимальной обработок была выше по сравнению с отвальной вспашкой.

Окупаемость прибавкой зерна полного минерального удобрения (**НПК**) также зависела от доз азотных удобрений. В среднем окупаемость удобрений в вариантах **N30P60K120** составила 6,1–6,1 кг зерна. С увеличением доз внесения азота наблюдалась тенденция к повышению окупаемости минеральных удобрений. Так, в вариантах с применением доз азота **N60P60K120** и **N90P60K120** этот показатель изменялся соответственно в пределах 7,7–8,0 и 7,7–8,4 кг зерна. Способы и приемы обработки почвы не оказали существенного влияния на агрохимическую эффективность полного минерального удобрения.

Продуктивность яровой пшеницы, которую возделывали в звене севооборота в 2009 году, составила на контрольных вариантах 18,7–21,7 ц/га. На поверхностной дисковой обработке она оказалась достоверно ниже, чем на других способах обработки (табл. 3).

Фосфорные и калийные удобрения, которые применяли в дозах **P60K120**, обеспечили увеличение урожайности пшеницы по отношению к контролю (вариант без удобрений) на 6,4–8,2 ц/га. Более высокая прибавка отмечена на фоне безотвальной чизельной обработки почвы.

За счет азотных удобрений формировалось дополнительно к фосфорно-калийному фону от 10,7 до 18,4 ц/га зерна. Внесение 60 кг/га азота перед посевом яровой пшеницы обеспечило прибавки зерна 10,7–11,1 ц/га. Механические обработки почвы не оказали существенного влияния на действие азотных удобрений.

Проведение азотной подкормки в фазу выхода в трубку растений дозой 30 кг/га азота на фоне **N60**, внесенным перед посевом, обеспечило увеличение урожайности на 4,5–5,4 ц/га зерна. Более высокая прибавка получена на фоне минимальной обработки почвы.

Дробное внесение азотных удобрений в дозе 120 кг/га также способствовало существенному росту урожайности яровой пшеницы по отношению к варианту с дробным применением **N90** по всем обработкам почвы – прибавки зерна составили 1,8–2,2 ц/га.

**Влияние обработки дерново-подзолистой супесчаной почвы  
на эффективность минеральных удобрений  
при возделывании яровой пшеницы**

Обработка почвы	Варианты с удобрениями	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка зерна, ц/га		Окупаемость удобрений прибавкой зерна, кг		
			к контролю	к фону РК	РК	N	НРК
Отвальная вспашка	1. Контроль	21,0	–	–	–	–	–
	2. P60K120 – фон	28,3	7,3	–	4,1	–	–
	3. Фон + N60*	39,0	18,0	10,7	–	17,8	7,5
	4. Фон + N60* + 30**	43,8	22,8	15,5	–	17,2	8,4
	5. Фон + N90* + 30**	46,0	25,0	17,7	–	14,7	8,3
Безотвальная чизельная	1. Контроль	20,4	–	–	–	–	–
	2. P60K120 – фон	28,6	8,2	–	4,6	–	–
	3. Фон + N60*	39,4	19,0	10,8	–	18,0	7,9
	4. Фон + N60* + 30**	43,9	23,5	15,3	–	17,0	8,7
	5. Фон + N90* + 30**	45,7	25,3	17,1	–	14,3	8,4
Поверхностная дисковая	1. Контроль	18,7	–	–	–	–	–
	2. P60K120 – фон	25,1	6,4	–	3,6	–	–
	3. Фон + N60*	36,0	17,3	10,9	–	18,2	7,2
	4. Фон + N60* + 30**	40,5	21,8	15,4	–	17,1	8,1
	5. Фон + N90* + 30**	42,3	23,6	17,2	–	14,3	7,9
Минимальная	1. Контроль	21,7	–	–	–	–	–
	2. P60K120 – фон	28,9	7,2	–	4,0	–	–
	3. Фон + N60*	40,0	18,3	11,1	–	18,5	7,6
	4. Фон + N60* + 30**	45,4	23,7	16,5	–	18,3	8,8
	5. Фон + N90* + 30**	47,3	25,6	18,4	–	15,3	8,5
<i>НСР<sub>05</sub></i> : фактор обработка почвы – 1,08; фактор удобрения – 1,21.							

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Максимальная урожайность зерна яровой пшеницы получена в варианте с дробным применением N120 на фоне минимальной обработки почвы, которая составила 47,3 ц/га и была достоверно выше по сравнению с другими обработками почвы. Различия в урожайности между отвальной вспашкой и безотвальной чизельной обработкой были незначительными, а на фоне поверхностной дисковой обработки она была достоверно ниже, чем на других способах и приемах обработки.

Окупаемость фосфорных и калийных удобрений по вариантам с разными обработками изменялась от 3,6 до 4,6, азотных удобрений – от 14,3 до 18,5 кг зерна. Наблюдалось снижение эффективности азотных удобрений по мере увеличения их доз.

Окупаемость прибавкой зерна полного минерального удобрения (NPK) также зависела от доз азотных удобрений. В среднем окупаемость удобрений в вариантах N60P60K120 составила 7,2–7,9 кг зерна. С увеличением дозы внесения азота до 90 кг/га наблюдалась тенденция к повышению окупаемости минеральных удобрений до 8,1–8,8 кг зерна, а при дозе азота 120 кг/га – к снижению до 7,9–8,5 кг.

Анализ общей продуктивности звена зернового севооборота овес – зернобобовая смесь – яровая пшеница показал следующее.

В среднем за 3 года исследований в зависимости от способов и приемов обработки почвы продуктивность звена севооборота изменялась на контроле от 25,3 до 27,7 ц/га к.ед. При внесении фосфорных и калийных удобрений (P60K120) сбор к.ед. увеличился на 5,8–7,1 ц/га и составил в вариантах с разными обработками почвы от 31,1 до 34,2 ц/га к.ед. (табл. 4).

Таблица 4

### Влияние обработки почвы на эффективность минеральных удобрений звена севооборота овес – зернобобовая смесь – яровая пшеница

Обработка почвы	Средние дозы удобрений по звену севооборота	Урожайность, ц/га к.ед.	Прибавка, ц/га к.ед.		Окупаемость удобрений прибавкой к.ед.		
			к контролю	к P60K120	PK	N	NPK
Отвальная вспашка	Контроль	27,0	–	–	–	–	–
	P60K120	34,1	7,1	–	3,9	–	–
	N50P60K120	46,8	19,8	12,7	–	25,4	8,6
	N80P60K120	53,3	26,3	19,2	–	24,0	10,1
	N110P60K120	56,4	29,4	22,3	–	20,3	10,1
Безотвальная чизельная	Контроль	27,1	–	–	–	–	–
	P60K120	33,8	6,7	–	3,7	–	–
	N50P60K120	46,9	19,8	13,1	–	26,2	8,6
	N80P60K120	53,8	26,7	20,0	–	25,0	10,3
	N110P60K120	57,5	30,4	23,7	–	21,5	10,5

Обработка почвы	Средние дозы удобрений по звену севооборота	Урожайность, ц/га к.ед.	Прибавка, ц/га к.ед.		Окупаемость удобрений прибавкой к.ед.		
			к контролю	к Р60К120	РК	Н	НРК
Поверхностная дисковая	Контроль	25,3	–	–	–	–	–
	Р60К120	31,1	5,8	–	3,2	–	–
	N50P60K120	44,3	19,0	13,2	–	26,4	8,3
	N80P60K120	51,4	26,1	20,3	–	25,3	10,0
	N110P60K120	54,7	29,4	23,6	–	21,4	10,1
Минимальная	Контроль	27,7	–	–	–	–	–
	Р60К120	34,2	6,5	–	3,6	–	–
	N50P60K120	47,4	19,7	13,2	–	26,4	8,6
	N80P60K120	54,7	27,0	20,5	–	25,6	10,4
	N110P60K120	58,6	30,9	24,4	–	22,2	10,7
<i>НСР<sub>05</sub></i> : фактор обработки почвы – 1,40; фактор удобрения – 1,56.							

Как на контроле, так и на фоне Р60К120 продуктивность звена севооборота на поверхностной дисковой обработке была достоверно ниже, чем на всех других системах обработки почвы. В то же время различия между вспашкой, чизельной и минимальной обработками были незначительными.

Следует отметить, что окупаемость фосфорных и калийных удобрений существенно зависела от способов и приемов обработки почвы и изменялась в пределах 3,2–3,9 к.ед.

Применение азотных удобрений в среднем за 3 года в дозе 50 кг/га обеспечило сбор 44,3–47,4 ц/га к.ед. Увеличение дозы азота до 80 кг/га способствовало повышению продуктивности звена севооборота на 6,5–7,1 ц/га к.ед. Прибавки урожайности при внесении N110 составили к варианту с N80 3,1–3,9 ц/га к.ед.

По всем вариантам с разными дозами азотных удобрений продуктивность на фоне поверхностной дисковой обработки была ниже по сравнению с отвальной, безотвальной чизельной и минимальной обработками. Различия между вспашкой, чизелеванием и минимальной обработкой были незначительными.

Окупаемость азотных удобрений кормовыми единицами снижалась по мере увеличения их доз с 25,4–26,4 в вариантах с N50 до 20,3–22,2 к.ед. в вариантах с N110. В то же время окупаемость полного минерального удобрения (НРК) возрастала с увеличением дозы азота с 50 до 110 кг/га.

## ВЫВОДЫ

1. Применение Р60К120 на дерново-подзолистой супесчаной почве с повышенным содержанием подвижных соединений фосфора и калия обеспечивает продуктивность звена севооборота овес – зернобобовая смесь – яровая

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

пшеница 31,1–34,2 ц/га к.ед. и окупаемость удобрений 3,2–3,9 к.ед. Отвальная вспашка, безотвальная чизельная и минимальная обработки несущественно различаются по эффективности на них фосфорных и калийных удобрений. Снижение эффективности удобрений наблюдается на поверхностной дисковой обработке почвы.

2. Внесение в среднем за звено севооборота 50 кг/га азота обеспечивает сбор 44,3–47,4 ц/га к.ед. Увеличение доз азота до 80 и 110 кг/га повышает продуктивность по отношению к фосфорно-калийному фону соответственно на 19,2–20,5 и 22,3–24,4 ц/га к.ед. Эффективность азотных удобрений на поверхностной дисковой обработке ниже по сравнению с отвальной, безотвальной чизельной и минимальной обработками.

3. Окупаемость азотных удобрений кормовыми единицами снижается по мере увеличения их доз с 25,4–26,4 в вариантах с N50 до 20,3–22,2 к.ед. в вариантах с N110, тогда как окупаемость полного минерального удобрения (NPK) возрастает с увеличением дозы азота.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Медведев, В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов / В.В. Медведев. – М.: Агрпромиздат, 1988. – 160 с.
2. Ильина, Л.В. Действие удобрений при разных системах обработки почвы / Л.В. Ильина // Ре-сурсосберегающие технологии обработки почвы: сб. науч. тр. ВНИИЗиЗПЭ. – Курск, 1989. – С. 63–73.
3. Почвоохранное земледелие на склонах / сост. Л.Я. Мильчевская. – Киев: Урожай, 1988. – 128 с.
4. Каштанов, А.Н. Агрэкология почв склонов / А.Н. Каштанов, В.Е. Явтушенко. – М.: Колос, 1997. – 240 с.
5. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отраслевых регламентов / Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ.: В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2005. – 460 с.

## EFFICIENCY OF MINERAL FERTILIZERS IN A LINK OF A GRAIN CROP ROTATION AT DIFFERENT SYSTEMS OF TILLAGE OF SOD-PODSOLIC SANDY

N.N. Tsybul'ka, A.V. Yarmolenka

### Summary

On sod-podsolic sandy soil influence of ways and machining tillage on efficiency of mineral fertilizers is studied. It is established, that application P60K120 provides efficiency of a link of a crop rotation oats-leguminous a mix-spring wheat of fodder units of 31,1–34,2 ts/hectares and a recouplement of fertilizers of 3,2–3,9 fodder units. Decrease in efficiency of fertilizers is observed on superficial disk processing of soil.

Entering in the average for a link of a crop rotation of nitrogen of fertilizers of 50 kg/hectares provides gathering of fodder units of 44,3–47,4 ts/hectares.

The increase in doses of nitrogen to 80 and 110 kg/hectares raises efficiency in relation to a fosforno-potash background accordingly on 19,2–20,5 and 22,3–24,4 ts/hectares of fodder units. Efficiency of nitric fertilizers on superficial disk tillage more low in comparison with moldboard, chisel and the minimal tillages.

*Поступила 20.08.13*

УДК 631.4:631.45

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УДОБРЕНИЙ И СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО НА СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА В УСЛОВИЯХ ПРАВОБЕРЕЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ**

**Н.Р. Пастух, Т.И. Григора**

*Национальный научный центр «Институт земледелия НААН»,  
Украина*

### **ВВЕДЕНИЕ**

На протяжении последних 20 лет агрофитоценозы Лесостепи Украины приобрели существенные изменения: многопольные севообороты уступают место короткоротационным с рыночно-ориентированными культурами, не учитываются оптимальные предшественники основных культур, применяется неполная система удобрения сельскохозяйственных культур, что отрицательно влияет на основные показатели плодородия всех почв без исключения. Поэтому для зональных стратегий развития систем земледелия следует разработывать новые приемы современных агротехнологий, направленные на сохранение потенциального плодородия почв, не забывая об энергосбережении и экологической безопасности окружающей среды.

Гумус – это один из ключевых показателей потенциального плодородия почвы. Земледелие чрезвычайно изменяет его содержание, ведь меняется характер поступления и преобразования органического вещества в связи с интенсивной механической обработкой почвы, которая является одним из весомых факторов влияния в пахотных землях. Воспроизводство гумуса и органического вещества черноземов типичных в условиях активного их использования приобретает особое значение в современной земледелии. Одним из путей решения вопроса является совершенствование системы удобрения и способов обработки почвы.

### **УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

Опыт заложен 2009 г. на черноземе типичном Панфильской исследовательской станции Национального научного центра «Институт земледелия Национальной академии аграрных наук», пахотный слой которого характеризуется: рН солевой – 6,0; содержание гумуса (по Тюрину) – 3,90%;

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

легкогидролизуемого азота (по Корнфилду) – 15,0; подвижного фосфора и обменного калия (по Чирикову) – соответственно 22,0 и 13,5 мг на 100 г почвы. Схема опыта предполагает изучение 12 моделей технологии выращивания пшеницы озимой после предшественника – сои. Это четыре системы удобрения на фоне трех видов обработки – ну-тил, вспашка (0–20 см) и безотвальная обработка (8–10 см). В опыте используются растительные остатки сои, которые, как и большинство бобовых, содержат большое количество белка, быстро разлагаются. В почвенных образцах отобранных после сбора урожая определяли содержание общего гумуса по Тюрину, подвижные гуминовые кислоты – в вытяжке 0,1 н NaOH. Длительность исследований – 2010–2012 гг.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основные признаки черноземного типа почвообразования – большая глубина гумусового горизонта, высокое гумусирование, значительное преобладание в составе группы гуминовых кислот. Система обработки почвы в соответствии со своим главным назначением служит регулятором многих почвенных процессов и непосредственно действует как прием реализации плодородия. В частности, под воздействием механической обработки изменяется интенсивность процессов массопереноса в профиле почвы, формирования плотности сложения и водно-воздушного режима пахотного слоя, который влияет на состояние органической массы, поступающей в пахотный слой в виде растительных остатков, накопление доступных форм азота.

Содержание и запасы гумуса считаются наиболее важными показателями плодородия почв: по их динамике можно диагностировать состояние процессов гумусообразования. Имеются литературные данные о том, что внесение удобрений как минеральных, так и органических не меняет направление почвообразовательного процесса, но вносит коррекцию в его скорость, амплитуду изменения времени его прохождения [1]. В то же время сельскохозяйственной продукцией севооборота в среднем из почвы выносятся 61–72% вовлекаемого в круговорот углерода и элементов минерального питания. Это приводит к обеднению почвы и в том числе падению запасов гумуса. В процессе образования гумуса чрезвычайно важная роль принадлежит влажности почвы и аэрации, от которых зависит интенсивность микробиологических процессов разложения свежих органических остатков и их гумификация. В зависимости от способа обработки почвы создается определенное соотношение водного и воздушного режимов.

Данные по изменению содержания гумуса в интенсивно используемом черноземе при совместном внесении побочной продукции сои и NPK при различных системах обработки на третий год наших исследований представлены в таблице. Анализ изменений гумусного состояния чернозема под влиянием трех способов обработки показал, что по воздействию на содержание общего гумуса минимальные обработки почвы имели преимущество над традиционной вспашкой в горизонте 0–20 см. Так, в варианте опыта с внесением только побочной продукции сои содержание общего гумуса составило 3,23–3,26% при исходном 3,17%. Внесение одной побочной продукции и сочетание ее с  $N_{120} P_{60} K_{90}$  под вспашку привело к уменьшению его содержания в слое 0–20 см по сравнению

с исходным значением, что связано с изменением интенсивности биологических процессов в обрабатываемом слое. В зависимости от глубины и способа вспашки растительные остатки и внесенные удобрения по-разному распределяются в профиле почвы и создают неодинаковые условия для жизнедеятельности микроорганизмов, благодаря которым происходят процессы трансформации органического вещества. Применение интенсивных систем обработки почвы создает хорошую аэрацию, которая приводит к минерализации свежей органической массы. В уплотненных слоях почвы интенсивность микробиологического разложения корневых и пожнивных остатков более низкая, что способствует лучшей гумификации при участии автохтонной микрофлоры.

Минимизация обработки почвы в опыте ведет к ослаблению процессов минерализации гумуса и усилению новообразования гумусовых веществ. Поэтому более стабильное гумусовое состояние, тенденции к накоплению и росту гумуса получены на всех четырех технологиях удобрения по системе обработки почвы – ноу-тил. Стабильный положительный эффект получен также в горизонте 20–40 см. Такие показатели содержания гумуса и питания при этой обработке создали самую высокую в опыте урожайность озимой пшеницы, которая составила 4,3 т/га. Все примененные модели системы удобрения независимо от обработки способствовали сохранению и росту запасов гумуса в слое 20–40 см по сравнению с исходным значением.

Наибольшее содержание гумуса в слое 0–25 см накопилось при сочетании соломы сои с  $N_{16}P_{16}K_{16}$  при безотвальной обработке и ноу-тил. Следует отметить, что по влиянию на гумусовый режим чернозема типичного вариант удобрения ПП +  $N_{16}P_{16}K_{16}$  был оптимальным и почвозащитным на всех системах обработки почвы.

Таблица

**Влияние удобрений и обработки почвы на содержание гумуса и урожай пшеницы озимой на черноземе типичном (2010–2012 гг.)**

№ п/п	Система удобрения	Система обработки	Общий гумус, %		Подвижные гуминовые кислоты, % от Собщ.		Урожайность, средняя за 3 года, т/га
			0–20	20–40	0–20	20–40	
1	Биологизованная технология ПП (побочная продукция сои)	Ноу-тил	3,26	3,03	15,34	12,73	3,4
2	Упрощенная технология ПП + $N_{16}P_{16}K_{16}$		3,16	3,29	10,66	3,46	3,9
3	Интенсивная технология ПП + $P_{90}K_{90}$		3,15	3,21	12,46	9,19	3,8
4	Суперинтенсивная технология ПП + $N_{120}P_{60}K_{90}$		3,16	3,00	13,77	10,00	4,3

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Окончание табл.

№ п/п	Система удобрения	Система обработки	Общий гумус, %		Подвижные гуминовые кислоты, % от Собщ.		Урожайность, среднее за 3 года, т/га
			0–20	20–40	0–20	20–40	
5	Биологизованная технология ПП (побочная продукция сои)	Безотвальная	3,23	2,54	11,97	5,10	3,2
6	Упрощенная технология ПП + N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>		3,18	3,34	8,70	4,48	3,5
7	Интенсивная технология ПП + P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>		3,05	2,87	14,41	5,69	3,5
8	Суперинтенсивная технология ПП + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>		3,16	3,00	16,56	12,53	3,9
9	Биологизованная технология ПП (побочная продукция сои)	Вспашка	3,00	2,93	10,69	9,71	3,3
10	Упрощенная технология ПП + N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>		3,36	3,26	9,54	9,52	3,7
11	Интенсивная технология ПП + P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>		3,42	2,95	10,45	10,47	3,6
12	Суперинтенсивная технология ПП + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>		3,00	2,82	15,86	13,54	3,7

Примечание. Исходное содержание гумуса 0–20 см – 3,17%, 20–40 см – 2,48%.

Эффективное плодородие почвы в значительной степени связывают с содержанием подвижного гумуса, который представлен продуктами разложения растительных остатков, легкоминерализованными фрагментами гумусовых соединений, и поэтому является неустойчивым в биохимическом отношении, быстро минерализуется до простых соединений и часто служит источником питания растений и микроорганизмов, в то время как «стабильная» часть гумуса более устойчива, влияет на определяющие почвенные характеристики, уровень потенциального плодородия почвы. В литературном источнике [3] показано, что в черноземах типичных доля подвижного гумуса относительно его общего содержания невелика и составляет в среднем 10%. Изменение его доли в составе органического вещества почвы в течение определенного отрезка времени свидетельствует о направлении процессов трансформации, происходящих в почве.

Результатами наших исследований установлено, что содержание подвижного гумуса зависит от вида системы удобрения и обработки почвы. Наблюдается рост доли подвижного гумуса в составе общего с увеличением дозы минерального удобрения от минимальной (N<sub>16</sub>P<sub>16</sub>K<sub>16</sub>) до максимальной (N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>). Органические продукты деструкции соломы также являются важным источником для образования лабильных гумусовых веществ. Способ обработки почвы повлиял на

интенсивность процессов трансформации органического вещества соломы сои, которые более активно происходили в горизонте 0–20 см. Поверхностное возделывание и ноу-тил привели к сильному контрасту и расслоению содержания подвижного гумуса между исследуемыми слоями. Более равномерно подвижный гумус распределялся при вспашке.

За годы исследования наибольшая урожайность озимой пшеницы (3,7–4,3 т/га) наблюдалась при внесении ПП +  $N_{120}P_{60}K_{90}$  с содержанием гумуса от 3,00 до 3,16% в пахотном слое (0–20 см), наименьшая – при внесении только побочной продукции (3,2–3,4 т/га) с содержанием гумуса от 3,00 до 3,26%. Можно сказать, что на урожайность данной культуры наибольшее влияние оказала система удобрения. Среди способов обработки почвы наиболее высокими показателями урожайности озимой пшеницы отмечалась система ноу-тил, прибавка в зависимости от удобрения колебалась от 0,1 до 0,6 т/га.

В результате статистической обработки данных исследования установлена корреляционная связь между содержанием гумуса и урожайностью озимой пшеницы (рис.). Связь между указанными показателями по уровню коэффициента детерминации равна 16%.



Рис. График – Scatterplot: содержания гумуса vs урожайность пшеницы озимой

## ВЫВОДЫ

1. Минимизация обработки почвы способствует ослаблению процессов минерализации гумуса и усилению новообразования гумусовых кислот. Поэтому более стабильное состояние, тенденции к накоплению и росту общего гумуса в опыте на черноземе типичном получены при обработке по системе ноу-тил независимо от варианта удобрения, что способствовало прибавке 0,1–0,6 т/га зерна пшеницы.

2. В составе общего гумуса с увеличением внесённой дозы минерального удобрения от упрощённой ( $N_{16}P_{16}K_{16}$ ) к суперинтенсивной технологии ( $N_{120}P_{60}K_{90}$ ) наблюдается рост доли подвижного гумуса в обоих исследуемых слоях почвы.

3. Под влиянием поверхностной обработки и ноу-тил в корнеобитаемом слое почвы происходит значительное расслоение в распределении доли подвижного гумуса между исследуемыми слоями, что соответствует различным этапам трансформации органического вещества. Более равномерно гумус распределялся при вспашке. Упрощённая модель технологии выращивания пшеницы была оптимальной и почвозащитной по влиянию на показатели гумусового режима чернозема типичного всех обработок почвы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Динамика продукции биомассы растений и гумуса почв / С. Гордиенко [и др.] – М.: Наука, 1992. – 168 с.
2. Новак, Ю.В. Ефективність застосування різних видів органічних добрив під цукрові буряки на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ...канд. с.-г. наук / Ю.В. Новак. – Умань, 2002. – 20 с.
3. Карманов, И.И. Опыт разработки методики расчета индексов ценности земель сельскохозяйственного назначения на почвенно-экологической основе. Роль почв в биосфере / И.И. Карманов, Д.С. Булгаков // Сб. науч. тр. / Ин-т почвоведения, МГУ, РАН. – 2003. – Вып. 3: Оценка и учет почвенных ресурсов. – С. 62–96.

### **ASSESSMENT THE EFFECT OF FERTILIZERS AND PROCESSING WAYS OF BLACK SOIL TYPICAL ON HUMUS UNDER CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE**

**N.R. Pastukh, T.I. Grigora**

#### **Summary**

The article encloses the field research and study about the influence of fertilizing system and tillage on humus regime data in the typical chernozem. More stable tendencies on general humus increase in a root layer were achieved in no till system. The increase of mineral fertilizers dose caused increase of mobile humus in soil.

*Поступила 30.10.13*

УДК 631.81.095.337:633

### **ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ С ДОБАВКАМИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

**Г.В. Пироговская**

*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Дальнейшее развитие сельскохозяйственного производства предусматривает системное обобщение накопленных знаний и опыта с целью повышения эффективности минеральных удобрений и получения сельскохозяйственной продукции, обеспечивающей укрепление здоровья и увеличение продолжительности

жизни человека. Требуется новые научные подходы к современным техническим решениям, направленным на создание экологически безопасных продуктов, которые могли бы обеспечить внутренние потребности государства и выход на международный рынок, что позволит снизить затраты на импортозамещение и в целом повысит рентабельность возделывания сельскохозяйственных культур и улучшит качество продукции. В 90-х гг. прошлого столетия большое внимание при производстве минеральных удобрений уделялось повышению содержания в них элементов питания, улучшению физических свойств и увеличению производства удобрений, содержащих в своем составе 2–3 элемента и более, так называемых комплексных. Возрастали объемы производства комплексных удобрений, а использование односторонних и низкопроцентных их форм снижалось. Производство комплексных удобрений в основном осуществлялось в Европе (ФРГ и Франция – 60% общего производства). Выпускались как хлорсодержащие, так и бесхлорные удобрения. В качестве модифицирующих добавок использовались преимущественно сера, магний, кальций, бор. Соотношение элементов питания в комплексных удобрениях было различным и зависело от рекомендуемой сельскохозяйственной культуры [1–2].

В последние годы во многих странах получен широкий спектр новых форм твердых и жидких комплексных удобрений, в состав которых введены различные модифицирующие добавки, в том числе микроэлементы (в сульфатной и хелатной форме), а также регуляторы роста растений, пестициды и т.д. [3–6].

Основные преимущества применения комплексных удобрений по сравнению со стандартными туками заключаются в обеспечении сбалансированного соотношения элементов питания под культуры. Экономическая эффективность их основана на сокращении времени и материальных затрат на внесение, при этом обеспечивается более равномерное распределение их по полю, что способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур и улучшению качества продукции.

В настоящее время производство комплексных, или сложно-смешанных удобрений, осуществляется различными фирмами – Kemira-Агро, Arvi, Буйский химический завод, Великий Новгород, Фергюсон Индастриаз, Укртехнофос, Мозаик, Росапатитинвес, Украгроком, Сумыхимпром, Агрон и др.

В мире представлены широким спектром жидкие комплексные удобрения, содержащие макро- и микроэлементы или одни микроэлементы в хелатной форме (хелатирование проводят ЕДТА или ДТРА, или другими органическими добавками), применяемые в качестве некорневых подкормок по вегетирующим растениям. Например, Интермаг-ЗЕРНОВЫЕ, Интермаг-Картофель, Интермаг-Пастбища, удобрения итальянской фирмы Валагро – Плантафол, Мастер, Брексил Са, Мегафон, Вива, Д–Fe–11, удобрения Басфолиар, производимые компанией АДОБ по лицензии фирмы БАСФ (Басфолиар 34, Басфолиар 36 Экстра, АДОБ Си и АДОБ Мп) и др. Микроэлементы в этих удобрениях хелатизированы ИДХА, что способствует хорошему усвоению их растениями [7, 8].

К настоящему времени в мировой практике при возделывании сельскохозяйственных культур широко применяются биологически активные соединения и регуляторы роста растений (природного, химического, растительного и микробного происхождения), изучено в той или иной степени их влияние на рост и развитие растений, продуктивность сельскохозяйственных культур.

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

В Республике Беларусь учеными Института почвоведения и агрохимии (лабораторией новых форм удобрений и мелиорантов) совместно с другими научными учреждениями разработана целая серия новых форм минеральных удобрений для почв различного уровня плодородия, содержащих биологически активные соединения и микроэлементы, для ряда сельскохозяйственных культур (лен-долгунец и лен масличный, сахарная свекла, озимые и яровые зерновые культуры, озимый рапс, гречиха, картофель, кукуруза, бобовые и зернобобовые, овощные культуры, многолетние злаковые и бобово-злаковые травы). Удобрения предназначены как для основного внесения в почву, так и для некорневых подкормок по вегетирующим растениям. В их состав введены микроэлементы в форме сульфатов или хелатов, регуляторы или стимуляторы роста растений, полученные из торфа, бурого угля, торфа и вермикомпоста, из вторичных ресурсов (отходов крахмальных, бродильных и растительных производств), и регуляторы роста растений, полученные химическим путем (брасиностероиды), связывающие [9]. Эффективность вышеуказанных агрохимических приемов изучена на многих сельскохозяйственных культурах, имеется большой объем экспериментальных данных, свидетельствующих о положительном их влиянии на рост и развитие растений, повышение урожайности и улучшение пищевой ценности и качества продукции.

Цель и задачи исследований – изучить влияние минеральных удобрений с добавками микроэлементов и регуляторов роста растений на урожайность и качество продукции сельскохозяйственных культур.

### МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объекты исследований (2005–2010 гг.): новые формы комплексных удобрений (НПК) с модифицирующими добавками для озимых и яровых зерновых культур, картофеля и овощных культур (морковь, столовая свекла, капуста), а также комплексные удобрения без добавок и смеси стандартных туков (карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий или сульфат калия), используемые в качестве базовых объектов.

Для основного внесения в почву применяли твердые комплексные удобрения с различным соотношением элементов питания с добавками микроэлементов или микроэлементов и биологически активных веществ, необходимых для каждой конкретной культуры.

В качестве регуляторов роста растений в составе удобрений использовали следующие препараты: Гидрогумат (регулятор роста растений на основе торфа), Феномелан (регулятор роста растений на основе растительного сырья, получен из отходов шелухи гречихи), Эпин (эпибрасинолид).

Исследования по изучению эффективности новых форм комплексных удобрений проводились в полевых опытах в Центральной части Республики Беларусь:

– на дерново-подзолистых легкосуглинистых, развивающихся на мощных лессовидных суглинках почвах (СПК «Щемяслица» Минского района Минской области (зерновые культуры) и экспериментальная база РУП «Институт овощеводства», п. Самохваловичи Минского района Минской области (овощные культуры);

– на дерново-подзолистых рыхлосупесчаных, подстилаемых с глубины 0,35 м рыхлым песком почвах (КСПУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области) (картофель).

Площадь делянок в полевых опытах составляла 18–32 м<sup>2</sup>, учетная – 10–24 м<sup>2</sup>, повторность – 4-кратная.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя (0–25 см) дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в опытах с озимыми и яровыми зерновыми культурами (СПК «Щемяслица») была следующая: рН – 5,48–5,60; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 309–325 мг/кг почвы; K<sub>2</sub>O – 150–205; Ca – 1017–1200; Mg – 128–136 мг/кг почвы; содержание гумуса – 2,19–2,21%; с овощными культурами – рН = 5,31–6,19, содержание подвижных форм P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 206–214 и K<sub>2</sub>O – 348–455 мг/кг почвы, Ca – 1043–1050, Mg – 142–160 мг/кг почвы, гумуса – 2,30–2,35%; в опытах с картофелем на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве (КСПУП «Экспериментальная база им. Суворова» – рН = 5,39–5,41, содержание подвижных форм P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 280–293 и K<sub>2</sub>O – 295–316 мг/кг почвы, Ca – 760–801, Mg – 120–155, содержание гумуса – 2,69–2,71%.

Индекс агрохимической окультуренности почв от 0,76 до 0,97.

Методы исследований: лабораторный, полевой, аналитический.

Закладку и проведение полевых опытов осуществляли в соответствии с методическими указаниями по закладке полевых опытов [10].

Статистическая обработка результатов исследований проводилась с использованием программ дисперсионного анализа на ЭВМ.

Почвенные образцы анализировались по следующим методикам: рН в KCl суспензии – ЦИНАО ГОСТ 26483–85; подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову в модификации ЦИНАО ГОСТ 26207–91; обменные катионы (Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>) – ЦИНАО ГОСТ 26487–85; содержание гумуса – ЦИНАО ГОСТ 26213–91 (без отбора корешков).

В растительных образцах (основной и побочной продукции) проводили определение показателей согласно нормативным документам: отбор проб – ГОСТ 18691–83; общий азот, фосфор, калий, кальций, магний – из одной навески после мокрого озоления (смесью серной кислоты и перекиси водорода); азот – ГОСТ 13496.4–93 п. 2 – фотоколориметрическим методом с использованием реакции индофенильной зелени, фосфор – спектрофотометрическим методом, калий – на пламенном фотометре, кальций (ГОСТ 26570–95) и магний (ГОСТ 30502–97) – на атомно-абсорбционном спектрофотометре; сухое вещество – весовым методом; крахмал (в клубнях картофеля) – весовым методом (метод Парова (весы ВП–5) – по удельному весу клубней); нитраты (в клубнях картофеля) – ГОСТ 13496.19–86.

Определение содержания незаменимых аминокислот проводилось на жидкостном хроматографе Agilent 1100 после предварительной подготовки проб методом гидролиза (6 М соляная кислота, 108 °С, 24 часа). Сумма критических аминокислот рассчитывалась по треонину, метионину и лизину.

Содержание и качество клейковины определяли на ИДК–1 в соответствии с требованиями ГОСТ 13586.1–68 «Зерно. Методы определения количества и качества клейковины».

Температура воздуха и осадки в Республике Беларусь по годам исследований показаны в Центральной части республики (по данным, полученным на

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

лизиметрической станции РУП «Институт почвоведения и агрохимии», а также Гидрометцентра (г. Минск). Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитывали по Г.Т. Селянинову.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Метеорологические условия в годы исследований по месяцам и за вегетационный период значительно отличались от среднееголетних, а засушливые или влажные периоды отрицательно сказывались на росте и развитии отдельных сельскохозяйственных культур.

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при возделывания сельскохозяйственных культур осадки, температура воздуха и гидротермический коэффициент (ГТК) за вегетационный период (апрель-сентябрь) существенно различались как по месяцам, так и по годам. В 2006 г. выпало осадков 484,7 мм, 2007 г. – 285,7, 2008 г. – 700,4, 2009 г. – 449,6, 2010 г. – 421,2 мм, 2011 г. – 346,5, 2012 г. – 370,7 мм при среднееголетнем – 422,0 мм. ГТК в 2006, 2009, 2010 и 2012 гг. характеризовался как близкий к оптимальному (ГТК = 1,81, 1,67, 1,42 и 1,33), в 2007, 2011 гг. – как слабозасушливый (ГТК = 1,04, 1,20), в 2008 г. – как влажный (ГТК = 2,64) при среднееголетнем ГТК = 1,74.

Гидротермический коэффициент в КСПУП «Экспериментальная база им. Суворова» при возделывании сельскохозяйственных культур (апрель-сентябрь) на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве был следующим: в 2006 г. – влажный (ГТК = 1,81); 2007 и 2010 гг. – слабозасушливый (ГТК = 1,06 и 1,27); 2008, 2011 и 2012 гг. – близкий к оптимальному (ГТК = 1,46, 1,38 и 1,50); 2009 г. – влажный (ГТК = 2,03) при среднееголетнем – 1,75.

В годы исследований сумма температур воздуха за апрель-сентябрь на объектах исследований составляла от 2563,0 до 2971,1 °С и превышала среднееголетнее значение (2428,3 °С).

Эффективность комплексных удобрений с добавками микроэлементов и регуляторов роста растений изучалась при возделывании озимой и яровой пшеницы, картофеля и овощных культур.

Применение комплексных азотно-фосфорно-калийных удобрений с добавками микроэлементов и регулятора роста растений (2008–2010 гг.) на озимой пшенице Саната способствовало получению урожайности зерна в среднем за три года (2008–2010 гг.) на уровне 70,1–72,0 ц/га, при урожайности с внесением комплексных удобрений без добавок – 67,7 и стандартных туков (мочевина, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий) – 66,0 ц/га. Прибавки зерна пшеницы от применения комплексных удобрений с модифицирующими добавками (Cu, Mn) и регулятором роста растений Гидрогумат по сравнению с аналогичным комплексным удобрением без добавок были в пределах: в 2008 г. – от 2,4 до 7,3 ц/га, 2009 г. – 4,1–6,6 и 2010 г. – 2,9–6,8, а в среднем за три года – 3,9–5,8 ц/га. При этом следует отметить, что максимальная прибавка зерна получена при внесении комплексных удобрений, включающих как микроэлементы, так и регулятор роста растений (табл. 1).

Содержание клейковины в зерне озимой пшеницы по годам исследований было близким и в среднем за 2009–2010 гг., в зависимости от вариантов опыта, составляло от 27,4 до 32,3% и увеличивалось на 1,9–4,9% по сравнению с контрольным вариантом.

Применение комплексных удобрений с модифицирующими добавками повышало содержание клейковины на 1,5–3,0% по сравнению со смесью стандартных туков и на 0,5–2,0% по сравнению с комплексным удобрением без добавок (табл. 2).

Таблица 1

**Влияние комплексных удобрений с добавками микроэлементов и биологически активных веществ на урожайность озимой пшеницы Саната на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве**

Вариант	Урожайность, ц/га							
	2008 г.	+/-, к вар. 3	2009 г.	+/-, к вар. 3	2010 г.	+/-, к вар. 3	среднее	+/-, к вар. 3
1. Контроль без удобрений	47,2	–	39,7	–	36,9	–	41,3	–
2. $N_{25}P_{50}K_{110}^*$ (стандартные) + $N_{110}^{**}$	85,1	–	67,1	–	45,8	–	66,0	–
3. $N_{25}P_{50}K_{110}$ комплексное без микроэлементов + $N_{110}^{**}$	85,1	–	66,9	–	46,5	–	67,7	–
4. $N_{25}P_{50}K_{110}$ комплексное с Cu + $N_{110}^{**}$	91,4	6,3	71,8	4,9	50,0	3,5	71,1	4,9
5. $N_{25}P_{50}K_{110}$ комплексное с Mn + $N_{110}^{**}$	87,5	2,4	73,5	6,6	49,4	2,9	70,1	3,9
6. $N_{25}P_{50}K_{110}$ комплексное с Cu и Mn + $N_{110}^{**}$	90,1	5,0	71,0	4,1	53,3	6,8	71,5	5,3
7. $N_{25}P_{50}K_{110}$ комплексное с Cu + Mn и Гидрогумат + $N_{110}^{**}$	92,4	7,3	71,4	4,5	52,3	5,8	72,0	5,8
НСР <sub>05</sub>	5,41	–	4,04	–	3,47	–	2,77	–

Примечание:

1. Основное внесение с осени.
2. ( $N_{70M} + N_{20} + N_{20}$ ) – подкормки азотом.

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 2

**Влияние комплексных удобрений с добавками микроэлементов и биологически активных веществ на содержание клейковины в зерне озимой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве**

Вариант	Содержание клейковины, %			
	2009 г.	2010 г.	сред- нее	± к вар. 1
1. Контроль без удобрений	28,0	26,8	27,4	–
2. $N_{25}P_{50}K_{110}^*$ (стандартные) + $N_{110}^{**}$	27,9	30,6	29,3	1,9
3. $N_{25}P_{50}K_{110}$ комплексное без микроэлементов + $N_{110}^{**}$	28,5	32,1	30,3	2,9
4. $N_{25}P_{50}K_{110}$ комплексное с Cu + $N_{110}^{**}$	30,0	31,5	30,8	3,4
5. $N_{25}P_{50}K_{110}$ комплексное с Mn + $N_{110}^{**}$	31,3	31,5	31,4	4,0
6. $N_{25}P_{50}K_{110}$ комплексное с Cu и Mn + $N_{110}^{**}$	32,0	32,5	32,3	4,9
7. $N_{25}P_{50}K_{110}$ комплексное с Cu + Mn и Гидрогумат + $N_{110}^{**}$	31,6	30,1	30,9	3,5
НСР <sub>05</sub>	2,43	2,58	–	–

Примечание:

1. Основное внесение с осени.
2. ( $N_{70m} + N_{20} + N_{20}$ ) – подкормки азотом.

Сумма определяемых незаменимых аминокислот в зерне озимой пшеницы на контрольном варианте составила 30,17 г/кг зерна, в вариантах с удобрениями – 29,94–33,40, соответственно критических – 7,26 и 6,7–8,12 г/кг зерна. Содержание аминокислот изменялось в пределах: треонина от 2,45 до 3,31 г/кг зерна; валина – 5,23–5,75; метионина – 1,92–2,16; фенилаланина – 5,28–5,95; изолейцина – 4,20–4,73; лейцина – 7,59–8,41; лизина – 2,14–3,21 г/кг зерна. Наибольшее содержание незаменимых аминокислот (32,07–33,40 г/кг зерна) и критических (7,78–8,12 г/кг зерна) было в зерне в вариантах при внесении комплексного удобрения с медью и марганцем или комплексного с медью, марганцем и регулятором роста растений при содержании этих кислот в варианте с внесением стандартных туков – 29,94 (незаменимых) и 7,46 (критических) г/кг зерна.

Урожайность зерна яровой пшеницы Рассвет на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве изменялась также по годам и вариантам опыта и составила: в 2006 г. – 44,1–63,8 ц/га; 2007 г. – 41,8–75,7; 2010 г. – 36,3–52,1 ц/га (табл. 3).

Соответственно, прибавки зерна от применения новых форм комплексных удобрений по сравнению с комплексным удобрением без добавок изменялись в пределах: в 2006 г. – 2,1–3,0, 2007 г. – 5,0–7,6 и 2010 г. – 2,4–4,9 ц/га, со стандартными туками: в 2006 г. – от 4,9 до 7,9 ц/га; 2007 г. – 5,7–8,3 и 2010 г. – 3,6–6,1 ц/га, а в среднем за три года – от 3,5 до 4,6 ц/га.

**Влияние комплексных удобрений с добавками микроэлементов и биологически активных веществ на урожайность зерна яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве**

Вариант	Урожайность, ц/га							
	2006 г.	±, к вар. 3	2007 г.	±, к вар. 3	2010 г.	±, к вар. 3	сред- нее	±, к вар. 3
1. Контроль без удобрений	44,1	–	41,8	–	36,3	–	40,7	–
2. N <sub>90</sub> P <sub>55</sub> K <sub>120</sub> (смесь стандартных удобрений)	55,9	–	67,4	–	46,0	–	56,4	–
3. N <sub>90</sub> P <sub>55</sub> K <sub>120</sub> комплексное без микроэлементов	60,8	–	68,1	–	47,2	–	58,7	–
4. N <sub>90</sub> P <sub>55</sub> K <sub>120</sub> комплексное с Cu	63,8	3,0	73,1	5,0	49,6	2,4	62,2	3,5
5. N <sub>90</sub> P <sub>55</sub> K <sub>120</sub> комплексное с Cu и регулятором роста растений Гидрогумат	62,9	2,1	73,7	5,6	52,1	4,9	62,2	4,2
6. N <sub>90</sub> P <sub>55</sub> K <sub>120</sub> комплексное с Cu и Mn	62,9	2,1	75,7	7,6	51,4	4,2	63,3	4,6
НСП <sub>05</sub>	5,7	–	5,5	–	3,7	–	2,9	–

Содержание аминокислот в зерне яровой пшеницы Рассвет зависело в большей степени от года исследований, чем от форм применяемых удобрений (табл. 4).

Содержание незаменимых аминокислот в зерне яровой пшеницы распределялось следующим образом: треонина – от 2,59 до 3,78 г/кг; валина – 5,19–6,52; метионина – 1,23–2,03; фенилаланина – 4,84–6,21; изолейцина – 4,34–5,64; лейцина – 7,64–9,72 и лизина – 3,40–4,69 г/кг зерна. Сумма незаменимых аминокислот находилась в пределах от 29,23 до 38,40 г/кг, критических – 7,22–10,47 г/кг зерна в зависимости от вариантов опыта. Наибольшее содержание суммы незаменимых (38,40 г/кг) и критических (10,47 г/кг) аминокислот в зерне было при внесении комплексного удобрения NPK с Cu и Mn в дозе N<sub>90</sub>P<sub>55</sub>K<sub>120</sub>. Комплексные удобрения с модифицирующими добавками способствовали увеличению содержания незаменимых аминокислот на 4,39–5,31 и критических – на 0,74–1,67 г/кг зерна по сравнению со смесью стандартных туков и на 0,23–1,15 и

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

0,06–0,99 г/кг зерна по сравнению с комплексным удобрением без добавок, что обеспечивало улучшение качества зерна (табл. 4).

Аналогичные закономерности отмечались и при использовании комплексных удобрений с микроэлементами и регуляторами роста растений при возделывании других яровых культур: наблюдалось увеличение урожайности зерна ячменя на 1,7–4,3 ц/га, овса – на 1,8–4,2, ярового тритикале – на 2,8–3,7 ц/га при одновременном улучшении качества зерна за счет повышения содержания белка в зерне на 0,2–0,7%, незаменимых аминокислот – на 1,4–3,3 г/кг зерна, критических – на 0,21–0,62 г/кг зерна.

Применение комплексных удобрений с модифицирующими добавками (NPK с B, S и Cu; NPK с B, Cu, Mn и NPK с B, S, Cu и регулятором роста растений Феномелан, полученного из шелухи гречихи) при возделывании картофеля Криница и Бриз в дозе  $N_{90}P_{55}K_{118}$  обеспечило на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве увеличение урожайности клубней картофеля в среднем на 26–48 ц/га, при окупаемости 1 кг д.в. NPK – на 9,9–18,2 кг клубней, или на 3,0–5,5 к.ед. выше по сравнению с базовым вариантом (внесением стандартных туков с дополнительными некорневыми подкормками микроэлементами (борной кислотой, сульфатом меди и сульфатом марганца) по вегетирующим растениям картофеля). Отмечена тенденция увеличения крахмала (на 0,1–0,2%), товарности клубней (на 0,9–1,9%), снижения содержания нитратов (на 16,8–20,0%). Содержание нитратов было более низким в варианте с NPK с B, S и регулятором роста растений Феномелан (табл. 5).

При возделывании овощных культур (морковь, столовая свекла, капуста) в условиях 2005–2007 г. на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах высокого уровня плодородия наиболее высокие показатели урожайности с хорошим качеством продукции получены при применении комплексных удобрений с добавками микроэлементов и регулятора роста растений (табл. 6).

Применение под морковь Лявоніха комплексных азотно-фосфорно-калийных хлорсодержащих удобрений (NPK с S; B, Cu) обеспечило урожайность в среднем за три года на уровне 456–500 ц/га, бесхлорных NPK с Mg, S; B, Cu и NPK с Mg, S; B, Cu и регулятором роста растений Эпин – 474–502 ц/га (в зависимости от доз и форм удобрений) при урожайности на смеси стандартных туков – 443 и 468 ц/га. Оптимальная доза комплексных хлорсодержащих удобрений под морковь была  $N_{70}P_{61}K_{97}$  и бесхлорных –  $N_{70}P_{38}K_{81}$  кг/га д.в., обеспечившая повышение урожайности корнеплодов моркови на 57 и 21–34 ц/га, сухого вещества – на 4,5–6,5 и 5,1–6,9 ц/га по сравнению со смесью односторонних удобрений, с выходом стандартной продукции 81,5–84,5%.

При применении под столовую свеклу Прыгажуна комплексных азотно-фосфорно-калийных хлорсодержащих удобрений (NPK с B,  $Na_2O$ , Mn, S) урожайность была на уровне 443–490 ц/га, бесхлорных (NPK с Mg, S, B, Mn, Fe и NPK с Mg, S, B, Mn, Fe, регулятор роста растений Эпин) – 434–501 ц/га, смеси стандартных удобрений – 438 и 433 ц/га. Под столовую свеклу оптимальной дозой в среднем за три года оказалась  $N_{90}P_{78}K_{125}$  (NPK хлорсодержащее) и  $N_{90}P_{49}K_{113}$  (NPK бесхлорное), обеспечившая повышение урожайности корнеплодов на 52 и 57–68 ц/га, сухого вещества – на 4,1–7,2 ц/га по сравнению со смесью односторонних удобрений, с выходом стандартной продукции 75,4–81,6%.

Таблица 4

Влияние комплексных удобрений с добавками микроэлементов и биологически активных веществ на аминокислотный состав зерна яровой пшеницы Рассвет на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, г/кг зерна

Вариант	Треонин	Валин	Метионин	Фенилаланин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Сумма аминокислот	
								незаменимых	критических
1. Контроль без удобрений	2,59	5,19	1,23	4,84	4,34	7,64	3,40	29,23	7,22
2. N <sub>90</sub> <sup>F</sup> K <sub>120</sub> (смесь стандартных удобрений)	3,19	5,69	1,79	5,38	4,87	8,35	3,82	33,09	8,80
3. N <sub>90</sub> <sup>F</sup> K <sub>120</sub> комплексное без микроэлементов	3,50	6,46	2,00	6,19	5,60	9,52	3,98	37,25	9,48
4. N <sub>90</sub> <sup>F</sup> K <sub>120</sub> комплексное с Cu	3,67	6,52	2,03	6,20	5,64	9,58	3,84	37,48	9,54
5. N <sub>90</sub> <sup>F</sup> K <sub>120</sub> комплексное с Cu и регулятором роста растений Гидрогумат	3,73	6,46	2,01	6,18	5,61	9,65	4,20	37,84	9,94
6. N <sub>90</sub> <sup>F</sup> K <sub>120</sub> комплексное с Cu и Mn	3,78	6,40	2,00	6,21	5,60	9,72	4,69	38,40	10,47
НСР <sub>05</sub>	0,224	0,390	0,131	0,432	0,373	0,688	0,287	—	—

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 5

**Влияние комплексных удобрений с добавками микроэлементов и биологически активных веществ на урожайность картофеля Бриз на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве**

Вариант	Урожайность, ц/га						
	2008 г.	2009 г.	среднее	+, к вар. 2	Показатели (среднее за два года)		
					крахмал, %	нитраты, мг/кг сырого вещества	товарные клубни, %
1. Контроль (60 т/га органических удобрений) – фон	289	345	317	–	13,8	95	75,7
2. Фон + N <sub>90</sub> P <sub>55</sub> K <sub>118</sub> смесь стандартных удобрений* + некорневая подкормка в фазу бутонизации (В, Cu, Mn)** – базовый вариант	388	420	404	–	14,1	155	83,6
3. Фон + N <sub>90</sub> P <sub>55</sub> K <sub>118</sub> комплексное с В, S и Cu	416	444	430	26	14,2	129	85,5
4. Фон + N <sub>90</sub> P <sub>55</sub> K <sub>118</sub> комплексное с В, Cu, Mn	422	471	447	43	14,2	127	84,9
5. Фон + N <sub>90</sub> P <sub>55</sub> K <sub>118</sub> комплексное с В, S, Cu и регулятором роста растений Феномелан	427	476	452	48	14,3	124	84,5
НСР <sub>05</sub>	10,7	21,3	16,8	–	0,29	21,6	2,79

Примечание:

1. Смесь стандартных удобрений (сульфат аммония, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий).

2. Микроэлементы вносились в некорневую подкормку перед смыканием ботвы картофеля по 50 г/га д.в. каждого микроэлемента.

Таблица 6  
**Эффективность новых форм и доз комплексных удобрений с добавками микроэлементов и биологически активных веществ при возделывании овощных культур, 2005–2007 гг.**

Вариант	Урожайность, ц/га											
	морковь			столовая свекла			капуста			сред- нее		
	2005 г.	2006 г.	2007 г.	сред- нее	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2005 г.	2006 г.		2007 г.	
<b>Общая</b>												
1. Контроль без удобрений	256	440	374	357	235	387	302	308	686	684	648	673
2. N <sub>70</sub> P <sub>61</sub> K <sub>97</sub> (смесь удобрений – карбамид, аммонийзирванный суперфосфат, хлористый калий) – базовый вариант	452	453	425	443	473	491	350	438	827	851	719	799
<b>Комплексное азотно-фосфорно-калийное хлорсодержащее с микроэлементами</b>												
3. N <sub>40</sub> P <sub>35</sub> K <sub>55</sub> комплексное с S; B; Cu	450	489	465	468	404	541	383	443	861	909	788	853
4. N <sub>70</sub> P <sub>61</sub> K <sub>97</sub> комплексное с S; B; Cu	512	521	467	500	429	589	430	483	845	986	866	899
5. N <sub>90</sub> P <sub>78</sub> K <sub>125</sub> комплексное с S; B; Cu	487	452	428	456	484	533	453	490	835	868	810	838
<b>Комплексное азотно-фосфорно-калийное (бесхлорное) с микроэлементами</b>												
6. N <sub>70</sub> P <sub>38</sub> K <sub>61</sub> (смесь удобрений – карбамид, аммонизированный суперфосфат, сульфат калия) – базовый вариант	–	487	449	468*	–	461	406	433*	–	853	731	792*

Окончание табл. 6

Вариант	Урожайность, ц/га											
	морковь				столовая свекла				капуста			
	2005 г.	2006 г.	2007 г.	сред- нее	2005 г.	2006 г.	2007 г.	сред- нее	2005 г.	2006 г.	2007 г.	сред- нее
7. N <sub>40</sub> P <sub>22</sub> K <sub>46</sub> комплексное с Mg, S; B, Cu	–	495	468	481*	–	475	393	434*	–	886	699	792*
8. N <sub>70</sub> P <sub>38</sub> K <sub>81</sub> комплексное с Mg, S; B, Cu	476	493	497	489	483	557	431	490	810	985	786	860
9. N <sub>90</sub> P <sub>48</sub> K <sub>104</sub> комплексное с Mg, S; B, Cu	449	490	483	474	450	580	415	482	802	852	853	835
10. N <sub>70</sub> P <sub>38</sub> K <sub>81</sub> комплексное с Mg, S; B, Cu и регулятором роста растений Эпин	496	489	522	502	537	541	426	501	822	920	791	844
НСР <sub>05</sub>	64,6	46,5	29,0	46,7								–

Примечание: В таблице приведены средние дозы удобрений за три года под морковь; под столовую свеклу – дозы хлорсодержащих удобрений – N<sub>60</sub> P<sub>78</sub> K<sub>25</sub>, N<sub>120</sub> P<sub>103</sub> K<sub>167</sub>, N<sub>90</sub> P<sub>78</sub> K<sub>125</sub>, N<sub>120</sub> P<sub>103</sub> K<sub>167</sub>, N<sub>90</sub> P<sub>78</sub> K<sub>125</sub>, N<sub>120</sub> P<sub>103</sub> K<sub>167</sub>, N<sub>90</sub> P<sub>78</sub> K<sub>125</sub>, N<sub>120</sub> P<sub>103</sub> K<sub>167</sub>; под капусту – хлорсодержащих – N<sub>70</sub> P<sub>59</sub> K<sub>96</sub>, N<sub>100</sub> P<sub>85</sub> K<sub>137</sub>, N<sub>130</sub> P<sub>111</sub> K<sub>179</sub>, N<sub>90</sub> P<sub>78</sub> K<sub>125</sub>, N<sub>120</sub> P<sub>103</sub> K<sub>167</sub>, N<sub>90</sub> P<sub>78</sub> K<sub>125</sub>, N<sub>120</sub> P<sub>103</sub> K<sub>167</sub>; \* – среднее за два года.

Применение под капусту Мара комплексных азотно-фосфорно-калийных хлорсодержащих удобрений NPK с S, B, Zn, Mo, Fe обеспечило урожайность на уровне 838–899 ц/га, бесхлорных NPK с Mg, S, B, Zn, Mo, Co, Fe – 792–860 ц/га, смеси стандартных удобрений – 799 и 792 ц/га. Лучшей дозой комплексных хлорсодержащих удобрений под капусту была  $N_{100}P_{85}K_{137}$  и бесхлорных –  $N_{100}P_{54}K_{125}$ , при их внесении урожайность кочанов увеличивалась на 100 и 52–68 ц/га, сухого вещества – на 6,3–18,1 ц/га по сравнению со смесью односторонних туков, с выходом стандартной продукции – 81,7–87,2%.

Включение регулятора роста растений Эпин в состав комплексных бесхлорных удобрений с добавками микроэлементов способствовало увеличению урожайности корнеплодов моркови на 13 ц/га и столовой свеклы – на 11 ц/га при снижении нитратов в продукции исследуемых культур на 11–20%.

## ВЫВОДЫ

1. Применение комплексных удобрений с модифицирующими добавками (микроэлементами и регуляторами роста растений) в технологии возделывания озимых и яровых зерновых, картофеля и овощных культур обеспечивает по сравнению с аналогичными комплексными удобрениями без добавок, а также стандартными туками увеличение их продуктивности и улучшение качества продукции.

2. При применении *под озимую пшеницу* комплексных удобрений с добавками (Cu и Mn; Cu, Mn и регулятор роста растений Гидрогумат) наблюдалось повышение урожайности зерна в среднем на 3,9–5,8 ц/га, улучшение показателей его качества за счет увеличения содержания клейковины на 0,6–3,3%, суммы незаменимых аминокислот – на 2,13–3,46, критических – на 0,32–0,66 г/кг зерна.

3. Внесение комплексных удобрений с добавками (Cu и Mn; Cu, Mn и регулятор роста растений Гидрогумат) *под яровые зерновые культуры* обеспечило увеличение урожайности зерна яровой пшеницы на 3,5–4,6 ц/га, ячменя – на 1,7–4,3, ярового тритикале – на 2,8–3,7, овса – на 1,8–4,2 ц/га при повышении содержания белка в зерне на 0,2–0,7%, суммы критических аминокислот – на 0,06–1,67, незаменимых – на 1,40–5,31 г/кг зерна.

4. При внесении *под картофель* комплексных удобрений с добавками (B, S и Cu; B, Cu, Mn и B, S, Cu и регулятор роста растений Феномелан) урожайность клубней картофеля увеличивалась на 26–48 ц/га при одновременном улучшении качества клубней за счет повышения крахмала (на 0,1–0,2%), товарности клубней (на 0,9–1,9%) и снижения содержания нитратов – на 24–31 мг/кг клубней, или на 16,8–20,0%.

5. Применение комплексных удобрений с добавками микроэлементов или микроэлементов и регулятора роста растений Эпин в эквивалентных дозах со стандартными туками *под овощные культуры* обеспечило: от комплексных хлорсодержащих удобрений – увеличение урожайности корнеплодов моркови на 57 ц/га, столовой свеклы – на 45, капусты – на 100 ц/га; от комплексных бесхлорных удобрений – корнеплодов моркови – на 21–34 ц/га, столовой свеклы – на 57–68 ц/га, капусты – на 52–68 ц/га при снижении уровня накопления нитратов в продукции на 11–20%.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калиниченко, В.Г. Эффективность комплексных удобрений на землях Черноземья / В.Г. Калиниченко. – Ленинград: Колос. Ленингр. отдел., 1984. – 88 с.
2. Комплексные удобрения: справочное пособие / В.Г. Минеев [и др.]; под общ. ред. В.Г. Минеева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1986. – 252 с.
3. Katalogas KEMIRA UAB KEMIRA AGRO VILNIUS, 98. – pavasaris 99. – 113 с.
4. Hidnett, T.P. Liquid fertilizer technology and economics in the USA / T.P. Hidnett // Phosph. Agric. – 1968. – Vol. 22, № 51.
5. Янишевский, Ф.В. Агрохимия жидких комплексных удобрений / Ф.В. Янишевский. – М.: Наука, 1978. – 208 с.
6. Информационный меморандум ЗАО «УКАГРО НПК» // ЗАО «УКАГРО НПК» [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://www.intermag.com.ua/pages/98>. – Дата доступа: 10.09.2010.
7. Новая технология. Новые удобрения. Новое качество: каталог ARVI. – 2001.
8. Жидкие удобрения для внекорневой подкормки сельскохозяйственных культур: рекл. проспект. – 2004 г.
9. Пироговская, Г.В. Медленнодействующие удобрения / Г.В. Пироговская; НИИ почвоведения и агрохимии. – Минск, 2000. – 287 с.
10. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

## INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS WITH ADDITIVES OF MICROELEMENTS AND PLANT GROWTH REGULATORS ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF AGRICULTURAL CROPS PRODUCTION

H.V. Pirahouskaya

### Summary

There was studied the application of new forms of complex fertilizers (NPK) with modifying additives, and also complex fertilizers without additives or mixtures of standard mineral fertilizers (carbamide, ammoniated superphosphate, potassium chloride) for winter and summer cereal crops, potato and vegetable crops (carrots, table beet, cabbage). The research was realized on sod-podzolic light loamy and sod-podzolic loose sandy loam soils. Research results proved that the analyzed complex fertilizers with additives of microelements provided crop yield increase, improvement of grain quality, increase of protein and crude protein content, improvement of tuber quality, increase dry matter yield, and reducing of nitrate accumulation.

*Поступила 05.11.13*

## **ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ И СРЕДСТВ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ НА СТРУКТУРУ УРОЖАЙНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ**

**А.А. Жагунь**

*Гродненский зональный институт растениеводства,  
г. Щучин, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Применение минеральных удобрений в условиях преобладающих в республике дерново-подзолистых почв обеспечивает высокий агрономический и экономический эффект, особенно возрастающий при возделывании сельскохозяйственных культур по интенсивным технологиям. Интенсивные технологии с агрономической стороны предусматривают: использование высококачественного семенного материала и сортов с высокой продуктивностью, выбор предшественника, внесение минеральных удобрений со сбалансированным соотношением в них элементов питания, интегрированную защиту растений, механизацию процессов возделывания и уборки [1–3]. Интенсивная технология в расчете на единицу площади требует как минимум на 25–50% больше затрат по сравнению с традиционной. В условиях дефицита минеральных удобрений особую актуальность приобретают вопросы повышения их окупаемости прибавкой урожая, а также повышения эффективности в условиях производства в количественном и стоимостном выражении.

Одной из проблем применения удобрений является повышение их окупаемости. На этот показатель оказывают влияние сбалансированность элементов минерального питания, своевременные и сбалансированные подкормки азотными удобрениями, применение микроэлементов, средств химической защиты растений от сорняков, болезней и вредителей, а также все элементы агротехнологий возделывания, таких как обработка почвы, сроки сева, качество семян, качество уборки. Проведение агрохимических мероприятий оказывает влияние на формирование отдельных элементов структуры урожайности, что необходимо учитывать при разработке системы применения удобрений.

### **МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования по изучению влияния комплексного применения минеральных макро- и микроудобрений и средств химической защиты растений на формирование структуры урожайности у различных сортов озимой пшеницы проводили в полевых опытах в 2010–2013 гг. на опытном поле Гродненского зонального института растениеводства в Щучинском районе Гродненской области. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта:  $pH_{KCl}$  5,8–6,0, содержание  $P_2O_5$  – 400–420,  $K_2O$  – 300–320 мг/кг почвы, гумуса – 1,8–2,0%.

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Схема опыта приведена в таблице 1. Полевой опыт заложен в четырёхкратной повторности. Общая площадь одной делянки – 39 м<sup>2</sup>, учётная – 22 м<sup>2</sup>. Предшественник озимой пшеницы – овес.

Схема опытов предусматривала внесение азотных удобрений в один прием – в почву до посева совместно с фосфорно-калийными удобрениями и дробно – весной в начале возобновления вегетации (стадия 26), в начале трубкования (стадия 31), в стадиях флагового листа (стадия 37), начало колошения (стадия 51), молочной спелости (стадия 75). Подкормка растений озимой пшеницы медью и марганцем проводилась в фазу начала выхода в трубку и в фазу появления флагового листа, регулятором роста хлорхолинхлорид – в фазу начала трубкования и фунгицидами – Фундазолом в фазу начала трубкования и Фальконом в фазу флагового листа. Химическая прополка проводилась гербицидом Марафон осенью. В опытах изучались два сорта озимой пшеницы – Сюита и Финезия.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Важным фактором, определяющим конечную продуктивность посевов зерновых культур, является регулирование продукционных процессов растений в течение периода вегетации посредством применения биологически необходимых макро- и микроудобрений в наиболее ответственные стадии развития растений.

Применение минеральных удобрений в наших исследованиях оказало существенное влияние на структуру урожайности изучаемых сортов озимой пшеницы (табл. 1). Так, если в контрольном варианте без внесения удобрений количество продуктивных стеблей у озимой пшеницы Сюита в среднем за три года исследований составило 361 шт./м<sup>2</sup>, то при внесении фосфорных и калийных удобрений – 406 шт./м<sup>2</sup>. У озимой пшеницы Финезия эти показатели составили соответственно 377 и 427 шт./м<sup>2</sup>. Последовательное применение двух подкормок (в начале возобновления весенней вегетации и в фазе начала трубкования) обеспечивало увеличение количества продуктивных стеблей у растений озимой пшеницы сорта Сюита до 492 шт./ м<sup>2</sup>, у сорта Финезия – до 454 шт./м<sup>2</sup>.

При внесении азотных удобрений, микроудобрений, фунгицидов и ретардантов (вар. 16) количество продуктивных стеблей увеличивалось до 528 шт./м<sup>2</sup> у сорта Сюита и до 556 шт./м<sup>2</sup> у сорта Финезия.

Положительный эффект на формирование продуктивных побегов и на последующую урожайность зерна озимой пшеницы оказывает применение серосодержащих азотных удобрений. Так, в исследованиях, проведенных с сортом озимой пшеницы Сюита, ранневесенняя подкормка посевов карбамидом в дозе 40 кг д.в./га и сульфатом аммония в дозе 30 кг д.в./га (30 кг/га серы) способствовала увеличению количества продуктивных стеблей по отношению к варианту с внесением 70 кг д.в./га азота в форме карбамида на 30 шт./кв.м. В этом варианте количество продуктивных стеблей составило 523 шт./м<sup>2</sup> и было близким, как в варианте 16, с максимальной урожайностью зерна в опыте – 528 шт./м<sup>2</sup>.

В исследованиях с озимой пшеницей Финезия количество продуктивных стеблей от применения серосодержащих удобрений возрастало в среднем за три года исследований от 523 до 547 шт./м<sup>2</sup>.

Таблица 1

Влияние комплексного применения минеральных макро-, микроудобрений и фунгицидов на структуру урожайности озимой пшеницы (2011–2013 гг.)

Вариант	Сюита			Финезия				
	количе- ство про- дуктивных стеблей, шт./м <sup>2</sup>	количе- ство зерен в коло- се, шт.	масса 1000 зерен, г	вес 1 коло- са, г	количе- ство про- дуктивных стеблей, шт./м <sup>2</sup>	количе- ство зерен в коло- се, шт.	масса 1000 зерен, г	вес 1 коло- са, г
1 Без удобрений – контроль	361	<b>32</b>	<b>37,0</b>	1,32	377	<b>32</b>	36,8	1,22
2 P <sub>70</sub> K <sub>150</sub> – фон	406	34	<b>37,4</b>	1,32	427	<b>34</b>	36,4	1,26
3 P <sub>70</sub> K <sub>150</sub> + N <sub>70</sub> + N <sub>30</sub>	492	<b>36</b>	<b>37,3</b>	<b>1,43</b>	454	36	36,6	<b>1,37</b>
4 P <sub>70</sub> K <sub>150</sub> + N <sub>70</sub> + N <sub>30</sub> + N <sub>50</sub>	493	34	40,1	1,38	467	36	<b>38,7</b>	<b>1,38</b>
5 P <sub>70</sub> K <sub>150</sub> + N <sub>70</sub> + (N <sub>30</sub> + ретардант) + N <sub>50</sub>	497	35	40,6	<b>1,34</b>	504	36	<b>38,6</b>	1,32
6 P <sub>70</sub> K <sub>150</sub> + N <sub>70</sub> + (N <sub>30</sub> + ретардант + фунгицид) + (N <sub>50</sub> + фунгицид)	533	35	41,8	1,46	534	37	38,6	1,40
7 P <sub>70</sub> K <sub>150</sub> + N <sub>70</sub> + N <sub>30</sub> + N <sub>50</sub> + N <sub>20</sub>	515	33	39,9	1,33	493	36	37,2	1,33
8 P <sub>70</sub> K <sub>150</sub> + N <sub>70</sub> + N <sub>30</sub> + N <sub>50</sub> + N <sub>20</sub> + N <sub>10</sub>	502	34	39,8	1,33	492	36	37,6	1,35
9 P <sub>70</sub> K <sub>150</sub> + N <sub>70</sub> + (N <sub>30</sub> + Cu + Mn) + N <sub>50</sub> + N <sub>20</sub>	514	35	39,1	1,37	514	35	37,6	1,31
10 P <sub>70</sub> K <sub>150</sub> + N <sub>70</sub> + (N <sub>30</sub> + Cu + Mn) + N <sub>50</sub> + N <sub>20</sub> + N <sub>10</sub>	511	35	39,7	1,40	519	36	37,6	1,35
11 P <sub>70</sub> K <sub>150</sub> + N <sub>70</sub> + (N <sub>30</sub> + Cu + Mn) + N <sub>50</sub> + Cu + (Mn) + N <sub>20</sub> + N <sub>10</sub>	493	35	38,1	1,35	523	36	38,2	1,34
12 P <sub>70</sub> K <sub>150</sub> + N <sub>40+30</sub> + (N <sub>30</sub> + Cu + Mn) + N <sub>50</sub> + N <sub>20</sub> + N <sub>10</sub>	523	35	38,7	1,32	542	33	37,5	<b>1,35</b>

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Окончание табл. 1

Вариант	Сюита			Финезия				
	количе- ство про- дуктивных стеблей, шт./м <sup>2</sup>	количе- ство зерен в коло- зе, шт.	масса 1000 зерен, г	вес 1 коло- са, г	количе- ство про- дуктивных стеблей, шт./м <sup>2</sup>	количе- ство зерен в коло- зе, шт.	масса 1000 зерен, г	вес 1 коло- са, г
13	$P_{70} K_{150} + N_{70} + (N_{30} + Cu + Mn + \text{ретардант}) + N_{50} + N_{20} + N_{10}$	33	39,2	1,30	537	36	37,4	1,29
14	$P_{70} K_{150} + N_{70} + (N_{30} + Cu + Mn + \text{ретардант} + \text{фунгицид}) + (N_{50} + \text{фунгицид}) + N_{20} + N_{10}$	36	41,4	1,51	546	35	<b>39,4</b>	<b>1,44</b>
15	$P_{70} K_{150} + N_{70} + (N_{30} + Cu + Mn + \text{ретардант}) + (N_{50} + Cu + Mn) + N_{20} + N_{10}$	34	40,4	1,35	530	36	37,0	1,31
16	$P_{70} K_{150} + N_{70} + (N_{30} + Cu + Mn + \text{ретардант} + \text{фунгицид}) + (N_{50} + Cu + Mn + \text{фунгицид}) + N_{20} + N_{10}$	37	40,2	1,49	556	37	39,4	1,46

Важным показателем структуры урожайности озимой пшеницы является количество зерен в колосе. Известно, что этот показатель существенно зависит от обеспеченности растений азотом в фазу начала выхода в трубку (табл. 1). Как показывают результаты наших исследований, при последовательном проведении двух подкормок азотными удобрениями (N70 в начале возобновления весенней вегетации и N30 в начале выхода в трубку) количество зерен в колосе увеличивалось по отношению к варианту без внесения удобрений от 32 до 34 шт. у обоих изучаемых сортов озимой пшеницы; по отношению к варианту  $P_{70}K_{150}$  количество зерен в колосе возрастало в среднем за три года исследований на 2 шт. Максимальным количеством зерен в колосе озимой пшеницы Сюита и Финезия было в варианте с оптимальной системой применения минеральных макро- и микроудобрений, фунгицидов и ретардантов (вар. 16) и составило 37 шт.

На массу 1000 зерен в исследованиях с сортами озимой пшеницы наиболее существенное влияние оказывали подкормки азотными удобрениями в фазу флагового листа. Так, в исследованиях с озимой пшеницей Сюита подкормка азотными удобрениями в фазу флагового листа в дозе 50 кг д.в./га способствовала повышению массы 1000 зерен на 2,8 г по отношению к варианту с двумя подкормками (N70 в начале возобновления вегетации и N30 в фазу начала трубкования) и составила в указанном варианте 40,1 г. Последующая подкормка азотом в фазу начала колошения в дозе 20 кг д.в./га не оказывала влияния на изменение массы 1000 зерен. При комплексном применении дробного внесения азотных удобрений в пять сроков (в начале возобновления весенней вегетации, в начале трубкования, в фазу появления флагового листа, в начале колошения, в фазу молочной спелости зерна), двух подкормок медными и марганцевыми микроудобрениями, двух обработок фунгицидами и ретардантом (вар. 16) масса 1000 зерен составила в среднем за три года исследований 40,2 г. Аналогичная зависимость установлена и в исследованиях с сортом озимой пшеницы Финезия. При применении N50 в фазу флагового листа масса 1000 зерен увеличивалась на 2,1 г по отношению к варианту  $P_{70}K_{150} + N_{70} + N_{30}$ . Максимальная масса 1000 зерен озимой пшеницы Финезия 39,4 г была установлена в вариантах 14 и 16 с комплексным применением всех изучаемых факторов – азотных удобрений, микроудобрений, ретарданта, фунгицидов.

Вес зерна в одном колосе также является одним из показателей, характеризующих интенсивность продукционных процессов в растениях озимой пшеницы. В наших исследованиях вес зерна в одном колосе озимой пшеницы Сюита изменялся от 1,32 г в контрольном варианте без внесения удобрений до 1,51 г в варианте 14 с внесением азотных удобрений в пять сроков, фунгицидов, ретарданта и медных и марганцевых микроудобрений в фазу начала трубкования. Как показывает анализ полученных результатов, наиболее существенное влияние на увеличение массы зерна в одном колосе оказывало применение подкормок азотными удобрениями N70 в фазу начала возобновления весенней вегетации + N30 в начале трубкования – масса зерна в колосе составила 1,43 г. Негативное влияние на массу зерна в одном колосе оказывала обработка растений ретардантами: в вариантах 5, 13 и 15 она была наименьшей в опыте и составляла 1,30–1,35 г. Применение двух обработок фунгицидами сглаживало отрицательное действие ретардантов и повышало массу зерна в одном колосе.

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Масса зерна в одном колосе озимой пшеницы Финезия в контрольном варианте без внесения удобрений была ниже, чем в этом же варианте у озимой пшеницы Сюита – 1,22 г, но последующее применение подкормок азотными удобрениями, микроудобрениями и фунгицидами выравнивали этот показатель. Так, внесение N70 в начале возобновления весенней вегетации + N30 в фазе начала трубкования способствовало повышению массы зерна в одном колосе до 1,37 г (в варианте P<sub>70</sub>K<sub>150</sub> – 1,26 г). Такая же масса зерна в одном колосе сохранилась и при проведении дополнительной подкормки азотными удобрениями в фазу флагового листа в дозе 50 кг д.в./га. Наиболее высокая масса зерна в одном колосе 1,44–1,47 г установлена в вариантах 14 и 16 с применением пяти подкормок азотными удобрениями, одной и двумя подкормками медными и марганцевыми микроудобрениями, ретардантом и фунгицидами. Применение ретарданта на фоне подкормок азотными удобрениями без обработки растений фунгицидами, так же, как и в опыте с озимой пшеницей Сюита, оказывало отрицательное влияние на массу зерна в одном колосе.

Регулирование продукционных процессов растений путем проведения подкормок азотными удобрениями, микроудобрениями и средствами химической защиты от болезней оказало положительное влияние на конечную урожайность зерна изучаемых сортов озимой пшеницы. В среднем за три года исследований максимальная урожайность зерна озимой пшеницы Сюита 64,8 ц/га была установлена в варианте с дробным внесением N180 в пять сроков, подкормкой медными и марганцевыми микроудобрениями в фазу начала трубкования, обработкой ретардантом и фунгицидами в фазу начала трубкования и выхода флагового листа, в котором были отмечены и наиболее высокие показатели структуры урожайности по количеству продуктивных побегов, массе 1000 зерен, количеству зерен в колосе и массе зерна в одном колосе. В аналогичном варианте, но с двумя подкормками микроудобрениями (вар. 16) урожайность зерна составила 65,2 ц/га, что не превысило значений наименьшей существенной разности (табл. 2).

Таблица 2

### Влияние комплексного применения минеральных макро-, микроудобрений и фунгицидов на продуктивность озимой пшеницы Сюита (2011–2013 гг.)

Вариант		Урожайность, ц/га				Прибавка урожайности, ц/га	
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее	к контролю	к фону
1	Без удобрений – контроль	39,7	32,2	27,2	33,0	–	–
2	P <sub>70</sub> K <sub>150</sub> – фон	46,1	40,2	34,3	40,2	7,2	–
3	Фон + N <sub>70</sub> + N <sub>30</sub>	58,8	45,7	43,7	49,4	16,4	9,2
4	Фон + N <sub>70</sub> + N <sub>30</sub> + N <sub>50</sub>	62,2	50,3	46,4	53,0	20,0	12,8

Вариант		Урожайность, ц/га				Прибавка урожайности, ц/га	
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	сред-нее	к конт-ролю	к фону
5	Фон + N <sub>70</sub> + (N <sub>30</sub> + ретардант) + N <sub>50</sub>	62,6	51,8	48,0	54,1	21,1	13,9
6	Фон + N <sub>70</sub> + (N <sub>30</sub> + ретардант + фунгицид) + (N <sub>50</sub> + фунгицид)	70,9	57,5	57,1	61,8	28,8	21,6
7	Фон + N <sub>70</sub> + N <sub>30</sub> + N <sub>50</sub> + N <sub>20</sub>	62,6	49,3	46,6	52,8	19,8	12,6
8	Фон + N <sub>70</sub> + N <sub>30</sub> + N <sub>50</sub> + N <sub>20</sub> + N <sub>10</sub>	60,3	49,9	47,1	52,4	19,4	12,2
9	Фон + N <sub>70</sub> + (N <sub>30</sub> + Cu + Mn) + N <sub>50</sub> + N <sub>20</sub>	65,1	50,7	47,3	54,4	21,4	14,2
10	Фон + N <sub>70</sub> + (N <sub>30</sub> + Cu + Mn) + N <sub>50</sub> + N <sub>20</sub> + N <sub>10</sub>	66,1	52,6	47,6	55,4	22,4	15,2
11	Фон + N <sub>70</sub> + (N <sub>30</sub> + Cu + Mn) + (N <sub>50</sub> + Cu + Mn) + N <sub>20</sub> + N <sub>10</sub>	64,5	52,3	48,6	55,1	22,1	14,9
12	Фон + (N <sub>40</sub> + N <sub>30</sub> ) + (N <sub>30</sub> + Cu + Mn) + N <sub>50</sub> + N <sub>20</sub> + N <sub>10</sub>	69,1	52,9	50,5	57,5	24,5	17,3
13	Фон + N <sub>70</sub> + (N <sub>30</sub> + Cu + Mn + ретардант) + N <sub>50</sub> + N <sub>20</sub> + N <sub>10</sub>	64,9	53,9	48,0	55,6	22,6	15,4
14	Фон + N <sub>70</sub> + (N <sub>30</sub> + Cu + Mn + ретардант + фунгицид) + (N <sub>50</sub> + фунгицид) + N <sub>20</sub> + N <sub>10</sub>	76,5	57,8	60,1	64,8	31,8	24,6
15	Фон + N <sub>70</sub> + (N <sub>30</sub> + Cu + Mn + ретардант) + (N <sub>50</sub> + Cu + Mn) + N <sub>20</sub> + N <sub>10</sub>	70,4	56,9	56,1	61,1	28,1	20,9
16	Фон + N <sub>70</sub> + (N <sub>30</sub> + Cu + Mn + ретардант + фунгицид) + (N <sub>50</sub> + Cu + Mn + фунгицид) + N <sub>20</sub> + N <sub>10</sub>	74,5	61,7	59,3	65,2	32,2	25,0
	НСП <sub>05</sub>	2,50	2,66	2,27	1,76		

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 3

**Влияние комплексного применения минеральных макро-, микроудобрений и фунгицидов на продуктивность озимой пшеницы Финезия (2011–2013 гг.)**

Вариант		Урожайность, ц/га				Прибавка урожайности, ц/га	
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее	к контролю	к фону
1	Без удобрений – контроль	38,6	36,0	38,3	37,6	–	–
2	P <sub>70</sub> K <sub>150</sub> – фон	45,4	40,3	45,4	43,7	6,1	–
3	Фон + N <sub>70</sub> + N <sub>30</sub>	52,4	51,5	52,2	52,0	14,4	14,4
4	Фон + N <sub>70</sub> + N <sub>30</sub> + N <sub>50</sub>	54,6	50,6	54,8	53,3	15,7	15,7
5	Фон + N <sub>70</sub> + (N <sub>30</sub> + ретардант) + N <sub>50</sub>	55,4	52,3	58,7	55,5	17,9	17,9
6	Фон + N <sub>70</sub> + (N <sub>30</sub> + ретардант + фунгицид) + (N <sub>50</sub> + фунгицид)	65,8	58,9	68,8	64,5	26,9	26,9
7	Фон + N <sub>70</sub> + N <sub>30</sub> + N <sub>50</sub> + N <sub>20</sub>	57,7	54,4	55,7	55,9	18,3	18,3
8	Фон + N <sub>70</sub> + N <sub>30</sub> + N <sub>50</sub> + N <sub>20</sub> + N <sub>10</sub>	58,3	57,2	55,8	57,1	19,5	19,5
9	Фон + N <sub>70</sub> + (N <sub>30</sub> + Cu + Mn) + N <sub>50</sub> + N <sub>20</sub>	58,1	57,8	56,3	57,4	19,8	19,8
10	Фон + N <sub>70</sub> + (N <sub>30</sub> + Cu + Mn) + N <sub>50</sub> + N <sub>20</sub> + N <sub>10</sub>	57,0	61,3	56,0	58,1	20,5	20,5
11	Фон + N <sub>70</sub> + (N <sub>30</sub> + Cu + Mn) + (N <sub>50</sub> + Cu + Mn) + N <sub>20</sub> + N <sub>10</sub>	59,0	63,0	56,0	59,3	21,7	21,7
12	Фон + (N <sub>40</sub> + N <sub>30</sub> ) + (N <sub>30</sub> + Cu + Mn) + N <sub>50</sub> + N <sub>20</sub> + N <sub>10</sub>	59,5	64,2	58,9	60,9	23,3	23,3
13	Фон + N <sub>70</sub> + (N <sub>30</sub> + Cu + Mn + ретардант) + N <sub>50</sub> + N <sub>20</sub> + N <sub>10</sub>	58,7	64,2	58,8	60,6	23,0	23,0
14	Фон + N <sub>70</sub> + (N <sub>30</sub> + Cu + Mn + ретардант + фунгицид) + (N <sub>50</sub> + фунгицид) + N <sub>20</sub> + N <sub>10</sub>	65,6	72,5	69,8	69,3	31,7	31,7

Вариант		Урожайность, ц/га				Прибавка урожайности, ц/га	
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	сред- нее	к конт- ролю	к фону
15	Фон + N <sub>70</sub> + (N <sub>30</sub> + Cu + Mn + ретардант) + (N <sub>50</sub> + Cu + Mn) + N <sub>20</sub> + N <sub>10</sub>	58,4	65,8	59,3	61,2	23,6	23,6
16	Фон + N <sub>70</sub> + (N <sub>30</sub> + Cu + Mn + ретардант + фунгицид) + (N <sub>50</sub> + Cu + Mn + фунгицид) + N <sub>20</sub> + N <sub>10</sub>	68,7	74,2	71,5	<b>71,5</b>	33,9	33,9
	НСР <sub>05</sub>	2,92	2,76	2,45	1,92		

В исследованиях с сортом озимой пшеницы Финезия (табл. 3) наиболее высокая урожайность зерна была получена в варианте 16 с применением дробного внесения N180 в пять сроков, ретарданта, двух обработок растений фунгицидами и двух подкормок медными и марганцевыми микроудобрениями – 71,5 ц/га и была достоверно на 2,2 ц/га выше, чем в варианте с одной подкормкой медными и марганцевыми микроудобрениями. Следует отметить, что урожайность в этом варианте была выше, чем в исследованиях с сортом Сюита, что было обусловлено практически одним показателем структуры урожайности – более высоким количеством продуктивных побегов – 556 шт./м<sup>2</sup>, в то время как у сорта Сюита в среднем за три года исследований он составлял 528 шт./м<sup>2</sup>.

## ВЫВОДЫ

1. Наиболее существенное положительное влияние на формирование элементов структуры урожайности изучаемых сортов озимой пшеницы оказывали подкормки азотными удобрениями, а также комплексное применение их в сочетании с медными и марганцевыми микроудобрениями и фунгицидами. Подкормки азотными удобрениями в дозах N70 в начале возобновления весенней вегетации и N30 в фазе начала тубкования обеспечивали увеличение количества продуктивных стеблей у растений озимой пшеницы сорта Сюита от 406 в варианте P<sub>70</sub>K<sub>150</sub> до 492 шт./м<sup>2</sup>, у сорта озимой пшеницы Финезия – соответственно от 427 до 454 шт./м<sup>2</sup>. При комплексном применении азотных удобрений, микроудобрений, фунгицидов и ретардантов (вар. 16) количество продуктивных стеблей увеличивалось до 528 шт./м<sup>2</sup> у сорта Сюита и до 556 шт./м<sup>2</sup> у сорта Финезия.

Ранневесенняя подкормка посевов озимой пшеницы Сюита карбамидом в дозе 40 кг д.в./га и сульфатом аммония в дозе 30 кг д.в./га (30 кг/га серы) способствовала увеличению количества продуктивных стеблей по отношению к варианту с внесением 70 кг д.в./га азота в форме карбамида на 30 шт./м<sup>2</sup>, в исследованиях с озимой пшеницей Финезия – на 24 шт./м<sup>2</sup>.

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

2. Проведение двух подкормок азотными удобрениями N70 в начале возобновления весенней вегетации и N30 в начале выхода в трубку увеличивало количество зерен в колосе по отношению к варианту  $P_{70}K_{150}$  в среднем за три года исследований на 2 шт. В варианте с оптимальной системой применения минеральных макро- и микроудобрений, фунгицидов и ретардантов (вар. 16) количество зерен в колосе у обоих изучаемых сортов озимой пшеницы было максимальным в опытах – 37 шт.

3. Подкормка азотными удобрениями в фазу флагового листа в дозе 50 кг д.в./га способствовала повышению массы 1000 зерен озимой пшеницы Сюита на 2,8 г по отношению к варианту с двумя подкормками – N70 в начале возобновления вегетации и N30 в фазу начала трубкования, озимой пшеницы Финезия – на 2,1 г. Последующая подкормка азотом в фазу начала колошения в дозе 20 кг д.в./га не оказывала влияния на изменение массы 1000 зерен. При комплексном применении дробного внесения азотных удобрений в пять сроков (в начале возобновления весенней вегетации, в начале трубкования, в фазу появления флагового листа, в начале колошения, в фазе молочной спелости зерна), двух подкормок медными и марганцевыми микроудобрениями, двух обработок фунгицидами и ретардантом (вар. 16) масса 1000 зерен озимой пшеницы Сюита составила в среднем за три года исследований 40,2 г, озимой пшеницы Финезия – 39,4 г.

4. Применение подкормок азотными удобрениями N70 в фазу начала возобновления весенней вегетации + N30 в начале трубкования увеличивало массу зерна в колосе озимой пшеницы Сюита до 1,43 г, озимой пшеницы Финезия – до 1,37 г. Применение ретарданта оказывало негативное влияние на массу зерна в одном колосе у обоих изучаемых сортов озимой пшеницы. Наиболее высокая масса зерна в одном колосе 1,46–1,51 г в зерне озимой пшеницы сорта Сюита и 1,44–1,47 г у сорта Финезия установлена в вариантах 14 и 16 с применением пяти подкормок азотными удобрениями, с одной и двумя подкормками медными и марганцевыми микроудобрениями, ретардантом и фунгицидами.

5. Комплексное применение азотных удобрений в дозе N180 в пять сроков, микроудобрений и фунгицидов обеспечивало формирование оптимальных показателей структуры и получение в среднем за три года исследований урожайности зерна озимой пшеницы Сюита 64,8 ц/га, озимой пшеницы Финезия – 71,5 ц/га.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система применения органических, минеральных макро- и микроудобрений в севооборотах: рекомендации / В.В. Лапа [и др.]. – Минск, 2011. – 55 с.
2. Система применения удобрений / В.В. Лапа [и др.]. – Гродно, 2011. – 45 с.
3. Лапа, В.В. Система управления плодородием почв в Республике Беларусь / В.В. Лапа // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 2(47). – С. 7–14.

## INFLUENCE OF COMPOSITE MINERAL MACRO- AND MICROFERTILIZERS AND PESTS ON YIELD STRUCTURE OF VARIOUS WINTER WHEAT VARIETIES

A.A. Zhagun'

### Summary

Impact of complex use of nitrogen fertilizers, copper and manganese microfertilizers, retardant and fungicides on structure formation of yield of two winter wheat varieties Syita and Finesiya is studied. The positive impact of split application N180 in five times during vegetative period, microfertilizers and fungicides upon quantity of productive shoots, grains number in an ear, mass of 1000 grains and grain mass in one ear of studied winter wheat varieties is found. Retardant application had negative influence on grain mass in one ear of two studied winter wheat varieties.

*Поступила 18.11.13*

УДК 631.8:633.11

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СУЛЬФАТА АММОНИЯ ДЛЯ ПОДКОРМКИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЧЕРНОЗЕМАХ ТИПИЧНЫХ ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

Н.Н. Мирошниченко, Ю.А. Савченко, А.В. Доценко, Е.В. Панасенко

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

### ВВЕДЕНИЕ

Известно, что сера по своему физиолого-биологическому значению находится в одном ряду с азотом, фосфором и калием как один из основных элементов питания растений. Однако, при невысоком уровне урожайности потребление растениями серы, как правило, компенсируется процессами высвобождения ее из минеральных и органических соединений почвы, а также привнесением с атмосферными выпадениями и удобрениями. Поэтому внесение серы ранее носило преимущественно случайный характер, она попадала в почву бессистемно в составе некоторых фосфорных, азотных и калийных удобрений как балласт. Норму ее внесения не планировали, а полученный эффект относили на счет основных питательных веществ [1, 2]. В настоящее время баланс серы в почве существенно ухудшился вследствие снижения выбросов в атмосферу, применения высококонцентрированных удобрений и увеличения уровня урожайности. В частности, в южных штатах США после исключения серы из состава удобрений симптомы ее дефицита проявлялись на легких почвах через 2–3 года,

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

на илистых – через 7–9 лет [3, 4]. Прогнозируется, что к 2020 г. поступление оксидов серы из атмосферы снизится еще на 15–30% [5].

В силу этих причин во многих странах, в том числе и в некоторых регионах Украины, существует дефицит серы, что негативно влияет на урожайность культур и их качество [6, 7, 8]. Это положение справедливо и для озимой пшеницы как ведущей зерновой культуры. По мнению Zhao et al., минимальный уровень поступления серы в почву для удовлетворения потребностей озимой пшеницы – 15–20 кг/га в год [9]. В.В. Церлинг отмечала, что при дефиците сульфатов в питательном растворе период наибольшей интенсивности поглощения серы предшествует периоду наиболее интенсивного прироста сухого вещества [10]. Исследования Масловой И.Я. [11] показали, что сера влияет на азотный обмен уже на ранних этапах развития пшеницы, улучшая использование азота из удобрений, тем самым повышая кустистость и положительно влияя на закладку репродуктивных органов. При благоприятном отношении N:S в почве улучшается использование всех элементов питания и перераспределение их в растениях в ходе онтогенеза. Как и другие удобрения, серу прежде всего необходимо вносить на почвах с низким ее содержанием, на полях с высоким фоном NPK, а также под культуры, наиболее чувствительные к ее недостатку и выращиваемые по интенсивной технологии. По данным опытов на Одесской и Ивано-Франковской сельскохозяйственных опытных станциях, внесение элементарной серы и серосодержащих удобрений способствует увеличению урожая зерна озимой пшеницы на 0,3–0,5 т/га, повышению белковости на 0,5–1% и более, увеличению количества клейковины на 2–5% и улучшению ее качества [12, 13].

Установлено, что осеннее внесение элементарной серы эффективнее весеннего, что связано с медленным ее окислением в быстропересыхающем верхнем слое почвы. Поэтому удобрения, содержащие элементарную серу, применяются под основную обработку почвы только осенью. В связи со значительным сокращением применения суперфосфата в Украине его влияние на серное питание растений ныне также незначительно. Исследования, в которых сера в течение 15 лет вносилась в почву в составе суперфосфата, показали, что систематическое внесение этого удобрения приводит к накоплению серы в слое 80–100 см, правда, преимущественно в труднодоступных для растений формах, что не влияет на урожайность сельскохозяйственных культур [14].

В отличие от молотой серы и суперфосфата, ее растворимые формы (сульфат, тиосульфат) доступны растениям практически сразу после внесения [15]. В настоящее время в Украине под основную обработку почвы вносят преимущественно нитроаммофоски, калимагнезию или тукосмеси, в которых сера содержится в сульфатной форме, однако далеко не в тех количествах, что необходимы для покрытия дефицита баланса. На рынке минеральных удобрений представлен также широкий ассортимент серосодержащих форм для внекорневого внесения [16, 17]. Однако, внекорневые подкормки культур соединениями серы можно рассматривать лишь как дополнительный инструмент в обеспечении их биологической потребности (на 2–5% от общей) и как мера снятия уже проявленных симптомов дефицита этого элемента.

Все вышеизложенное определило особый интерес агропроизводителей к сульфату аммония как удобрению для проведения ранневесенних подкормок. Особенно хорошие результаты дает подкормка озимых рапса и пшеницы

по мерзло-талой почве на почвах легкого гранулометрического состава [18]. Однако, будет ли столь эффективным этот прием на черноземах типичных тяжелого гранулометрического состава, обладающих большими валовыми запасами серы в органическом веществе и высокой нитрификационной активностью, что обуславливает достаточно быстрое высвобождение этого элемента в весенний период. К сожалению, на этот счет специальных исследований крайне мало, а об эффективности сульфата аммония преобладает информация рекламного-коммерческого характера.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование влияния внесения сульфата аммония в подкормку озимой пшеницы на условия серного питания, урожайность и качество зерна проводили в 2013 г. в трех мелкоделяночных опытах: на территории опытного поля ХНАУ имени В.В. Докучаева, Слобожанского опытного поля ННЦ «ИПА имени А.Н. Соколовского» и в ООО «Агросет». Все объекты исследований расположены в пределах Харьковской области, расстояние между ними составляло 80–150 км. Задачи исследования предусматривали сравнение сульфата аммония и аммиачной селитры, вносимых в различных дозах и в различные сроки в весеннюю подкормку озимой пшеницы.

Опыт № 1 в ХНАУ имени В.В. Докучаева проводили на черноземе типичном тяжелосуглинистом малогумусном на лессе с такими параметрами в пахотном слое (0–30 см): рН солевой 5,7, содержание гумуса – 4,9%, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – 100 мг/кг и 165 мг/кг соответственно. В опыте выращивали пшеницу сорта Элегия (Элегия мироновская). Подкормку проводили в наиболее ранние сроки (1 марта) по мерзло-талой почве. Площадь опытных делянок – 24 м<sup>2</sup>. Схема опыта предусматривала такие варианты:

- 1) контроль, без подкормки;
- 2) подкормка N<sub>30</sub> (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) → S<sub>0</sub>;
- 3) подкормка N<sub>30</sub> ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) → S<sub>34</sub>;
- 4) подкормка N<sub>60</sub> (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) → S<sub>0</sub>;
- 5) подкормка N<sub>60</sub> ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) → S<sub>68</sub>.

Опыт № 2 на Слобожанском опытном поле ННЦ «ИПА имени А.Н. Соколовского» проводили на черноземе типичном тяжелосуглинистом среднегумусном на лессе с такими параметрами в пахотном слое (0–30 см): рН солевой 6,4, содержание гумуса – 5,7%, легкогидролизированного азота – 130 мг/кг, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – 90 мг/кг и 100 мг/кг соответственно. В опыте выращивали пшеницу сорта Досконала. Подкормку проводили в два срока: по мерзло-талой почве (4 марта) и прикорневым способом (24 апреля). Площадь опытных делянок – 30 м<sup>2</sup>, учетная – 20 м<sup>2</sup>. Схема опыта предусматривала такие варианты:

- 1) контроль, без подкормок;
- 2) подкормка по мерзло-талой N<sub>51</sub> (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) + прикорневая подкормка N<sub>51</sub> ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>);
- 3) подкормка по мерзло-талой N<sub>51</sub> ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) + прикорневая подкормка N<sub>51</sub> (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>);

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

4) подкормка по мерзло-талой  $N_{51}$   $((NH_4)_2SO_4)$  + прикорневая подкормка  $N_{51}$   $((NH_4)_2SO_4)$ ;

5) подкормка по мерзло-талой  $N_{51}$   $(NH_4NO_3)$  + прикорневая подкормка  $N_{51}$   $(NH_4NO_3)$ .

Опыт № 3 в ООО «Агросет» (Балаклейский район Харьковской области) проводили на черноземе типичном тяжелосуглинистом малогумусном на лессе с такими параметрами в пахотном слое (0–30 см): рН солевой 6,3, содержание гумуса – 3,6%, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – 165 мг/кг и 199 мг/кг соответственно. В опыте выращивали пшеницу сорта Богдана. Подкормку проводили по мерзло-талой почве, но в более поздний срок, чем в опыте № 1 (19 марта). Площадь опытных делянок – 24 м<sup>2</sup>. Схема опыта предусматривала такие варианты:

- 1) контроль, без подкормки;
- 2) подкормка  $N_{45}$   $(NH_4NO_3) \rightarrow S_0$ ;
- 3) подкормка  $N_{45}$   $((NH_4)_2SO_4) \rightarrow S_{51}$ ;
- 4) подкормка  $N_{90}$   $(NH_4NO_3) \rightarrow S_0$ ;
- 5) подкормка  $N_{90}$   $((NH_4)_2SO_4) \rightarrow S_{102}$ .

Повторность всех опытов четырехкратная.

Отбор проб почвы проводили послышно по 20 см до глубины 1 м в три срока: перед возобновлением вегетации озимой пшеницы (перед подкормкой), в фазу налива зерна и сразу по сбору урожая. Содержание подвижной серы в почве определяли по методу ЦИНАО (ГОСТ 26490–85), содержание белка в зерне – методом инфракрасной спектроскопии на спектрофотометре Scientific Pacific 4250, клейковину – методом физического отмывания, индекс деформации клейковины – на приборе ИДК–1, хлорофилл – спиртовым вытеснением с дальнейшим колориметрическим измерением, а также с использованием прибора «SPAD 502 Plus». Статистическую обработку результатов проводили при помощи программных средств Excel и AgcStat.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание подвижной серы в пахотном слое почвы оказалось очень изменчивым на протяжении вегетационного периода, а потребление серы растениями озимой пшеницы зависело от биологических особенностей сорта и условий внешней среды, определяющих глубину промачивания почвы в осенне-зимний период и интенсивность минерализационных процессов – в весенний. Вследствие высокой миграционной способности водорастворимых сульфатов, преобладающих в пуле соединений подвижной серы, на ранних стадиях возобновления вегетации, как правило, наблюдается уменьшение ее содержания в пахотном слое вследствие перемещения вниз по профилю. Такое обеднение пахотного слоя подвижной серой наблюдалось нами и ранее в 2011–2012 гг. [19], а вследствие обильных снегопадов начала 2013 г. было выражено еще более. Перед внесением сульфата аммония содержание подвижной серы в пахотном слое почвы опыта № 1 было всего лишь  $1,2 \pm 0,5$  мг/кг, а в опыте № 3 –  $0,75 \pm 0,15$  мг/кг, что намного ниже оптимального. В дальнейшем вследствие преобладания восходящих водных потоков и высвобождения серы в процессе минерализации органического вещества содержание ее подвижных форм увеличивается (табл. 1).

**Содержание подвижной серы в пахотном слое чернозема типичного  
во вторую половину вегетации озимой пшеницы**

Вариант опыта	Содержание подвижной серы в почве, мг/кг			
	Опыт № 1 – опытное поле ХНАУ		Опыт № 3 – ООО «Агросет»	
	в фазу нали- ва зерна	после сбора урожая	в фазу нали- ва зерна	после сбора урожая
Контроль	2,18	0,55	1,4	0,6
$(\text{NH}_4\text{NO}_3) \text{N}_{30/45}$	1,84	0,56	1,0	0,6
$((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \text{N}_{30/45}$	3,43	1,08	1,6	1,0
$(\text{NH}_4\text{NO}_3) \text{N}_{60/90}$	1,68	0,86	1,2	0,8
$((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \text{N}_{60/90}$	2,71	1,68	2,8	1,6
$\text{HCP}_{0,05}$	0,52	0,36	0,3	0,1

Как видно из приведенных данных, к периоду налива зерна, сопровождающему усиленным потреблением растениями серы, содержание ее подвижных форм в пахотном слое значительно выше, чем в ранневесенний период. Следовательно, исходя из особенностей сезонной динамики этого элемента в почвенном профиле, наиболее целесообразным было бы применение сульфата аммония в подкормку по мерзло-талой почве. Применение серосодержащих удобрений в ранневесенней подкормке существенно увеличивает содержание сульфатов в почвенном растворе на протяжении активной вегетации растений, и это положительное действие прослеживается вплоть до фазы налива зерна.

Уменьшение содержания подвижной серы в почве на период окончания вегетации озимой пшеницы связано с затуханием процессов сульфатификации и усвоением ее растениями. Азотные удобрения сопутствуют активизации этих процессов, поскольку усиливают минерализацию органического вещества, тем самым увеличивая содержание минерального азота в почве [20]. Процесс сульфатификации происходит одновременно с процессом минерализации, поэтому под действием азотных удобрений содержание подвижных соединений серы может увеличиваться.

В связи с весьма динамичным содержанием подвижной серы в пахотном слое вследствие сезонной миграции сульфатов в профиле почвы более целесообразным может быть определение запаса подвижных соединений в метровом или 60-сантиметровом слое. Этот показатель более стабилен во времени и достаточно хорошо отражает обеспеченность почвы в целом (табл. 2). В большинстве вариантов опытов запасы подвижных соединений серы в метровом слое после уборки озимой пшеницы были значительно ниже, чем во время возобновления вегетации. Даже при учете возможного подтягивания сульфатов из нижележащих слоев и различной степени сульфатификации в изучаемых почвах приведенные данные свидетельствуют о значительном влиянии культуры озимой пшеницы на обеспеченность почвы подвижной серой. Полученные результаты

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

хорошо согласуются с исследованиями, проведенными в 1990–1992 гг. в Уманской сельскохозяйственной академии [21] и показавшими, что на фосфорно-калийном фоне озимая пшеница выносила 5,9 кг/га серы, а внесение азотных удобрений повышало этот показатель до 6,8–7,9 кг/га.

Таблица 2

### Динамика запасов подвижной серы в метровом слое чернозема типичного после возобновления вегетации озимой пшеницы

Вариант опыта	Запасы подвижной серы в 100-сантиметровом слое почвы, кг/га					
	Опыт № 1 – опытное поле ХНАУ			Опыт № 3 – ООО «Агросет»		
	до подкормки	в фазу налива зерна	после сбора урожая	до подкормки	в фазу налива зерна	после сбора урожая
Контроль	29,1	22,5	23,8	15,8	9,1	8,8
$(\text{NH}_4\text{NO}_3) \text{N}_{30/45}$	21,9	22,3	20,5	21,5	12,3	7,8
$((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \text{N}_{30/45}$	31,5	24,9	28,5	23,9	17,2	8,8
$(\text{NH}_4\text{NO}_3) \text{N}_{60/90}$	32,0	36,5	30,5	15,3	13,8	8,4
$((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \text{N}_{60/90}$	31,8	34,1	31,1	23,9	20,0	17,3

Проведенные нами в 2011–2012 гг. исследования показали, что применение сульфата аммония в прикорневую подкормку существенно уступает по эффективности аммиачной селитре. Иными словами, можно подытожить, что при достаточно позднем весеннем внесении положительное действие серы не перекрывает того эффекта, что дает нитратная форма азота по сравнению с аммонийной. В условиях достаточно континентального климата Харьковской области продолжительные весенние засухи являются достаточно частым явлением. Вследствие этого, в отличие от центральных и западных областей Украины, проведение подкормок по мерзло-талой почве более предпочтительно.

Если в опыте № 1 удобрения вносили в начале марта, то подкормка пшеницы в хозяйстве (опыт № 3) пришлась на третью декаду того же месяца. Учитывая значительное количество осадков марта 2013 г. (более 70 мм), можем предположить, что именно этот фактор оказал определяющее влияние на эффективность различных форм азотных удобрений в опытах. Как следует из данных таблицы 3, на уровень урожайности озимой пшеницы в хозяйстве большее влияние имела аммиачная селитра, обеспечивая прирост урожая на 21–42%. Разница эффективности этих двух форм азотных удобрений была не так велика при дозе азота 45 кг/га, но существенно отличалась при 90 кг/га. В опыте № 1 наблюдается другая тенденция – в условиях 2013 г. несколько лучший (в пределах ошибки) эффект имело внесение сульфата аммония. Хотя разница в результатах этих двух опытов и может быть обусловлена отличием выращиваемых сортов озимой пшеницы, по нашему мнению, основной причиной расхождений является различный срок внесения удобрений.

Таблица 3

**Влияние формы азотных удобрений в весеннюю подкормку  
на урожайность и качество зерна озимой пшеницы  
на черноземе типичном**

Вариант опыта	Опыт № 1 – опытное поле ХНАУ		Опыт № 3 – ООО «Агросет»	
	Урожайность зерна, т/га	Содержание сырой клей- ковины в зерне, %	Урожайность зерна, т/га	Содержание сырой клей- ковины в зерне, %
Контроль	4,91	30,2	4,08	25,20
$(\text{NH}_4\text{NO}_3) \text{N}_{30/45}$	5,25	31,9	5,11	26,80
$((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \text{N}_{30/45}$	5,28	31,1	4,98	27,60
$(\text{NH}_4\text{NO}_3) \text{N}_{60/90}$	5,54	32,2	6,10	30,30
$((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \text{N}_{60/90}$	5,68	32,2	5,64	29,30
$\text{HCP}_{0,05}$	0,36	1,4	0,39	2,45

Этот вывод подтверждается результатами опыта № 2, схема которого предусматривала различное комбинирование сульфата аммония и аммиачной селитры в первую и вторую подкормку озимых. Как следует из данных таблицы 4, наиболее удачным сочетанием оказалось внесение аммиачной селитры по мерзло-талой почве и сульфата аммония – прикорневым способом, что дополнительно давало прибавку зерна до 0,33 т/га и способствовало наибольшему накоплению белка в зерне. Замена аммиачной селитры в первую подкормку на сульфат аммония существенно уменьшала прибавку и ослабляла клейковину. Выбор формы удобрений для второй подкормки, напротив, практически не оказывал влияния на урожайность и качество зерна. Таким образом, применение сульфата аммония для прикорневой подкормки озимой пшеницы может не уступать по эффективности аммиачной селитре, но только по уже сформированному достаточному уровню азотного питания растений.

Таблица 4

**Влияние срока и формы азотных удобрений в весеннюю подкормку  
на урожайность и качество зерна озимой пшеницы  
на черноземе типичном Слобожанского опытного поля**

Вид и доза удобрений в подкормку:		Уро- жай- ность зерна, т/га	Содер- жание сырой клейко- вины в зерне, %	Индекс дефор- мации клей- кови- ны	Группа каче- ства
по мерзло-талой почве	прикорневую				
Контроль, без удобрений		2,37	11,6	65	1

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Окончание табл. 4

Вид и доза удобрений в подкормку:		Уро- жай- ность зерна, т/га	Содер- жание сырой клейко- вины в зерне, %	Индекс дефор- мации клейко- вины	Группа каче- ства
по мерзло-талой почве	прикорневую				
$(\text{NH}_4\text{NO}_3) \rightarrow \text{N}_{51}\text{S}_0$	$((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \rightarrow \text{N}_{51}\text{S}_{58}$	3,16	23,0	75	1
$((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \rightarrow \text{N}_{51}\text{S}_{58}$	$(\text{NH}_4\text{NO}_3) \rightarrow \text{N}_{51}\text{S}_0$	2,85	22,3	80	2
$((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \rightarrow \text{N}_{51}\text{S}_{58}$	$((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \rightarrow \text{N}_{51}\text{S}_{58}$	2,83	22,5	80	2
$(\text{NH}_4\text{NO}_3) \rightarrow \text{N}_{51}\text{S}_0$	$(\text{NH}_4\text{NO}_3) \rightarrow \text{N}_{51}\text{S}_0$	3,07	20,4	75	1
НСР <sub>05</sub>		0,29	5,6	5	–

Достаточно слабо сказывается внесение сульфатов и на качестве зерна озимой пшеницы. В опытах № 1 и № 2 наблюдается лишь тенденция к улучшению показателей качества, не подкрепленная достоверной разницей между исследуемыми видами удобрений. Внесение высоких доз минеральных удобрений (N90) в опыте № 3 стимулирует накопление азота и белка в зерне, причем разница между вариантами с внесением аммиачной селитры и сульфата аммония почти не прослеживается. Тот же фактор влияет и на повышение процента клейковины. Применение в подкормку озимой пшеницы азотных удобрений в дозе N90 позволяет улучшать качественные показатели зерна со 2-го до уровня 1-го класса, что, несомненно, повышает рентабельность выращивания данной культуры, однако выбор формы удобрений не имел решающего значения.

Таким образом, экономически более эффективным следует признать применение аммиачной селитры. Даже несмотря на весьма низкий уровень содержания подвижной серы в пахотном слое чернозема, не это является ограничивающим фактором питания растений, а низкое содержание минерального и в первую очередь нитратного азота. Содержание минерального азота в почве опыта № 1 перед внесением минеральных удобрений не превышало 11 мг/кг (из них  $\text{NO}_3^-$  – 2–4 мг/кг), в опыте № 2 – 10 мг/кг (из них  $\text{NO}_3^-$  – 5–6 мг/кг) и в опыте № 3 – 14 мг/кг (из них  $\text{NO}_3^-$  – 6–8 мг/кг). Своевременность устранения этого дефицита позволяет настолько интенсифицировать физиологические процессы, что даже в фазу налива зерна содержание хлорофилла в листьях и оценка его активности в полевых условиях по прибору «SPAD 502 Plus» были значительно выше на всех вариантах с применением аммиачной селитры (табл. 5).

**Оценка фотосинтетической деятельности листьев озимой пшеницы  
в фазу налива зерна по результатам лабораторного и  
инструментального контроля**

Вариант опыта	Опыт № 1 – опытное поле ХНАУ		Опыт № 3 – ООО «Агросет»	
	Содержание хлорофилла, мкг/г сухой массы	Показания «SPAD 502 Plus», усл. ед.	Содержание хлорофилла, мкг/г сухой массы	Показания «SPAD 502 Plus», усл. ед.
Контроль	5,18	52,9	4,27	41,5
$(\text{NH}_4\text{NO}_3) \text{N}_{30/45}$	5,26	54,1	5,03	48,6
$((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \text{N}_{30/45}$	5,18	52,3	4,46	46,9
$(\text{NH}_4\text{NO}_3) \text{N}_{60/90}$	5,27	54,6	5,10	52,2
$((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \text{N}_{60/90}$	5,24	53,1	4,98	50,5
$\text{HCP}_{0,05}$	0,33	2,9	–	–

### ВЫВОДЫ

1. Содержание подвижной серы в черноземах типичных Левобережной Лесостепи Украины можно оценить как очень низкое. В связи с выраженной сезонной динамикой подвижной серы в профиле почвы и вымывания ее из пахотного слоя в осенне-зимний период целесообразно определять также ее запасы в метровом слое.

2. В условиях низкого содержания подвижной серы и минерального азота в почве в ранневесенний период более предпочтительной формой азотных удобрений для подкормки озимой пшеницы является аммиачная селитра, дающая большее увеличение содержания хлорофилла в листьях и, соответственно, большую прибавку урожая, чем сульфат аммония. На уже сформированном достаточном уровне азотного питания растений применение сульфата аммония и аммиачной селитры во вторую подкормку существенным образом не отличается.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Слуцкая, Л.Д. Сера как удобрение / Л.Д. Слуцкая // Агрохимия. – 1972. – № 2. – С. 130–148.
2. Вальников, И.У. Влияние серосодержащих удобрений на урожай культур в условиях Среднего Поволжья / И.У. Вальников, Г.С. Егоров // Агрохимия. – 1976. – № 8. – С. 100–104.
3. Jordan, H. Sulfur as a plant nutrient in the Southern United States: Techn. Bull / H. Jordan. – № 1297. – Washington, 1964.

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

4. Anderson, O. Sulfur and crop production in Georgia: Georgia Agric. Exptl. Sta. Bull., N. S. / O. Anderson, J. Fatral. – № 967. – Tifton, 1966.
5. Forage and Grain Yield Response to Applied Sulfur in Winter Wheat as Influenced by Source and Rate / J. Mosali [et al.] // Journal of Plant Nutrition. – 2005. – Vol. 28. – P. 1541–1553.
6. Богданова, А.М. Физиологические критерии оптимизации серного питания сахарной свеклы: тезисы регионального Украины и Молдавии совещания [Оптимизация питания растений в условиях интенсивных технологий] / А.М. Богданова, Н.Т. Поединок. – Кишинев, 1981. – С. 33.
7. Сірка в сучасних агроландшафтах лісостепу / В.І. Гамалей [та інш.] // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 9. – С. 14–17.
8. Маслова, И.Я. Особенности пополнения фонда доступной растениям серы в почвах с разной консервативностью гумуса / И.Я. Маслова, Т.Г. Якушева, И.Н. Шарков // Агрохимия. – 2008. – № 3. – С. 5–14.
9. Responses of Two Wheat Varieties to Sulfur Addition and Diagnosis of S Deficiency / F.J. Zhao [et al.] // Plant and Soil. – 1996. – Vol. 181(2). – P. 317–327.
10. Церлинг, В.В. Динамика поступления серы и вынос ее разными культурами в зависимости от уровня обеспеченности серой / В.В. Церлинг, А.А. Ерофеев // Агрохимия. – 1974. – № 3. – С. 79–87.
11. Маслова, И.Я. Роль серы в использовании яровой пшеницей высоких доз азотно-фосфорно-калийных удобрений / И.Я. Маслова // Агрохимия. – 1987. – № 4. – С. 51–60.
12. Виткаленко, Л.П. Физиологические критерии оптимизации серного питания растений озимой пшеницы: тезисы регионального Украины и Молдавии совещания [Оптимизация питания растений в условиях интенсивных технологий] / Л.П. Виткаленко, А.Д. Хоменко. – Кишинев, 1981. – С. 20.
13. Крупский, Н.К. Влияние серосодержащих удобрений на белковость зерна ячменя / Н.К. Крупский, Л.В. Иванова // Химия в сельском хозяйстве. – 1974. – № 3. – С. 26–28.
14. Формы серы в почве и баланс в многолетнем полевом опыте при внесении двойного и простого суперфосфатов / Ф.В. Янишевский [и др.] // Агрохимия. – 1976. – № 7. – С. 24–31.
15. Janzen, H.H. Release of available sulfur from fertilizers / H.H. Janzen, J.R. Bettany // Canadian Journal of Soil Science. – 1986. – Режим доступа: <http://pubs.aic.ca/doi/abs/10.4141/cjss86-010>.
16. Добрива: довідник / за ред. М.М. Мірошніченка. – Х.: Харк. нац. аграр ун-т ім. В.В. Докучаєва, 2011. – 224 с.
17. Лісовий, М.В. Роль сірки у живленні рослин та застосування сірчаніх добрив / М.В. Лісовий // Посібник українського хлібороба: науково-виробничий щорічник. – 2010. – С. 164.
18. Мамедов, Р.Ю. Влияние серы на урожай и качество озимой пшеницы / Р.Ю. Мамедов // Агрохимия. – 1981. – № 10. – С. 74–77.
19. Савченко, Ю.А. К оценке условий серного питания растений на черноземах левобережной лесостепи Украины [Тезисы] / Ю.А. Савченко, Н.Н. Мирошниченко // Материалы международной научной конференции «Современное состояние черноземов», 24–26 сент. 2013 г. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета. – С. 259–260.

20. Орлов, Д.С. Химия почв / Д.С. Орлов. – М.: Изд-во МГУ. – 1992. – 400 с.  
21. Господаренко, Г.М. Основы интегрированного застосування добрив / Г.М. Господаренко. – К.: НІЧЛАВА, 2002. – 344 с.

## **EFFICIENCY OF APPLICATION AMMONIUM SULFATE FOR TOP-DRESSING WINTER WHEAT ON THE TYPICAL CHERNOZEMS OF THE LEFT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE**

**M.M. Miroshnychenko, Y.A. Savchenko, A.V. Dotsenko, E.V. Panasenko**

### **Summary**

Chernozems typical of Left-Bank Forest-Steppe zone of Ukraine contain very few mobile sulfur, especially in early spring. In three field experiments compared the effect of ammonium sulfate and ammonium nitrate for top-dressing winter wheat. Ammonium nitrate is more effective in the first top-dressing. In the second top-dressing of winter wheat ammonium nitrate is equivalent to the use of ammonium sulfate. In order to adequately assess the conditions of the sulfur nutrition of plants proposed to determine the reserves of mobile sulfur in the meter soil layer.

*Поступила 12.11.13*

УДК 631.582:633.367

## **БАЛАНС НРК В ЗВЕНЕ ЗЕРНОВОГО СЕВООБОРОТА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛЮПИНА НА УДОБРЕНИЕ**

**Т.Ю. Анисимова**

*ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа Россельхозакадемии»,  
Владимирская обл., Судогодский р-н, д. Вяткино, Российская Федерация*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Баланс элементов питания в земледелии позволяет судить о соотношении между выносом питательных веществ из почвы урожаем сельскохозяйственных культур и возмещением их в виде минеральных и органических удобрений и культурой бобовых растений [1]. Проведение балансовых исследований связано с необходимостью систематически повышать эффективное плодородие почв и урожайность культур, улучшать качество хозяйственно полезной части урожая, осуществлять меры по охране и оздоровлению окружающей среды [2].

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Изучение динамики баланса гумуса и питательных веществ растений в сельском хозяйстве ведется различными методами и имеет различные направления. Как отмечал В.М. Ключковский [3], главный генеральный уровень агрохимии – это уровень урожая. Если физиолог и биохимик могут ограничиться исследованием баланса в отдельных органах растения или даже клетках, агрохимик и агроном изучают баланс в связи с урожаем и его качеством.

Методика расчетов определяется целью составления баланса. Цель эта заключается в установлении меры обеспеченности питательными веществами выращиваемых урожаев, в определении части их, расходуемых из почвы и восполняемой за счет удобрений [2, 4].

Узколистый люпин обеспечивает высокий выход зеленой массы в пару и за счет корне-познивных остатков и экссудатов повышает урожайность озимой пшеницы и двух последующих зерновых культур до 9–11 ц/га. При скормливании его скоту, кроме молока и мяса, можно получить в год урожая дополнительно еще и навоз.

Сидерация в пару связана с потерей года и снижением коэффициента экономической эффективности в сравнении с занятым паром. Увеличение урожая от запашки зеленой массы не компенсирует потери органического вещества и протеина суммарной прибавкой зерна пшеницы, ячменя и овса. Однако при наличии резерва дешевых семян узколистый люпин возможно использовать на удаленных полях, не получающих навоз, также и на сидерат. Рекомендуемая технология предусматривает при этом глубокую запашку предварительно измельченной и прикатанной массы люпина.

Целью наших исследований является научное обоснование и разработка ресурсосберегающих приемов повышения продуктивности полевых севооборотов с узколистым люпином на дерново-подзолистых супесчаных почвах Центрального Нечерноземья при использовании люпина в качестве сидерата и парозанимающей культуры при отсутствии минеральных удобрений.

### МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили на дерново-подзолистой супесчаной почве опытного поля ГНУ ВНИИОУ, расположенного в Судогодском районе Владимирской области.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы: гумус – 1,5%, валовых форм азота – 0,2%, фосфора – 0,07, калия – около 1%,  $pH_{KCl}$  – 5,1,  $H_r$  – 1,64; содержание подвижных форм фосфора и калия (по Кирсанову) – 128 и 116 мг/кг почвы.

В опыте выращивали культуры районированных сортов: пшеница озимая Заря, ячмень Зазерский 85, овес Астор. Площадь одной опытной деланки составляла 50 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная. Учет урожая – сплошной, урожай зерна приводили к стандартной 14%-ной влажности. Математическую обработку результатов опыта проводили с использованием программы STAT EXE.

Изучение эффективности различных способов и сроков использования узколистого люпина на удобрение проводили в звене севооборота: озимая пшеница – ячмень – овес. Под ячмень и овес удобрения не вносили. Под озимую

пшеницу заделывали биомассу узколистного люпина в фазе блестящего боба по следующей схеме:

1. Чистый пар – контроль;
2. Занятый пар (стерня и корни люпина) : запашка;
3. Занятый пар (стерня и корни люпина) : дискование, запашка;
4. Сидеральный пар (вся биомасса люпина) : прикатывание, запашка;
5. Сидеральный пар : прикатывание, дискование, запашка;
6. Сидеральный пар : измельчение, запашка;
7. Сидеральный пар : измельчение, дискование, запашка;
8. Сидеральный пар : измельчение, дискование, запашка через 7 дней;
9. Сидеральный пар : измельчение, дискование, запашка через 14 дней.

Прикатывание зеленой массы люпина проводили с помощью кольчатошпоровых катков, ее измельчение – сидеральной машиной на базе КИР–1,5 до размера частиц не более 5 см. Сидеральную массу люпина равномерно распределяли по площади в вариантах 6–9. Дискование стерни и зеленой массы осуществляли тяжелой дисковой бороной БДТ–3 в 2 следа на глубину 10–15 см. Запашку проводили плугом ПЛН–3–35 на глубину 20–22 см.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Люпин является источником поступления (возвращения) в почву значительного количества питательных веществ за счет надземной массы и корне-поживных остатков. По данным наших исследований, урожай зеленой массы узколистного люпина составил в среднем 25,1 т/га, стерни и корней – 2,8 т/га (все естественной влажности). Сидеральная масса (27,9 т/га), которую запахивали под озимую пшеницу, содержала в среднем 176 кг азота (в т.ч. 116 кг биологического), 47 кг фосфора и 111 кг калия. В занятом пару с корне-поживными остатками люпина в почву запахивали 39,3 кг азота, 6,3 кг фосфора и 20,8 кг калия. Агрохимическая характеристика люпинового удобрения представлена в таблице 1.

*Таблица 1*

#### **Содержание питательных веществ в биомассе узколистного люпина (в среднем за 3 года)**

Форма люпинового удобрения	Масса воздушно-сухого органического вещества, т/га	Содержание элементов питания в сухом веществе, %				
		С	N	С:N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Сидеральная масса	7,2	46,1	2,41	19,1	0,71	1,59
Корне-поживные остатки	1,8	45,8	1,52	30,1	0,34	1,13

Продуктивность возделываемых культур в звене севооборота зависела от приемов использования узколистного люпина на удобрение. Как видно

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

из таблицы 2, средняя урожайность культур после занятых паров (вар. 2 и 3) была ниже, чем после сидеральных, но за счет отчуждаемой зеленой массы люпина, идущей на корм, продуктивность звена севооборота в этих вариантах увеличилась в 2,1–2,2 раза по сравнению с контролем. В вариантах с сидеральным паром эффективность люпинового удобрения зависела от способа и срока его заделки в почву. Максимальная прибавка была получена в вариантах 4–7 при глубокой заделке сидерата, где продуктивность звена севооборота увеличилась в 1,7–2,1 раза по сравнению с контролем. Мелкая заделка сидерата (вар. 8 и 9) вследствие сильной минерализации снизила эффективность удобрения, продуктивность звена севооборота увеличилась лишь в 1,1–1,2 раза.

Суммарный сбор зерновых единиц (з.е.) основной продукции за три года по зерновым культурам, выращиваемым по сидеральным парам, составил 61,8–79,0 ц/га, а по занятому пару звена севооборота получено на 11,0–26,3 ц з.е./га больше, чем при запашке сидерата. Зеленая масса узколистного люпина (279 ц/га) содержала 33,5 ц з.е. и 46,3 ц переваримого протеина. С урожаем же трех зерновых культур получено 4,5–5,0 ц/га протеина, т.е. в 9–10 раз меньше, чем запахивали с люпином.

Таблица 2

### Влияние различных приемов использования люпина на удобрение на суммарную продуктивность звена зернового севооборота

№ варианта	Сбор з.е. по трем культурам, ц/га	Прибавка		Сбор з.е. с учетом соломы, ц/га	Прибавка	
		ц з.е./га	%		ц з.е./га	%
1	32,5	–	–	42,6	–	–
2	75,2	4,27	131,4	88,1	4,55	106,8
3	76,6	4,41	135,7	90,0	4,74	111,3
4	58,2	2,57	79,1	75,4	3,28	77,0
5	56,5	2,40	73,8	72,9	3,03	71,1
6	54,5	2,22	68,3	71,0	2,84	66,7
7	52,3	1,98	60,6	66,8	2,42	56,8
8	47,0	1,45	44,6	60,5	1,79	42,0
9	45,2	1,27	39,1	58,2	1,56	36,6
НСР <sub>05</sub>	1,54			2,0		

В наших опытах вынос NPK из почвы с учетом побочной продукции показал, что потребление азота озимой пшеницей в вариантах с занятым паром было на 5,6–6,3% выше, а с сидеральным паром – на 16,7–30,2% выше по сравнению с чистым паром (табл. 3).

## Вынос NPK в звене севооборота, кг на 1 т продукции

№ варианта	Озимая пшеница (1996–1998 гг.)			Ячмень (1997–1999 гг.)			Овес (1998–2000 гг.)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	12,6	10,6	14,7	15,1	4,2	13,6	14,0	5,9	22,6
2	13,3	10,9	16,4	19,7	4,6	14,5	15,6	6,2	22,8
3	13,4	11,1	16,5	18,8	4,7	13,3	16,1	6,6	23,1
4	16,4	12,0	16,9	22,7	6,9	13,4	19,3	8,5	24,3
5	16,3	12,0	16,6	22,5	6,5	14,2	18,5	8,5	24,8
6	16,3	11,1	16,6	21,3	6,7	14,3	18,5	8,4	25,5
7	15,1	10,4	14,9	21,3	5,9	15,8	18,0	7,7	24,3
8	14,7	10,7	15,3	19,3	4,8	13,1	17,5	7,1	23,3
9	14,8	8,5	13,2	19,5	4,6	13,5	17,8	6,7	23,0
Средневзвешенный вынос по вариантам	14,8	10,9	15,7	20,0	5,4	14,0	17,2	7,3	23,7

Использование люпина на удобрение в последствии также повлияло на вынос NPK с единицей продукции. В среднем по девяти вариантам опыта озимая пшеница отличалась от остальных двух культур в 1,2–1,4 раза меньшим выносом азота, но в 1,5–1,9 раза большим выносом фосфора.

В таблице 4 показано соотношение азота, фосфора и калия, потребленных озимой пшеницей, ячменем и овсом из почвы и удобрения в звене севооборота. Если по всем культурам принять содержание азота за единицу, то по фосфору для озимой пшеницы оно составит 0,7, для ячменя – 0,3, для овса – 0,4. По калию соответственно – 1,1; 0,7 и 1,4.

Фактический вынос NPK каждой культурой в среднем за 3 года в звене севооборота представлен в таблице 5. Озимая пшеница потребляла питательных веществ в среднем в 2,2 раза больше, чем ячмень, и в 2 раза больше, чем овес, что подтверждают полученные данные. Суммарный вынос NPK в звене севооборота после занятого пара (вар. 2 и 3) возрастает в 1,4 раза по сравнению с контролем. Глубокая заделка сидерата (вар. 4–7) увеличивает вынос NPK в среднем в 2 раза, а мелкая (вар. 8 и 9) – только в 1,5 раза по сравнению с контролем.

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 4

Соотношение элементов, потребленных культурами в звене севооборота

№ варианта	Озимая пшеница N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	Ячмень N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	Овес N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O
1. Чистый пар – контроль	1:0,8:1,2	1:0,3:0,9	1:0,4:1,4
2. Занятый пар (стерня и корни люпина) : запашка	1:0,8:1,2	1:0,2:0,7	1:0,4:1,5
3. Занятый пар (стерня и корни люпина) : дискование, запашка	1:0,8:1,2	1:0,3:0,7	1:0,4:1,4
4. Сидеральный пар (вся биомасса люпина) : прикатывание, запашка	1:0,7:1,0	1:0,3:0,7	1:0,4:1,3
5. Сидеральный пар : прикатывание, дискование, запашка	1:0,7:1,0	1:0,3:0,6	1:0,5:1,3
6. Сидеральный пар : измельчение, запашка	1:0,7:1,0	1:0,3:0,6	1:0,5:1,4
7. Сидеральный пар : измельчение, дискование, запашка	1:0,7:1,0	1:0,3:0,7	1:0,4:1,4
8. Сидеральный пар : измельчение, дискование, запашка через 7 дней	1:0,7:1,0	1:0,2:0,7	1:0,4:1,3
9. Сидеральный пар : измельчение, дискование, запашка через 14 дней	1:0,6:0,9	1:0,2:0,7	1:0,4:1,3
В среднем по вариантам	1:0,7:1,1	1:0,3:0,7	1:0,4:1,4

Баланс основных элементов питания в звене севооборота при использовании люпина на удобрение представлен в таблице 6. В результате анализа данных таблицы 6 установлено, что:

– после чистого и занятого паров баланс NPK был отрицательным. Суммарные потери с урожаем достигали соответственно – 130,1; 113,4 и 110 кг/га;

– баланс азота и калия при использовании люпина на сидерат положительный, а фосфора – только в вариантах при применении дискования измельченной сидеральной массы и ее длительном компостировании в поверхностном слое почвы;

– запахивание всей биомассы люпина увеличивает вынос NPK тремя культурами звена севооборота и сберегает их ресурсы в почве;

– при применении люпина на сидерат возрастает интенсивность баланса по сравнению с занятыми парами по азоту на 99,5–165,5%, по фосфору – на 62,5–113,5% и калию – на 84,5–124,5%;

– по занятым парам увеличиваются коэффициенты использования NPK;

– мелкая заделка сидерата значительно снижает коэффициенты использования NPK для формирования урожая культур звена севооборота, вследствие чего возрастает интенсивность баланса. Коэффициенты использования азота в этих вариантах ниже на 65,6–168% по сравнению с глубокой заделкой сидерата, фосфора – на 16,6–42,7%, калия – на 15,6–20,4%.

Таблица 5

## Потребление питательных веществ из почвы, кг/га

№ варианта	Озимая пшеница (1996–1998 гг.)				Ячмень (1997–1999 гг.)				Овес (1998–2000 гг.)				Всего за звено севооборота			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	NPK	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	NPK	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	NPK	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	NPK
1	22,0	18,5	25,6	66,1	12,6	3,5	11,4	27,5	12,0	5,1	19,4	36,5	46,6	27,1	56,4	130,1
2	32,0	26,3	39,5	97,8	19,3	4,5	14,2	38,0	15,4	6,1	22,6	44,1	66,7	36,9	76,3	179,9
3	32,8	27,3	40,4	100,5	18,8	4,7	13,3	36,8	17,2	7,1	24,8	49,1	68,8	39,1	78,5	186,4
4	55,5	38,6	50,3	144,4	33,1	10,1	19,6	62,8	23,8	10,5	29,9	64,2	112,4	59,2	99,8	271,4
5	54,3	40,0	55,2	149,5	31,1	9,0	19,6	59,7	21,7	10,0	29,0	60,7	107,1	59,0	103,6	269,7
6	49,0	33,5	50,1	132,6	31,4	9,9	21,2	62,5	22,6	10,2	31,1	63,9	103,0	53,6	102,4	259,0
7	41,4	28,5	40,7	110,6	31,4	8,6	23,2	63,2	22,8	9,8	30,9	63,5	95,6	45,9	94,8	237,3
8	38,1	27,9	39,5	105,5	23,4	5,8	15,8	45,0	19,6	8,0	26,1	53,7	81,1	41,7	81,4	204,2
9	37,2	23,9	33,1	94,2	22,4	5,3	15,5	43,2	19,2	7,2	24,8	51,2	78,8	36,4	73,4	188,6

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 6

**Баланс NPK в звене севооборота при использовании люпина на удобрение**

№ варианта	Поступление с биомассой люпина, кг/га			Вынос урожаями трех культур, кг/га			Баланс, кг/га (+, -)			Интенсивность баланса, %			Кoeffициенты использования		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	-	-	-	46,6	27,1	56,4	-46,6	-27,1	-56,4	-	-	-	-	-	-
2	39,3	6,3	20,8	66,7	36,9	76,3	-27,4	-30,6	-55,4	58	17	27	51,1	155	95,7
3	39,3	6,3	20,8	68,8	39,1	78,5	-29,5	-22,8	-57,7	57	16	26	56,4	190	106
4	176	47,2	111	112,4	59,2	99,8	+63,6	-12,0	+11,2	157	79,4	111	37,3	68,0	39,0
5	176	47,2	111	107,1	59,0	103,6	+68,6	-11,8	+7,4	164	80	107	34,3	67,6	42,5
6	176	47,2	111	103,0	53,6	102,4	+73,0	-6,4	+8,6	171	88	108	32,0	56,1	41,4
7	176	47,2	111	95,6	46,9	94,8	+80,4	+0,3	+16,2	184	101	117	27,8	41,9	34,5
8	176	47,2	111	81,1	41,7	81,4	+94,9	+5,5	+29,6	217	113	136	19,6	30,9	22,5
9	176	47,2	111	78,8	36,4	73,4	+97,9	+10,8	+37,6	223	130	151	18,2	19,7	15,3

## ВЫВОДЫ

Таким образом, баланс NPK в звене севооборота при выращивании зерновых культур после чистых и занятых паров был отрицательным, после сидеральных – положительным. Применение люпина на сидерат способствовало сбережению почвенных ресурсов NPK, смягчению дефицита питательных веществ, но не устранению. Введение люпина положительно трансформирует баланс NPK в звене севооборота и меняет порядок минимумов в дерново-подзолистой почве легкого гранулометрического состава. Наиболее дефицитным становится фосфор, а не азот. При сидерации баланс азота и калия в конце звена севооборота положительный (азота – от 63,6 до 97,9 кг/га, калия – от 7,4 до 37,6 кг/га), фосфора – только в вариантах с измельчением, дискованием и поверхностной заделкой сидерата при низкой усвояемости этого элемента (0,3–10,8 кг/га).

Ведение земледелия на основе мобилизации биоресурсов без применения удобрений ведет к потере запаса биогенных элементов почвы, их отрицательному балансу, стабильно низким урожаям яровых зерновых культур и не должно рекомендоваться производству. Биологизация за счет люпина позволяет реализовать генетический сортовой потенциал озимой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья только на 50–60%, ячменя и овса – лишь на 20–25%. Поэтому биологизация должна сочетаться с использованием не имеющих альтернативы навоза и минеральных удобрений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прянишников, Д.Н. Агрохимия / Д.Н. Прянишников. – М., 1940. – 641 с.
2. Юркин, С.Н. Баланс NPK в условиях интенсификации земледелия / С.Н. Юркин. – М., 1975. – 95 с.
3. Клечковский, В.М. Онастоящем и будущем агрохимии / В.М. Клечковский // Агрохимия. – 1972. – № 9. – С. 3–11.
4. Прокошев, В.В. Об использовании данных выноса при оценке эффективности удобрений / В.В. Прокошев // Агрохимия. – 1970. – № 1. – С. 95–98.

## NPK BALANCE IN LINK OF THE GRAIN CROP ROTATION WITH LUPIN FOR FERTILIZER

T.Yu. Anisimova

### Summary

Lupinus angustifolius is highly effective fallow-grown crop in the Non-Chernozem zone. Receptions ploughing in green manure into soil without mineral fertilizers positively influence on productivity cultures of a grain crop rotation. Total carrying out NPK after occupied steam increases in a link of a crop rotation in 1,4 times in comparison with the control. At the same time deep ploughing in green manure increases carrying out NPK on the average in 2 times, small – only in 1,5 times. Introduction lupine positively transforms balance NPK of a link of a crop rotation and changes an order of minima in sod-podzolic sandy soil.

*Поступила 08.10.13*

УДК 631.8.81.095.337:633.15

# ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК МИКРОУДОБРЕНИЯМИ НА КАЧЕСТВО ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ И ЗЕРНА КУКУРУЗЫ

М.В. Рак, Ю.В. Кляусова

*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

## ВВЕДЕНИЕ

Последние достижения в селекции и технологии выращивания кукурузы поставили ее в ряд наиболее продуктивных и технологичных культур. Ее питательная ценность в зависимости от фазы развития растений изменяется от 13–15 до 28–30 к.ед. на 100 кг силосной массы [1].

В нашей стране кукуруза получила широкое распространение как силосная культура. Поэтому определение в растениях кукурузы концентрации и соотношения основных питательных веществ, их переваримости и усвояемости имеет важное значение в современном кормопроизводстве. Чем больше в корме питательных веществ, тем выше его питательность. Но высокое содержание одного какого-либо питательного вещества не дает основание сделать заключение о высокой питательности корма вообще. В связи с этим отдельные корма включают в рационы в количествах, обеспечивающих общую их питательность и соотношение питательных веществ, соответствующее потребностям животных [2].

Поэтому в задачи наших исследований входило установить влияние некорневых подкормок исследуемыми микроэлементами (**Zn, Cu, Mn, I и Se**) на показатели качества кукурузы, возделываемой на дерново-подзолистой супесчаной почве, на разных уровнях минерального питания.

## МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования с гибридом кукурузы Дельфин RM 020 (ФАО 180) проводились в 2007–2009 гг. в РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на связной водно-ледниковой супеси, подстилаемой с глубины 0,5 м связной супесью. Пахотный горизонт характеризовался следующими агрохимическими показателями:  $pH_{KCl}$  – 6,3; гумус – 2,58%;  $P_2O_5$  – 205 мг/кг и  $K_2O$  – 221 мг/кг почвы. Содержание подвижного Zn – 2,0; Cu – 1,6; Mn – 1,8 мг/кг почвы.

В схеме опыта были предусмотрены различные дозы, формы и сочетания микроудобрений, применяемые в некорневые подкормки кукурузы в фазу 6–8 листьев на двух уровнях органоминерального питания (50 т/га навоза +  $N_{120} P_{60} K_{120}$  – фон 1 и 50 т/га навоза +  $N_{180} P_{90} K_{180}$  – фон 2). В качестве микроудобрений использовали минеральные соли (сульфаты: цинка, меди и марганца; селенит натрия, калий йодистый) и микроудобрения хелатного типа (АДОБ Zn, АДОБ Cu и АДОБ Mn). Макроудобрения (КАС, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий) применяли согласно схеме опыта в основное внесение. На втором фоне в фазе 4–5 листьев была проведена подкормка кукурузы карбамидом ( $N_{30}$ ).

Общая площадь делянки составляла 25 м<sup>2</sup>. Предшественник – люпин узколистный. Обработка почвы включала: зяблевую вспашку, весеннюю культивацию и предпосевную обработку АКШ–3,6. Посев кукурузы с нормой высева 120 тыс. шт./га проводили в 2007 г. во второй декаде мая (18.05), в 2008 и 2009 гг. – в первой декаде мая (07.05). До всходов кукурузы была проведена обработка гербицидом Примэкстра Голд (4 л/га). Уборку кукурузы на силос проводили в фазу восковой спелости, на зерно – в фазу полной спелости. Данные урожайности зеленой массы приводили к 70% влажности, зерна – к 14%.

В соответствии с общепринятой схемой зоотехнического анализа [3] в зеленой массе кукурузы определяли: содержание сырого протеина умножением общего азота, определенного индофенольным методом на фотоколориметре после мокрого озоления по методу ЦИНАО (1976), на коэффициент пересчета на белок (6,25); сырую золу по ГОСТ 26226–95; сырой жир по ГОСТ 13496.2–91; сырую клетчатку по ГОСТ 13496.15–97; безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) расчетным методом. Аминокислотный состав зеленой массы и зерна кукурузы определяли на жидкостном хроматографе «Agilent 1100» (условия гидролиза – 6 н HCl, 108 °C, 24 часа). Содержание нитратов – ионометрическим методом (Иономер И–160 ГОСТ 1724–85).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Применение макро- и микроудобрений, наряду с повышением урожайности кукурузы, может оказывать влияние на качество зеленой массы. В диссертационном исследовании В.Г. Смольского [4] установлено, что наиболее существенное влияние на показатели качества зеленой массы кукурузы оказывали азотные удобрения.

В наших исследованиях увеличение дозы азота со 120 до 180 кг/га д.в. приводило к увеличению накопления белка в растениях кукурузы с 8,3 до 9,6% (табл. 1).

Закономерных изменений определяемых зоотехнических показателей в зависимости от применения микроэлементов отмечено не было. На фоне навоз 50 т/га + N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> содержание сырого белка изменялось от 7,8 до 8,6%, на фоне навоз 50 т/га + N<sub>180</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub> – от 9,3 до 9,9%, содержание сырой золы варьировало в пределах 4,40–5,69% и 4,60–5,53%, содержание сырого жира – 1,76–2,72% и 1,73–2,63%, содержание сырой клетчатки – 19,58–22,71% и 19,87–22,63%, БЭВ – 61,85–65,95% и 60,05–64,45% соответственно.

Для образования белка необходимы 20 протеиногенных аминокислот, которые делят на заменимые и незаменимые (лизин, метионин, треонин, лейцин, изолейцин, валин, фенилаланин, триптофан). Незаменимые аминокислоты не синтезируются в организме человека и животных, поэтому получать их можно только извне с растительными или животными белками [5]. Согласно литературным данным, аминокислотный состав белков определяется генетическими факторами и изменить их содержание в белке можно незначительно, с помощью внесения высоких доз удобрений, в частности, азотных [6].

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 1  
Влияние микроудобрений на зоотехнические показатели зеленой массы кукурузы (среднее за 2007–2008 гг.), %

Вариант	Фон 1 (навоз 50 т/га + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub> )					Фон 2 (навоз 50 т/га + N <sub>180</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> )				
	Сырой протеин	Сырая зола	Сырой жир	Сырая клетчатка	БЭВ	Сырой протеин	Сырая зола	Сырой жир	Сырая клетчатка	БЭВ
Фон	8,3	5,69	2,11	20,43	63,84	9,6	5,06	2,15	21,88	61,67
<i>Минеральные соли</i>										
Zn <sub>75</sub>	7,9	4,72	2,03	20,78	64,87	9,7	5,01	2,08	20,29	63,23
Zn <sub>150</sub>	8,2	5,08	2,32	20,23	64,48	9,3	4,84	2,53	21,47	62,22
Zn <sub>225</sub>	7,8	5,20	2,18	20,14	65,03	9,4	4,62	2,18	20,16	64,00
Zn <sub>75</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	8,5	4,86	2,00	20,62	64,34	9,6	4,98	2,84	19,87	63,02
Zn <sub>150</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	8,1	4,69	2,39	20,91	64,28	9,5	4,86	3,02	20,50	62,48
Zn <sub>225</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	8,1	4,63	2,20	20,43	64,95	9,4	5,20	2,92	20,86	61,97
<i>Микроудобрения хелатного типа</i>										
Zn <sub>75</sub>	8,6	4,94	1,77	20,09	64,75	9,6	4,60	2,35	19,35	64,45
Zn <sub>150</sub>	8,2	4,61	1,77	20,76	65,02	9,3	4,93	2,09	20,86	63,23
Zn <sub>225</sub>	8,6	4,41	1,76	19,59	65,95	9,8	5,26	1,97	22,63	60,65
Zn <sub>75</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	8,5	4,63	2,15	20,01	65,02	9,4	5,20	2,16	20,81	62,79
Zn <sub>150</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	8,4	4,40	2,73	20,29	64,55	9,6	5,04	1,73	21,02	62,92
Zn <sub>225</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	8,2	5,28	2,30	19,63	64,96	9,5	5,40	1,96	20,91	62,54
<i>Минеральные соли</i>										
Zn <sub>150</sub> I <sub>60</sub>	8,3	4,82	2,35	19,52	65,32	9,7	5,14	2,21	21,64	61,62
Zn <sub>150</sub> I <sub>120</sub>	8,1	4,67	2,20	19,58	65,76	9,6	5,44	2,13	21,65	61,34
Zn <sub>150</sub> I <sub>180</sub>	8,2	4,71	2,26	20,70	64,50	9,8	5,46	2,60	22,31	60,05
Se <sub>30</sub>	8,6	5,32	2,17	22,20	62,02	9,5	5,02	2,31	21,19	62,34
Se <sub>60</sub>	8,4	5,30	2,72	21,56	62,33	9,9	5,53	1,76	22,00	61,18
Se <sub>90</sub>	8,0	5,33	2,72	22,71	61,85	9,4	5,37	2,63	21,48	61,53

В нашем опыте внесение повышенных доз минеральных удобрений ( $N_{180}P_{90}K_{180}$ ) на фоне органических под кукурузу приводило к некоторому увеличению суммы критических и незаменимых аминокислот. В среднем за 2007–2008 гг. при применении  $N_{120}P_{60}K_{120}$  на фоне 50 т/га навоза сумма критических аминокислот находилась в пределах 5,85–6,83 г/кг, а незаменимых – 29,16–31,34 г/кг в зависимости от варианта, а при внесении  $N_{180}P_{90}K_{180}$  – 6,25–7,04 г/кг и 31,38–32,67 г/кг соответственно. Существенных изменений в содержании незаменимых аминокислот в зависимости от некорневого внесения микроудобрений не отмечено.

Важным показателем качества корма кукурузы является определение содержания нитратов в зеленой массе. Высокое содержание нитратов и нитритов в кормах приводит к острым желудочно-кишечным отравлениям и хроническим заболеваниям, поэтому установлено также предельно допустимое содержание их в силосе, которое не должно превышать 500 мг/кг сырого продукта [3].

В наших исследованиях во все годы проведения полевых опытов содержание нитратов в зеленой массе кукурузы не превышало предельно допустимых концентраций (500 мг/кг), несмотря на достаточно высокий уровень внесения азота. В среднем за три года исследований (табл. 2) содержание нитратов в зеленой массе кукурузы в фоновых вариантах составляло 287 мг/кг на первом уровне органоминерального питания и 383 мг/кг – на втором. Разница между двумя фонами – 33,4%. Это связано с тем, что на втором фоне вносилась более высокая доза азотных удобрений.

Таблица 2

**Содержание нитратов в зеленой массе кукурузы при возделывании на силос, мг/кг**

Вариант	Фон 1 (50 т/га навоза + $N_{120}P_{60}K_{120}$ )				Фон 2 (50 т/га навоза + $N_{180}P_{90}K_{180}$ )			
	2007	2008	2009	Среднее	2007	2008	2009	Среднее
Фон	240	319	303	287	328	414	408	383
<i>Минеральные соли</i>								
Zn <sub>150</sub>	216	300	285	267	300	395	382	359
Zn <sub>150</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	204	291	274	256	292	384	373	350
<i>Микроудобрения хелатного типа</i>								
Zn <sub>150</sub>	222	306	291	273	304	403	394	367
Zn <sub>150</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	213	298	287	266	300	395	381	359
<i>Минеральные соли</i>								
Zn <sub>150</sub> I <sub>120</sub>	217	303	270	263	296	386	378	353
Se <sub>60</sub>	221	306	283	270	308	398	386	364

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Применение микроэлементов в некорневую подкормку кукурузы снижало накопление нитратов по всем изучаемым вариантам опыта. Внесение сульфата цинка в дозе 150 г/га д.в. позволило снизить содержание нитратов на 20 мг/кг, или 7,0% (фон 1), и на 24 мг/кг, или 6,8% (фон 2), по сравнению с фоновыми вариантами. Данный факт подтверждает имеющиеся в литературе сведения о том, что недостаток цинка ведет к нарушению азотного обмена, в результате чего в растениях накапливаются свободные нитраты [7].

Максимальное снижение (на 10,8% на первом уровне органоминерального питания и на 8,6% – на втором) отмечалось в варианте с внесением микроудобрений  $Zn_{150}Cu_{75}Mn_{75}$  в форме минеральной соли. Вероятно, данное явление можно объяснить тем, что в вышеуказанном варианте присутствует не только цинк, который способен снижать поступление нитратов в растение, так как принимает непосредственное участие в азотном обмене, но и марганец, который также может оказывать влияние на содержание нитратов в растениях [7]. Проведение некорневой подкормки кукурузы микроэлементами в хелатной форме в той же дозе также приводило к снижению их содержания по сравнению с фоновыми вариантами.

При внесении  $Zn_{150}I_{120}$  содержание нитратов было ниже на 7,8–8,4% по сравнению с фоновыми вариантами. Применение селена в дозе 60 г/га д.в. приводило к снижению их накопления на 5,0–5,9% в зависимости от органоминерального фона.

В годы проведения исследований в среднем по опыту накопление нитратов в зеленой массе кукурузы в 2008 и 2009 гг. было больше на 34,4% и 28,6% соответственно, чем в 2007 г. Такое увеличение, вероятно, связано с погодными условиями, сложившимися в вегетационные периоды этих лет.

Направленность и интенсивность биохимических процессов в созревающем зерне зависит от обеспеченности растений элементами питания. При внесении научно обоснованных доз удобрений улучшается минеральное питание растений, что способствует мобилизации физиологических ресурсов растений и повышению качества выращиваемого зерна [3, 8].

Проведенные нами исследования показали, что в среднем за три года фоновое содержание белка составляло 10,3% на первом уровне органоминерального питания ( $N_{120}P_{60}K_{120}$ ) и 11,0% – на втором ( $N_{180}P_{90}K_{180}$ ) (табл. 3). При этом разница между уровнями питания по содержанию белка в зерне равнялась 0,7%.

Применение микроэлементов не оказывало воздействия на накопление сырого белка в зерне кукурузы. При проведении некорневых подкормок микроэлементами его содержание варьировало незначительно и в среднем за 2007–2009 гг. исследований на фоне внесения  $N_{120}P_{60}K_{120}$  находилось в пределах 10,1–10,6%, а на фоне  $N_{180}P_{90}K_{180}$  возрастало до 10,8–11,2%.

Достоверные изменения по выходу белка с гектара в нашем опыте наблюдались из-за существенных различий урожайности зерна кукурузы по годам исследований. При применении микроэлементов увеличивалась урожайность зерна и, как следствие, значительно повышался сбор белка с гектара посевов.

**Влияние микроэлементов на содержание белка в зерне кукурузы  
(среднее за 2007–2009 гг.)**

Вариант	Фон 1 (навоз 50 т/га + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> )		Фон 2 (навоз 50 т/га + N <sub>180</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> )	
	Сырой белок, %	Выход белка, ц/га	Сырой белок, %	Выход белка, ц/га
Фон	10,3	7,0	11,0	8,5
<i>Минеральные соли</i>				
Zn <sub>75</sub>	10,6	7,9	10,9	8,9
Zn <sub>150</sub>	10,3	7,4	11,2	9,6
Zn <sub>225</sub>	10,4	7,3	10,9	9,0
Zn <sub>75</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	10,2	7,7	10,8	8,9
Zn <sub>150</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	10,3	7,5	10,9	9,4
Zn <sub>225</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	10,5	7,4	11,2	9,4
<i>Микроудобрения хелатного типа</i>				
Zn <sub>75</sub>	10,1	7,7	10,8	9,0
Zn <sub>150</sub>	10,4	7,6	10,9	9,5
Zn <sub>225</sub>	10,4	7,4	10,9	9,3
Zn <sub>75</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	10,2	7,9	11,1	9,4
Zn <sub>150</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	10,6	7,9	10,8	9,6
Zn <sub>225</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	10,5	7,6	11,0	9,5
<i>Минеральные соли</i>				
Zn <sub>150</sub> I <sub>60</sub>	10,5	7,9	11,0	9,6
Zn <sub>150</sub> I <sub>120</sub>	10,4	7,9	11,2	9,8
Zn <sub>150</sub> I <sub>180</sub>	10,3	7,7	11,1	9,4
Se <sub>30</sub>	10,6	7,3	11,0	8,7
Se <sub>60</sub>	10,4	7,2	10,9	8,6
Se <sub>90</sub>	10,6	7,3	10,9	8,6
НСП <sub>05</sub>	–	0,3	–	0,3

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Составными частями белков являются аминокислоты. В последнее время их выделено и описано около 100 [9]. В рамках наших исследований в зерне кукурузы, как и в зеленой массе, мы определяли только незаменимые аминокислоты. Аминокислотный состав зерна кукурузы Дельфин при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве не зависел от условий микроэлементного питания. Видимых различий при внесении микроудобрений как по содержанию отдельных аминокислот, так и по сумме критических выявлено не было. На фоне применения повышенных доз минеральных удобрений в среднем за два года исследований (2007–2008 гг.) несколько повышались суммы критических и незаменимых аминокислот. При применении некорневых подкормок микроудобрениями сумма критических аминокислот на фоне 50 т/га навоза +  $N_{120}P_{60}K_{120}$  находилась в пределах 5,85–6,83 г/кг, на фоне 50 т/га навоза +  $N_{180}P_{90}K_{180}$  – 6,25–7,04 г/кг, сумма незаменимых аминокислот – 28,71–31,34 г/кг и 31,38–32,67 г/кг соответственно.

### ВЫВОДЫ

1. Применение микроэлементов не обеспечивало изменений в содержании сырого протеина, сырой золы, сырого жира, сырой клетчатки и БЭВ в зеленой массе кукурузы. При проведении некорневых подкормок микроудобрениями на фоне навоз 50 т/га +  $N_{120}P_{60}K_{120}$  содержание сырого белка изменялось от 7,8 до 8,6%, на фоне навоз 50 т/га +  $N_{180}P_{90}K_{180}$  – от 9,3 до 9,9%, содержание сырой золы варьировало в пределах 4,40–5,69% и 4,60–5,53%, содержание сырого жира – 1,76–2,72% и 1,73–2,63%, содержание сырой клетчатки – 19,58–22,71% и 19,87–22,63%, БЭВ – 61,85–65,95% и 60,05–64,45% соответственно. К закономерному увеличению накопления белка в растениях кукурузы с 8,3 до 9,6% приводило увеличение дозы азота со 120 до 180 кг/га д.в.

2. В наших исследованиях во все годы проведения полевых опытов содержание нитратов в зеленой массе кукурузы не превышало предельно допустимых концентраций (500 мг/кг). Применение микроэлементов в некорневую подкормку кукурузы снижало содержание нитратов на 14–33 мг/кг.

3. При применении некорневых подкормок микроудобрениями содержание сырого белка варьировало незначительно и на фоне внесения навоз 50 т/га +  $N_{120}P_{60}K_{120}$  в среднем за 2007–2009 гг. исследований находилось в пределах 10,1–10,6%. При повышении доз макроудобрений (навоз 50 т/га +  $N_{180}P_{90}K_{180}$ ) накопление белка возрастало до 10,8–11,2%.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надточаев, Н.Ф. Кукуруза на полях Беларуси / Н.Ф. Надточаев; НПЦ НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 412 с.
2. Богданов, Г.А. Кормление сельскохозяйственных животных: учеб. пособие / Г.А. Богданов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 624 с.
3. Агрохимия / И.Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И.Р. Вильдфлуша. – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск: Ураджай, 2001. – 488 с.

4. Смольский, В.Г. Влияние жидких комплексных удобрений на основе КАС на урожайность и качество зеленой массы кукурузы: дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.04 / В.Г. Смольский. – Минск, 2004. – 108 л.
5. Цыганов, А.Р. Микроэлементный состав растениеводческой продукции Беларуси и его качественная оценка / А.Р. Цыганов, В.В. Лапа, М.В. Рак // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – № 4. – С. 23–24.
6. Лапа, В.В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В. Лапа, В.Н. Босак; БелНИИ почвоведения и агрохимии. – Минск, 2002. – 184 с.
7. Власюк, П.А. Об эффективности внесения микроудобрений под кукурузу / П.А. Власюк, Л.Д. Ленденская, Ху Най-тан // Кукуруза. – 1959. – № 5. – С. 39–41.
8. Лапа, В.В. Динамика формирования биомассы кукурузы в зависимости от применения азотных, цинковых и магниевых удобрений / В.В. Лапа, В.Г. Смольский // Приемы повышения плодородия почв, эффективности удобрений и средств защиты растений: материалы междунар. науч.-практ. конф., Горки, 27–29 мая 2003 г. / Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки, 2003. – Ч. 2. – С. 188–192.
9. Надточаев, Н.Ф. Как получить качественный кукурузный силос / Н.Ф. Надточаев, С.В. Абраксова // Белорус. сел. хоз-во. – 2005. – № 9. – С. 22–26.

## **INFLUENCE OF OUTSIDE ROOT TOP-DRESSING BY MICROFERTILIZERS ON GREEN MASS AND GRAIN CORN QUALITY**

**M.V. Rak, Y.V. Kliausova**

### **Summary**

The use of trace elements in the foliar application of corn cultivated on sod-podzolic sandy loam soil at different levels of mineral nutrition had no significant effect on the accumulation of crude protein, crude fat, crude fiber, crude ash and nitrogen-free extractive substances in the green mass of corn. Increased nitrogen doses influenced protein content. Increasing the nitrogen dose from 120 to 180 kg/ha resulted in an increase the protein accumulation in the green mass and corn grain from 8,3% and 10,3% (background 1, manure 50 t/ha + N120P60K120) to 9,6% and 11,0% (background 2, manure 50 t/ha + N180P90K180) corresponding. Application of micronutrients reduced the nitrates uptake in corn plants in all studied variants of the experiment and does not exceed the maximum permissible concentration of 500 mg/kg. The nitrate content in the first background was 287 mg/kg, on the second – 383 mg/kg.

*Поступила 21.11.13*

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОСТАВА НЕЗАМЕНИМЫХ АМИНОКИСЛОТ В ПРОДУКЦИИ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР

Ю.В. Путятин, Д.В. Маркевич, О.М. Таврыкина  
*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### ВВЕДЕНИЕ

В республике основным источником растительного белка для сельскохозяйственных животных являются кормовые культуры – кукуруза, рапс, люпин, горох и др. Содержание белка в них служит важнейшим критерием для оценки качества урожая. Однако этот показатель не стабилен, а изменяется в определенных пределах в зависимости от совокупного воздействия факторов: условий выращивания, почвенного питания, влажности почвы и воздуха, температуры, полегания, болезней и т.д.

Белковая питательность кормов и рационов, оцениваемая по количеству переваримого белка без учета его качества, обусловленного содержанием и соотношением незаменимых аминокислот, значительно снижает эффективность кормления. Биологическая роль незаменимых аминокислот определяется тем, что они входят во все важнейшие белки тела животных, но в организме не синтезируются и не заменяются другими аминокислотами. Они должны поступать в организм с кормом. Дефицит в рационе одной или нескольких из них неблагоприятно отражается на животных. Восемь аминокислот – валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан и фенилаланин относятся к незаменимым, и при отсутствии хотя бы одной из них синтез белка, а также белковых веществ невозможен [1–3].

Аминокислоты содержатся во всех тканях растений. Они играют важную роль в обмене веществ, многие из них служат активаторами ферментов и витаминов. Аминокислоты являются структурным материалом для образования белков в теле человека и животных. Состав аминокислот влияет на качество пищи (кормов). Их недостаток вызывает серьезные заболевания людей и животных. Исследования показывают, что отсутствие или недостаток незаменимых аминокислот в пище приводит к нарушению обмена веществ (отрицательному азотному балансу), прекращению в организме регенерации белков, потере аппетита, патологическим изменениям в нервной системе, органах внутренней секреции, составе крови, ферментных системах и т.д.

Специалисты по кормлению животных указывают, что определяющим в качестве кормов является не содержание белка и общего азота, а количество незаменимых аминокислот и их соотношение в корме. Для этого подбирают корма, дополняющие друг друга по аминокислотному составу, или добавляют к рациону синтетические аминокислоты. В настоящее время наиболее ценным в биологическом отношении по аминокислотному питанию (незаменимым аминокислотам) животных считается рацион, в котором в среднем на одну часть триптофана приходится частей: лизина – 5,0, лейцина – 4,5, валина – 4,0, фенилаланина – 4,0,

метионина – 3,0, изолейцина – 2,5, треонина – 2,5 и гистидина – 1,5 [4]. Введение в рацион животного незаменимых аминокислот в достаточном количестве повышает использование других аминокислот в организме на 20–30%, что позволяет более экономно использовать растительные корма.

Лизин входит в состав почти всех животных белков и очень важен для здоровья костей. Организм нуждается в этой аминокислоте для усвоения кальция и его доставки к костям. При низком содержании в кормах лизина замедляется рост животных. Лизин заслуживает внимания за участие в сохранении мышечной ткани, поддержании уровня энергии и здоровья сердца. К тому же он снабжает организм субстанциями для выработки аминокислоты карнитин, которая участвует в превращении жировых тканей в легкодоступное «топливо» для организма животного.

Метионин – это гликогенообразующая серосодержащая аминокислота, донор метильных групп. Участвует в процессах ферментативного метилирования, приводящих к образованию холина, адреналина и других биологически важных соединений. Отсутствие или недостаток метионина нарушает нормальную деятельность печени, витаминный обмен, деятельность некоторых желез внутренней секреции. Метионин препятствует также развитию атеросклероза [5]. Недостаток метионина в рационах животных снижает способность к усвоению ими питательных веществ, что является причиной снижения продуктивности животных и птицы.

Треонин необходим для нормальной работы иммунной системы, роста организма, способствует образованию коллагена, эластина, участвует в процессах метаболизма и усвоения, поддерживает работу желудочно-кишечного тракта.

Гистидин служит для синтеза гемоглобина и многих других белков, это источник биологически активного вещества гистамина, влияющего на многие жизненно важные процессы в организме.

Аминокислота изолейцин важна для построения мышечной ткани, лейцин обеспечивает рост организма, отвечает за нормальную работу щитовидной железы и почек.

Фенилаланин выполняет функцию строительного блока белков, в том числе инсулина, папаина, меланина, способствует выведению продуктов метаболизма и улучшает секреторные функции поджелудочной железы и печени.

Валин необходим для поддержания нормального обмена азота в организме, восстановления поврежденных тканей и метаболизма в мышцах. Его недостаток вызывает нарушение координации движений тела.

Триптофан участвует в образовании никотиновой кислоты (витамина PP) и серотина. Его недостаток обуславливает нарушение функций костного мозга и лимфоидной ткани, снижение в крови эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов. С недостатком триптофана связано развитие пеллагры. Кроме того, при недостатке этой аминокислоты в кормах в организме происходят функциональные и органические расстройства [6–7].

Литературные данные по содержанию аминокислот в зерне у авторов весьма разнятся в связи с различным сортовым составом и развитием методов исследования аминокислот [2, 3, 5, 8]. В представленных ниже данных анализ всех сельскохозяйственных культур был проведен методом высокоэффективной

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

жидкостной хроматографии и собран материал последних лет по основным кормовым культурам, возделываемым в республике.

Цель наших исследований заключалась в сравнительной оценке сельскохозяйственных культур, возделываемых в республике, по содержанию и составу незаменимых аминокислот.

### МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Определение содержания незаменимых аминокислот (лизин, треонин, валин, метионин, изолейцин, лейцин, фенилаланин) проводилось в лаборатории мониторинга плодородия почв и экологии на жидкостном хроматографе Agilent 1100 после предварительной подготовки проб методом гидролиза (6 N соляная кислота,  $108 \pm 2$  °C в течение суток). Для оценки сходимости времен удерживания и площадей, а также предела детектирования и линейности использовали пять различных концентраций стандартов аминокислот: 10, 25, 50, 100 и 250 пмоль/мкл. Онлайн-дериватизация была выполнена с использованием ортофталевого альдегида (ОПА) для первичных аминокислот и 9-флуоренилметилхлорформата (FMOC) для вторичных. Использовали 0,4 N боратный буфер с pH 10,4. Анализ аминокислот с использованием предколоночной онлайн-дериватизации выполняли при помощи флуоресцентного детектирования. Сходимость времен удерживания для флуоресцентного детектора ниже 0,2%, сходимость площадей близка к 5% [9].

Образцы зерна, клубней и зеленой массы для анализа получены в научных подразделениях РУП «Институт почвоведения и агрохимии» в погодноклиматических условиях 2008–2012 гг. Пробы представлены районированными сортами, выращенными на различных почвенных разновидностях и уровнях применения минеральных удобрений.

Стандартное отклонение (SD) и стандартная ошибка (SE) с уровнем надежности 95% рассчитаны методом описательной статистики с использованием стандартного программного обеспечения (Microsoft® Excel 2003). Количество образцов (n), использованных для математической обработки, по каждой культуре представлено в таблицах 1–3.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Важное место в рационе животных занимают зернобобовые культуры, отличающиеся от злаковых высоким содержанием белковых веществ (18–38%). Они широко распространены в мировом сельскохозяйственном производстве, их посевная площадь составляет около 120 млн га, а валовой сбор достигает 140 млн т. Для разработки полноценных кормовых рационов для животных учитывается содержание аминокислот в структуре белка используемых в республике кормовых культур [6–7].

Горох – один из наиболее распространенных ингредиентов комбикормов с содержанием сырого протеина в среднем 20,4% [10]. Анализ зерна гороха (n=235) показал в нем достаточно высокое содержание незаменимых аминокислот – 64,44 г/кг в.с.в. (табл. 1). Максимальное количество из незаменимых аминокислот в белках зерна гороха составляют лейцин и лизин, минимальное –

метионин (табл. 1). По данным Пономаренко Ю.А. с соавторами [11], при добавлении метионина в концентрированный корм биологическая ценность гороха повышается. Это объясняется недостаточным содержанием серосодержащих аминокислот в протеине гороха и наличием в нем ингибитора трипсина, который снижает скорость отщепления от молекулы протеина аминокислот, преимущественно метионина. Зерно гороха при вводе его в состав комбикормов подвергается только размолу. Вводят горох в комбикорма в количестве от 10 до 25%.

Люпин широко культивируется как кормовая культура. Зеленая масса люпина содержит более 20% протеина, зерно – более 40%. По содержанию сырого протеина и обменной энергии он превосходит другие бобовые культуры, но уступает сое. Содержание аминокислот значительно варьирует в зависимости от видов люпина [11, 12].

В белках зерна узколистного люпина преобладают аминокислоты лейцин и валин (табл. 1). По содержанию валина, треонина, лейцина и изолейцина люпин превосходит горох, но уступает ему по содержанию лизина.

Таблица 1

**Состав незаменимых аминокислот в зерне зернобобовых культур,  
г/кг на в.с.в.**

Показатель	Треонин	Валин	Метионин	Фенилаланин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Сумма незаменимых аминокислот
<b>Горох (n = 235)</b>								
<b>Среднее</b>	<b>7,21</b>	<b>8,94</b>	<b>2,20</b>	<b>9,25</b>	<b>8,12</b>	<b>14,13</b>	<b>14,59</b>	<b>64,44</b>
Минимум	5,06	6,16	1,22	6,42	5,68	9,44	5,30	–
Максимум	10,86	12,21	3,49	15,60	11,69	19,32	28,96	–
SE	0,07	0,08	0,03	0,10	0,07	0,13	0,36	–
SD	1,14	1,19	0,45	1,60	1,14	1,95	5,45	–
<b>Люпин узколистный (n = 92)</b>								
<b>Среднее</b>	<b>9,05</b>	<b>11,26</b>	<b>2,13</b>	<b>9,58</b>	<b>10,76</b>	<b>17,84</b>	<b>9,67</b>	<b>70,29</b>
Минимум	4,11	9,37	1,20	4,68	7,52	12,06	6,36	–
Максимум	13,54	13,17	3,03	11,92	12,77	21,15	13,98	–
SE	0,25	0,10	0,05	0,21	0,14	0,26	0,24	–
SD	2,40	1,00	0,44	2,05	1,39	2,53	2,30	–

Рапс по содержанию масла и белка превосходит бобовые культуры. Продукты переработки маслосемян – жмых и шрот – являются ценным белковым концентратом, содержащим все незаменимые аминокислоты, необходимые для животных и человека. Они содержат в 4–5 раз больше незаменимых аминокислот, чем злаковые культуры. Селекционерами Института земледелия были созданы новые образцы рапса с высоким содержанием масла и белка и его качественным

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

составом, в которых содержание незаменимых аминокислот составляет около 31% (% на белок). Рапсовый шрот превосходит подсолнечниковый по содержанию практически всех незаменимых аминокислот, а по лизину – в 1,7 раза, его используют для балансирования зерновых по аминокислотам [13].

По нашим данным, из незаменимых аминокислот в наибольшем количестве в рапсе содержатся лейцин – 12,77 г/кг, валин – 9,90 и лизин – 9,84 г/кг, при этом сумма незаменимых аминокислот в среднем составляет 56,72 (табл. 2).

Среди растительных белков из культурных растений протеин картофеля имеет самую высокую биологическую ценность, так как незаменимые аминокислоты составляют около 1/3 и более от общего их количества в клубнях [14].

В результате анализа аминокислотного состава клубней разных сортов картофеля было выявлено, что преобладающими в перечне незаменимых аминокислот являются лейцин – 5,70 г/кг, валин – 5,07, фенилаланин – 3,88 и лизин – 3,81 г/кг в.с.в. (табл. 2).

Таблица 2

**Состав незаменимых аминокислот в продукции технических культур, г/кг на в.с.в.**

Показатель	Треонин	Валин	Метионин	Фенилаланин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Сумма незаменимых аминокислот
<b>Яровой рапс, семена (n = 31)</b>								
<b>Среднее</b>	<b>6,98</b>	<b>9,90</b>	<b>2,77</b>	<b>7,05</b>	<b>7,41</b>	<b>12,77</b>	<b>9,84</b>	<b>56,72</b>
Минимум	4,25	8,34	2,33	6,45	6,78	11,58	7,74	–
Максимум	9,67	10,86	3,56	7,63	8,00	13,51	14,42	–
SE	0,40	0,13	0,06	0,07	0,06	0,10	0,32	–
SD	2,25	0,74	0,36	0,36	0,36	0,54	1,79	–
<b>Картофель, клубни (n = 29)</b>								
<b>Среднее</b>	<b>1,99</b>	<b>5,07</b>	<b>1,26</b>	<b>3,88</b>	<b>3,42</b>	<b>5,70</b>	<b>3,81</b>	<b>25,13</b>
Минимум	0,69	2,34	0,52	1,92	1,88	3,27	3,02	–
Максимум	3,33	10,20	1,98	7,62	6,24	10,08	4,49	–
SE	0,19	0,49	0,07	0,36	0,25	0,38	0,07	–
SD	1,01	2,65	0,36	1,93	1,37	2,05	0,39	–

Зеленая масса люпина узколистного характеризуется высоким содержанием незаменимых аминокислот с преобладанием лейцина, фенилаланина, валина и лизина (табл. 3). Клевер по содержанию треонина, фенилаланина, изолейцина и лизина уступает люпину, однако по метионину и валину превосходит его. По литературным данным известно, что сено клевера богато белком [11]. В 1 к.ед. содержится 160–175 г переваримого белка. Сено клевера богаче сена других многолетних трав такими аминокислотами, как лизин, гистидин, аргинин, треонин, но беднее триптофаном.

Зерно кукурузы обладает рядом ценных свойств – большим содержанием крахмала, высокой переваримостью (до 90% органического вещества) и питательной ценностью (1,34 к.ед. в 1 кг корма), что обуславливает ее использование в животноводстве в качестве основы рационов [15]. Однако, подобно другим злакам, использование кукурузы в качестве единственного в рационе корма также ограничено прежде всего из-за невысокого содержания протеина и недостаточности его аминокислотного состава. Зеленая масса кукурузы бедна метионином, изолейцином, лизином и треонином (табл. 3). По сумме незаменимых аминокислот зеленая масса кукурузы в значительной степени уступает питательности клевера и люпина – в 2,1 и 2,6 раза соответственно.

Таблица 3

Состав незаменимых аминокислот в зеленой массе, г/кг на в.с.в.

Показатель	Треонин	Валин	Метионин	Фенилаланин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Сумма незаменимых аминокислот
<b>Клевер (n = 32)</b>								
<b>Среднее</b>	<b>6,24</b>	<b>9,46</b>	<b>2,40</b>	<b>7,32</b>	<b>5,50</b>	<b>11,24</b>	<b>5,14</b>	<b>47,3</b>
Минимум	4,83	7,59	1,64	5,49	4,50	9,25	3,32	–
Максимум	9,03	10,91	3,22	9,46	7,70	13,80	8,33	–
SE	0,14	0,14	0,06	0,19	0,14	0,19	0,20	–
SD	0,82	0,77	0,35	1,06	0,78	1,08	1,13	–
<b>Люпин узколистный (n = 104)</b>								
<b>Среднее</b>	<b>8,32</b>	<b>9,13</b>	<b>2,30</b>	<b>9,33</b>	<b>7,39</b>	<b>12,44</b>	<b>9,09</b>	<b>58,0</b>
Минимум	5,34	8,19	1,72	6,14	5,17	10,31	5,40	–
Максимум	10,36	11,66	3,06	13,88	9,26	15,96	13,84	–
SE	0,10	0,06	0,03	0,21	0,07	0,11	0,19	–
SD	0,86	0,55	0,25	1,85	0,64	0,98	1,62	–
<b>Кукуруза (n = 73)</b>								
<b>Среднее</b>	<b>2,92</b>	<b>3,88</b>	<b>1,03</b>	<b>3,11</b>	<b>2,77</b>	<b>6,00</b>	<b>2,78</b>	<b>22,49</b>
Минимум	1,82	2,16	0,60	1,76	1,70	3,20	1,77	–
Максимум	4,86	5,99	1,61	4,94	4,52	9,17	5,27	–
SE	0,08	0,10	0,03	0,08	0,06	0,17	0,08	–
SD	0,66	0,86	0,24	0,68	0,54	1,49	0,70	–

### ВЫВОДЫ

В результате исследований установлено, что содержание незаменимых аминокислот (треонин, валин, метионин, фенилаланин, изолейцин, лейцин, лизин) в зерне гороха в среднем составляет 64 г/кг, люпина – 70, в семенах ярового рапса – 57 г/кг сухого вещества.

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Зеленая масса люпина узколистного характеризуется высоким содержанием незаменимых аминокислот (58 г/кг) с преобладанием лейцина, фенилаланина, валина и лизина. Клевер по содержанию треонина, фенилаланина, изолейцина и лизина уступает люпину, однако по метионину и валину превосходит его. По содержанию незаменимых аминокислот зеленая масса кукурузы (22 г/кг) в 2,1 раза уступает клеверу и в 2,6 раза люпину.

Полученные данные исследований могут быть использованы для планирования и обоснования оптимальной структуры посевов, обеспечивающей сбалансированные и полноценные рационы кормления животных.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биохимия / В.Г. Щербаков [и др.]. – 2003. – 440 с.
2. Плешков, Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений / Б.П. Плешков. – М.: Агропромиздат, 1987. – 494 с.
3. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Е.Д. Казаков, В.П. Кретович. – М.: Агропромиздат, 1989. – 368 с.
4. D'Mello, J.P.F. Amino acids in animal nutrition / J.P.F. D'Mello. – 2th. ed. – Wallingford; Cambridge: CABI Publishing, 2003. – 513 p.
5. Кретович, В.Л. Биохимия зерна и хлеба / В.Л. Кретович. – М.: Наука, 1991. – 136 с.
6. Беркутова, Н.С. Методы оценки и формирование качества зерна. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 206 с.
7. Крецу, Л.Г. Мир пищевых растений / Л.Г. Крецу, Л.Г. Домашенко, М.Д. Соколов; под. ред. А.Ф. Паляя. – Кишинев, 1989. – 328 с.
8. Купцов, Н.С. Роль белка и его аминокислотный состав в основных зернофуражных культурах / Н.С. Купцов, В.Ч. Шор // Наше сельское хозяйство. – 2009. – № 5. – С. 8–13.
9. Gratzfeld-Huesgen, A. Sensitive and Reliable Amino Acid Analysis in Protein Hydrolysates using the Agilent 1100 Series HPLC. Technical Note / A. Gratzfeld-Huesgen // Copyright © 1998, 1999 Agilent Technologies, Publication Number 5968–5658E, 1999. – 12 p.
10. Лукашевич, Н.П. Изучение новых сортов гороха зернофуражного использования / Н.П. Лукашевич, И.И. Злотник, Л.Ф. Крайко // Ресурсосберегающие технологии в кормопроизводстве: проблемы и пути совершенствования: материалы науч.-практ. конф. молодых ученых и аспирантов. – Горки, 2003. – С. 61–63.
11. Пономаренко, Ю.А. Безопасность кормов, кормовых добавок и продуктов питания: монография / Ю.А. Пономаренко, В.И. Фисинин, И.А. Егоров; рец.: В.Г. Гусаков, И.Д. Волотовский; Минсельхозпрод РБ, Российская акад. с.-х. наук. – Минск: Экоперспектива, 2012. – 863 с.
12. Мироненко, А.В. Биохимия люпина / А.В. Мироненко; Акад. наук БССР, Ин-т экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича. – Минск: Наука и техника, 1975. – 311 с.
13. Пилюк, Я.Э. Рапс – универсальная маслично-белковая культура / Я.Э. Пилюк // Проблемы дефицита растительного белка и пути его преодоления: материалы междунар. науч.-практ. конф. / Ин-т земледелия и селекции НАН Беларуси. – Минск, 2006. – С. 162–168.

14. Куликов, Я.К. Изменение аминокислотного состава клубней картофеля в условиях коренного улучшения дерново-подзолистой почвы / Я.К. Куликов, Е.Я. Куликова // Адаптивное растениеводство: проблемы и решения: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2004. – С. 135–138.

15. Циков, В.С. Интенсивная технология возделывания кукурузы / В.С. Циков, Л.А. Матюха. – М.: Агропромиздат, 1989. – 246 с.

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF COMPOSITION OF ESSENTIAL AMINO ACIDS IN PRODUCTION OF FORAGE CROPS**

**Yu.V. Putyatin, D.V. Markevich, O.M. Tavrykina**

### **Summary**

As a result of researches it is established, that the contents of essential amino acids (lysine, threonine, valine, methionine, isoleucine, leucine, phenylalanine) in peas grain is 64 g/kg on the average, lupine grain – 70, in seeds spring rapeseed – 57 g/kg of a dry weight.

The green mass of narrow-leaved lupine is characterized by the high content of essential amino acids (58 g/kg) with prevalence of leucine, phenylalanine, valine and lysine. The clover on content of threonine, phenylalanine, isoleucine and lysine concedes lupine, however in methionine and valine surpasses it. On the content of essential amino acids the green mass of corn (22 g/kg) in 2,1 times concedes to a clover and in 2,6 times to lupine.

*Поступила 16.10.13*

УДК 631.461.5:631.559:633.22

## **ВЛИЯНИЕ ДЕЙСТВИЯ И ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ФОСФОРНЫХ И КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР И ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ**

**В.В. Лапа, Н.А. Михайловская, Н.Н. Ивахненко, Т.В. Погирницкая**  
*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Проблема устойчивости почв к деградации имеет большое научное и практическое значение. Одним из видов химической деградации пахотных земель является истощение их элементами питания, что отчетливо проявляется при экстенсивном способе хозяйствования. При отсутствии или очень низком уровне

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

поступления элементов питания с удобрениями их баланс в почве характеризуется большой напряженностью [1–3].

Одной из актуальных задач агрохимических исследований на дерново-подзолистых супесчаных почвах является оценка длительности последствий остаточных количеств фосфорных и калийных удобрений, внесенных с минеральными и органическими удобрениями. Такие исследования имеют практическое и экологическое значение и позволяют установить продолжительность действия остаточных количеств неиспользованных растениями удобрений [1–3].

Валовые запасы фосфора и калия в дерново-подзолистых почвах значительно превышают содержание их доступных форм. Содержание калия в почвах в 5–10 раз больше, чем азота и фосфора. В разных типах почв удельный вес калия колеблется от 0,5 до 3%, составляя в песчаных и супесчаных почвах 1–2% [4–5]. Общее содержание фосфора в разных типах почв колеблется от 0,01 до 0,35%, в дерново-подзолистых супесчаных почвах – от 0,064 до 0,121% [6].

Несмотря на значимые валовые запасы фосфора и калия в дерново-подзолистых почвах, деградация плодородия по содержанию этих элементов питания может происходить быстрее по сравнению, например, с азотом. Комплексная оценка фосфорного и калийного состояния дерново-подзолистых супесчаных почв показала, что длительность последствий калийных удобрений гораздо ниже, чем фосфорных и составляет 3 года [1].

На наш взгляд, такие исследования целесообразно сочетать с изучением биологической активности дерново-подзолистых супесчаных почв, что позволило бы прояснить особенности протекания ключевых биохимических и микробиологических процессов, их скорость и направленность. Биологическое состояние почвы является одним из основных критериев оценки влияния антропогенных факторов на плодородие почвы [7, 8]. Экологическая роль диагностики биологического состояния дерново-подзолистых супесчаных почв особенно возрастает при изучении вопросов их агрохимической деградации. При несбалансированном применении удобрений часто отмечается негативное воздействие на ключевые микробиологические и биохимические почвенные процессы, в ряде случаев регистрируется усиленная минерализация органических соединений почвы [9, 10].

К настоящему времени по биохимическим свойствам дерново-подзолистых супесчаных почв республики информация недостаточно [11, 12].

Надежную оценку биохимического потенциала почв обеспечивают комплексные исследования по гидролитической трансформации органических веществ и их гумификации, которые регулируются гидролитическими и окислительными ферментами [13, 14]. Особый интерес представляет оценка активности минерализационных и синтетических (гумификационных) процессов, связанных с циклами углерода и азота, что дает информацию о направленности изменения плодородия почвы и сохранности органического вещества.

Цель исследований – установить влияние действия и последствий остаточных количеств азота, фосфора и калия на урожайность сельскохозяйственных культур и ферментативную активность дерново-подзолистой супесчаной почвы.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Биологические исследования проведены в стационарном полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой с глубины 30–50 см песком (Экспериментальная база им. А.В. Суворова, Узденский р-н). Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы перед закладкой опыта в 1987 г.: рН ( $KCl$ ) – 5,6–6,0, гидролитическая кислотность – 1,58–1,92, содержание гумуса – 1,8–2,3%, подвижного фосфора (по Кирсанову) – 80–100 мг/кг, калия – 170–230 мг/кг почвы.

С 1986 г. по 1995 г. в почву внесено 120 т/га солоमистого навоза крупного рогатого скота (навоз КРС) – фон. В контрольном варианте опыта минеральные и органические удобрения не вносили с 1987 г. По другим вариантам опыта фосфорные удобрения не вносили с 1987 и 1999 гг., азотные и калийные – с 1999 гг.

С 1999 г. в полевом эксперименте изучали действие и последствие азотных, калийных и фосфорных удобрений. В качестве минеральных удобрений вносили аммиачную селитру или мочевины (карбамид), хлористый калий и аммофос или аммонизированный суперфосфат.

За три ротации 4-польного севооборота в вариантах с внесением фосфорных и калийных удобрений содержание подвижного фосфора возросло на 33–57 мг/кг, подвижного калия – в среднем на 28 мг/кг почвы.

Схема опыта включает 16 вариантов удобрений в 4-кратной повторности. Общий размер делянки – 49,5 м<sup>2</sup> (5,5 м x 9,0 м). Учетная площадь делянки – 32 м<sup>2</sup> (4 м x 8 м). В 1995 г. под картофель внесен навоз КРС, 40 т/га. Биологические исследования проведены на 10 вариантах полевого опыта. Схема опыта приведена в таблицах 1–3.

Отбор почвенных образцов для биологических исследований проведен в оптимальные сроки, весной до внесения удобрений [15]. Весенний отбор образцов позволяет снизить маскирующий эффект внесения минеральных удобрений, гидротермических условий вегетационного периода возделываемых культур и дает возможность оценить результат биохимической деятельности микроорганизмов, когда процессы трансформации свежего органического вещества, поступившего в почву в течение вегетации, практически завершены.

Диагностика ферментативной активности почвы выполнена по гидролитическим (инвертаза и уреазы) и окислительным (полифенолоксидаза и пероксидаза) ферментам. Активность инвертазы определяли колориметрическим методом, предложенным Т.А. Щербаковой, с использованием сахарозы в качестве ферментного субстрата; для определения количества редуцирующих сахаров, образующихся в результате энзиматической реакции, использована динитросалициловая кислота [16]. Для установления уреазной активности почвы применяли метод Т.А. Щербаковой, в котором ферментным субстратом служила мочевины, активность рассчитывали по концентрации аммония – мг N–NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/кг [16]. Для определения активности почвенных оксидаз, полифенолоксидазы и пероксидазы, использован колориметрический метод, разработанный Л. А. Карягиной и Н. А. Михайловской, с применением гидрохинона в качестве ферментного субстрата, где активность ферментов устанавливали по окрашенному продукту ферментативной реакции, бензохинону [17].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В контрольном варианте полевого эксперимента, где минеральные и органические удобрения не вносили с 1987 г., среднегодовая продуктивность сельскохозяйственных культур за период 1999–2013 гг. составила 33,1 ц к.ед./га (табл. 1).

Установлено, что наиболее высокая среднегодовая продуктивность культур 56,7 ц к.ед./га получена при среднегодовом внесении полной дозы минеральных удобрений  $N_{67,3}P_{40}K_{85,3}$ . Высокий уровень среднегодовой продуктивности культур 54,6 ц к.ед./га отмечен при среднегодовом внесении парной комбинации  $N_{67,3}P_{40}$ , т.е. при последствии калийных удобрений с 1999 г., при этом недобор продуктивности составил 2,1 ц/га при сравнении с внесением полной дозы (табл. 1).

При ежегодном внесении фосфорных ( $P_{40}$ ) удобрений и последствии азотных и калийных ( $N_{87}K_{98}$  – среднегодовое внесение за 12 лет до 1999 г.) получена среднегодовая продуктивность сельскохозяйственных культур 41,1 ц к.ед./га, недобор продуктивности составил 15,6 ц к.ед./га. При среднегодовом применении  $N_{67,3}K_{85,3}$  и последствии фосфорных удобрений с 1987 г. продуктивность культур формировалась на уровне 50,9 ц к.ед./га. Последствие NPK с 1999 г. обеспечило среднегодовую продуктивность 39,4 ц к.ед./га, что на 6,3 ц к.ед./га выше, чем при последствии NPK с 1987 г. (табл. 1).

Для изучения биохимического статуса дерново-подзолистой супесчаной почвы проведены ферментативные исследования по комплексу показателей. Дана оценка активности гидролитических ферментов, характеризующих деструкционную функцию почвы, ответственных за процессы минерализации сложных углеводов с выделением моносахаридов (инвертаза) и азотсодержащих органических соединений с выделением неорганического азота (уреаза) [13, 16]. Определены также показатели активности почвенных оксидаз (полифенолоксидазы и пероксидазы), по современным представлениям эти микробные оксидазы играют определяющую роль в биохимических процессах гумификации поступающих в почву растительных остатков, содержащих в своем составе лигнины [14, 18] (табл. 1). Для удобства анализа результатов эксперимента показатели ферментативной активности почвы представлены в относительных единицах (%) в соответствии с методом, предложенным Дж. Ацци [19] (табл. 2).

Экспериментальные данные свидетельствуют, что варианты опыта с внесением парных комбинаций, в состав которых входит азот ( $N_{67,3}K_{85,7}$ ,  $N_{67,3}P_{40}$ ), и с внесением одного азота ( $N_{67,3}$ ), как правило, отличаются повышенной активностью гидролитических ферментов. Инвертазная активность почвы в вариантах с азотом повышена примерно на 67–85%, в других вариантах – на 22–64% по сравнению с контролем без удобрений (100%). Уреазная активность почвы в указанных вариантах с азотом повышена примерно на 52–60%, в других вариантах – на 15–43% по сравнению с контролем без удобрений (100%) (табл. 2).

В то же время активность окислительных ферментов в вариантах с парными комбинациями  $N_{67,3}K_{85,7}$ ,  $N_{67,3}P_{40}$  и при одностороннем применении  $N_{67,3}$  повышалась менее значительно. Активность полифенолоксидазы в вариантах с азотом повышена примерно на 10–25%, в других вариантах – на 6–21% по сравнению с контролем без удобрений (100%). Активность пероксидазы в вариантах с азотом повышена примерно на 12–28%, в других вариантах – на 7–24% по сравнению с контролем без удобрений (100%) (табл. 3).

Сравнение данных по продуктивности сельскохозяйственных культур и ферментативной активности дерново-подзолистой супесчаной почвы показало, что в вариантах с высокими и близкими по величине уровнями продуктивности (56,7 и 54,6 ц к.ед./га), при ежегодном внесении полной дозы минеральных удобрений  $N_{67,3}P_{40}K_{85,3}$  и парной комбинации  $N_{67,3}P_{40}$ , отмечены различия по активности гидролитических ферментов. Внесение парной комбинации  $N_{67,3}P_{40}$  сопровождалось более значительной активизацией гидролитических ферментов инвертазы (2267 мг глюкозы/кг) и уреазы (164 мг  $N-NH_4^+$ /кг) по сравнению с ежегодным внесением расчетной дозы минеральных удобрений  $N_{67,3}P_{40}K_{85,7}$ , где отмечен более сберегающий уровень минерализации углеводов (1910 мг глюкозы/кг) и аммонификации (122 мг  $N-NH_4^+$ /кг) (табл. 1).

При сбалансированном применении полного минерального удобрения ( $N_{67,3}P_{40}K_{85,7}$ ) отмечается высокая продуктивность, сберегающий уровень гидролитических ферментов и средний уровень активности оксидаз (табл. 1–3).

Таблица 1

**Ферментативная активность дерново-подзолистой супесчаной почвы и среднегодовая продуктивность сельскохозяйственных культур**

Вариант опыта	Продуктивность, ц к.ед./га (1999–2013 гг.)	Инвертаза, мг глюкозы/кг	Уреазы, мг $N-NH_4^+$ /кг	ПФО	ПО
				мг хинона/кг	
Контроль без удобрений	33,1	1237	112	36,9	34,5
Навоз (последствие) – фон	35,2	1654	152	39,7	37,3
$N_{67,3}K_{85,3}$	50,9	2068	<b>189</b>	40,7	38,5
НПК (последствие)	39,4	1722	170	42,0	40,3
$N_{67,3}P_{40}K_{85,3}$ (расчетная доза)	<b>56,7</b>	<b>1910</b>	<b>122</b>	<b>40,6</b>	<b>38,8</b>
$N_{32,7}P_{20}K_{42,7}$ (½ НПК)	49,4	1512	109	39,2	37,0
$P_{40}$	41,1	2173	160	43,6	41,4
$N_{67,3}P_{40}$	<b>54,6</b>	<b>2267</b>	<b>164</b>	<b>44,4</b>	<b>42,3</b>
$K_{85,3}P_{40}$	50,1	2030	163	44,6	42,7
$N_{67,3}$	52,7	2294	154	46,1	44,0
НСР <sub>05</sub>	1,2	126,8	15,4	3,6	3,2

Примечание. ПФО – полифенолоксидаза, ПО – пероксидаза.

Если рассматривать ферментативную активность почвы в варианте с ежегодным внесением расчетной дозы НПК (122%) как оптимум, обеспечивающий сбалансированное питание и наиболее высокую среднегодовую

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

продуктивность (56,7 ц к.ед./га), то повышенную активность гидролитических ферментов в вариантах  $N_{67,3}K_{85,7}$ ,  $N_{67,3}P_{40}$ ,  $N_{67,3}$  следует рассматривать как избыточную. В условиях несбалансированного питания микробные сообщества почвы развивают повышенную биохимическую деятельность. Пониженная ферментативная активность свидетельствует об определенном замедлении почвенных биохимических процессов. По литературным данным, депрессия энзиматических процессов, как и избыточная биохимическая деятельность микроорганизмов, неблагоприятна для плодородия почвы [7]. В этом случае важно провести сравнение активностей гидролитических и синтетических биохимических процессов для каждого варианта опыта, чтобы определить наиболее вероятные тенденции направленности трансформации органического вещества почвы (табл. 1).

Для сравнительного анализа экспериментальных данных по ферментативной активности рассчитывали показатели минерализации и гумификации органических веществ в дерново-подзолистой супесчаной почве. В качестве показателей минерализации служила общая активность гидролитических ферментов [10, 20], выполняющих деструкционную функцию (табл. 2).

По биохимическим показателям установлено, что наибольшая активность минерализации органических веществ наблюдается при одностороннем внесении азота  $N_{67,3}$  – 169% и в вариантах с применением парных комбинаций фосфора и калия с азотом –  $N_{67,3}P_{40}$  (167%) и  $N_{67,3}K_{85,7}$  (164%) (табл. 2). В этих вариантах получена высокая среднегодовая продуктивность севооборота – 52,7, 54,6 и 50,9 ц к.ед./га (табл. 1). На остальных вариантах опыта скорость минерализации ниже и варьирует в пределах 131–149%.

Наиболее высокая продуктивность культур 56,7 ц к.ед./га получена при среднегодовом внесении расчетной дозы минеральных удобрений  $N_{67,3}P_{40}K_{85,7}$ , что обеспечило и более сберегающий уровень минерализации органического вещества (142%) по сравнению с парными комбинациями NK, NP и односторонним внесением азота (табл. 1, 2). Активность минерализационных процессов в почве при внесении половинной дозы минеральных удобрений была на уровне 119%, продуктивность – 49,4 ц к.ед./га.

Таблица 2

### Активность минерализационных процессов в дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант опыта	Инвертаза	Уреаза	Минерализация, %
Контроль без удобрений	100	100	100
Навоз (последействие) – фон	134	127	131
$N_{67,3}K_{85,3}$	167	160	164
НРК – последействие	139	143	141
$N_{67,3}P_{40}K_{85,3}$ (расчетная доза)	154	130	<b>142</b>
$N_{32,7}P_{20}K_{42,7}$ ( $\frac{1}{2}$ НРК)	122	115	119

Вариант опыта	Инвертаза	Уреаза	Минерализация, %
$P_{40}$	176	121	149
$N_{67,3}P_{40}$	183	150	167
$K_{85,3}P_{40}$	164	127	146
$N_{67,3}$	185	152	169

Таким образом, сберегающий уровень минерализации органических веществ (142%) и высокую продуктивность севооборота (56,7 ц к.ед./га) обеспечивает внесение расчетной дозы  $N_{67,3}P_{40}K_{85,7}$ ; одностороннее внесение азота  $N_{67,3}$ , а также применение парных комбинаций  $N_{67,3}K_{85,7}$  и  $N_{67,3}P_{40}$  приводит к избыточному повышению гидролитической активности и усилению минерализации органического вещества до 169%, 164% и 167% соответственно по сравнению с контролем без удобрений.

В качестве показателей гумификации служила общая активность окислительных ферментов, ответственных за гумификацию растительных лигнинов [10, 14]. Диапазон варьирования показателей интенсивности синтетических процессов оказался меньше, чем для показателей минерализации органических соединений. Отмечена тенденция повышения скорости гумификации в вариантах с ежегодным внесением фосфора  $P_{40}$  (с.а.), а также при его сочетании с азотом  $N_{67,3}P_{40}$  и калием  $K_{85,7}P_{40}$  (с.а.). При одностороннем внесении азота также наблюдали тенденцию усиления гумификации (табл. 3).

Однако во всех вариантах полевого эксперимента, кроме внесения половины расчетной дозы NPK, активность минерализационных процессов заметно превышала активность гумификации (табл. 2, 3).

Содержание гумуса в пахотном слое изменялось в пределах ошибки опыта (табл. 3).

Таблица 3

**Активность гумификационных процессов  
в дерново-подзолистой супесчаной почве**

Вариант опыта	ПФО	ПО	Гумус, %	Гумификация, %	Г/М
Контроль без удобрений	100	100	2,15	100	1,00
Навоз (последействие) – фон	108	108	2,06	108	0,82
$N_{67,3}K_{85,7}$	110	112	2,19	111	0,68
NPK – последействие	114	117	2,15	115	0,82
$N_{67,3}P_{40}K_{85,7}$ (расчетная доза)	110	112	2,17	111	0,78
$N_{32,7}P_{20}K_{42,7}$ ( $\frac{1}{2}$ NPK)	106	107	2,13	107	0,90

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Окончание табл. 3

Вариант опыта	ПФО	ПО	Гумус, %	Гумификация, %	Г/М
P <sub>40</sub>	118	120	2,23	119	0,80
N <sub>67,3</sub> P <sub>40</sub>	120	123	2,17	<b>122</b>	0,73
K <sub>85,3</sub> P <sub>40</sub>	121	124	2,28	123	0,84
N <sub>67,3</sub>	125	128	2,32	<b>127</b>	0,75
НСР			0,39		

### ВЫВОДЫ

1. При внесении среднегодовой дозы минеральных удобрений N<sub>67,3</sub>P<sub>40</sub>K<sub>85,7</sub> получена максимальная в опыте за 15 лет (с 1999 г.) среднегодовая продуктивность 56,7 ц к.ед./га.

При применении парных комбинаций N<sub>67,3</sub>P<sub>40</sub>, N<sub>67,3</sub>K<sub>85,7</sub> и P<sub>40</sub>K<sub>85,7</sub> (последствие калия или фосфора, или азота) продуктивность формировалась на 2,1, 5,8 и 6,6 ц к.ед./га ниже – 54,6 ц к.ед./га, 50,9 и 50,1 ц к.ед./га соответственно.

При одностороннем применении азотных N<sub>67,3</sub> или фосфорных P<sub>40</sub> удобрений продуктивность формировалась на 4,0 и 15,6 ц к.ед./га ниже – 52,7 ц к.ед./га и 41,1 ц к.ед./га соответственно.

2. Получены новые количественные данные по влиянию минеральных удобрений и последствию остаточных количеств азотных, фосфорных и калийных удобрений на интенсивность биохимических процессов минерализации и гумификации органических веществ в дерново-подзолистой супесчаной почве. Установлено, что дисбаланс минерального питания вызывает усиление биохимической деятельности микробных сообществ, особенно в отношении гидролитической трансформации (минерализации) органических веществ.

Сберегающий уровень минерализации органических веществ (142%) при высокой среднегодовой (15 лет – 1999–2013 гг.) продуктивности сельскохозяйственных культур (56,7 ц к.ед./га) обеспечивает среднегодовое внесение расчетной дозы N<sub>67,3</sub>P<sub>40</sub>K<sub>85,7</sub>; одностороннее внесение азотного удобрения N<sub>67,3</sub>, а также применение парных комбинаций N<sub>67,3</sub>K<sub>85,7</sub> и N<sub>67,3</sub>P<sub>40</sub> приводит к избыточному усилению минерализации органических веществ до 169%, 164% и 167% соответственно по сравнению с контролем без удобрений (100%).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Длительность последствия остаточных количеств фосфорных и калийных удобрений / В.В. Лапа [и др.] // Весці Нац. акад. навук. Сер. с.-г. навук. – 2012. – № 2. – С. 49–56.

2. Лапа, В.В. Удобрения как фактор повышения продуктивности земледелия и воспроизводства плодородия почв – состояние и перспективы / В.В. Лапа // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – № 1(34). – С. 38–42.

3. Минеев, В.Г. Плодородие и биологическая активность дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений и их последствии / В.Г. Минеев, И.Ф. Гомонова, М.Ф. Овчинникова // *Агрохимия*. – 2004. – № 7. – С. 5–10.
4. Пчелкин, В.У. Почвенный калий и калийные удобрения / В.У. Пчелкин. – М.: Колос, 1966. – С. 26–27.
5. Горбунов, Н.И. Минералогия и коллоидная химия почв / Н.И. Горбунов. – М.: Наука, 1978. – С. 23–32.
6. Синягин, И.И. Превращения фосфорных и калийных удобрений в почве и повышение их усвояемости / И.И. Синягин; МСХ СССР, ВНИИНТИ. – М., 1969. – С. 6–24.
7. Звягинцев, Д.Г. Биология почв / Д.Г. Звягинцев, И.Л. Бабьева, Г.М. Зенова. – М.: МГУ, 2005. – 445 с.
8. Dick, R.P. A review: long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters / R.P. Dick // *Agr. Ecosys. Environ.* – 1992. – № 40. – P. 25–36.
9. Туев, Н.А. Экологические проблемы интенсивного земледелия / Н.А. Туев // *Вестн. с.-х. науки*. – 1988. – № 2. – С. 91–95.
10. Влияние системы удобрения на ферментативную активность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы / В.В. Лапа [и др.] // *Почвоведение и агрохимия*. – 2012. – № 2(49). – С. 187–200.
11. Биологическая активность дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от обеспеченности подвижным фосфором / Н.А. Михайловская [и др.] // *Почвоведение и агрохимия*. – 2011. – № 1(46). – С. 243–252.
12. Ферментативная активность дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы при разной обеспеченности подвижным калием / Н.А. Михайловская [и др.] // *Почвоведение и агрохимия*. – 2011. – № 2(47). – С. 112–120.
13. Speir, T.W. Hydrolytic Enzyme Activities to Assess Soil Degradation and Recovery / T.W. Speir, D.J. Ross // *Enzymes in the environments: activity, ecology and applications* / eds. R.G. Burns, R.P. Dick. – 2002. – P. 407–431.
14. Martin, J.P. Comparison of the use of phenolase and peroxidase for the synthesis of model humic acid type polymers / J.P. Martin, K.A. Haider // *Soil Sci. Soc. Amer. J.* – 1980. – Vol. 44, № 5. – P. 983–988.
15. Михайловская, Н.А. Влияние системы удобрения на ферментативную активность дерново-подзолистой супесчаной почвы / Н.А. Михайловская, О. Миканова, О.В. Рудько // *Почвоведение и агрохимия*. – 2007. – № 2(39). – С. 186–195.
16. Щербакова, Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества / Т.А. Щербакова. – Минск: Наука и техника, 1983. – 221 с.
17. Карагіна, Л.А. Визначенне актыўнасці поліфенолаксідазы і пераксідазы ў глебе / Л.А. Карагіна, Н.А. Міхайлоўская // *Весці АН БССР. Сер. с.-г. навук*. – 1986. – № 2. – С. 40–41.
18. Туев, Н.А. Микробиологические процессы гумусообразования / Н.А. Туев. – М.: Агропромиздат. – 1989. – 237 с.
19. Ацци, Ж. Сельскохозяйственная экология / Ж. Ацци. – М.: Ил, 1959. – 479 с.

20. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties / F. Gil-Sotres [et al.] // Soil Boil. Biochem. – 2005. – Vol. 37. – P. 877–887.

**EFFECT OF MINERAL FERTILIZER AND AFTEREFFECT OF PHOSPHORUS AND POTASSIUM FERTILIZATION ON CROP PRODUCTIVITY AND ENZYMATIC ACTIVITY OF LUVISOL LOAMY SAND SOIL**

V.V. Lapa, N.A. Mikhailouskaya, N.N. Ivakhnenko, T.V. Poghirnitskaya

**Summary**

Environmentally acceptable level of organic substances mineralization (142%) and high crop rotation productivity (56,7 c f.u./ha) were observed as a result of annual application of N67,3P40K85,7. The introduction of N67,3, as well as combinations N67,3K85,7 and N67,3P40 resulted in surplus enhancement of organic substances mineralization (169%, 164%, 167%) compared control treatment (100%).

*Поступила 26.11.13*

УДК 633.31/37:631.8:631.559:631.445.24

**ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК УДОБРЕНИЯМИ ЖИДКИМИ КОМПЛЕКСНЫМИ С ДОБАВКАМИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО МНОГОЛЕТНИХ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВΟΣМЕСЕЙ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ГЛЕЕВОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ**

**И.Н. Хатулев<sup>1</sup>, Г.В. Пироговская<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>КУПП «Витебская ОПИСХ», г. Витебск, Беларусь*

*<sup>2</sup>Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

**ВВЕДЕНИЕ**

Одной из важнейших проблем сельского хозяйства республики является дефицит растительного белка. Белок (протеин) является одним из основных компонентов кормов, обеспечивающих жизнедеятельность всего разнообразия животных организмов. В его состав входят: углерод, водород, кислород, азот, сера и иногда фосфор. Наиболее характерно для белка наличие в его молекуле азота. Недостаток белка в кормопроизводстве в настоящее время, по разным оценкам, составляет 20–25% от общей потребности.

В кормопроизводстве оценка качества кормов необходима для правильной организации и объективной оплаты труда, в животноводстве – для эффективного

балансирования рационов исходя из состава, питательности кормов и потребности животных. Поскольку качество любого вида корма во многом определяется содержанием в нем белка, углеводов, витаминов, минеральных и других веществ, то уровень содержания и биологическая ценность этих веществ в кормах имеет важное значение для полноценного кормления животных и эффективности использования самих кормов. В связи с перечисленным всестороннее изучение питательности кормов имеет большую практическую ценность для правильного их использования [1, 2].

Известно, что на урожайность и качество многолетних трав большое влияние оказывают минеральные удобрения. Зачастую при высоких дозах, особенно азотных нитратных удобрений, при несбалансированном внесении **НРК** наблюдается существенный рост небелкового (нитратного) азота, который оказывает отрицательное действие на животных, человека и окружающую среду.

Эффективность минеральных удобрений на кормовых землях зависит от плодородия почвы, степени увлажнения, возраста травостоя, его ботанического состава, сроков и доз применения удобрений, режимов использования травостоя, частоты отчуждения зеленой массы, погодных условий в период вегетации растений. Большое значение имеет система удобрения злаковых и бобово-злаковых травостояев.

Для повышения продуктивности кормовых земель и улучшения качества кормов необходимо сбалансированное применение минеральных удобрений. Обеспечение многолетних травосмесей основными элементами минерального питания определяется их содержанием в почвах, планируемым урожаем и выносом элементов питания.

В Республике Беларусь под многолетние бобово-злаковые травосмеси (в зависимости от планируемой урожайности сена, 40–100 ц/га) рекомендуются следующие дозы минеральных удобрений: азотных – 50–90 кг/га д.в., фосфорных и калийных (в зависимости от содержания подвижных форм фосфора и калия в почве) – 20–100 и калия – 30–150 кг/га д.в. соответственно [3, 4, 5, 6, 7].

Известно применение под многолетние травы комплексных минеральных удобрений и некорневых подкормок удобрениями жидкими комплексными, которые обеспечивают растения необходимыми элементами питания на всем протяжении периода вегетации, позволяют формировать травостой с высокой урожайностью при снижении антропогенной нагрузки на окружающую среду [8, 9, 10, 11].

Исследования по оценке влияния некорневых подкормок удобрениями жидкими комплексными с хелатными формами микроэлементов на урожайность и качество многолетних бобово-злаковых травосмесей на фоне внесения стандартных и новых форм комплексных удобрений с добавками микроэлементов на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах, которые наиболее распространены в Витебской области, не проводилось, что и определило цель и задачи исследований.

## **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

Изучение применения некорневых подкормок в технологии возделывания многолетних бобово-злаковых травосмесей и их влияния на урожайность и качество многолетних трав первого–третьего года проводилось (2010–2012 гг.)

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

на дерново-подзолистой глеевой, развивающейся на легком суглинке, подстилаемом с глубины 0,3–0,8 м моренными отложениями, почве в экспериментальной базе РУП «Витебский зональный институт сельского хозяйства НАН Беларуси» (п. Тулово Витебского района Витебской области).

Агрохимические показатели пахотного слоя перед закладкой опыта (среднее по вариантам): рН в КСl – 5,95,  $P_2O_5$  – 220 и  $K_2O$  – 171 мг/кг почвы, содержание гумуса – 3,02%, бора – 0,73 мг/кг почвы, подвижной меди – 3,80, цинка – 3,97 мг/кг почвы.

Состав бобово-злаковой травосмеси был следующий: клевер луговой (долголетний) – 2,5 кг/га, люцерна – 10 кг/га, тимopheевка луговая – 3,5 кг/га, кострец безостый – 12 кг/га (46% бобовых в травосмеси). Покровная культура (райграс однолетний) – 8 кг/га.

Общая площадь делянок – 30 (10 x 3) м<sup>2</sup>. Повторность вариантов – 4-кратная.

В качестве жидких минеральных удобрений для некорневых подкормок многолетних бобово-злаковых травосмесей использовали новые формы удобрений жидких комплексных для бобовых, марка N:P:K = 5–7–10 с В и Zn (в хелатной форме), которые применялись в фазу начало бутонизации бобово-злаковых травосмесей в дозе 4 л/га при рабочем растворе 300 л/га (под первый (2010–2012 гг.) и второй укосы (2011–2012 гг.)).

Эффективность некорневых подкормок изучалась на фоне внесения стандартных туков (карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий), комплексных удобрений без добавок, комплексных удобрений с добавками микроэлементов (NPK с В, Zn) и жидких азотно-калийных удобрений, которые являлись базовыми вариантами.

Закладку, проведение опыта, уборку урожая осуществляли в соответствии с методическими указаниями по проведению полевых опытов [12].

В почвенных образцах определяли: гумус – ГОСТ 26213–84; обменную кислотность рН (КСl) – потенциметрическим методом, ГОСТ 26483–85; содержание подвижного фосфора – по Кирсанову на фотоэлектроколориметре, ГОСТ 26207–84; содержание подвижного калия – по Кирсанову на пламенном фотометре, ГОСТ 280207–84; кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре.

Отбор растительных образцов (основной и побочной продукции) и их анализ проводили: отбор проб – ГОСТ 18691–83; определение азота после мокрого озоления (смесью серной кислоты и перекиси водорода) – ГОСТ 13496.4–93 п. 2; содержание сырого протеина – путем умножения содержания азота на коэффициент 6,25 [13].

Температура воздуха и осадки в годы исследований приведены по данным наблюдений на Витебской гидрометеостанции. Гидротермический коэффициент (ГТК), по месяцам и за вегетационный период, рассчитывался по Г.Т. Селянинову.

Статистическая обработка результатов исследований проведена по Б.А. Доспехову с использованием программ дисперсионного и корреляционного анализа на ЭВМ [12].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Урожайность и качество многолетних трав зависят от погодных условий периода вегетации, систем удобрения и видовых особенностей растений. Метеорологические условия (температура воздуха и осадки) в период возделывания многолетних трав в условиях 2010–2012 гг. отличались от среднемноголетних как по месяцам, так и за весь вегетационный период.

Гидротермический коэффициент в период вегетации трав (апрель–сентябрь) изменялся в 2010 г. в пределах от 0,49 (июль) до 2,51 (сентябрь); в 2011 г. – от 0,84 (апрель) до 2,50 (июль); в 2012 г. – от 0,74 (июль) до 3,91 (апрель), а в среднем за 4–9 месяцев в 2010 г. составил 1,66, в 2011 г. – 1,61, в 2012 г. – 1,87 при среднемноголетнем – 1,69. Вегетационный период в 2010 г. и 2011 г. был близким к среднемноголетним значениям, 2012 г. – влажный.

Сумма активных температур воздуха во все годы исследований за вегетационный период многолетних трав превышала среднемноголетние значения (2425,6 °С), в том числе в 2010 г. – в 1,25 раза, в 2011 г. – в 1,18 и в 2012 г. – в 1,12 раза. Отмечались засушливые условия в отдельные периоды вегетации, что отрицательно сказывалось на росте и развитии многолетних бобово-злаковых травосмесей.

Урожайность зеленой и сухой массы многолетних бобово-злаковых трав в условиях 2010–2012 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве приведена в таблицах 1–2.

Результаты исследований показали, что урожайность зеленой массы многолетних бобово-злаковых травосмесей первого года (2010 г.) была низкой и изменялась в зависимости от вариантов опыта в пределах от 56,5 до 68,8 ц/га. Это объясняется тем, что погодно-климатические условия года в северо-восточном регионе Беларуси были неблагоприятными для возделывания многолетних бобово-злаковых травосмесей (июль – очень засушливый (ГТК – 0,49), сентябрь – очень влажный (ГТК – 2,51)). Урожайность многолетних бобово-злаковых травосмесей на фоне стандартных удобрений составила 56,5 ц/га, сухой массы – 22,6 ц/га, на фоне комплексных без добавок – 59,5 и 20,8 ц/га, на фоне жидких азотно-калийных удобрений – 67,0 и 32,7 ц/га. Применение некорневой подкормки удобрением жидким комплексным на фоне внесения стандартных туков обеспечило увеличение урожайности зеленой массы на 4,0 и сухой – на 1,9 ц/га; на фоне комплексного удобрения без добавок – на 0,8 и 6,9 ц/га; на фоне комплексного NPK с B, Zn – на 4,0 и 7,9 ц/га (при урожайности зеленой массы 63,5 и сухой – 28,7 ц/га) соответственно, на фоне жидких азотно-калийных удобрений урожайность зеленой массы повысилась на 1,8 ц/га без увеличения урожайности сухой массы.

Среднегодовая (среднее за три года) урожайность зеленой массы в вариантах с удобрениями изменялась в пределах от 320 до 370 ц/га. Прибавка урожайности зеленой массы бобово-злаковой травосмеси от применения некорневой подкормки удобрением жидким комплексным на фоне стандартных туков составила 30 ц/га при увеличении окупаемости 1 кг NPK зеленой массой в размере 10,2 кг, соответственно на фоне комплексного удобрения без добавок – 32 ц/га и 11,6 кг зеленой массы, от NPK с B, Zn – 37 ц/га и 13,4 кг, от жидкого азотно-калийного – 12 ц/га и 4,7 кг зеленой массы (табл. 1).

Таблица 1

Влияние некорневых подкормок удобрениями жидкими комплексными (для бобовых) на урожайность зеленой массы бобово-злаковой травосмеси на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, 2010–2012 гг.

Вариант	Урожайность зеленой массы, ц/га						Среднее 2010–2012 гг.		Окупаемость 1 кг НРК, кг зеленой массы
	2010 г.	2011 г.			2012 г.		ц/га	прибавка к фонам	
		1 укос	2 укос	3 укос	1 укос	2 укос			
1. Контроль без удобрений	51,5	157	129	89	140	105	125	266	–
2. $N_{28}P_{61}K_{122}$ (смесь стандартных удобрений – под первый укос) + $N_{35}K_{50}$ (под второй укос) – фон 1	56,5	193	163	97	165	135	151	320	18,2
3. Фон 1 + некорневая подкормка удобрением жидким комплексным для бобовых (в начале бутонизации, 4 л/га – под первый и второй укос)	60,5	194	162	84	205	162	183	350	28,4
4. $N_{30}P_{56}K_{105}$ (комплексное без микроэлементов – под первый укос) + $N_{35}K_{50}$ (под второй укос) – фон 2	59,5	203	144	97	170	146	180	333	24,3

Окончание табл. 1

Вариант	Урожайность зеленой массы, ц/га						Среднее 2010–2012 г.		Окупаемость 1 кг НРК, кг зеленой массы	
	2010 г.	2011 г.			2012 г.			ц/га		прибавка к фону
		1 укос	2 укос	3 укос	1 укос	2 укос	3 укос			
5. Фон 2 + некорневая подкормка удобрением жидким комплексным для бобовых (в начале бутонизации, 4 л/га – под первый и второй укос)	60,3	220	165	81	213	183	172	365	32,0	35,9
6. $N_{30}P_{56}K_{105}$ (комплексное с В, Zn – под первый укос) + $N_{35}K_{50}$ (под второй укос) + некорневая подкормка удобрением жидким комплексным для бобовых (в начале бутонизации, 4 л/га – под первый и второй укос)	63,5	192	162	104	228	183	177	370	37,0	37,7
7. $N_{25}K_{18}$ (жидкое) + $P_{54}K_{89}$ (смесь стандартных удобрений – под первый укос) + $N_{15}K_{51}$ (под второй укос) – фон 3	67,0	175	170	87	190	155	181	342	–	30,2
8. Фон 3 + некорневая подкормка удобрением жидким комплексным для бобовых (в начале бутонизации, 4 л/га – под первый и второй укос)	68,8	181	169	101	217	156	170	354	12,0	34,9
НСР <sub>05</sub>	6,0	12,1	11,6	6,1	9,3	7,3	8,9	9,1	–	–

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Урожайность зеленой массы многолетних бобово-злаковых травосмесей 2-го года (2011 г.) в первом укосе на фоне стандартных удобрений составила 193 ц/га, на фоне комплексных удобрений без добавок – 203 ц/га, на фоне жидких азотно-калийных удобрений – 175, соответственно во втором укосе – 163, 144 и 170 ц/га, в третьем укосе – 97, 97 и 87 ц/га, а в сумме за три укоса – 453, 444 и 432 ц/га при урожайности в контрольном варианте без применения минеральных удобрений – 375 ц/га (табл. 1).

Урожайность сухой массы многолетних бобово-злаковых травосмесей соответственно в первом укосе в варианте со смесью стандартных туков составила 54,3 ц/га, с комплексными удобрениями без добавок – 53,8 ц/га, на фоне жидких азотно-калийных удобрений – 49,4 ц/га, во втором укосе – 31,4, 31,8 и 50,4 ц/га, в третьем укосе – 19,4, 19,4 и 17,4 ц/га, в сумме за три укоса урожайность в вариантах с удобрениями находилась в пределах от 105,0 до 120,1 ц/га при урожайности на контроле – 93,1 ц/га (табл. 2).

При применении некорневой подкормки удобрением жидким комплексным на фоне внесения стандартных туков наблюдалось увеличение урожайности сухой массы на 10,3 ц/га (в сумме за три укоса); на фоне комплексного удобрения без добавок – на 12,6 и комплексного NPK с B, Zn – на 15,1 ц/га. Что касается применения некорневой подкормки удобрением жидким комплексным на фоне жидких азотно-калийных удобрений, то повышения урожайности сухой массы в 2011 г. не наблюдалось (табл. 2).

Сравнительная оценка эффективности применения минеральных удобрений на многолетних бобово-злаковых травосмесях третьего года в условиях влажного 2012 г. по сравнению с травами второго года (2011 г. – оптимальный вегетационный период) свидетельствует, что урожайность зеленой массы в контрольном варианте без удобрений и со стандартными удобрениями (вар. 2) была на уровне урожайности 2011 г. В вариантах с комплексными удобрениями, а также жидкими азотно-калийными она была выше в 1,12–1,28 раза, чем в 2011 г. (табл. 1). При этом урожайность зеленой массы многолетних бобово-злаковых травосмесей третьего года (2012 г.) в первом укосе на фоне стандартных удобрений составила 165 ц/га, на фоне комплексных удобрений без добавок – 170 ц/га, на фоне жидких азотно-калийных удобрений – 190, во втором укосе – 135, 146 и 155 ц/га, в третьем укосе – 151, 180 и 181 ц/га, а в сумме за три укоса – 451, 496 и 526 ц/га при урожайности на контрольном варианте без применения минеральных удобрений – 370 ц/га. Соответственно, урожайность сухой массы этих травосмесей в первом укосе составила в варианте со стандартными удобрениями 38,7 ц/га, с комплексными удобрениями без добавок – 38,3 ц/га, на фоне жидких азотно-калийных удобрений – 42,5 ц/га, во втором укосе – 25,2, 31,8 и 34,8 ц/га, третьем укосе – 34,9, 39,5 и 41,6 ц/га. В сумме за три укоса урожайность в вариантах с удобрениями находилась в пределах от 98,8 до 131,9 ц/га при урожайности на контроле – 87,4 ц/га.

Таблица 2

Влияние некорневых подкормок удобрениями жидкими комплексными на урожайность сухого вещества бобово-злаковой травосмеси на дерново-подзолистой сулгинистой почве, 2010–2012 гг.

Вариант	Урожайность сухая масса, ц/га										Среднее 2010–2012 гг.	
	2010 г.	2011 г.				2012 г.			ц/га	прибавка к фону		
		1 укос	2 укос	3 укос	сумма	1 укос	2 укос	3 укос			сумма	
1. Контроль без удобрений	19,6	45,5	29,8	17,8	93,1	34,4	20,9	32,1	87,4	66,7	–	
2. $N_{28}P_{61}K_{122}$ (смесь стандартных удобрений – под первый укос) + $N_{35}K_{50}$ (под второй укос) – фон 1	22,6	54,3	31,4	19,4	105,1	38,7	25,2	34,9	98,8	75,5	–	
3. Фон 1 + некорневая подкормка удобрением жидким комплексным для бобовых (в начале бутонизации, 4 л/га – под первый и второй укос)	24,5	55,8	40,7	18,9	115,4	46,5	38,3	39,1	123,9	87,9	12,4	
4. $N_{30}P_{56}K_{105}$ (комплексное без микроэлементов – под первый укос) + $N_{35}K_{50}$ (под второй укос) – фон 2	20,8	53,8	31,8	19,4	105,0	38,3	31,8	39,5	109,6	78,5	–	
5. Фон 2 + некорневая подкормка удобрением жидким комплексным для бобовых (в начале бутонизации, 4 л/га – под первый и второй укос)	27,7	57,6	41,0	19,0	117,6	52,5	38,3	36,7	127,5	90,9	12,4	

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Окончание табл. 2

Вариант	Урожайность сухая масса, ц/га										Среднее 2010–2012 гг.	
	2010 г.	2011 г.				2012 г.				сумма	ц/га	прибавка к фону
		1 укос	2 укос	3 укос	сумма	1 укос	2 укос	3 укос	сумма			
6. N <sub>30</sub> P <sub>56</sub> K <sub>105</sub> (комплексное с B, Zn – под первый укос) + N <sub>35</sub> K <sub>50</sub> (под второй укос) + некорневая подкормка удобрением жидким комплексным для бобовых (в начале бутонизации, 4 л/га – под первый и второй укос)	28,7	55,6	43,8	20,7	120,1	53,9	38,1	39,9	131,9	93,6	15,1	
7. N <sub>25</sub> K <sub>18</sub> (жидкое) + P <sub>54</sub> K <sub>89</sub> (смесь стандартных удобрений – под первый укос) + N <sub>15</sub> K <sub>51</sub> (под второй укос) – фон 3	32,7	49,4	50,4	17,4	117,2	42,5	34,8	41,6	118,9	89,6	–	
8. Фон 3 + некорневая подкормка удобрением жидким комплексным для бобовых (в начале бутонизации, 4 л/га – под первый и второй укос)	31,0	54,8	44,9	16,3	116,0	53,8	32,6	39,0	125,4	90,8	1,2	
НСР <sub>05</sub>	4,1	6,5	5,7	8,0	–	5,2	2,0	2,7	–	2,1	–	

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве средняя урожайность (2010–2012 гг.) зеленой массы многолетних бобово-злаковых травосмесей на фоне стандартных удобрений составила 320 ц/га, сухой массы – 75,5 ц/га, на фоне комплексных удобрений без добавок – 333 и 78,5 ц/га, на фоне жидких азотно-калийных удобрений – 342 и 89,6 ц/га. Применение некорневой подкормки удобрением жидким комплексным было более эффективным на фоне комплексного NPK с В, Zn и обеспечивало увеличение урожайности зеленой массы на 37 и сухой массы на 15,1 ц/га, на фоне комплексного удобрения без добавок и стандартных туков – 32 и 30 ц/га и 12,4 ц/га, на фоне жидкого азотно-калийного удобрения прибавка зеленой массы составила 12 ц/га без существенного повышения (на 1,2 ц/га) сухой массы (табл. 2).

Влияние некорневых подкормок удобрениями жидкими комплексными на содержание сырого протеина в составе многолетних бобово-злаковых травосмесей приведено в таблице 3.

Результаты исследований (2010–2012 гг.) показали, что в среднем за три года содержание протеина изменялось в зависимости от вариантов опыта в пределах от 16,6 до 18,0%. Следует также отметить, что самое высокое количество сырого протеина было в 2012 г. (от 19,6 до 23,3%) по сравнению с 2011 г. (от 16,3 до 17,5%) и 2010 г. (от 12,3 до 15,8%). По содержанию протеина во все годы исследований качество сухой массы многолетних бобово-злаковых травосмесей относилось к первому классу, так как оно соответствовало требуемым стандартам (содержание сырого протеина должно быть не менее 11%).

Сбор протеина в среднем за три года на контрольном варианте составил 11,5 ц/га, в вариантах с удобрениями – 12,8–16,5 ц/га. Применение некорневой подкормки удобрением жидким комплексным на фоне внесения стандартных туков обеспечило повышение сбора сырого протеина на 3,1 ц/га, на фоне комплексного удобрения без добавок – на 3,3 и комплексного NPK с В, Zn – на 3,5 ц/га, на фоне жидкого азотно-калийного удобрения – на 0,8 ц/га.

Долевое участие бобовых трав в составе многолетних бобово-злаковых травосмесей на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (2010–2012 гг.) представлено в таблице 4.

Учет долевого участия бобовых в составе многолетних бобово-злаковых травосмесей на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (2010–2012 гг.) свидетельствует, что в составе травосмеси как на травах первого (2010 г.) и второго года (2011 г.), так и третьего года (2012 г.) в разных укосах увеличивается доля бобовых (в среднем по всем вариантам опыта) с 49,5% до 50,4–59,2% (первый укос) с 48,4 до 61,8 (второй укос), с 65,2 до 68,0% (третий укос). Что касается изменения долевого участия бобовых трав в составе травосмеси к 2012 г., то этот показатель по вариантам опыта варьировался варьировал в пределах от 55,0 до 60,6% и был выше в 1,03–1,99 раза, чем в 2010 г. (табл. 4).

Приведенные данные (за 2010–2012 гг.) показали, что применение некорневых подкормок удобрениями жидкими комплексными (5–7–10) для бобовых под первый и второй укос многолетних бобово-злаковых травосмесей в фазу начало бутонизации на фоне внесения стандартных и комплексных удобрений является перспективным агротехническим приемом, обеспечивающим повышение урожайности зеленой и сухой массы, содержания и сбора протеина при одновременном увеличении окупаемости 1 кг NPK удобрений.

Таблица 3

Влияние некорневых подкормок удобрений жидкими комплексными на содержание и сбор сырого протеина бобово-злаковыми травосмесями на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, 2010–2012 гг.

Вариант	Сырой протеин, %											сбор протеина, ц/га
	2010 г.	2011 г.			2012 г.			среднее, 2010–2012 гг.	сбор, ц/га			
		1 укос	2 укос	3 укос	среднее	1 укос	2 укос			3 укос	среднее	
1. Контроль без удобрений	13,7	14,4	21,3	16,2	17,3	18,8	20,6	22,9	20,8	17,3	11,5	
2. $N_{28}P_{61}K_{122}$ (смесь стандартных удобрений – под первый укос) + $N_{35}K_{50}$ (под второй укос) – фон 1	14,0	14,0	17,2	18,2	16,5	21,4	20,1	19,3	20,3	16,9	12,8	
3. Фон 1 + некорневая подкормка удобрением жидким комплексным для бобовых (в начале бутонизации, 4 л/га – под первый и второй укос)	14,0	14,0	18,2	18,3	16,8	24,6	22,5	22,8	23,3	18,0	15,9	
4. $N_{30}P_{56}K_{106}$ (комплексное без микроэлементов – под первый укос) + $N_{35}K_{50}$ (под второй укос) – фон 2	12,3	13,8	19,5	16	16,4	21,4	20,8	20,9	21,0	16,6	13,0	
5. Фон 2 + некорневая подкормка удобрением жидким комплексным для бобовых (в начале бутонизации, 4 л/га – под первый и второй укос)	15,2	14,1	17,8	17,1	16,3	21,3	20,4	24,7	22,1	17,9	16,3	

Окончание табл. 3

Вариант	Сырой протеин, %										сбор про-теина, ц/га
	2010 г.	2011 г.			2012 г.			сред-нее, 2010–2012 гг.			
		1 укос	2 укос	3 укос	сред-нее	1 укос	2 укос		3 укос	сред-нее	
6. $N_{30}P_{56}K_{105}$ (комплексное с В, Zn – под первый укос) + $N_{35}K_{50}$ (под второй укос) + некорневая подкормка удобрением жидким комплексным для бобовых (в начале бутонизации, 4 л/га – под первый и второй укос)	15,8	14,8	20,3	17,4	17,5	19,1	19,4	20,2	19,6	17,6	16,5
7. $N_{25}K_{18}$ (жидкое) + $P_{54}K_{89}$ (смесь стандартных удобрений – под первый укос) + $N_{15}K_{51}$ (под второй укос) – <b>фон 3</b>	13,3	14,2	17,5	17,2	16,3	20,5	21,8	19,3	20,5	16,7	15,0
8. Фон 3 + некорневая подкормка удобрением жидким комплексным для бобовых (в начале бутонизации, 4 л/га – под первый и второй укос)	14,0	14,0	17,2	18,2	16,5	21,4	20,1	24,0	21,8	17,4	15,8

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 4  
Долевое участие бобовых культур в составе зеленой массы многолетних бобово-злаковых трав на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, 2010–2012 гг.

Вариант	Доля бобовых трав в составе травосмеси, %								
	2010 г.	2011 г.			2012 г.			среднее 2010–2012 гг.	
		1 укос	2 укос	3 укос	1 укос	2 укос	3 укос		
1. Контроль без удобрений	48,7	50,9	57,6	65,0	61,1	65,0	53,1	57,3	
2. $N_{28}P_{61}K_{122}$ (смесь стандартных удобрений – под первый укос) + $N_{35}K_{50}$ (под второй укос) – <b>фон 1</b>	45,5	57,9	47,1	57,5	52,0	54,2	71,1	55,0	
3. Фон 1 + некорневая подкормка удобрением жидким комплексным для бобовых (в начале бутонизации, 4 л/га – под первый и второй укос)	45,2	42,3	47,9	76,0	66,6	59,5	67,9	57,9	
4. $N_{30}P_{56}K_{105}$ (комплексное без микроэлементов – под первый укос) + $N_{35}K_{50}$ (под второй укос) – <b>фон 2</b>	28,7	59,7	48,6	65,0	56,8	69,6	72,1	57,2	
5. Фон 2 + некорневая подкормка удобрением жидким комплексным для бобовых (в начале бутонизации, 4 л/га – под первый и второй укос)	64,3	61,7	43,5	65,0	58,1	58,7	66,4	59,7	
6. $N_{30}P_{56}K_{105}$ (комплексное с B, Zn – под первый укос) + $N_{35}K_{50}$ (под второй укос) + некорневая подкормка удобрением жидким комплексным для бобовых (в начале бутонизации, 4 л/га – под первый и второй укос)	55,0	44,2	51,1	61,0	61,3	62,8	70,8	58,0	

Вариант	Доля бобовых трав в составе травосмеси, %								
	2010 г.	2011 г.			2012 г.			среднее 2010–2012 г.	
		1 укос	2 укос	3 укос	1 укос	2 укос	3 укос		
7. N <sub>25</sub> K <sub>18</sub> (жидкое)+ P <sub>54</sub> K <sub>89</sub> (смесь стандартных удобрений – под первый укос) + N <sub>15</sub> K <sub>51</sub> (под второй укос) – <b>фон 3</b>	48,6	44,4	45,3	64,0	54,8	61,3	70,3	55,5	
8. Фон 3 + некорневая подкормка удобрением жидким комплексным для бобовых (в начале бутонизации, 4 л/га – под первый и второй укос)	59,9	42,0	55,8	68,0	63,2	63,0	72,5	60,6	
<b>Среднее по вариантам</b>	<b>49,5</b>	<b>50,4</b>	<b>49,6</b>	<b>65,2</b>	<b>59,2</b>	<b>61,8</b>	<b>68,0</b>	<b>57,5</b>	
НСР <sub>05</sub>	8,2	5,2	8,5	6,5	5,4	5,0	3,9		

### ВЫВОДЫ

1. При возделывании многолетних бобово-злаковых травосмесей на дерново-подзолистой глеевой легкосуглинистой почве применение некорневых подкормок удобрениями жидкими комплексными (5–7–10) для бобовых в фазу начало бутонизации трав (под 1 и 2 укос) на фоне внесения стандартных туков ( $N_{28}P_{61}K_{122}$  – под первый укос и  $N_{35}K_{50}$  – под второй), комплексных удобрений без добавок и комплексных NPK с Zn и B ( $N_{30}P_{56}K_{105}$  – под первый укос и  $N_{35}K_{50}$  – под второй) обеспечило повышение урожайности зеленой массы на 30–37 ц/га, сухой массы – на 12,4–15,1 ц/га, увеличение сбора протеина – на 3,1–3,5 ц/га и окупаемости 1 кг NPK удобрений – на 10,2–13,4 кг зеленой массы.

2. Применение некорневых подкормок удобрениями жидкими комплексными (5–7–10) для бобовых в фазу начало бутонизации под первый укос (на фоне  $N_{25}K_{18}$  (жидкое) +  $P_{54}K_{89}$ ) и второй укос (на фоне  $N_{15}K_{51}$ ) многолетних бобово-злаковых травосмесей обеспечило повышение урожайности зеленой массы на 12 ц/га, сухой массы – на 1,2 ц/га, увеличение сбора протеина – на 0,8 ц/га и окупаемости 1 кг NPK удобрений – на 4,7 кг зеленой массы.

3. В составе бобово-злаковых травосмесей второго (2011 г.) и третьего (2012 г.) годов увеличивалось долевое участие бобового компонента (за счет люцерны) в первом укосе до 50,4 и 59,2% по сравнению с травами первого года (49,5%), во втором укосе – 49,6 (2011 г.) – 61,8% (2012 г.) и третьем укосе – 65,2–68,0%.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фицев, А.И. Современная оценка энергетической и протеиновой питательности растительных кормов / А.И. Фицев, Н.Г. Григорьев, А.П. Гаганов // Кормопроизводство. – 2003. – № 12. – С. 29–32.
2. Рымарь, В.Т. Способы приготовления высококачественных кормов / В.Т. Рымарь, И.И. Дубовский, В.А. Прыгунков // Кормопроизводство. – 2005. – № 12. – С. 30–32.
3. Современные технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / М.А. Кадыров, Лужинский, А.М. Кислякова; под общ. ред. Кадырова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2005. – 304 с.
4. Лапа, В.В. Ресурсосберегающая система удобрения сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах / В.В. Лапа, И.М. Богдевич, Н.Н. Ивахненко. – Минск, 2001. – 18 с.
5. Босак, В.Н. Агрэоэкономічная эфектыўнасць прымянення ўдобраў / В.Н. Босак. – Минск, 2005. – 44 с.
6. Система удобрения сельскохозяйственных культур / В.В. Лапа // Справочник агрохимика // В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск, 2007. – С. 166–222.
7. Справочник агрохимика: справ. изд. / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск, 2007. – 390 с.
8. Эффективность применения комплексных удобрений на семенном травостое костреца безостого / Плодородие почв и эффективность применения удобрений: материалы Междунар. науч.-практ. конф, посвящ. 80-летию основания

ин-та, Минск, 5–8 июня 2011 г. / редкол.: В.В. Лапа [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2011. – 336 с.

9. Влияние системы удобрения на урожайность многолетних трав на дерново-подзолистых рыхлосупесчаных почвах / В.И. Сороко [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 1(38). – С. 182–195.

10. Накопление органического вещества корневыми остатками многолетних злаковых и бобово-злаковых травосмесей на дерново-подзолистых рыхлосупесчаных почвах: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Иванова С.Н. и 90-летию со дня рождения Т.Н. Кулаковской, 16–18 фев. 2009 г. / Почва – Удобрение – Плодородие – Урожай / редкол.: В.В. Лапа [и др.]. – Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2009. – С. 218–220.

11. Применение новых форм комплексных удобрений под основные сельскохозяйственные культуры: рекомендации / Г.В. Пироговская [и др.]. – Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2011. – 48 с.

12. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1973. – 335 с.

13. Мальчевская, Е.Н. Оценка качества и зоотехнический анализ кормов / Е.Н. Мальчевская, Г.С. Маленькая. – Минск: Ураджай, 1981. – 143 с.

## **INFLUENCE OF FOLIAR LIQUID MULTI-NUTRIENT FERTILIZING WITH TRACE ELEMENTS ON THE YIELD AND QUALITY OF PERENNIAL LEGUME-GRASS MIXTURES ON SOD-PODZOLIC GLEYSOL LIGHT LOAMY SOILS**

**I.N. Hatulev, H.V. Pirahouskaya**

### **Summary**

The research data on the influence of foliar liquid multi-nutrient fertilizing with trace elements in cultivation of perennial legume-grass mixtures on sod-podzolic gley soil light loam soil in Vitebsk region of the Republic of Belarus (2010–2012) are presented. It was revealed that foliar liquid multi-nutrient fertilizing with trace elements in the cultivation technology of perennial legume-grass mixtures in the first, second and third year for the first and second mowing together with conventional and multiple-nutrient fertilizer application without trace elements, NPK-compound fertilizer with Zn and B and liquid nitrogen potash fertilizer application is an effective agricultural technique. It provides productivity increase in fresh and dry-matter yield, protein content and yield and payback of the cost of mineral fertilizers.

*Поступила 15.11.13*

УДК 635.132/ 8:631.8 (470. 4)

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ГЕРБИЦИДОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ МОРКОВИ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Ю.Н. Плескачев, Е.А. Скороходов**  
*ФГБОУ ВПО «ВолГАУ», г. Волгоград, Российская Федерация*

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Эффективное развитие отрасли овощеводства возможно только при внедрении и освоении инновационных технологий, которые основаны на прогрессивном энергосбережении, значительном снижении затрат, что обеспечит повышение уровня рентабельности производства [1].

Если учесть, что в аграрном производстве решение этих задач неразрывно связано с обработкой почвы, на проведение которой приходится около 40% энергетических и 25% трудовых затрат, то актуальность этой проблемы вполне очевидна [2].

Поэтому применение гербицидов на фоне различных способов обработки почвы при оптимальном режиме орошения и минерального питания должно способствовать снижению материальных ресурсов и получению экономически выгодных урожаев моркови [3].

**Целью исследований** было научное обоснование, разработка и внедрение в производство эффективного комплекса мероприятий по борьбе с сорной растительностью в посевах моркови сорта Нантская на орошаемых светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья.

**Научная новизна** заключается в том, что для условий светло-каштановых почв Волго-Донского междуречья разработан более эффективный комплекс агротехнических и химических приемов в борьбе с засоренностью полей.

#### **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Объект исследований – посевы моркови сорта Нантская.

Исследования проводились на орошаемых землях ООО «ВолгоАгросоюз», расположенного на территории Городищенского района Волгоградской области.

Результаты исследований прошли производственную проверку на орошаемых землях КФХ Шевяхова Г.Д. Городищенского района Волгоградской области, в КХ «Мулюкин» Лопатин В.В. Городищенского района Волгоградской области, в КФХ Петрова Б. И. Среднеахтубинского района Волгоградской области.

Схема опыта включала три варианта обработки почвы: вспашка на 0,25...0,27 м, безотвальная обработка на 0,25...0,27 м и на 0,30...0,32 м.

Эффективность способов обработки изучалась на фоне внесения в осенний период Раундапа 5 л/га и весной – Стомпа и Гезагарда (5 л/га и 4 л/га), а также совместное внесение Раундапа, Стомпа и Гезагарда.

## Схема опыта

Вариант обработки почвы	Внесение гербицидов	
	осенью	весной
Вспашка на 0,25...0,27 м	контроль	контроль
	–	Стомп + Гезагард (5л/га и 4 л/га)
	Раундап 5 л/га	Стомп + Гезагард (5л/га и 4 л/га)
	Раундап 5 л/га	–
Плоскорезная обработка на 0,25...0,27 м	контроль	контроль
	–	Стомп + Гезагард (5л/га и 4 л/га)
	Раундап 5 л/га	Стомп + Гезагард (5л/га и 4 л/га)
	Раундап 5 л/га	–
Безотвальное рыхление на 0,30...0,32 м	контроль	контроль
	–	Стомп + Гезагард (5л/га и 4 л/га)
	Раундап 5 л/га	Стомп + Гезагард (5л/га и 4 л/га)
	Раундап 5 л/га	–

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Опыты закладывались методом последовательных повторений на вариантах с обработкой почвы и при рендомизированном внесении гербицидов. Площадь делянки с обработкой почвы равнялась 600 м<sup>2</sup>. Учетная площадь вариантов с гербицидами – 100 м<sup>2</sup>. Между вариантами по фактору А защитные зоны равнялись 2,8 м, между вариантами по фактору В – 0,6 м.

Почва опытного участка – светло-каштановая, характеризуется маломощными гумусовым горизонтом 15–25 см и содержанием гумуса 1,61%. Наименьшая влагоемкость в слое 0,2 м – 24,2%, а в 0,4 м – 21,2%. Обеспеченность почвы азотом низкая, фосфором – средняя, калием – высокая. Агротехника возделывания культуры строилась в соответствии с существующими зональными рекомендациями.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение взаимосвязи между плотностью почвы и развитием культурных растений является одной из важных задач теоретического обоснования рациональных приемов обработки почвы (табл.1).

Из данных таблицы видно, что после обработки почвы плотность сложения пахотного слоя была равна 1,20...1,23 т/м<sup>3</sup>.

При безотвальной обработке (плуг со снятыми отвалами) на глубину 0,30...0,32 м плотность сложения пахотного слоя, в этот период вегетации, была практически одинаковой с вариантом, где проводилась плоскорезная обработка КПГ–2–150 на глубину 0,25...0,27 м.

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 1

**Плотность сложения почвы в зависимости от обработки  
в слое 0,0...0,3 м т/м<sup>3</sup> в среднем за 2005–2007 гг.**

Вариант обработки почвы	Время определения		
	после обработки	в период формирования корнеплодов	перед уборкой урожая
Вспашка на 0,25...0,27 м	1,23	1,37	1,42
Обработки почвы плоскорезом на 0,25...0,27 м	1,21	1,33	1,47
Безотвальное рыхление на 0,30...0,32 м	1,20	1,32	1,44

Следует отметить, что глубокое рыхление оказывает амортизирующее действие в слое 0,30...0,32 м, в связи с чем плотность сложения почвы несколько снижается.

К концу вегетации более высокая плотность сложения пахотного слоя была в слое 0,3 м на варианте с безотвальным рыхлением и равнялась 1,44...1,47 т/м<sup>3</sup>, что выше, чем при вспашке.

В зависимости от пористости почвы формируются основные агрофизические свойства – водопроницаемость, фильтрация, испаряющая способность и др. Нами представлены результаты расчета пористости почвы в зависимости от способов ее обработки. Согласно этим данным, способы обработки почвы существенно влияли на пористость пахотного слоя (табл. 2).

Таблица 2

**Пористость почвы в зависимости от способов обработки  
в слое 0,3 м в среднем за 2005–2007 гг., %**

Вариант обработки почвы	Время определения		
	после обработки	в период формирования корнеплодов	перед уборкой урожая
Вспашка на 0,25...0,25 м	53,0	48,0	46,0
Плоскорезная обработка почвы на 0,25...0,27 м	54,0	49,0	44,0
Безотвальное рыхление на 0,30...0,32 м	54,0	50,0	45,0

Из данных видно, что в зависимости от обработки почвы пористость пахотного слоя изменялась от 53,0% до 54,0%, при этом самые высокие показатели пористости были на вариантах с безотвальной обработкой КПГ–2–150 и плугом

без отвалов. На фоне этих обработок пористость почвы была выше по сравнению со вспашкой на 1%. Перед уборкой моркови пористость почвы составляла, где проводилась вспашка– 46,0%, а на фоне безотвальных обработок – 44,0 и 45,0%.

Водный режим почвы зависит от свойств самой почвы, условий климата, погоды и особенностей выращиваемых культурных растений и техники их возделывания (табл. 3).

*Таблица 3*

**Количество поливов в периоды вегетации моркови, шт.**

Год	Периоды роста			Количество поливов за вегетацию	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га
	всходы – утолщение корневой шейки	утолщение корневой шейки – техническая спелость	техническая спелость – уборка		
2005	3	10	1	14	4250
2006	3	8	1	12	3550
2007	5	9	2	16	4550

Полив производили дождевальными машинами «Волжанка» ДКШ–64. Режим орошения был дифференцирован по фазам развития моркови и проводился по схеме 85–90–70% от наименьшей влагоемкости.

Общее число поливов за весь период вегетации моркови равнялось от 12,0 шт. в 2006 г. до 16 шт. в 2007 г. В связи с этим оросительные нормы достигали от 3550 до 4550 м<sup>3</sup>/га.

Важным показателем, характеризующим динамику накопления сухого вещества в зависимости от изучаемых приемов, является рост корнеплодов моркови (табл. 4).

*Таблица 4*

**Динамика нарастания массы корнеплодов в период вегетации моркови в среднем за 2005–2007 гг., т/га**

Вариант обработки почвы	Внесение гербицидов		Продолжительность вегетации, сутки						
	осенью	весной	20	40	60	80	100	120	140
Вспашка на 0,25...0,27 м	–	Стомп + Гезагард	1,4	7,8	17,7	34,5	45,2	58,0	59,9
	Раундап	Стомп + Гезагард	1,4	8,0	18,1	36,3	49,7	58,7	63,5
	Раундап	–	1,4	7,7	16,8	31,0	44,5	56,5	56,2

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Окончание табл. 4

Вариант обработки почвы	Внесение гербицидов		Продолжительность вегетации, сутки						
	осенью	весной	20	40	60	80	100	120	140
Плоскорезная обработка на 0,25...0,27 м	–	Стомп + Гезагард	1,4	7,9	17,8	35,3	45,9	58,2	60,1
	Раундап	Стомп + Гезагард	1,4	8,1	19,0	36,8	49,9	60,1	65,3
	Раундап	–	1,4	7,7	16,7	31,6	45,4	56,9	55,7
Безотвальное рыхление на 0,30...0,32 м	–	Стомп + Гезагард	1,4	7,8	17,9	35,7	46,8	58,1	61,2
	Раундап	Стомп + Гезагард	1,4	8,0	19,3	36,7	49,5	59,5	64,2
	Раундап	–	1,4	7,8	16,8	30,8	46,1	57,1	57,2

При анализе данных видно, что более высокая интенсивность накопления сухой биомассы корнеплодов обеспечивается на вариантах с Раундапом и Стомпом + Гезагард на фоне плоскорезной обработки. На этом варианте темпы роста сухого вещества по сравнению с другими вариантами к завершению вегетации моркови сухая масса корнеплодов в зависимости от обработки почвы, внесения гербицидов и продолжительности формирования корнеплодов равнялись 55,7...65,3 т/га.

Известно, что засоренность посевов сельскохозяйственных культур снижает урожай, ухудшает его качество, увеличивает затраты и себестоимость продукции [4].

На орошаемых землях создаются благоприятные условия не только для культурных растений, но и для сопутствующих сорняков [5]. Быстрорастущие и размножающиеся на поливных землях сорные растения расходуют большое количество воды и питательных веществ почвы, ухудшая при этом водный режим, условия питания и освещения культурных растений, поэтому высокая засоренность земель, пригодных для возделывания овощных культур, не позволяет исключить химические средства, а для достижения максимального эффекта необходимо сочетать агротехнические и химические методы борьбы с сорняками (табл. 5).

Из данных таблицы видно что, внесение Раундапа в осенний период, а в весенний период Стомпа и Гезагарда способствует снижению численности сорных растений в посевах моркови в среднем за 2005–2007 гг. На фоне вспашки по сравнению с контролем к уборке урожая количество сорняков снизилось от 98,2 до 13,8 шт./м<sup>2</sup>, а на безотвальных обработках от – 56,0 до 15,6 шт./ м<sup>2</sup> и от 92,1 до 23,0 шт./м<sup>2</sup> соответственно.

При безотвальных обработках сухая масса сорняков достигала 171,2 и 181,7 г/м<sup>2</sup>. Наиболее эффективным вариантом, обеспечивающим снижение сухой массы сорняков, является сочетание, где Раундап вносится в осенний период, Стомп – весной в предпосевную культивацию, а Гезагард – по всходам. При таком сочетании гербицидов в зависимости от способов обработки почвы сухая масса сорняков снижается в 3...5 раз.

Конечной точкой при выращивании сельскохозяйственных культур является сбор урожая (табл. 6).

Таблица 5

**Влияние совместного действия обработки почвы и гербицидов  
на засоренность посевов моркови, шт./м<sup>2</sup>**

Вариант обработки почвы	Осеннее внесение	Внесение гербицидов в весенний период	Год						Среднее	
			2005		2006		2007		формирования корнеплодов	перед уборкой
			время определения							
			начало формирования корнеплодов	перед уборкой	начало формирования корнеплодов	перед уборкой	начало формирования корнеплодов	перед уборкой	начало формирования корнеплодов	
Вспашка на 0,25...0,27 м	без гербицидов	без гербицидов	63,6	98,6	68,6	96,8	65,7	99,3	65,9	98,2
	–	Стомп (5 л/га) + Гезагард (4 кг/га)	0	15,9	0	15,2	0	16,3	0	15,8
	Раундап (5 л/га)	Стомп (5 л/га) + Гезагард (4кг/га)	0	13,8	0	13,7	0	14,0	0	13,8
Безотвальное рыхление на 0,25...0,27 м	Раундап (5 л/га)	–	15,2	36,4	23,6	34,2	28,4	37,3	25,7	35,9
	без гербицидов	без гербицидов	69,3	92,5	42,3	95,8	69,0	99,8	66,8	56,0
	–	Стомп (5 л/га) + Гезагард (4 кг/га)	0	0	15,2	18,3	0	19,9	0	19,1
Безотвальное рыхление на 0,30...0,32 м	Раундап (5 л/га)	Стомп (5 л/га) + Гезагард (4 кг/га)	0	22,1	0	12,2	0	12,5	0	15,6
	Раундап (5 л/га)	–	19,8	38,4	18,9	38,8	21,3	42,5	28,0	39,9
	Без гербицидов	Без гербицидов	72,1	96,6	77,6	89,5	76,3	90,2	75,3	92,1
Безотвальное рыхление на 0,30...0,32 м	–	Стомп (5 л/га) + Гезагард (4 кг/га)	0	28,3	0	29,7	0	28,3	0	28,7
	Раундап (5 л/га)	Стомп (5 л/га) + Гезагард (4 кг/га)	0	22,1	0	19,8	0	27,2	0	23,0
	Раундап (5 л/га)	–	98,9	36,4	37,8	39,6	10,9	37,6	9,2	37,8

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 6

Урожайность корнеплодов моркови в зависимости от изучаемых приемов, т/га

Вариант обработки почвы	Внесение гербицидов		Год			Среднее
	осенью	весной	2005	2006	2007	
Вспашка на 0,25...0,27 м	Контроль	Контроль	30,0	33,0	31,6	31,5
	–	Стомп+Гезагард	52,3	54,3	51,8	52,8
	Раундап	Стомп+Гезагард	60,0	65,6	62,0	62,5
	Раундап	–	37,4	39,8	35,3	37,5
Плоскорезная обработка на 0,25...0,27 м	Контроль	Контроль	32,3	35,6	31,0	32,9
	–	Стомп+Гезагард	55,2	56,9	52,1	54,7
	Раундап	Стомп+Гезагард	64,6	66,3	62,5	64,4
	Раундап	–	38,0	40,7	37,0	38,5
Безотвальное рыхление на 0,30...0,32 м	Контроль	Контроль	32,6	36,3	30,3	33,0
	–	Стомп+Гезагард	56,3	58,2	54,3	56,2
	Раундап	Стомп+Гезагард	62,2	65,3	60,9	62,8
	Раундап	–	36,2	38,1	35,0	36,4
	НСР <sub>05</sub> по фактору А		1,28	1,32	0,48	
	НСР <sub>05</sub> по фактору В		1,48	1,52	0,55	
	НСР <sub>05</sub> взаимодействие (АВ)		1,28	1,32	0,48	

Анализ проведенных исследований показывает, что на вариантах обработки почвы, где гербициды не применялись, урожайность моркови в среднем за 2005...2007 гг. равнялась 31,5 т/га на вспашке и 32,9–33,0 т/га на безотвальных обработках.

Применение Раундапа только в осенний период при выращивании моркови повышает урожайность этой культуры в среднем за 2005...2007 гг. на варианте с отвальной вспашкой на 6,0 и с безотвальным рыхлением соответственно на 5,6...3,4 т/га. Внесение Стомпа до всходов и Гезагарда при появлении всходов (без Раундапа) повышает ее урожайность по сравнению с контролем в зависимости от обработки почвы от 21,3 до 23,2 т/га.

Самая высокая урожайность моркови была при сочетании осеннего внесения Раундапа и весеннего – Стомпа и Гезагарда и достигала в среднем за годы исследований на варианте, где проводилась вспашка, – 62,5 т/га, а на вариантах с плоскорезной обработкой и глубоким рыхлением соответственно 64,4...62,8 т/га.

## ВЫВОДЫ

Проанализировав все вышесказанное, можно сделать вывод о том, что на орошаемых светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья с целью получения 60...65 т/га корнеплодов моркови на фоне внесения  $N_{100}P_{120}K_{100}$  с уровнем рентабельности технологии возделывания моркови 285% необходимо в осенний период в системе зяблевой обработки почвы вносить Раундап в дозе 5 л/га, а весной – Стомп, 5 л/га и Гезагард, 4 кг/га. Более высокая эффективность совместного действия гербицидов обеспечивается при плоскорезной обработке почвы на 0,25...0,27 м.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зволинский, В.П. Количество наземно-корневой массы в зависимости от обработки почвы / В.П. Зволинский, Е.Н. Ефремова // Пути повышения продуктивности орошаемых агроландшафтов в условиях аридного земледелия / сост.: В.П. Зволинский, Н.В. Тютюма, Р.К. Туз; под ред. В.П. Зволинского, Н.В. Тютюма, Р.К. Туз. – М.: Вестник Рос. акад. с.-х. наук, 2012. – С. 49–50.
2. Плескачев, Ю.Н. Способы основной обработки каштановых почв Нижнего Поволжья в зернопаровом севообороте: монография / Ю.Н. Плескачев, И.Б. Борисенко. – Волгоград: Перемена, 2005. – 200 с.
3. Бородычев, В.В. Адаптивные технологии возделывания сопутствующих культур рисовых севооборотов Сарпинской низменности: монография / В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, С.Б. Адыяев. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2012. – 224 с.
4. Тютюма, Н.В. Основание применения ресурсосберегающих способов полива / Н.В. Тютюма, М.П. Мещеряков // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2010 – № 1. – С. 15–18.
5. Ефремова, Е.Н. Биоэнергетическая оценка севооборотов обработки почвы и их сочетания – пути повышения продуктивности орошаемых агроландшафтов в условиях Аридной земли / Е.Н. Ефремова. – М.: Вестник Рос. акад. с.-х. наук, 2012. – С. 42–45.

## EFFICIENCY OF USE SOIL TILLAGE AND HERBICIDES IN CARROT CULTIVATION ON IRRIGATION LANDS OF VOLGOGRAD REGION

Yu.N. Pleskachev, E.A. Skorokhodov

### Summary

Currently, due to the high cost of fertilizer, energy, funds control weeds, pests and plant diseases cost of production increases, and the yield cropping technology, including carrots, reduced. The article contains efficiency of use soil tillage and herbicides in carrot cultivation on irrigation lands of Volgograd region.

*Поступила 30.10.13*

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК КОМПЛЕКСНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ МОРКОВИ**

**Д.Г. Мысливец**

*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

На современном этапе развития сельскохозяйственного производства поставлена задача увеличения продукции овощных культур. Природные условия Беларуси позволяют обеспечить потребность республики в продукции основных овощных культур, в том числе и моркови, за счет собственного производства [1].

Для получения высоких урожаев качественной продукции моркови на сравнительно бедных дерново-подзолистых почвах, распространенных на территории Беларуси, одной из первоочередных задач является оптимизация режима минерального питания на основе внесения удобрений [2]. Важным приемом внесения микроэлементов является некорневая подкормка. Внесение элементов питания и микроэлементов через листовую поверхность – это полезное дополнение к питанию растений. Рациональная листовая подкормка не только дополняет корневое питание, но и корректирует питание культуры в критические периоды вегетации. При листовом питании микроэлементы непосредственно включаются в синтез органических веществ в листьях или переносятся в другие органы растений и участвуют в метаболизме. Некорневое питание, при котором питательные элементы в подвижных формах доставляются в растения, обычно намного эффективнее, чем внесение удобрений в почву. Своевременная некорневая подкормка позволяет обеспечить растения микроэлементами в критические фазы роста и развития, когда они в них больше всего нуждаются [3, 4, 5].

Незаменимо некорневое внесение в периоды с неблагоприятными климатическими условиями, когда затруднено поглощение элементов корневой системой (заморозки, переувлажнение, засуха, экстремально высокие температуры воздуха и грунта, щелочные или кислые почвы и др.). Практика и опыты показывают, что этот прием увеличивает урожайность и улучшает его качество [6].

Целью и задачей наших исследований являлась оценка эффективности применения некорневых подкормок в технологии возделывания моркови столовой.

### **МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования проводили в полевых опытах на дерново-подзолистой, оглеенной внизу, супесчаной, развивающейся на рыхлой супеси, сменяемой связным песком, подстилаемом с глубины 1,1–1,15 м рыхлой супесью, почве в фермерском хозяйстве «Горизонт» Мостовского района Гродненской области. Почва опытного участка имела следующие агрохимические характеристики:  $pH_{KCl}$  – 5,8–5,9, содержание подвижного  $P_2O_5$  очень высокое (более 400 мг/кг почвы),

повышенное содержание  $K_2O$  (244–265 мг/кг почвы), среднее содержание обменного кальция (834–1011), магния (138–161) и серы (6,4–8,4 мг/кг почвы), низкое содержание гумуса (1,01–1,34%). Содержание подвижных соединений бора (вытяжка  $H_2O$ ) было средним (0,6 мг/кг почвы), подвижной меди (вытяжка 0,1 М HCl) – средним (2,2–3,0 мг/кг), марганца (вытяжка 1,0 М HCl) – средним (1,8–2,2 мг/кг почвы), цинка (7,9–9,9 мг/кг почвы) – высоким.

Объект исследований (2011–2013 гг.) – морковь гибрид Рига RZ F1, включенный в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород Республики Беларусь в 2004 г. Это высокоурожайный гибрид типа берликумер, пригодный для употребления в свежем виде, мойки, длительного хранения. От всходов до уборки 110 дней. Ботва очень прочная, что делает этот гибрид пригодным для механизированной уборки. Корнеплод длиной 18–20 см, гладкий, цилиндрической формы, с тупым кончиком. Устойчив к альтернариозу [8].

Предмет исследований:

– удобрения жидкие комплексные для моркови, марка N:P:K 8–4–9–0,15(B)–0,10(Cu)–0,001(Co) и N:P:K 8–4–9–0,15(B)–0,10(Cu)–0,001(Co) – регулятор роста растений Гидрогумат (в этих марках удобрений – медь и кобальт в хелатной форме). Содержание макро- и микроэлементов (г/л): N – 96,6,  $P_2O_5$  – 48,3,  $K_2O$  – 109,0, B – 1,8, Cu – 1,2, Co – 0,012; плотность раствора 1,207 г/см<sup>3</sup>, pH 6–8;

– комплексное водорастворимое удобрение Лифдрил Универсал. Содержание макро- и микроэлементов в этой марке составляло (%): N – 20% (4% нитратного азота, 2,7% аммиачного азота, 13,3% азота мочевины),  $P_2O_5$  – 20%,  $K_2O$  – 20%, MgO – 1%,  $SO_3$  – 1,5%, B – 0,001%, Cu – 0,001%, Fe – 0,01%, Mn – 0,016%, Mo – 0,001%, Zn – 0,007%, хелатообразующий EDTA.

Первая некорневая подкормка проводилась в фазу 2–3 настоящих листьев растений моркови, вторая – в фазу формирования корнеплода. Удобрения жидкие комплексные для моркови применялись в дозе 3,0 л/га (первая подкормка) и 2,0 л/га (вторая подкормка); удобрение комплексное водорастворимое Лифдрил Универсал – в норме 5 кг/га (первая подкормка) и 5 кг/га (вторая подкормка). Расход рабочего раствора составлял 300 л/га.

При применении удобрения жидкого комплексного для моркови в подкормки (3,0 л/га в первую подкормку и 2,0 л/га во вторую) вносилось в сумме: N – 483,0 г/га,  $P_2O_5$  – 241,5,  $K_2O$  – 545,0, B – 9, Cu – 6 и Co – 0,06 г/га. При внесении комплексного водорастворимого удобрения Лифдрил Универсал 10 кг/га за две подкормки (5 + 5 кг/га) вносилось: N – 2,0 кг/га,  $P_2O_5$  – 2,0 и  $K_2O$  – 2,0 кг/га, MgO – 100 г/га,  $SO_3$  – 150 г/га, B и Cu – по 0,1 г/га, Fe – 1,0 г/га, Mn – 1,6 г/га, Mo – 0,1 и Zn – 0,7 г/га.

Посев моркови производился (09.05.2011 г., 19.05.2012 г., 20.05.2013 г.) в гребни с междурядием 0,75 м, при норме высева – 1 млн шт. га.

Площадь делянок в полевых опытах в 2011–2013 гг. составляла 35 м<sup>2</sup> (7 x 5), учетная площадь – 12 м<sup>2</sup>. При ранних сроках уборки моркови (август) учетная площадь делянок составляла 5 м<sup>2</sup>. Повторность вариантов 4-кратная.

Уборка моркови проводилась в два этапа: уборка на раннюю реализацию (18.08.2011 г., 23.08.2012 г., 21.08.2013 г.); позднюю – (15.10.2011 г., 20.10.2012 г., 20.10.2013 г.).

Почвенные образцы отбирались с пахотного и подпахотного горизонтов почвы перед закладкой полевых опытов. Проведение опытов осуществляли

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

в соответствии с методическими указаниями по закладке полевых опытов. Статистическая обработка результатов исследований проведена по Б.А. Доспехову с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа на ПЭВМ, наименьшая существенная разность рассчитывалась с помощью компьютерной программы по годам и блокам.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для объективной оценки некорневых подкормок по вегетирующим растениям в технологии возделывания моркови проведена экономическая оценка по технологической карте, включающей все виды работ (механическую обработку почвы, посев моркови, гербицидные обработки, опрыскивание микроэлементами, а также уборку, отвоз до хранилища и сортировку корнеплодов). Экономическая эффективность рассчитывалась исходя из курса доллара США, равного 9150 руб., цен на удобрения в 2012 г. и стоимости 1 кг корнеплодов моркови – 600 (при ранних сроках уборки) – 350 бел. рублей (при поздних сроках уборки).

Данные о производственных затратах, обусловленных возделыванием моркови на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве и уборкой ее для реализации в ранние сроки, приведены в таблице 1.

В целом за три года исследований урожайность корнеплодов моркови составила 33,6–38,6 т/га. Сравнительная оценка вариантов с применением некорневых подкормок и базового варианта (NPK с микроэлементами, без проведения некорневых подкормок) показывает, что прибавка урожайности от использования жидкого комплексного удобрения с хелатными формами микроэлементов составила 5,0 т/га, от жидкого комплексного удобрения с хелатными формами микроэлементов и регулятора роста растений Гидрогумат – 4,9 т/га. Применение комплексного удобрения Лифдрил Универсал при двукратном внесении обеспечило повышение урожайности на 2,9 т/га.

Максимальная урожайность (38,6 т/га) получена при двукратном применении удобрения жидкого комплексного с микроэлементами на фоне внесения в основную заправку почвы комплексного удобрения. Не отмечено дальнейшего увеличения урожайности корнеплодов моркови от применения некорневой подкормки удобрением жидким комплексным с микроэлементами и регулятором роста растений Гидрогумат (38,5 т/га) (табл. 1.).

Общие производственные затраты на получение урожайности корнеплодов на уровне от 33,6 т/га (контрольный вариант) до 36,5–38,6 т/га (варианты с некорневыми подкормками) составили 12145 для контрольного варианта, 12520 – для варианта с двукратным применением удобрения жидкого комплексного с микроэлементами, 12546 тыс. руб./га – для варианта с двукратным применением удобрения жидкого комплексного с микроэлементами и регулятором роста Гидрогумат и 12787 тыс. руб./га – для вариантов с применением удобрения Лифдрил Универсал (табл. 2).

Чистый доход в базовом варианте составил 8015 тыс. руб./га, или 876 USD/га. Соответственно при применении некорневых подкормок удобрением жидким комплексным с микроэлементами или микроэлементами и регулятором роста растений Гидрогумат увеличивалась величина чистого дохода на 1098–2625 тыс. руб./га,

или на 120–287 USD/га. Наименьшим (996 USD/га) он был в варианте с применением импортного удобрения Лифдрил Универсал.

При внесении под морковь комплексного удобрения с модифицирующими добавками в дозе  $N_{90}P_{64}K_{122}$  уровень рентабельности составил 66,0%. Двукратное опрыскивание посевов моркови микроэлементами на фоне применения комплексного хлорсодержащего удобрения в дозе  $N_{90}P_{64}K_{122}$  с добавками S, B и Cu обеспечивало рентабельность на уровне 71,3–85,0%, что на 5,3–19,0% выше, чем без их применения. При этом более высокий уровень рентабельности обеспечивали жидкие комплексные удобрения с микроэлементами и жидкие комплексные удобрения с микроэлементами и регулятором роста растений Гидрогумат – 84,1–85,0%.

Анализ урожайности корнеплодов при поздних сроках уборки показывает, что после первичного учета урожая наблюдалось его дальнейшее увеличение (до 73,3–81,9 т/га) по сравнению с убранным в августе. Разница в урожайности была выше, чем при ранних сроках уборки в 2,06–2,18 раза. Наименьшая урожайность (73,3 т/га) отмечена на фоновом варианте, где применяли комплексное NPK с S, B, Cu без некорневых подкормок по вегетирующим растениям моркови. Применение некорневых подкормок по вегетации растений моркови всеми изучаемыми препаратами на фоне внесения в основную заправку почвы комплексного NPK = 14–10–19 с S, B, Cu в дозе  $N_{90}P_{64}K_{122}$  обеспечивало увеличение урожайности корнеплодов на 5,9–8,6 т/га. При этом наиболее эффективной была подкормка удобрением жидким комплексным с микроэлементами и регулятором роста растений Гидрогумат при урожайности корнеплодов на уровне 81,9 т/га, с прибавкой 8,6 т/га, или на 11,7% больше фона (табл. 3).

Производственные затраты и экономическая эффективность применения минеральных удобрений и некорневых обработок при поздних сроках уборки моркови рассчитывались с учетом всех производственных затрат от обработки почвы до уборки, без учета производственных затрат на хранение (табл. 3–4).

Общие производственные затраты на получение урожайности корнеплодов на уровне от 73,3 т/га (контрольный вариант) до 79,2–81,9 т/га (варианты с удобрениями и некорневыми подкормками) без учета производственных затрат на хранение составили 12913 тыс. руб./га для контрольного варианта, для варианта с двукратным применением удобрения жидкого комплексного с микроэлементами – 13308 тыс. руб./га, для варианта с двукратным применением удобрения жидкого комплексного с микроэлементами и регулятором роста растений Гидрогумат – 13384 тыс. руб./га, для варианта с двукратным применением удобрения Лифдрил Универсал – 13609 (табл. 3).

Чистый доход на фоновом варианте составил 12742 тыс. руб./га (1393 USD/га), при использовании жидких комплексных удобрений с микроэлементами он возрос в 1,14 раза – до 14517 тыс. руб./га (1587 USD/га). Применение жидких комплексных удобрений с микроэлементами и регулятором роста растений Гидрогумат позволяло получать чистый доход на уровне 15281 тыс. руб./га (1670 USD/га), а чистый доход с 1 га от применения импортного комплексного удобрения Лифдрил Универсал – 14111 тыс. руб./га (1542 USD/га). Все варианты с некорневыми подкормками обеспечили увеличение чистого дохода в пределах от 149 до 277 USD/га, или на 5,0–15,5%.

Таблица 1

Производственные затраты при возделывании моркови на дерново-подзолистой  
рыхлосупесчаной почве при ранних сроках уборки, 2011–2013 гг.

Вариант	Урожай- ность корне- плодов, т/га	Вид затрат, тыс. руб./га							всего
		оплата труда с начисле- ниями	стои- мость семян	стои- мость удоб- рений	стои- мость СЗР	ГСМ	амор- тизация	прочие затраты	
1. N <sub>90</sub> P <sub>64</sub> K <sub>122</sub> комплексное с S; B, Cu (основное внесение) – фон	33,6	829	3000	1783	1382	803	2495	1853	12145
2. Фон + некорневые подкормки удобрением жидким комплексным (N:P:K = 8-4-9 с B, Cu, Co)	38,6	907	3000	1910	1382	839	2572	1910	12520
3. Фон + некорневые подкормки Лифдрип	36,5	883	3000	2107	1382	837	2627	1951	12787
4. Фон + некорневые подкормки удобрением жидким комплексным (N:P:K = 8-4-9 с B, Cu, Co, регуля- тор роста растений Гидрогумат)	38,5	906	3000	1928	1382	839	2577	1914	12546
НСР <sub>05</sub>	3,9	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 2  
**Экономическая эффективность применения комплексных удобрений при возделывании моркови на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве при ранних сроках уборки, 2011–2013 гг.**

Вариант	Стоимость продукции, тыс. руб.	Всего затрат, тыс. руб.	Себестоимость 1 т корнеплодов, тыс. руб.	Чистый доход на 1 га		Рентабельность, %
				тыс. руб.	дол. США	
1. N <sub>90</sub> P <sub>64</sub> K <sub>122</sub> комплексное с S; B, Cu (основное внесение) – фон	20160	12145	361	8015	876	66,0
2. Фон + некорневые подкормки удобрением жидким комплексным (N:P:K = 8–4–9 с B, Cu, Co)	23160	12520	324	10640	1163	85,0
3. Фон + некорневые подкормки Лифдрип	21900	12787	350	9113	996	71,3
4. Фон + некорневые подкормки удобрением жидким комплексным (N:P:K = 8–4–9 с B, Cu, Co, регулятор роста растений Гидрогумат)	23100	12546	326	10554	1153	84,1

Таблица 3

Производственные затраты на возделывание моркови на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве при поздних сроках уборки (без производственных затрат на хранение), 2011–2013 гг.

Вариант	Урожайность корнеплодов, т/га	Вид затрат, тыс. руб./га							
		оплата труда с начислениями	стоимость семян	стоимость удобрений	стоимость СЗР	ГСМ	амортизация	прочие затраты	всего
1. N <sub>90</sub> P <sub>64</sub> K <sub>122</sub> комплексное с S; B, Cu (основное внесение) – фон	73,3	1282	3000	1783	1382	843	2653	1970	12913
2. фон + некорневые подкормки удобрением жидким комплексным (N:P:K = 8–4–9 с B, Cu, Co)	79,5	1373	3000	1910	1382	879	2734	2030	13308
3. фон + некорневые подкормки Лифдрип	79,2	1369	3000	2107	1382	879	2796	2076	13609
4. фон + некорневые подкормки удобрением жидким комплексным (N:P:K = 8–4–9 с B, Cu, Co, регулятор роста растений Гидрогумат)	81,9	1400	3000	1928	1382	882	2750	2042	13384
НСР <sub>05</sub>	4,5	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 4  
**Экономическая эффективность применения комплексных удобрений при возделывании моркови на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве при поздних сроках уборки (без производственных затрат на хранение), 2011–2013 гг.**

Вариант	Стоимость продукции, тыс. руб.	Всего затрат, тыс. руб.	Себестоимость 1 т корнеплодов, тыс. руб.	Чистый доход на 1 га		Рентабельность, %
				тыс. руб.	дол. США	
1. N <sub>90</sub> P <sub>64</sub> K <sub>122</sub> комплексное с S; B, Cu (основное внесение) – фон	25655	12913	176	12742	1393	98,7
2. Фон + некорневые подкормки удобрением жидким комплексным (N:P:K = 8-4-9 с B, Cu, Co)	27825	13308	167	14517	1587	109,1
3. Фон + некорневые подкормки Лифдрип	27720	13609	172	14111	1542	103,7
4. Фон + некорневые подкормки удобрением жидким комплексным (N:P:K = 8-4-9 с B, Cu, Co, регулятор роста растений Гидрогумат)	28665	13384	163	15281	1670	114,2

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

В целом рентабельность по вариантам опыта изменялась и была на уровне 98,7–114,2%. Ее значения были максимальными (соответственно 109,1 и 114,2%) при использовании жидкого комплексного удобрения с микроэлементами и жидкого комплексного удобрения с микроэлементами и регулятором роста растений Гидрогумат. Наименьшую рентабельность (103,7%) показал вариант с применением удобрения Лифдрил Универсал (табл. 4).

Если сравнивать общие производственные затраты при поздних и ранних сроках уборки (без затрат на хранение) корнеплодов моркови, то при поздних сроках они увеличиваются в 1,06–1,07 раза, а рентабельность возрастает в 1,3–1,5 раза (в зависимости от вариантов опыта).

### ВЫВОДЫ

Полученные экспериментальные данные на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве при возделывании моркови в условиях 2011–2013 гг. позволяют сделать следующие выводы:

1. Применение некорневых подкормок удобрениями жидкими комплексными с микроэлементами или с микроэлементами и регулятором роста растений Гидрогумат, комплексными водорастворимыми удобрениями Лифдрил в технологии возделывания моркови на фоне основного внесения в почву комплексного NPK с S, B, Cu является перспективным агротехническим приемом, позволяющим увеличить урожайность и улучшить качество корнеплодов.

2. В среднем за 2011–2013 гг. применение некорневых подкормок обеспечило увеличение урожайности корнеплодов при раннем сроке уборки на 2,9–5,0 т/га, чистого дохода – на 1098–2625 тыс. руб./га (120–287 USD/га). При поздних сроках уборки урожайность увеличилась на 5,9–8,6 т/га, чистый доход – на 1369–2539 тыс. руб./га (149–277 USD/га).

3. Уровень рентабельности при использовании некорневых подкормок при возделывании моркови столовой находился в пределах 71,3–85,0% при уборке на раннюю реализацию, в пределах 103,7–114,2% – при поздних сроках уборки.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аутко, А.А. Технология возделывания овощных культур / А.А. Аутко. – Минск: Красико-Принт, 2001 – 272 с.
2. Биологически активные вещества пищевых продуктов: справочник / В.В. Петрушевский [и др.]; под ред. В.В. Петрушевского. – Киев: Техніка, 1985. – 182 с.
3. Анспок, П.И. Микроудобрения: справочник / П.И. Анспок. – 2-е изд., переработ. и доп. – Л.: Агропромиздат, 1990. – 272 с.
4. Нейгебауэр, Э.Ф. Комплексные удобрения для некорневых подкормок / Э.Ф. Нейгебауэр // Химизация сельского хозяйства. – 1988. – № 9. – С. 46–48.
5. Лукьяненко, Е.А. Некорневые подкормки белокочанной капусты / Е.А. Лукьяненко // Вестник овощевода. – 2011. – № 3. – С. 36–40.
6. Богдевич, И.М. Некорневые подкормки сельскохозяйственных культур марганцем / И.М. Богдевич // Международный аграрный журнал. – 2001. – № 5. – С. 17–20.

7. Ассортимент овощных культур для открытого грунта / Райк Цваан 2007/2008 [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: [http://www.rijkszwaan.ru/rzz/ru/siteru.nsf/0/C49E528A5C1063C3C125745F00286597/\\$FILE/Fruitcrops\\_lettuce\\_brochure.pdf](http://www.rijkszwaan.ru/rzz/ru/siteru.nsf/0/C49E528A5C1063C3C125745F00286597/$FILE/Fruitcrops_lettuce_brochure.pdf). – Дата доступа: 12.01.2011.

## **ECONOMIC EFFICIENCY FROM FOLIAR FERTILIZATION IN CARROT CULTIVATION TECHNOLOGY**

**D.G. Myslivets**

### **Summary**

The article contains economic efficiency from foliar fertilization by domestic and foreign preparations in carrot cultivation technology. The influence of fertilizer on carrot productivity for early and late terms of harvesting, production expenses, product cost, income and profitability is shown.

*Поступила 15.11.13*

---

## РЕФЕРАТЫ

УДК 631.461.5:631.559:633.22

**Лапа В.В., Ивахненко Н.Н.** Продуктивность севооборотов, баланс элементов питания и изменение плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы при длительном применении удобрений // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 8–31.

В длительном (1987–2009 гг.) стационарном полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве в пяти севооборотах изучали влияние доз и соотношений минеральных удобрений на продуктивность культур и динамику агрохимических показателей пахотного слоя. Установлено, что максимальная среднегодовая продуктивность севооборотов – 78,4 ц к.ед./га – была обеспечена при среднегодовом применении **N94P86K138** и **N106P53K94** на фоне **14,8 т органических** удобрений на гектар. При этом кислотность пахотного слоя и содержание подвижного фосфора повысились на 0,37 и 0,27 ед. и на 122 и 73 мг/кг почвы соответственно при сохранении содержания органического вещества. Содержание подвижного калия при среднегодовом внесении **N94P86K138** повысилось на 46 мг/кг, а при внесении **N106P53 K94** снизилось на 72 мг/кг почвы.

Табл. 10. Библиогр. 15.

### 1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 630\*266:631.445

**Черныш А.Ф., Волович П.И., Устинова А.М.** Полезащитные лесные полосы в рациональном землепользовании на осушенных дефляционноопасных почвах Белорусского Полесья // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 32–42.

В статье представлена агротехнологическая группировка дефляционноопасных почв Белорусского Полесья в зависимости от компонентного состава входящих в них почвенных разновидностей. Установлено, что потенциальные темпы дефляции изменяются от 1–3 т/га до 15 и более т/га в год. Наиболее дефляционноопасными являются дегроторфяные почвы. Кроме того, приведена оценка санитарного состояния полезащитных насаждений с разным составом древесных пород на различных почвах.

Табл. 3. Рис. 3. Библиогр. 12.

УДК 631.48

**Шульгина С.В., Цытрон Г.С., Шибут Л.И., Калюк В.А.** Оценка степени устойчивости дерново-подзолистых почв Беларуси к агрогенным воздействиям // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 43–55.

В статье приведена попытка оценки степени устойчивости автоморфных дерново-подзолистых почв Беларуси к агрогенным воздействиям в зависимости от

гранулометрического состава. Коэффициент устойчивости почв установлен по изменению их генетических свойств (содержание гумуса, сумма поглощенных оснований, емкость поглощения, степень насыщенности основаниями) в процессе освоения и окультуривания.

Табл. 5. Рис. Библиогр. 13.

УДК 528.77:631.44

**Курьянович М.Ф.** Картографирование неоднородности почвенного покрова осушенных земель Белорусского Полесья на основе материалов дистанционного зондирования // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 55–63.

Изложены результаты исследований неоднородности почвенного покрова осушенных земель Белорусского Полесья. Выявлена тесная взаимосвязь между рисунком изображения почвенных комбинаций на материалах дистанционного зондирования и количественными показателями структуры почвенного покрова.

Табл. Рис. Библиогр. 11

УДК631.872:631.445

**Дробыш С.В., Цытрон Г.С., Матыченкова О.В., Бубнова Т.В.** Спектрофотометрический способ определения содержания гумуса в агродерново-подзолистых почвах // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 64–75.

В статье рассматривается экспрессный спектрофотометрический способ определения содержания гумуса в агродерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава, основанный на тесной корреляционной зависимости между величиной спектрального коэффициента отражения при длине волны 750 нм и содержанием гумуса в агрогумусовых горизонтах вышеназванных почв. Экономическая эффективность данного способа составляет 48,8% в сравнении с химическим методом (ГОСТ 26213–91).

Табл. 3. Рис. 4. Библиогр. 20.

УДК 631.459.23

**Коляда В.П.** Расчет податливости почв Украинского Полесья к дефляции на основе множественной линейной модели // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 76–87.

Представлен расчет модели ветровой эрозии на основании значений параметров: типа почвы и скорости ветра, которые описаны в пошаговом алгоритме, где включены результаты выдувания в аэродинамической установке. Такие показатели, как критическая и разрушающая скорости воздушного потока при ветровой эрозии были подтверждены значениями агрофизических параметров – эквивалентного размера почвенных частиц, содержания гумуса, противодефляционной стойкости и др., которые определяют фазы активности процесса.

Табл. 4. Библиогр. 6.

УДК 631.44 (477.83)

**Кирильчук А.А.** Процессы дифференциации химического состава минерального профиля рендзин Западного региона Украины // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 88–102.

Представлены результаты исследования особенностей содержания и распределения химических элементов в минеральном профиле рендзин Западного региона Украины, которые на протяжении длительного периода использовались в условиях интенсивного земледелия. Проведен сравнительный анализ величин молярных отношений, показателей фактора выщелачивания, содержания конституционной воды и величин коэффициента изменения силикатной части почвы с привлечением данных нескольких этапов почвенных исследований. Выявлен характер и направление развития современных процессов дифференциации химического состава минерального профиля исследуемых рендзин.

Табл. 3. Библиогр. 19.

УДК 631.445.4:641.41

**Ожован Е.А.** Гумусное состояние и буферные свойства черноземов юго-запада Украины // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 102–114.

Обобщены результаты исследования гумусного состояния и буферных свойств черноземов юго-запада Украины. Выявлены географо-генетические особенности гумусового состояния почв исследованной территории. Установлено, что исследуемые черноземы в условиях дегумификационных процессов сохраняют параметры, характерные для почв черноземного типа почвообразования. Изучены особенности процессов гумусообразования, обусловленные влиянием естественных и антропогенных факторов.

Табл. Рис. Библиогр. 25.

УДК 631.417

**Домась А.С.** Особенности качественного состава органического вещества аллювиальных почв Брестского Полесья // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 114–122.

Представлены результаты изучения гумусового состояния некоторых аллювиальных заболоченных почв Брестского Полесья. Определено содержание органического вещества (в среднем 2,0–3,8%) в аллювиальных почвах Брестского Полесья, характеризующегося гуматно-фульватным составом (С<sub>гк</sub>/С<sub>фк</sub> – 0,60–0,68). Сделано предположение о влиянии реакции почвенной среды на подвижность органического вещества – с повышением значения pH снижается сумма подвижных фракций гумуса. Показано, что с утяжелением гранулометрического состава происходило повышение гумусированности пойменных почв, при этом каких-либо четких закономерностей в изменении качественного состава органического вещества не наблюдалось.

Табл. 3. Библиогр. 19.

УДК 631.465:631.459.01:631.445.24

**Михайловская Н.А., Черныш А.Ф., Погирницкая Т.В., Юхновец А.В.** Ферментативная активность эродированных дерново-подзолистых почв на мощных моренных суглинках // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 123–133.

Установлена устойчивая депрессия активности гидролитических ферментов по почвенно-эрозионной катене: по сравнению с водоразделом инвертазная активность среднеэродированной почвы снижена на 14–24%, сильноэродированной – на 37–46%; уреазная активность среднеэродированной почвы снижена на 13–20%, сильноэродированной – на 29–37%. Депрессия активности окислительных ферментов менее выражена, на сильноэродированных почвах депрессия полифенолоксидазной активности составила 7–14%, пероксидазной активности – 14–21% по отношению к водоразделу.

Табл. 8. Библиогр. 16.

УДК 631.445.4:579.852.11

**Гринченко Т.А., Маклюк О.И., Журавлева И.М.** Биохимическая активность и функционально-структурные особенности микробного ценоза чернозема типичного, загрязненного тяжелыми металлами // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 134–142.

Исследованы процессы перестройки микробных ценозов и уровня биохимической активности чернозема типичного под действием тяжелых металлов и биологического препарата Триходермина. Выявлена специфичность влияния каждого металла и уровня его загрязнения на микробный ценоз почвы. Определено, что обогащение микрофлоры чернозема типичного грибной культурой триходермы значительно усиливает процесс трансформации органического вещества почвы как без загрязнения, так и в условиях последействия тяжелых металлов.

Табл. 2. Библиогр. 17.

## **2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ**

УДК 631.811:631.582:631.445.2

**В.В. Лапа, О.Г. Кулеш, М.С. Лопух** Вынос и баланс элементов питания в зернотравяном севообороте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 143–150.

Приведены и проанализированы данные расчета хозяйственного и удельного выноса основных элементов питания, а также оценка баланса питательных веществ за ротацию зернотравяного севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

Табл. 2. Библиогр. 5

УДК 631.8:631.445.2

**Бирюкова О.М., Серая Т.М., Богатырева Е.Н.** Влияние различных видов и доз органических удобрений на баланс элементов питания и изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой супесчаной почвы // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 150–160.

В исследованиях на дерново-подзолистой супесчаной почве применение только органических или минеральных удобрений в звене севооборота кукуруза – яровой рапс – озимое тритикале не обеспечило бездефицитный баланс азота и калия; при органоминеральной системе удобрения баланс азота находился в пределах 16–53 кг/га. Применение подстилочного куриного помета обеспечило наиболее благоприятный баланс фосфора с интенсивностью 189–307%. Применение торфо-лигино-соломисто-навозного, торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозного компостов и органо-известковистого и кремнеземистого сапропелей способствовало подщелачиванию почвы. Положительные изменения в содержании гумуса отмечены только в вариантах с органоминеральной системой удобрения.

Табл. 3. Библиогр. 8.

УДК 631.8.022.3:631.582:631.445.2

**Цыбулько Н.Н., Ермоленко А.В.** Эффективность минеральных удобрений в звене зернового севооборота при разных системах обработки дерново-подзолистой супесчаной почвы // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 161–172.

На дерново-подзолистой супесчаной почве изучено влияние способов и приемов механической обработки на эффективность минеральных удобрений. Установлено, что применение Р60К120 обеспечивает продуктивность звена севооборота овес – зернобобовая смесь – яровая пшеница 31,1–34,2 ц/га к.ед. и окупаемость удобрений 3,2–3,9 к.ед. Снижение эффективности удобрений наблюдается на поверхностной дисковой обработке почвы.

Внесение в среднем за звено севооборота 50 кг/га азотных удобрений обеспечивает сбор 44,3–47,4 ц/га к.ед. Увеличение доз азота до 80 и 110 кг/га повышает продуктивность по отношению к фосфорно-калийному фону соответственно на 19,2–20,5 и 22,3–24,4 ц/га к.ед. Эффективность азотных удобрений на поверхностной дисковой обработке ниже по сравнению с отвальной, безотвальной чизельной и минимальной обработками.

Табл. 4. Библиогр. 5.

УДК 631.4:631.45

**Пастух Н.Р., Григора Т.И.** Оценка влияния удобрений и способов обработки чернозема типичного на содержание гумуса в условиях Правобережной Лесостепи Украины // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 172–177.

В статье приводятся результаты полевого опыта по изучению влияния системы удобрения и способов обработки на показатели гумусного состояния

чернозема типичного. Более стабильные тенденции к росту общего гумуса в корнеобитаемом слое получены по системе ноу-тип. Увеличение дозы минерального удобрения способствовало росту доли подвижного гумуса в почве.

Табл. Рис. Библиогр. 3.

УДК 631.81.095.337:633

**Пироговская Г.В.** Влияние минеральных удобрений с добавками микроэлементов и регуляторов роста растений на урожайность и качество сельскохозяйственной продукции // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 177–191.

Изучено влияние новых форм комплексных удобрений с модифицирующими добавками, а также комплексных удобрений без добавок и смесей стандартных удобрений (карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий) при возделывании озимых и яровых зерновых культур, картофеля и овощных культур (морковь, столовая свекла, капуста). Исследования проводились на дерново-подзолистых легкосуглинистых и дерново-подзолистых рыхлосупесчаных почвах. Результаты исследований свидетельствуют, что комплексные удобрения с добавками микроэлементов и регуляторов роста растений способствуют увеличению урожайности сельскохозяйственных культур, улучшению качества зерна, увеличению содержания сырого протеина, улучшению качества клубней за счет увеличения сухой массы и снижения содержания нитратов.

Табл. 6. Библиогр. 10.

УДК 631.8.023.3:631.559:633.11

**Жагунь А.А.** Влияние комплексного применения макро- и микроудобрений и средств химической защиты растений на структуру урожайности различных сортов озимой пшеницы // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 192–202.

Изучено влияние комплексного применения азотных удобрений, медных и марганцевых микроудобрений, ретарданта и фунгицидов на формирование структуры урожайности двух сортов озимой пшеницы Сюита и Финезия. Установлено положительное влияние дробного внесения N180 в пять сроков в течение периода вегетации, микроудобрений и фунгицидов на количество продуктивных побегов, количество зерен в колосе, массу 1000 зерен и массу зерна в одном колосе изучаемых сортов озимой пшеницы. Применение ретарданта оказывало негативное влияние на массу зерна в одном колосе у обоих изучаемых сортов озимой пшеницы.

УДК 631.8:633.11

**Мирошниченко Н.Н., Савченко Ю.А., Доценко А.В., Панасенко Е.В.** Эффективность применения сульфата аммония для подкормки озимой пшеницы

на черноземах типичных Левобережной Лесостепи Украины // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 202–212.

На черноземах типичных Левобережной Лесостепи Украины в трех полевых опытах сравнивали эффективность применения сульфата аммония и аммиачной селитры для весенней подкормки озимой пшеницы. В условиях низкого содержания подвижной серы и минерального азота в почве в ранневесенний период более предпочтительной формой азотных удобрений для подкормки озимой пшеницы является аммиачная селитра. Во вторую подкормку озимой пшеницы эффективность применения сульфата аммония и аммиачной селитры существенным образом не отличается. Для адекватной оценки обеспечения почвы подвижной серой предложено определять ее запасы в метровом слое.

Табл. 5. Библиогр. 21.

УДК 631.582:633.367

**Анисимова Т.Ю.** Баланс NPK в звене зернового севооборота при использовании люпина на удобрение // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 212–220.

Узколистный люпин – высокоэффективная парозанимающая культура в Нечерноземной зоне. Приемы заделки сидерата в почву без использования минеральных удобрений положительно влияют на продуктивность культур зернового севооборота. Суммарный вынос NPK в звене севооборота после занятого пара возрастает в 1,4 раза по сравнению с контролем. Вместе с тем глубокая заделка сидерата увеличивает вынос NPK в среднем в 2 раза, мелкая – только в 1,5 раза. Введение люпина положительно трансформирует баланс NPK в звене севооборота и меняет порядок минимумов в дерново-подзолистой почве легкого гранулометрического состава.

Табл. 6. Библиогр. 4.

УДК 631.8.81.095.337:633.15

**Рак М.В., Кляусова Ю.В.** Влияние некорневых подкормок микроудобрениями на качество зеленой массы и зерна кукурузы // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 221–228.

Применение микроэлементов в некорневую подкормку кукурузы, возделываемой на дерново-подзолистой супесчаной почве, на разных уровнях минерального питания не оказывало значительного воздействия на накопление сырого протеина, сырого жира, сырой клетчатки, сырой золы и БЭВ в зеленой массе кукурузы. На содержание белка влияло внесение повышенных доз азота. Увеличение дозы азота со 120 до 180 кг/га приводило к увеличению накопления белка в зеленой массе и зерне кукурузы с 8,3% и 10,3% (фон 1, навоз 50 т/га + N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>) до 9,6 и 11,0% (фон 2, навоз 50 т/га + N<sub>180</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub>) соответственно. Внесение микроэлементов снижало поступление нитратов в растения кукурузы по всем изучаемым вариантам опыта и не превышало ПДК 500 мг/кг.

Содержание нитратов на первом фоне находилось на уровне 287 мг/кг, а на втором – 383 мг/кг.

Табл. 2. Библиогр. 9.

УДК 636.087.74

**Путятин Ю.В., Маркевич Д.В., Таврыкина О.М.** Сравнительный анализ состава незаменимых аминокислот в продукции кормовых культур // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 229–236.

В результате исследований установлено, что содержание незаменимых аминокислот (треонин, валин, метионин, фенилаланин, изолейцин, лейцин, лизин) в зерне гороха в среднем составляет 64 г/кг, люпина – 70, в семенах ярового рапса – 57 г/кг сухого вещества.

Зеленая масса люпина узколистного характеризуется высоким содержанием незаменимых аминокислот (58 г/кг) с преобладанием лейцина, фенилаланина, валина и лизина. Клевер по содержанию треонина, фенилаланина, изолейцина и лизина уступает люпину, однако по метионину и валину превосходит его. По содержанию незаменимых аминокислот зеленая масса кукурузы (22 г/кг) в 2,1 раза уступает клеверу и в 2,6 раза люпину.

Табл. 3. Библиогр. 15.

УДК 631.461.5:631.559:633.22

**Лапа В.В., Михайловская Н.А., Ивахненко Н.Н., Погирницкая Т.В.** Влияние действия и последействия остаточных количеств фосфорных и калийных удобрений на продуктивность культур и ферментативную активность дерново-подзолистой супесчаной почвы // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 236–245.

Сберегающий уровень минерализации органических веществ (142%) при высокой среднегодовой продуктивности севооборота (56,7 ц к.ед./га) обеспечивает среднегодовое внесение расчетной дозы  $N_{67,3}P_{40}K_{85,7}$ ; одностороннее внесение азота  $N_{67,3}$ , а также применение парных комбинаций  $N_{67,3}K_{85,7}$  и  $N_{67,3}P_{40}$  приводит к избыточному усилению минерализации органических веществ до 169%, 164% и 167% соответственно по сравнению с контролем без удобрений (100%).

Табл. 3. Библиогр. 20.

УДК 633.31/37:631.8:631.559:631.445.24

**Хатулев И.Н., Пироговская Г.В.** Влияние некорневых подкормок удобрениями жидкими комплексными с добавками микроэлементов на урожайность и качество многолетних бобово-злаковых травосмесей на дерново-подзолистой глеевой легкосуглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 245–260.

В статье приведены данные по изучению влияния некорневых подкормок удобрениями жидкими комплексными (для бобовых) с добавками микроэлементов

при возделывании многолетних бобово-злаковых травосмесей на дерново-подзолистой глеевой легкосуглинистой почве в условиях Витебской области Республики Беларусь (2010–2012 гг.). Установлено, что применение некорневых подкормок удобрениями жидкими комплексными с добавками микроэлементов в технологии возделывания многолетних бобово-злаковых травосмесей первого, второго и третьего года под первый и второй укос трав на фоне внесения стандартных туков, комплексных удобрений без добавок и комплексных NPK с Zn и B, а также жидких азотно-калийных удобрений является эффективным агротехническим приемом, обеспечивающим повышение урожайности зеленой и сухой массы, содержания и сбора протеина и окупаемости минеральных удобрений.

Табл. 4. Библиогр. 3.

**Плескачев Ю.Н., Скороходов Е.А.** Эффективность использования обработки почвы и гербицидов при выращивании моркови на орошаемых землях Волгоградской области // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 261–268.

В настоящее время вследствие высокой стоимости удобрений, энергоносителей, средств борьбы с сорной растительностью, вредителями и болезнями растений себестоимость продукции возрастает, а доходность технологии выращивания сельскохозяйственных культур, в том числе и моркови, снижается. В статье приводятся данные по эффективности использования обработки почвы и гербицидов при выращивании моркови на орошаемых землях Волгоградской области.

Табл. 6. Библиогр. 5.

УДК 631.8: 635.132

**Мысливец Д.Г.** Экономическая эффективность применения некорневых подкормок комплексными удобрениями в технологии возделывания моркови // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 269–278.

В статье приводятся данные по экономической эффективности применения отечественных и импортных удобрений при некорневой подкормке корнеплодов моркови. Показано влияние удобрений на урожайность корнеплодов при ранних и поздних сроках уборки, производственные затраты, себестоимость продукции, чистый доход и рентабельность.

Табл. 4. Библиогр. 7.

### ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Научный журнал «Почвоведение и агрохимия» согласно приказу ВАК Республики Беларусь от 4.07.2005 № 101 включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований. Направляемые статьи должны являться оригинальными материалами, не опубликованными ранее в других печатных изданиях.

Текст научной статьи должен быть подготовлен в соответствии с требованиями главы 5 Инструкции по оформлению диссертации, автореферата и публикаций по теме диссертации (утверждена Постановлением ВАК Республики Беларусь от 22.02.2006 № 2) и иметь следующую структуру: индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК); введение; основную часть (разделы – методика и объекты исследования, результаты исследований и их обсуждение), выводы, список цитированных источников. К статье прилагается аннотация на русском и английском языках (с переводом названия статьи, фамилий авторов). Статья должна быть подписана всеми авторами.

Объем статьи не должен превышать 10 страниц формата А4, но не менее 14 тыс. печатных знаков. Все материалы представляются распечатанными на белой бумаге.

Электронный вариант должен быть набран в текстовом редакторе Microsoft Word шрифтом Arial (размер кегля – 10 пт, через одинарный интервал, абзац – 0,75). Рисунки даются в формате TIF.JPG 300–600 точек на дюйм. Текст на рисунках также должен быть набран гарнитурой Arial, размер кегля соизмерим с размером рисунка. Подписи к рисункам и схемам делаются отдельно.

Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления», ссылки нумеруются согласно порядку цитирования в тексте. Порядковые номера ссылок по тексту должны быть написаны внутри квадратных скобок (например [1], [2]). Ссылка на неопубликованные работы не допускается.

Иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте.

Размерность всех величин, используемых в статьях, должна соответствовать Международной системе единиц измерения (СИ).

Поступившая статья направляется на рецензию, затем визируется членом редколлегии и рассматривается на заседании редколлегии. Возвращение статьи автору на доработку не означает, что она принята к печати. Статьи не по профилю журнала возвращаются авторам после заключения редколлегии.

Редакция оставляет за собой право вносить в текст редакционную правку.

Ответственная за выпуск *Н.Ю. Жабровская*  
Редакторы *Т.Н. Самосюк, В.А. Долгая*  
Компьютерная верстка *В.А. Долгой*

Подписано в печать. Формат 70x100 1/16. Бумага офсетная.  
Усл. п.л. Уч.-изд. л. Тираж 120 экз. Заказ

Отпечатано в Республиканском унитарном предприятии  
«Информационно-вычислительный центр Министерства финансов  
Республики Беларусь»  
ЛП № 02330/0494120 от 11.03.2009.  
220004, г. Минск, ул. Кальварийская, 17