

ISSN 0130-8475

Институт почвоведения и агрохимии

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в 1961 г.

**№ 1(54)
Январь – июнь 2015 г.**

Минск
2015

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. ЛАГА*

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

С.А. БАЛЮК, 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

*№ 1(54)
Январь – июнь 2015 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», 2015

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Черныш А.Ф., Устинова А.М., Цырибко В.Б. Диапазоны влажности пахотного горизонта в разной степени эродированных дерново-подзолистых почв Беларуси	7
Молчанов Э.Н., Разумов В.В., Савин И.Ю. Социально-экономические аспекты воздействия деградационных и опасных природных процессов на почвенный покров сельскохозяйственных земель России	16
Булгаков Д.С., Рухович Д.И., Шишконокова Е.А., Вильчевская Е.В. Об агроэкологическом потенциале пахотных земель России	28
Алексеев В.Е., Чербарь В.В., Бургеля А.Н., Варламов Е.Б. Серые лесные почвы Кодр Молдовы: особенности минералогического состава и его трансформации	35
Алексеев В.Е., Чербарь В.В., Бургеля А.Н., Варламов Е.Б. Серые лесные почвы Кодр Молдовы: баланс минералов	47
Алексеев В.Е., Чербарь В.В., Бургеля А.Н., Варламов Е.Б. Серые лесные почвы Кодр Молдовы: природные резервы калия	55
Прохоров И.С. Мониторинг состояния почв города Москвы и предложения по их рекультивации	61
Плиско И.В. Усовершенствованные подходы к стоимостной оценке сельскохозяйственных почв	69
Габриель А.И., Олифир Ю.Н., Конык Г.С., Гаврышко О.С. Диагностические характеристики экологического состояния светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почвы в зависимости от антропогенного влияния	82
Романова Т.А., Капилевич Ж.А., Ивахненко Н.Н., Ефимова И.А. Механизм формирования водного режима почв мелиорированных территорий	88
Огородняя А.И. Влияние фитомелиорантов на общие агрофизические показатели чернозема оподзоленного Левобережной Лесостепи Украины	98
Вильный Р.П. Влияние минимизации обработки чернозема типичного на его биологическое состояние	104

2. ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

Лапа В.В., Ивахненко Н.Н., Кулеш О.Г. Продуктивность зернотравяных севооборотов и баланс элементов питания при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых супесчаной и суглинистой почвах	115
--	-----

Господаренко Г.Н., Никитина О.В., Кривда Ю.И. Баланс калия в черноземе оподзоленном тяжело-суглинистом полевого севооборота при длительном применении удобрений	134
Лапа В.В., Кулеш О.Г. Роль уровня почвенной кислотности и условий питания в изменении агрохимических свойств дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы	140
Мирошниченко Н.Н., Ревтье А.В., Гладких Е.Ю., Панасенко Е.В. Сравнительная эффективность безводного аммиака и аммиачной селитры в звене полевого севооборота	150
Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Бирюкова О.М. Влияние сапропелей на продуктивность звена севооборота и плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы	160
Скрыльник Е.В., Гетманенко В.А. Трансформация органического вещества осадков сточных вод в процессе биоконверсии	172
Пироговская Г.В. Инфильтрация атмосферных осадков в пахотных почвах Республики Беларусь при длительном сельскохозяйственном использовании (по данным лизиметрических исследований 1981–2012 гг.)	179
Цыбулько Н.Н., Пунченко С.С. Эффективность применения дифференцированных доз минеральных удобрений под яровой рапс на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах разной степени эродированности	189
Рак М.В. Титова С.А., Николаева Т.Г., Муковозчик В.А. Эффективность применения жидких хелатных микроудобрений МикроСтим при возделывании кукурузы	200
Фатеев А.И., Чабан В.И., Подобед О.Ю. Содержание микроэлементов в черноземах в Степной зоны Украины и их изменения при длительном применении удобрений в севообороте	207
Бортник Т.П. Эффективность применения стимулятора роста растений Сапрогум на посевах пшеницы озимой на черноземе оподзоленном	215
Рундя А.П. Особенности адаптации ремонтантной малины в условиях ex vitro	223
Иовик Л.Н. Использование сброженного отхода биогазовой установки в качестве органического удобрения (аналитический обзор)	230

ЮБИЛЕИ

Романова Татьяна Александровна (к 90-летию со дня рождения)	238
Рефераты	244
Правила для авторов	254

CONTENTS
1. SOIL RESOURCES AND THEIR RATIONAL USE

Chernysh A.F., Ustinova A.M., Tsyribko V.B. Humidity ranges of arable horizon of sod–podzolic soils with different erodibility degree of Belarus	7
Molchanov E.N., Razumov V.V., Savin I.Yu. Social–economic aspects of effects of degradation and dan-gerous natural processes on the soil cover of agricultural lands in Russia.....	16
Bulgakov D.S., Rukhovich D.I., Shishkonakova E.A., Vil’chevskaya E.V. About the agroecological poten-tial of arable lands of Russia	28
Alekseev V.E., Cherbar’ V.V., Burgelya A.N., Varlamov E.B. gray forest soils of Moldova’s Codry: features of mineralogical composition and its transformation ...	35
Alekseev V.E., Cherbar’ V.V., Burgelya A.N., Varlamov E.B. Gray forest soils of Moldova’s Codry: balance of minerals	47
Alekseev V.E., Cherbar’ V.V., Burgelya A.N., Varlamov E.B. Gray forest soils of Moldova’s Codry: natural reserves of potassium	55
Prokhorov I.S. Urban soil monitoring in Moscow city and recultivation measures ...	61
Plisko I.V. Improved approaches to monetary evaluation of agricultural soils	69
Gabriel’ A.I., Olifir Yu.N., Konyk G.S., Gavryshko O.S. Diagnostic characteristics of the ecological state of the light–gray forest surface gleyed soil based from nthropogenic influence	82
Romanova T.A., Kapilevich Zh.A., Ivakhnenko N.M., Efimova I.A. Mechanism of soil water regime forma-tion of reclaimed territories	88
Ogorodnyaya A.I. Effect of phytoameliorants on general agrophysical indicators of chernozem podzolized in left–bank Forest–Steppe of Ukraine	98
Vil’nyj R.P. The influence of tillage minimization on the biological condition in the typical chernozem	104

2. SOIL FERTILITY AND FERTILIZATION

Lapa V.V., Ivakhnenko N.N., Kulesh O.G. Crop rotation productivity and nitrogen, phosphorus and potas-sium balance in cropping on sod–podzolic sandy loam and loamy soil	115
Gospodarenko G.M., Nikitina A.V., Krivda Yu.I. Balance of potassium in the soil of a field rotation with long-term use of fertilizers	134

Lapa V.V., Kulesh O.G. Role of soil acidity level and food conditions in change of agrochemical properties of sod–podzolic light loamy soil	140
Miroshnichenko N.N., Revt'e A.V., Gladkikh E.Yu., Panasenko E.V. Comparative effectiveness of anhy-drous ammonia and ammonium nitrate in a link of field rotation	150
Seraya T.M., Bogatyreva E.N., Biryukova O.M. O.M. Sapropele influence on the productivity level of crop rotation link and sod–podzolic sandy loam soil fertility ...	160
Skryl'nik E.V., Getmanenko V.A. Transformation of organic matter in bioconversion of sewage sludge	172
Pirogovskaya G.V. Infiltration of precipitation in the most common soils of the Republic of Belarus during long–term agricultural use (according to lysimetric research in 1981–2012)	179
Tsybul'ko N.N., Punchenko S.S. Efficiency of application of graded rates of mineral fertilizers for spring rape on sod–podzolic low loamy soils with different degree of erosion	189
Rak M.V., Titova S.A., Nikolaeva T.G., Mukovozchik V.A. The effectiveness of liquid chelated microfertilizers MikroStim in corn cultivation	200
Fateev A.I., Chaban V.I., Podobed O.Yu. The content of microelements in chernozem of a Steppe zone of Ukraine and their change at the prolonged use of fertilizers in a crop rotation	207
Bortnik T.P. Efficiency of application of plant growth stimulant Saprogum on winter wheat crops on pod-zolized chernozem	215
Ryndya A.P. The peculiarities of primocane raspberry adaptation under ex vitro conditions	223
Iovik L.N. Application of biogas residue as organic fertilizer (the literary review).....	

OUR JUBILEES

Tat'yana Aleksandpovna Romanova (to the 90-th birthday)	238
Summaries	244
Rules for autors	254

1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 631.47

ДИАПАЗОНЫ ВЛАЖНОСТИ ПАХОТНОГО ГОРИЗОНТА В РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ЭРОДИРОВАННЫХ ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ

А.Ф. Черныш, А.М. Устинова, В.Б. Цырибко

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

ВВЕДЕНИЕ

Почвенная влага представляет собой одну из важнейших составных частей почвы. Она играет важную роль в почвообразовании, так как передвижение различных веществ в почвенной толще, в результате которого формируется почвенный профиль, совершается по преимуществу в виде растворов, то есть эти вещества перемещаются с жидкой почвенной влагой [1]. Подчеркивая значение воды в почве, Г.Н. Высоцкий сравнивал ее с кровью для живых организмов [2].

Влажность почвы является одним из важнейших факторов, влияющих на продуктивность сельскохозяйственных культур [3]. Дефицит влаги представляет собой основную причину, лимитирующую продуктивность биомассы и, в конечном счете, урожай [4].

Вода в почве во многом определяет уровень эффективного плодородия. От влажности почвы зависят многие ее агрофизические свойства: плотность, липкость, способность к крошению и образованию агрегатов, а также готовность почвы к началу весенних полевых работ. Почвенная влага служит также в качестве терморегулятора, влияя на тепловой баланс почвы [5]. Она во многом определяет устойчивость почв к водной и ветровой эрозии.

По мнению А.А. Роде, управление водным режимом почв – один из важных, а часто и самый важный прием повышения продуктивности сельскохозяйственных земель [1]. Поэтому исследования по изучению водного режима почв не теряют свою актуальность и в настоящее время.

Цель исследований заключалась в установлении изменения влажности пахотного горизонта в разной степени эродированных дерново-подзолистых почв, развивающихся на различных по генезису почвообразующих породах.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследования являлись дерново-подзолистые в разной степени эродированные почвы на моренных и лессовидных суглинках стационаров «Браслав» Браславского района Витебской области и «Стоковые площадки» Минского района Минской области, представляющие в геоморфологическом отношении единую почвенно-эрозионную катену. На водораздельной равнине (плакоре) рас-

положена неэродированная почва, в верхней части склона – слабо- и средне-эродированная, в средней части – сильноэродированная и в подножье склона – глееватая намывтая почва.

Характерной особенностью дерново-подзолистых эродированных почв, развивающихся на разных по генезису почвообразующих породах, является дифференциация профиля, проявляющаяся в перераспределении илистой фракции и полуторных оксидов и оказывающая влияние на неоднородность физических, водно-физических и физико-химических свойств. Четко выраженный подзолистый горизонт характерен лишь для неэродированных почв. В результате эрозионных процессов происходит упрощение почвенного профиля. Смыв материала верхнего горизонта и вовлечение в Ап материала нижних горизонтов приводит к обеднению почв гумусом, некоторым изменениям гранулометрического состава пахотного слоя, формированию глыбистого с неблагоприятными агрофизическими и воздушными свойствами маломощного пахотного горизонта [6].

Влажность почвы определялась термостатновесовым методом с отбором проб буром С.Ф. Неговелова на глубину 0–50 см через 10 см в 3-х кратной повторности в весенний период и перед уборкой сельскохозяйственных культур [7].

В ходе исследований обработаны данные за две ротации четырех пятипольных почвозащитных севооборотов с различной насыщенностью зерновыми культурами на стационаре «Стоковые площадки» и двух – на стационаре «Браслав».

Судить о влагообеспеченности сельскохозяйственных культур на исследуемых почвах можно по величинам их гидрологических констант (табл. 1).

Таблица 1

Гидрологические константы дерново-подзолистых почв опытных стационаров

Степень эродированности почвы	Наименьшая влагоемкость (НВ)	Влажность завядания растений (ВЗР)	Максимальная гигроскопичность (МГ)	Диапазон активной влаги, % объемный (ДАВ)
	% от веса абсолютно сухой почвы			
стационар «Браслав»				
Неэродированная	25,7	3,73	2,48	21,97
Слабоэродированная	19,0	3,70	2,46	15,30
Среднеэродированная	21,0	4,80	3,20	16,20
Сильноэродированная	21,2	4,84	3,23	16,36
Глееватая намывтая	26,6	4,23	2,02	22,37
стационар «Стоковые площадки»				
Неэродированная	30,9	5,17	2,75	25,73
Слабоэродированная	27,4	5,54	2,66	21,86
Среднеэродированная	24,1	5,85	2,96	18,25
Сильноэродированная	21,2	6,20	3,33	15,00
Глееватая намывтая	29,8	5,41	2,98	24,39

Максимальная гигроскопичность представляет собой наибольшее количество парообразной влаги, которое почва может поглотить из воздуха, при 100% насыщении его влагой. Наименьшее значение максимальной гигроскопичности характерно для пахотного горизонта неэродированных и слабоэродированных

почв обоих стационаров (2,46–2,48% – «Браслав», 2,66–2,75% – «Стоковые площадки»). По горизонтам почвенного профиля она увеличивается пропорционально увеличению илистой фракции.

Влажность завядания, характеризующая количество содержащейся в почве влаги, недоступной растениям, на стационаре «Браслав» распределяется следующим образом: на незэродированной почве – 3,73%, слабоэродированной – 3,70, среднеэродированной – 4,80, сильноэродированной – 4,84%, а на стационаре «Стоковые площадки» – 5,17%, 5,54, 5,85, 6,20 и 5,41% соответственно.

Наименьшая влагоемкость почв стационара «Браслав» снижается с 25,7% в несмытой до 21,2% в сильносмытой разновидности, на стационаре «Стоковые площадки» – с 30,9% в незэродированной до 25,1% в среднеэродированной почве.

Влажность почвы зависит от многих факторов, но основной из них – климатические условия. В табл. 2 приведены ГТК вегетационных периодов за годы исследований, по величине которого можно судить об условиях увлажнения и влагообеспеченности сельскохозяйственных культур.

Таблица 2

Гидротермический коэффициент вегетационных периодов

Год	Стационар «Стоковые площадки»		Стационар «Браслав»	
	ГТК	степень увлажнения	ГТК	степень увлажнения
2005	1,81	влажный	1,71	влажный
2006	1,71	влажный	1,51	оптимальный
2007	1,23	слабозасушливый	1,26	слабозасушливый
2008	1,63	оптимальный	1,39	оптимальный
2009	1,37	оптимальный	1,66	влажный
2010	1,39	оптимальный	1,15	слабозасушливый
2011	1,30	слабозасушливый	1,28	слабозасушливый
2012	1,35	оптимальный	1,34	оптимальный
2013	1,30	слабозасушливый	1,30	слабозасушливый
2014	1,73	влажный	1,58	оптимальный

Как следует из приведенных данных, за 10-летний период наблюдений (2005–2014 гг.) на стационаре «Стоковые площадки» сложились благоприятные условия по влагообеспеченности сельскохозяйственных культур, т.к. три года были влажными, четыре – оптимальными и три – слабозасушливыми. На стационаре «Браслав» по величине гидротермического коэффициента Селянинова четыре года исследований характеризовались как засушливые и четыре как оптимальные, и только два – как влажные.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Средняя многолетняя влажность пахотного горизонта дерново-подзолистых почв на лессовидных суглинках (стационар «Стоковые площадки») в начале вегетационного периода изменялась от 20 до 27% в зависимости от степени эродированности (табл. 3).

Влажность пахотного горизонта в разной степени эродированных дерново-подзолистых почв (средняя за 2005–2014 гг.), %

Степень эродированности	Слой, см	Начало вегетации			Конец вегетации		
		средняя	min	max	средняя	min	max
почвы на лессовидных суглинках (стационар «Стоковые площадки»)							
Неэродированная	0–10	27,3	18,9	35,5	18,5	3,1	34,6
	10–20	26,0	16,0	33,9	18,0	4,9	29,9
Слабоэродированная	0–10	26,6	17,3	31,4	17,6	4,2	30,9
	10–20	25,0	16,0	29,4	17,4	3,9	30,2
Среднеэродированная	0–10	23,9	16,3	33,1	16,9	2,5	30,0
	10–20	22,8	15,5	29,8	16,4	4,7	27,4
Сильноэродированная	0–10	20,5	10,2	27,4	14,6	3,8	22,5
	10–20	20,1	14,1	24,9	14,0	5,0	20,3
Глееватая намытая	0–10	23,4	15,5	28,8	17,3	3,9	30,8
	10–20	22,5	12,9	29,4	16,8	4,1	28,4
почвы на моренных суглинках (стационар «Браслав»)							
Неэродированная	0–10	20,0	15,3	24,8	14,8	6,3	18,1
	10–20	19,8	14,1	26,8	13,9	8,4	18,5
Слабоэродированная	0–10	19,5	13,2	20,7	13,2	7,2	16,8
	10–20	19,3	12,9	25,4	12,3	6,5	17,1
Среднеэродированная	0–10	17,8	17,3	20,0	12,8	6,2	17,1
	10–20	18,0	16,2	22,6	12,1	6,6	15,9
Сильноэродированная	0–10	16,9	14,2	21,8	11,7	5,4	18,4
	10–20	16,6	13,6	24,3	11,2	5,0	17,4
Глееватая намытая	0–10	17,4	13,1	21,0	12,4	6,8	17,0
	10–20	17,8	12,9	22,2	12,0	6,2	17,4

Колебания по почвенно-эрозионной катене составили 5–6%, а каждая последующая степень эродированности отличалась от предыдущей примерно на 3%. Слой почвы 10–20 см характеризовался меньшей влажностью, чем слой 0–10 см, причем на эродированных почвах эта разница нивелируется. Также отметим, что возделывание многолетних трав и озимых культур способствует увеличению влажности пахотного горизонта на 1–1,5% за счет зимнего снегозадержания и меньшего испарения в теплый период.

В зависимости от степени эродированности почв минимальные значения влажности пахотного горизонта в начале вегетации составили 10–19% (уровень ВРК), а максимальные – 25–36% (выше НВ). Колебания влажности в зависимости от погодных условий достигали 11–18% (рис. 1). При этом наибольшие диапазоны показателей влажности отмечены на неэродированной почве, занимающей более высокий гипсометрический уровень, и в слое 0–10 см сильноэродированной разновидности, расположенной в нижней части склона.

В ходе исследований на опытном стационаре «Стоковые площадки» установлено, что влажность почв в весенний период на склоне северной экспозиции на 1,5–2,5% выше, чем на южных склонах. Это обусловлено более мощным снежным покровом на северном склоне, а также более медленным прогреванием северного склона и, как следствие, меньшим испарением влаги с поверхности почвы.

В период уборки сельскохозяйственных культур, который может приходиться как на конец июля (однолетние травы или озимые в засушливый год), так и на ко-

нец августа – начало сентября (второй укос многолетних трав), средние показатели влажности пахотного горизонта за период наблюдений изменялись от 14–15% на сильноэродированной почве до 18–19% на незэродированной почве. Каждая последующая степень эродированности отличалась от предыдущей на 1–2%.

Для показателей влажности в конце вегетации характерен очень большой диапазон. Так, минимальные значения составляли 3–5% (ниже ВЗР), а максимальные – 20–35% (на уровне с НВ). Следовательно, колебания равнялись 15–32%, причем самые высокие значения характерны для почв, неподверженных эрозии (25–32%), а самые низкие (15–19%) – для сильноэродированной разновидности (рис. 1).

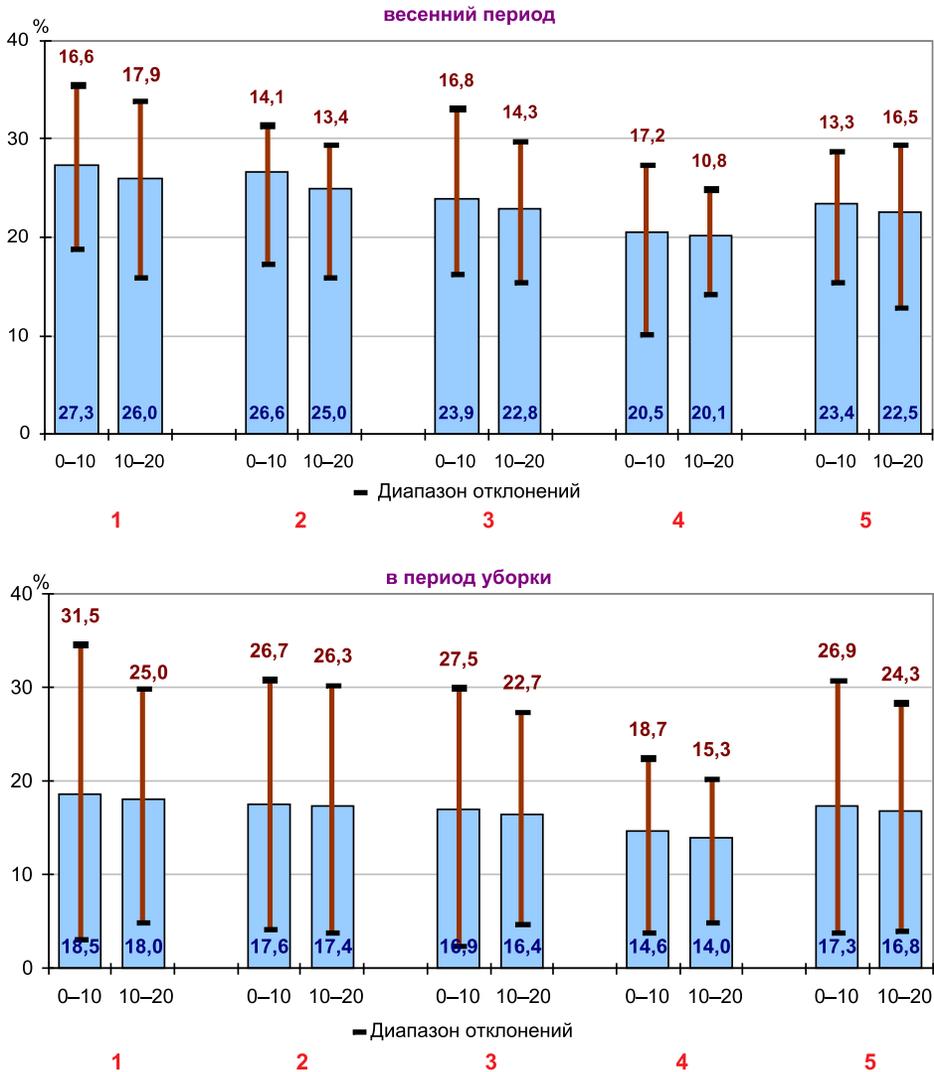


Рис. 1. Диапазоны отклонений во влажности почвы пахотного горизонта дерново-подзолистых почв на лессовидных суглинках:

- 1 – незэродированная почва; 2 – слабоэродированная почва;
- 3 – среднеэродированная почва; 4 – сильноэродированная почва;
- 5 – глееватая намытая почва

Отметим, что при недостатке осадков влажность пахотного горизонта дерново-подзолистых почв на лессовидных суглинках приблизительно одинаковая на почвенно-эрозионной катене – близка к влажности завядания растений (3–5%). В то время как в годы с достаточным увлажнением колебания могут достигать 9–12%.

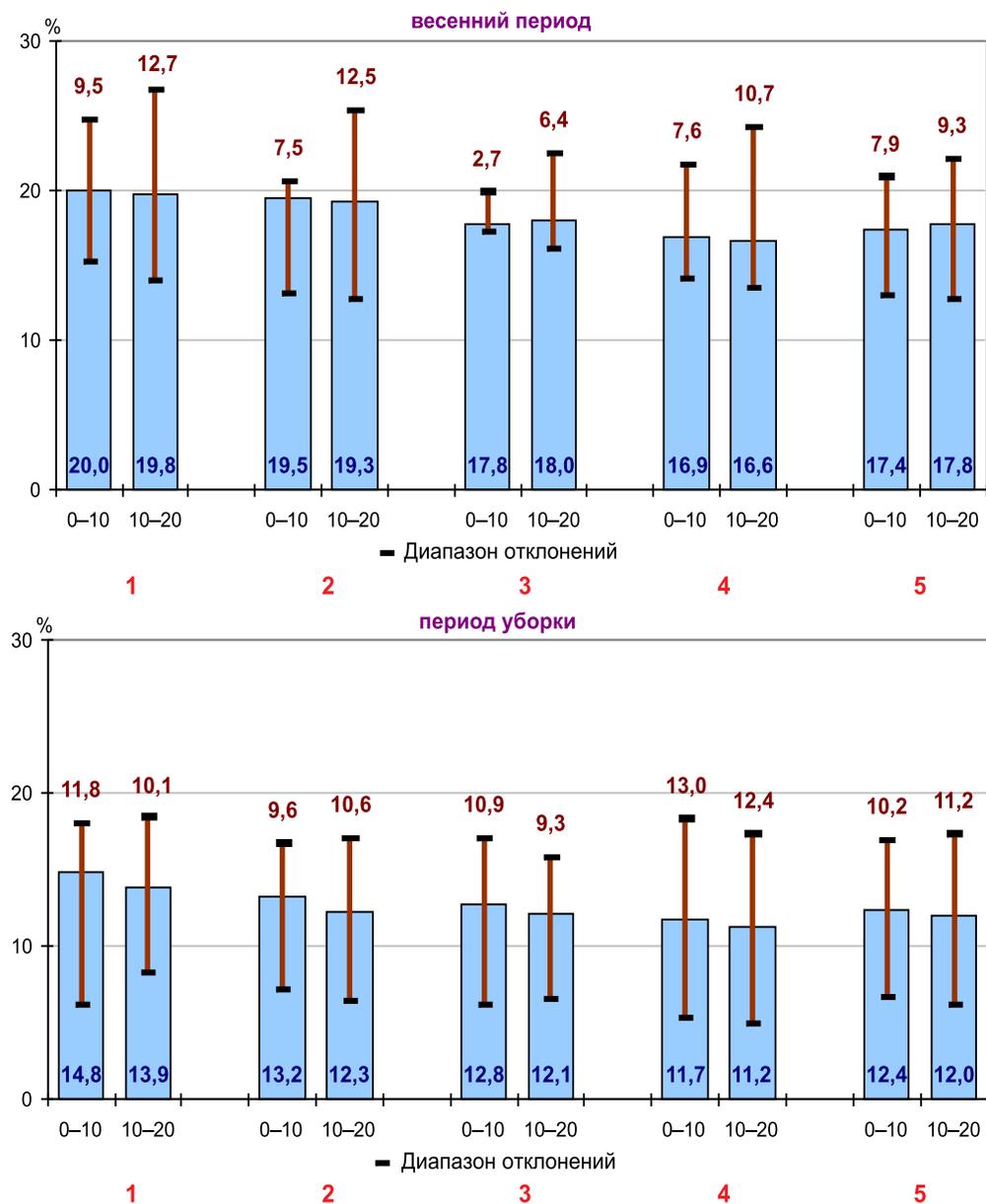


Рис. 2. Диапазон отклонений во влажности почвы пахотного горизонта дерново-подзолистых почв на моренных суглинках:

1 – незеродированная почва; 2 – слабокродированная почва; 3 – среднезродированная почва; 4 – сильнозродированная почва; 5 – глееватая намытая почва

В северной почвенно-экологической провинции (стационар «Браслав») средняя многолетняя влажность пахотного горизонта дерново-подзолистых почв на моренных суглинках в начале вегетации значительно ниже, чем в центральной и составляли в зависимости от степени эродированности 16,6–20,0%. Это обусловлено меньшей мощностью снежного покрова. Значения влажности по почвенно-эрозионной катене колеблются в пределах 0,5–3,2%, а разница между степенями эродированности на уровне 1–1,7%.

Для северной провинции характерен меньший, по сравнению с центральной, диапазон показателей влаги. Минимальные значения составляли 13–15%, а максимальные – 20–27% (уровень НВ). Следовательно, колебания на уровне 2–13%. Влажность слоя 10–20 см варьировала сильнее независимо от степени эродированности. Так, если в слое 0–10 см диапазон колебаний составляет 3–10%, то в слое 10–20 см – 7–13% (рис. 2).

В период уборки сельскохозяйственных культур средние показатели влажности пахотного горизонта составляли 11–15%, что соответствует ВРК. Влажность слабоэродированной разновидности по сравнению с неэродированной снижается на 1,6%, среднеэродированной – на 1,8–2,0%, сильноэродированной – на 2,7–3,1%.

Диапазон колебаний значений влажности в конце вегетации составляет 9–12%. Наиболее варьировала влажность сильноэродированной почвы (12–13%), наименее – слабо- и среднеэродированной разновидностей (около 10%). Минимальные значения влажности в период уборки составляли 5–8%, максимальные – 16–19%.

В целом диапазон колебаний влажности пахотного горизонта дерново-подзолистых почв на моренных суглинках в 1,5–2,5 раза ниже, чем у дерново-подзолистых почв на лессовидных суглинках.

Как следует из данных, приведенных в табл. 4, влажность пахотного горизонта дерново-подзолистых почв на лессовидных суглинках (стационар «Стоковые площадки») в весенний период в более чем 70% случаев составляла 20–30%, что соответствует показателям наименьшей влагоемкости. Лишь в 5–15% случаев влажность была менее 20% или более 30%.

Таблица 4

Число случаев влажности пахотного горизонта дерново-подзолистых почв на лессовидных суглинках (стационар «Стоковые площадки»), %

Степень эродированности	Слой, см	Начало вегетации				Конец вегетации				
		влажность, %				влажность, %				
		менее 20	20,1–25,0	25,1–30,0	более 30	менее 10	10,1–15,0	15,1–20,0	20,1–25,0	более 25
Неэродированная	0–10	5	36	40	19	9	12	42	28	9
	10–20	7	45	40	7	11	9	43	27	9
Слабоэродированная	0–10	10	–	70	20	8	17	17	33	25
	10–20	10	20	70	–	8	17	17	25	33
Среднеэродированная	0–10	14	50	24	12	14	20	41	16	9
	10–20	17	52	31	–	16	11	52	14	7
Сильноэродированная	0–10	14	61	25	–	18	32	41	9	–
	10–20	14	71	14	–	24	26	44	6	–
Глееватая намытая	0–10	15	48	23	14	13	23	44	14	6
	10–20	16	53	25	6	15	18	48	16	3

В период уборки наиболее вероятные значения влажности пахотного слоя 15–20%. Увеличение или снижение влажности на 5% также весьма вероятно. И только в 8–24% случаев влажность опускалась ниже 10%, приближаясь к влажности завядания растений, причем для сильноэродированной почвы характерно наибольшая количество таких случаев. В 9–33% случаев значение влажности поднималась выше 25%, а на сильноэродированной почве не зафиксировано ни одного такого факта.

Как отмечалось ранее, колебания влажности пахотного горизонта дерново-подзолистых почв на моренных суглинках (стационар «Браслав») менее значительны, чем у почв на лессовидных суглинках. В 50–70% случаев в начале вегетации влажность почвы составляла 15–20% (табл. 5). На незэродированных и слабоэродированных почвах влажность увеличивалась на 5% и более, а на средне- и сильноэродированных – снижалась на 5% и более.

Таблица 5

Число случаев влажности пахотного горизонта дерново-подзолистых почв на моренных суглинках (стационар «Браслав»),%

Степень эродированности	Слой, см	Начало вегетации			Конец вегетации		
		влажность, %			влажность, %		
		менее 15	15,1–20,0	более 20	менее 10	10,1–15,0	более 15
Незэродированная	0–10	–	61	39	14	54	31
	10–20	3	58	39	29	46	26
Слабоэродированная	0–10	–	50	50	14	57	29
	10–20	–	50	50	29	57	14
Среднеэродированная	0–10	15	61	24	15	71	15
	10–20	6	73	21	26	59	15
Сильноэродированная	0–10	21	70	9	24	65	12
	10–20	24	70	6	32	59	9
Глееватая намытая	0–10	13	79	8	29	43	29
	10–20	17	75	8	14	71	14

В конце вегетации в 43–71% случаев влажность пахотного горизонта составляла 10–15% (уровень влажности разрывов капилляров). Для средне- и сильноэродированных в 15–32% случаев значение влажности опускалось ниже 10%, а в 9–15% – поднималось выше 15%. Для незэродированных и слабоэродированных в 14–29% случаев показатели влажности были ниже 10%, а в 26–31% – составляли более 15%.

Как в условиях северной, так и центральной почвенно-экологических провинций выявлено положительное влияние применения органических удобрений. При внесении 60 т/га навоза за ротацию 5-польного севооборота влажность пахотного горизонта дерново-подзолистых почв на лессовидных суглинках увеличивается на 1,5–2,0%, причем на эродированных почвах это влияние более выражено. Такая тенденция соблюдалась как в начале, так и в конце вегетационного периода.

ВЫВОДЫ

1. Средняя многолетняя влажность пахотного горизонта дерново-подзолистых почв на лессовидных суглинках в начале вегетационного периода была на уровне

ВРК и изменялась от 20 до 27% в зависимости от степени эродированности. Колебания по почвенно-эрозионной катене составили 5–6%, а каждая последующая степень эродированности отличалась от предыдущей приблизительно на 3%. Колебания влажности в зависимости от погодных условий достигали 11–18%.

В конце вегетации сельскохозяйственных культур влажность пахотного горизонта изменялась от 14–15% на сильноэродированной почве до 18–19% на неэродированной почве. Каждая последующая степень эродированности отличалась от предыдущей всего на 1%. Самые высокие колебания значений влажности характерны для почв, неподверженных эрозии (25–32%), а самые низкие (15–19%) – для сильноэродированной разновидности.

2. Средние многолетние показатели влажности пахотного горизонта дерново-подзолистых почв на моренных суглинках в ранневесенний период составляли 17–20%, что на 3–5% ниже наименьшей влагоемкости. Значения влажности по почвенно-эрозионной катене колебались в пределах 0,5–3,2%, а разница между степенями эродированности на уровне 1–1,7%. В зависимости от метеорологических условий минимальные значения составляли 13–15%, а максимальные – 20–27%.

В период уборки сельскохозяйственных культур средняя многолетняя влажность пахотного горизонта соответствовала уровню ВРК (12–14%), снижаясь по почвенно-эрозионной катене на 1,6–3,1%. Диапазон колебаний значений влажности в различные годы составил 9–13%. Наиболее варьировала влажность сильноэродированной почвы (12–13%), наименее – слабо- и среднеэродированной разновидностей (около 10%).

3. Влажность пахотного горизонта дерново-подзолистых почв на лессовидных суглинках в весенний период в более чем 70% случаев составляла 20–30% (уровень НВ), а в период уборки наиболее вероятное значение 15–20%.

В 50–70% случаев в начале вегетации влажность пахотного слоя дерново-подзолистых почв на моренных суглинках составляла 15–20% (ниже НВ). В конце вегетации в 43–71% случаев влажность была на уровне ВРК (10–15%).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Роде, А.А. – Основы учения о почвенной влаге: избранные труды / А.А. Роде. – М.: Почвенный и-т им. В.В. Докучаева, Россельхозакадемия, 2008. – Т. 3. – 664 с.
2. Высоцкий, Г.Н. Избранные труды / Г.Н. Высоцкий. – М.: Издательство сельскохозяйственной литературы, 1960. – 434 с.
3. Медведев, В.В. Водные свойства почв Украины и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур / В.В. Медведев, Т.Н. Лактионова, Л.В. Донцова. – Харьков: Апостров, 2011. – 224 с.
4. Коронкевич, Н.И. Поверхностный сток как элемент водного баланса и фактор эрозии / Н.И. Коронкевич // Маккавеевские чтения, 2008. – МГУ, 2009. – С. 63–71.
5. <http://ej.kubagro.ru/2012/07>
6. Жилко, В.В. Эродированные почвы Белоруссии и их использование / В.В. Жилко. – Минск: Ураджай, 1976. – 168 с.
7. Практикум по почвоведению / под ред. И.С. Кауричева. – М.: Колос, 1973. – 279 с.

HUMIDITY RANGES OF ARABLE HORIZON OF SOD-PODZOLIC SOILS WITH DIFFERENT ERODIBILITY DEGREE OF BELARUS (ACCORDING TO DATA OF 10-YEAR STUDY AT THE EXPERIMENTAL STATIONS)

A.F. Chernysh, A.M. Ustinova, V.B. Tsyribko

Summary

The results of studies of humidity over a 10-year period at the experimental stations «Runoff Plots» and «Braslav» are shown at the article. According to data of 10-year study, average moisture content of the arable horizon of sod-podzolic soils with different erodibility degree formed on loess and moraine loams, as well as ranges of their deviations were determined. In the spring period humidity of arable layer of sod-podzolic soils on loess loams was 20–30% (level FC) in more than 70% of the cases, and during the harvest the most probable values are of 15–20%, which corresponds to the humidity rupture of capillaries (HRC). At the beginning of the growing season arable layer moisture of sod-podzolic soils on moraine loam was below field capacity (15–20%) in 50–70% of cases, and at the end of the growing season it was at the level of HRC (10–15%) in 43–71% of cases.

Поступила 9.04.15

УДК 631.4

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЕГРАДАЦИОННЫХ И ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ РОССИИ

Э.Н. Молчанов, В.В. Разумов, И.Ю. Савин

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева,
г. Москва, Россия*

ВВЕДЕНИЕ

При огромной площади земельного фонда России (более 1,7 млрд га) доля сельскохозяйственных угодий составляет менее 13%. Последняя оценка неблагоприятности земель России для сельскохозяйственного производства, выполненная для целей ВТО [1] показала, что 76% территории страны непригодна или малопригодна. 34,4% площади России приходится на регионы, занятые горными почвами, 12,7% – на почвы тундр, 11,8% – на болотные почвы, 6,3% – на засоленные почвы и солонцы.

Площадь сельскохозяйственных угодий в нашей стране составляет 220,2 млн га, в том числе на пашню приходится 121,2 млн га. Это очень скромные площади в масштабах страны и мира. В США при меньшем общем земельном фонде в 915,9 млн га площадь пахотных угодий составляет 176 млн га. В то же время в России сельскохозяйственные угодья и особенно пашня в результате нерационального использования и несоблюдения мер по их охране подвержены деграда-

ционными и опасным природным процессам (водной, ветровой и овражной эрозии, переувлажнению и заболачиванию, засолению и осолонцеванию, пыльным бурями, наводнениям и др.). Темпы и охват территории ими с каждым годом увеличиваются, что ведет к потере плодородия почв и выводу земель из хозяйственного оборота [2]. Обычно деградация происходит при комбинированном воздействии природных и антропогенных факторов, и различать эти факторы часто бывает сложно. На многих территориях проявляются одновременно два и более видов деградации. Часто проявляются сочетания водной и ветровой эрозии; высокой кислотности и переувлажнения; переувлажнения, заболачивания и вторичного засоления; засоления и солонцеватости и т.д. На эти сочетания нередко накладываются процессы дегумификации, уплотнения, агроистощения и др. В этой связи сельскохозяйственное производство России характеризуется высокой степенью рискованности. Распределение рисков, связанных с влиянием негативных процессов на почвы страны характеризуется значительной неравномерностью, о чем свидетельствуют многочисленные доклады МЧС, Минприроды, Минсельхоза РФ.

Риски усиления существующих и возникновения и развития новых очагов деградационных процессов на сельскохозяйственных угодьях находятся в прямой зависимости как от свойств и вещественного состава почв (гранулометрический состав, оструктуренность, водопрочность структурных агрегатов, водно-воздушный режим, степень гумусированности и др.), состояния растительности, степени проективного покрытия ею поверхности, определяющих устойчивость почвенного покрова к негативным природным и антропогенным воздействиям, так и от соблюдения земледельцами рекомендуемых агротехнологий и системы мер по рациональному использованию и охране конкретных земельных участков и ландшафтов.

Выявление причин, условий и факторов развития деградационных и опасных природных процессов на сельскохозяйственных землях является еще не вполне использованным резервом повышения плодородия почв, урожайности, перевода растениеводства страны на почвоохранное адаптивно-ландшафтное и контурно-мелиоративное земледелие.

Высокая динамика деградационных и опасных природных процессов, самого механизма их возникновения и развития в постоянно меняющихся в глобальном, региональном и локальном масштабах условиях климата, антропогенного воздействия, свойств и вещественного состава большого числа почв, выделяемых на разных таксономических уровнях, определяют необходимость постоянного изучения рассматриваемой проблемы применительно ко всему многообразию природно-антропогенных комплексов страны, создания эффективной системы мониторинга состояния почв и почвенного покрова.

Программа долгосрочных научных исследований в области почвоведения должна включать в качестве приоритетных направлений осуществление фундаментальных исследований закономерностей возникновения и развития всех видов деградации почв, их предотвращения, методов воспроизводства плодородия почв и, в конечном счете, совершенствование систем предотвращения деградации и воспроизводства плодородия почв, формирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий, обеспечивающих экологическую устойчивость агроландшафтов, создание безопасных условий жизни населения России.

Почвы земледельческих районов страны являются достоянием нации, одним из основных компонентов ее богатства, экономически ценнейшим наследием буду-

щих поколений. Особое место в ряду почв, используемых в сельскохозяйственном производстве, принадлежит **черноземам** – золотому фонду России, которые, занимая всего 6% от общей площади территории страны и около половины площади пахотных угодий, дают около 80% продукции сельскохозяйственного производства. Поэтому особое внимание при исследовании деградационных и опасных природных процессов необходимо уделять почвенному покрову черноземной зоны.

Почвы являются важнейшей частью окружающей природной среды и служат главным средством производства в сельском хозяйстве, а также пространственным базисом для размещения предприятий и организаций сельскохозяйственных отраслей народного хозяйства. В то же время они и наиболее уязвимый элемент агроландшафтов, так как именно они подвержены максимальному воздействию внешних природно-климатических и антропогенных факторов. В почвах протекает огромное число непрерывных процессов как в органической, так и в минеральной их частях, и любое нарушение естественных циклов может вести к деградации. В последние десятилетия происходят глобальные и локальные изменения климата, резко увеличилось число экстремальных лет на территории страны, отмечается чередование продолжительных по времени засух и ливневого выпадения осадков, которые оказывают прямое негативное воздействия на почвенный покров, вызывая развитие дефляции, пыльных бурь, водной и овражной эрозии, наводнения и др. Значительно усилилась климатическая и погодная зависимость величины и качества урожая зерновых культур, что привело к снижению темпов устойчивого роста продуктивности почв и самих агроценозов. В полной мере все вышесказанное относится и к черноземам, которые даже в большей степени, по сравнению с другими почвами, подвергаются всем известным видам деградационных и опасных природных процессов (в связи с интенсивным и не всегда рациональным сельскохозяйственным их использованием), что, в конечном счете, угрожает продовольственной независимости и национальной безопасности страны.

Изучение негативных деградационных и опасных природных процессов, прогрессирующее развитие которых приводит к снижению уровня плодородия почв, снижению урожайности сельскохозяйственных культур и увеличению затрат на получение единицы их продукции, падению продуктивности кормовых угодий, ухудшению качества кормов, а нередко – к необратимым изменениям количественного и качественного состава земельных ресурсов, практически полному разрушению и уничтожению почвенного плодородия, является как никогда актуальной, важной и широкомасштабной научной проблемой для сельскохозяйственной отрасли нашей страны.

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Систематизации и анализу была подвергнута официальная документация (государственные доклады о состоянии и использовании земель, об особенностях климата), а также литературные источники за период 2000–2013 гг., содержащие информацию о деградационных и опасных природных процессах, развитых на территории Российской Федерации и негативно воздействующих на почвы и сельскохозяйственные земли, о размерах наносимого ими ущерба экономике страны. Информация систематизирована по федеральным округам и отдельным административным регионам (республикам, краям, областям).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На территории России все деградационные и опасные природные процессы, негативно воздействующие на почвы и сельскохозяйственные земли, можно разделить на три группы по степени опасности: а) процессы, протекающие с уничтожением почвы и изъятием земель; б) изменяющие структуру почвенного покрова, приводящие к деградации земель и уменьшающие их продуктивность; в) снижающих продуктивность почв и урожайность сельскохозяйственных культур.

Процессы *первой* группы представляют непосредственную угрозу существованию земель. К ним можно отнести следующие основные процессы: овражную эрозию, разрушение берегов морей и водохранилищ, эрозию русел рек.

Опасность изъятия земель из землепользования, в результате разрушения берегов существует во всех федеральных округах РФ, имеющих морские побережья и крупные водохранилища на своей территории. Процессы разрушения берегов на территории страны распространены очень широко, что во многом обусловлено огромной протяженностью береговой линии морей и водохранилищ, составляющей в сумме около 125 тыс. км на начало XXI века. Примерно 41% берегов морей и 36% берегов водохранилищ в настоящее время активно разрушаются, в результате чего ежегодно безвозвратно изымается из хозяйственного использования около 6,7 тыс. га ценных прибрежных территорий, в том числе и сельскохозяйственных земель [3]. Наибольшая пораженность процессами разрушения береговых линий характерна для побережий Баренцева и Белого морей в Северо-Западном федеральном округе, Черного, Азовского и Каспийского морей в Южном федеральном округе, Охотского, Берингова и Японского морей в Дальневосточном федеральном округе [4] (рис. 1).



Рис. 1. Изменение береговой линии Каспийского моря в районе дельты р. Самур (космические снимки LANDSAT)

Овражная эрозия приводит к полному уничтожению почвенного покрова и преобразованию рельефа на территории самого оврага и кроме того негативно влияет на участки, прилегающие к оврагу. Из состава сельскохозяйственных угодий выводятся продуктивные земли или происходит их трансформация в другие, менее продуктивные угодья – пастбища или бросовые, неиспользуемые земли (рис. 2). Заовраженные земли, площадь которых в 2,5–3 раза больше площади самих оврагов, из-за сложных условий обработки имеют пониженную продуктивность и практически трансформируются в малопродуктивные кормовые угодья. Ежегодные потери продукции по стране с этих земель оцениваются примерно в 1,2 млн т зерна [5]. Количество оврагов в европейской части России превышает 2 млн, ежегодно за счет оврагов площадь пашни сокращается на 100–150 тыс. га [4]. Наиболее высокая пораженность территории оврагами характерна для Центрального и северной половины Южного и Приволжского федеральных округов. В азиатской части страны овраги интенсивно развиваются на сельскохозяйственных землях юга Сибирского федерального округа, а также на севере Уральского, где оврагообразование связано с хозяйственным освоением территорий в зоне многолетнемерзлых пород.



Рис. 2. Овражная эрозия в Центральном Черноземье

Результатом интенсивного размыва берегов рек страны, в результате русловых процессов, является уничтожение сотен и тысяч гектаров сельскохозяйственных земель ежегодно. На территории России наиболее опасными по проявлению русловых процессов являются районы, где средняя скорость размыва берегов превышает 10 м/год. К ним относятся: нижнее течение Терека (Северо-Кавказский федеральный округ), верхняя Обь (Сибирский федеральный округ), нижний Амур (Дальневосточный федеральный округ), Северная Двина, Вычегда (Северо-Западный федеральный округ) и др. [4].

Вторая группа процессов представлена только деградационными процессами, которые характеризуются широкомасштабным характером проявления и более растянуты во времени. Процессы этой группы не несут прямой и быстрой угрозы для почвы и биоты, но могут привести к полной деградации земель, кардинально изменив структуру почвенного покрова и условия существования биоты, вплоть до ее гибели. К ним можно отнести такие природные процессы как: водную эрозию, дефляцию, переувлажнение, подтопление, засоление, опустынивание и др.

Опасность эрозии почв заключается в разрушении и выносе верхнего, наиболее плодородного слоя почв, что влечет за собой уменьшение гумусового слоя

почвы и снижение продуктивности земель. Кроме того, эрозия почв способствует развитию оврагов на пахотных землях. В России ежегодно с пахотных склонов сносится свыше 500 млн т плодородной части почв [6]. Из-за водной и ветровой эрозии почв недобор зерна по стране оценивается в 15,8 млн т в год. Общий ущерб от водной и ветровой эрозии в России составляет ежегодно более 9,7 млрд долларов [7]. На территории России воздействию процессов водной эрозии и дефляции подвержено большинство регионов. К категории эродированных земель относится до 56% общей площади сельхозугодий в стране [4]. В течение последних 30 лет темпы прироста эродированных земель каждые пять лет составляют 6–7%, т.е. до 1,5 млн га в год [7]. Особенно эрозионноопасными являются высокоплодородные земли Центрально-Черноземной зоны и юга России (и, в первую очередь, знаменитые на весь мир черноземы), имеющие самый высокий процент распаханности. По данным государственного учета общая площадь эродированных, дефлированных, эрозионно- и дефляционно-опасных сельскохозяйственных угодий в стране составляет 130 млн га, в том числе пашни – 84,8 млн га, пастбищ – 28,7 млн га [5]. Доля эродированных и дефлированных почв ежегодно продолжает неуклонно увеличиваться. В результате эрозии и дефляции почв недобор урожая на пашне достигает 36%, на других угодьях – до 47%. Наиболее подвержены эрозии и дефляции сельскохозяйственные земли в Приволжском, Южном, Северо-Кавказском и Центральном федеральных округах [4].

Опасность засоления почв заключается, прежде всего, в негативном воздействии на развитие большинства растений и резком ухудшении плодородия почв, что приводит к значительному экономическому ущербу вследствие снижения урожайности земледельческих и пастбищных угодий. Засоленность почв является одним из ярких признаков деградации земель и существенно уменьшает их стоимость. Засоленные почвы распространены главным образом на юге страны – в зонах степей, сухих степей и полупустынь (рис. 3). Общая площадь засоленных почв в стране составляет около 54 млн га (3,3% почвенного покрова страны или 21,5% площади сельскохозяйственных угодий). Почвы с различными типами засоления имеются на территории 42 субъектов Федерации [8].



Рис. 3. Засоление почв в Калмыкии

Наибольшим распространением засоленных почв характеризуются республики Дагестан и Калмыкия в Северо-Кавказском федеральном округе, Волгоградская и Астраханская области в Южном федеральном округе, Новосибирская и Омская области в Сибирском федеральном округе [4].

Опасность опустынивания заключается в большом материальном ущербе от деградации земель (водная и ветровая эрозия, засоление, подтопление), сокращения площадей продуктивных сельскохозяйственных угодий. Ежегодные потери от опустынивания на Земле оцениваются в 42 млрд долларов [9]. В России интегральный экологический ущерб от опустынивания сельскохозяйственных угодий аридного пояса страны составляет в денежном эквиваленте в среднем не менее чем 0,7–1,0 млрд долларов США в год на протяжении последних 15–20 лет [4]. В России опустыниванием в той или иной мере охвачена площадь более 100 млн га. Опустынивание, ранее рассматривавшееся на территории России, как узко-региональная проблема, связанная с деградацией Черных земель Республики Калмыкия и Кизлярских пастбищ северной части Республики Дагестан, в настоящее время затронуло в той или иной мере 27 субъектов Российской Федерации (рис. 4). Отдельные засушливые районы с опасностью опустынивания находятся на юге Приволжского, Уральского и Сибирского округов [4].



Рис. 4. Изображение выбитых скотом участков пастбищ (белые пятна) на границе Чечни и Дагестана на космическом снимке Quickbird, 2012 г.

Опасность переувлажнения заключается в значительном ухудшении качества почв, выраженном в уменьшении их плодородия и снижении сельскохозяйственного потенциала. Переувлажнение негативно влияет на тепловой режим почв, вызывает вымокание и выпревание посевов, укорачивает периоды сенокоса и выпаса на естественных кормовых угодьях, значительно затрудняет механизированную обработку земель, приводит к появлению сорных влаголюбивых видов растений (рис. 5). При сильной степени переувлажнения кадастровая стоимость земли может уменьшиться на 55–65% [10]. В России в настоящее время переув-

лаженными считаются около 9 млн га, в том числе, 5 млн га сельскохозяйственных угодий [11]. Основные массивы переувлажненных земель сосредоточены в южнотаежно-лесной зоне, представленной на территории практически всех федеральных округов. В европейской части страны переувлажнение земель достаточно широко проявляется также в лесостепной и степной зонах.



Рис. 5. Переувлажненный участок поля в Тамбовской области

Опасность подтопления заключается в целом ряде неблагоприятных последствий воздействия подземных вод на участки земель, уменьшая плодородие почв и снижая их сельскохозяйственный потенциал. В России процессами подтопления в наибольшей мере охвачена территория федеральных округов, расположенных в европейской части страны, а также Уральского и западной части Сибирского федеральных округов. Общая площадь подтопленных земель в стране составляет более 80 тыс. км,² из которых 34 тыс. км² приходится на земли сельскохозяйственного назначения [6]. Подтопление сельскохозяйственных земель очень активно происходит на территориях, прилегающих к водохранилищам и другим крупным гидротехническим сооружениям (рис. 6).



Рис. 6. Подтопление земель в Ставропольском крае

Третья группа представлена опасными быстроразвивающимися природными процессами (явлениями), негативно влияющими на продуктивность земель – пыльные бури, сильные продолжительные дожди, наводнения и паводки и др. В России, где климатические условия очень разнообразны и подвержены значительным колебаниям, ущерб сельского хозяйства от гидрометеорологических явлений составляет 80–90% ущерба от всех природных процессов [12]. Основной ущерб почвам на территории страны наносят наводнения и паводки.

Пыльные бури являются одним из наиболее опасных метеорологических явлений для сельского хозяйства. Их негативное воздействие проявляется в механическом разрушении почвенного покрова, обеднении почв за счет потери питательных веществ, повреждении сельскохозяйственных культур и снижении их урожайности или гибели. Воздействие пыльных бурь приводит к снижению стоимости земель в пострадавших районах. В России северная граница распространения пыльных бурь проходит через Саратов, Самару, Уфу, Оренбург и предгорья Алтая. Наибольшее распространение пыльные бури получили на территории Северо-Кавказского и Южного федеральных округов и в прилегающих к ним районах Центрального и Приволжского округов [4] (рис. 7).



Рис. 7. Последствия пыльной бури на севере Чеченской Республики

Основным поражающим фактором сильных дождей в большинстве случаев является гидродинамическое и эрозионное воздействие потока воды на почву, канализированного с территории выпадения осадков по природным понижениям рельефа или с помощью искусственных сооружений. На территории России наибольшей повторяемостью сильных дождей отличаются субъекты Дальневосточного федерального округа, подверженные влиянию насыщенных влагой воздушных масс с Тихого океана и его морей, а на юге страны – черноморское побережье Краснодарского края в пределах Южного федерального округа.

Многочисленные негативные последствия сильных паводков и наводнений проявляются в виде затопления обширных территорий сельскохозяйственных земель и в результате этого снижение качества почв. В России суммарная площадь земель, подвергающихся наводнениям, оценивается в 350–400 тыс. км² [13]. В

многоводные годы общая площадь затопляемых территорий достигает 2–2,5% площади страны [14]. Наводнения в России происходят ежегодно, а в некоторых районах – по несколько раз в год. Под угрозой затопления в стране находится сотни тысяч гектаров сельскохозяйственных угодий. Наибольшим размахом характеризуются наводнения в Южном, Северо-Кавказском и Дальневосточном федеральном округах. Эти опасные процессы повторяются здесь особенно часто, охватывают большие территории, приносят огромные разрушения. Еще свежо в памяти самое катастрофическое по своим масштабам за последние 115 лет и нанесенному материальному ущербу наводнение 2013 г. на Дальнем Востоке (рис. 8).



Рис. 8. Наводнение на Дальнем Востоке (Фото: РИА Новости, Сергей Мамонтов)

ВЫВОДЫ

1. Представленный широкий перечень деградационных и опасных природных процессов неопровержимо свидетельствует о том, что эти процессы оказывают самое существенное негативное влияние на почвы земледельческих районов страны, наносят огромный экономический ущерб и определяют масштабность научной проблемы для сельскохозяйственных наук вообще и почвоведения в частности.

2. Важность рассматриваемой научной проблемы для экономики и общества определяется сугубо прикладным характером результатов исследований, предназначенных к использованию не только АПК страны, но и природоохранительными организациями, страховыми, налоговыми, судебными и др. органами для: обеспечения, в рамках мониторинга сельскохозяйственных земель, своевременного выявления негативных и опасных природных процессов, их объективной комплексной оценки, прогноза, предупреждения и устранения; оценки степени опасности проявления негативных процессов и ущерба от них и его учета при оценке стоимости земельных участков, возможности предотвращения и минимизации

ущерба; использования полученной информации для оценки степени риска от деградации и загрязнения почв, проведения расчетов ущерба и платы за землю; разработки новых методов и высоких технологий ведения наблюдений за состоянием сельскохозяйственных земель России; усовершенствования существующих мер по предотвращению развития деградационных и опасных природных процессов, воспроизводству плодородия почв в адаптивно-ландшафтном земледелии и создания экологически устойчивых и высокопродуктивных агроландшафтов; подсчета общих объемов, стоимости, очередности и расчета экономической эффективности системы мероприятий по предотвращению отрицательного воздействия на сельскохозяйственные земли страны деградационных и опасных природных процессов и потребности в специальной технике; разработки проектов рационального природопользования; определения рациональной величины финансовых и материальных ресурсов для локализации и ликвидации возможных чрезвычайных ситуаций в сельскохозяйственном секторе экономики страны; расчета величин страховых тарифов для страхования урожая сельскохозяйственных культур от природных рисков; обоснования риска инвестиционных вложений в развитие той или иной территории; разработки стратегий экономического и социального развития сельскохозяйственной отрасли субъектов РФ; обеспечения ведения государственного земельного кадастра, объективного земельного налогообложения и государственной отчетности; государственного контроля за использованием и охраной земель; принятия управленческих решений по выводу из оборота загрязненных и деградированных земель и осуществления мероприятий по их консервации и восстановлению и т. д.

3. Главным итогом исследований станет совершенствование систем предотвращения деградации и воспроизводства плодородия почв, формирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий, обеспечивающих экологическую устойчивость агроландшафтов, значительное повышение продуктивности сельскохозяйственных угодий, устранение зависимости России от поставок импортной сельскохозяйственной продукции, общее оздоровление экологической обстановки и создание безопасных условий жизни населения нашей страны.

*Работа выполнена при финансовой поддержке
РНФ (грант № 14–38–00023).*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов, А.Л. Качество почв России для сельскохозяйственного использования / А.Л. Иванов, И.Ю. Савин, В.С. Столбовой // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук – 2013. – № 6. – С. 41–45.
2. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2012 г. – М.: Росреестр, 2013. – 263 с.
3. Природные опасности России. Экзогенные геологические опасности; под ред. В.М. Кутепова, А.И. Шеко. – М.: Издательская фирма «КРУК», 2002. – 345 с.
4. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций Российской Федерации; под ред. С.К. Шойгу. – М.: Дизайн. Информация. Картография. 2010. – 696с.

5. Проблемы деградации и восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения в России; под ред. А.В. Гордеева, Г.А. Романенко. – М.: Росинформагротех, 2008. – 67 с.
6. Безопасность России. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. – М.: МГФ «Знание», 1999. – 588 с.
7. Эрозия почв России / А.Н. Каштанов [и др.]. – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2004. – 76 с.
8. Засоленные почвы России; под ред. Л.Л.Шишова, Е.И.Панков. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 856 с.
9. Опустынивание засушливых земель Прикаспийского региона / Г.М. Борликов [и др.]. – Ростов н/д, 2000. – 98 с.
10. Природно-техногенные воздействия на земельный фонд России и страхование имущественных интересов участников земельного рынка. – М., 2000. – 252 с.
11. Назаренко, О.Г. Современные процессы развития локальных гидроморфных комплексов в степных агроландшафтах: автореф. дис. ...на соиск. уч. степ. д-ра биол. наук. – М.: МГУ, 2002. – 46 с.
12. Доклады об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2003–2010 гг. – М.: Росгидромет, 2004–2011.
13. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации; под общ. ред. С.К. Шойгу. – М.: ИПЦ «Дизайн. Информация. Картография», 2005. – 270 с.
14. Тарасов, Н.М. Состояние и проблемы сохранения природных ресурсов в бассейнах великих рек России / Н.М. Тарасов // Форум «Великие реки 2003». – М., 2003. – С. 6–21.

SOCIAL-ECONOMIC ASPECTS OF EFFECTS OF DEGRADATION AND DANGEROUS NATURAL PROCESSES ON THE SOIL COVER OF AGRICULTURAL LANDS IN RUSSIA

E.N. Molchanov, V.V. Razumov, I.Yu. Savin

Summary

Under consideration are results of systematizing and analyzing the official documents (State reports about the land state and land use, peculiar features of the climate) as well as literature sources for 2000–2013 related to information on degradation and hazardous natural processes taking place at the territory of the Russian Federation. These processes exert adverse effects upon the soils in agricultural regions of the country, thus causing the great damage to national economic and facing an acute problem in agricultural sciences and soil science in particular. This problem is of great importance for the economic and the society being defined by the applied character of scientific research, the results of which may be used not only by the country's agrarian and industrial complex (AIC) but also by organizations engaged in natural history, insurance, taxation, legal and other agencies.

Поступила 9.04.15

ОБ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОМ ПОТЕНЦИАЛЕ ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ РОССИИ

Д.С. Булгаков, Д.И. Рухович, Е.А. Шишконокова, Е.В. Вильчевская

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева,
г. Москва, Россия*

ВВЕДЕНИЕ

Оценка агроэкологических условий, складывающаяся из агроклиматических и почвенных оценок, фактически является оценкой агропочвенного потенциала пахотных земель в отношении продуктивности сельскохозяйственных культур, если учитывать их биологические требования [3,7]. Провести такую оценку позволяет методика, разработанная в отделе агроэкологической оценки почв Почвенного института имени В.В. Докучаева под руководством и при участии чл.-корр. ВАСХНИЛ И.И. Карманова, которая заключается в вычислении баллов продуктивности (бонитета) ведущих сельскохозяйственных культур на основе почвенно-агроклиматического индекса (ПАКИ). Оценки, приведенные в материалах природно-сельскохозяйственных районирований, разработанных ранее, представлены в достаточно обобщенном виде [4, 9, 10]. Учесть биологические требования ведущих сельскохозяйственных культур и определить их соответствие почвенно-климатическим возможностям территории, фактически определив агроэкологический потенциал пахотных угодий, позволяют выделенные в системе почвенно-агроэкологического (земледельческого) районирования, почвенно-агроэкологические районы (ПАЭР). Агроэкологический потенциал пахотных земель может найти свое применение в проектах адаптивно-ландшафтных систем земледелия конкретных региональных территорий, кадастровых оценках, определении ценности земель [6]. При выделении ПАЭР используются информационные методы и дистанционного зондирования [11]. Надо отметить, что подобного рода работы проводятся и в Беларуси [12], поэтому актуальность таких разработок вполне очевидна для содружества стран (СНГ) и союзного государства (Беларусь–Россия).

В регионах, на территориях которых не проявляются процессы деградации, размещать ведущие сельскохозяйственные культуры целесообразно с учетом наибольшей пригодности почв и климатических условий для их возделывания.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В соответствии с определенным выше методическим подходом для оценки агроэкологического потенциала пахотной территории ПАЭР используются такие показатели, как состав преобладающих по площади подтипов почв с учетом гранулометрического состава, качественная характеристика рельефа и факторов деградации (эрозия, дефляция, переувлажнение и др.), величина плотности оврагов, как показателя ограничивающего агротехнические условия, почвенно-агроклиматический индекс (ПАКИ), характеризующий условия возделывания основных для этого ареала сельскохозяйственных культур. ПАКИ фактически представляет продуктивность этих культур, оцениваемую в баллах бонитета преобладающих

почв пахотных земель. ПАКИ является модификацией почвенно-экологического индекса (ПЭИ), характеризующего ценность почв, почвенного покрова (земель) и учитывающего требования сельскохозяйственных культур для оптимизации их размещения при реализации адаптивно-ландшафтного подхода в земледелии и общего ландшафтно-экологического анализа территории [5].

В итоге составляется шкала агроэкологической оценки почв по культурам в пределах каждогопочвенно-агроэкологического (агрономического) района. Использование этого методического подхода позволяет:

- 1) оценить агроэкологический потенциал пахотных земель;
- 2) оценить (в баллах бонитета) относительные условия возделывания ведущих сельскохозяйственных культур с учетом биологических требований каждой из них;
- 3) определить ценность почв как природного ресурса в зависимости от уровня интенсивности ведения сельского хозяйства.

В границах 64 агроэкологических (земледельческих) ареалов [1, 2] выделено 155 почвенно-агроэкологических (агрономических) районов, объединяющих около 2000 административных районов. Земледельческие ареалы, относительно однородные по агроклиматическим и растениеводческим параметрам, как правило, не однородны по структуре почвенного покрова (подтип, гранулометрический состав), особенностям рельефа, факторам деградации, а также в технологическом отношении. В связи с этим и возникает необходимость выделять почвенно-агроэкологические (агрономические) районы внутри ареалов. Они представляют собой третий уровень природно-сельскохозяйственного районирования.

Выделение ПАЭРов осуществлялось по следующим критериям:

- основные (преобладающие) почвы района, как правило, относились к одному типу (подтипу);
- районы, включали административные районы, меньшие по площади, поэтому в почвенно-агроэкологические районы входят нескольких административных районов;
- агрономический район, как правило, находился в пределах одной и той же крупной формы рельефа;
- в составе почвенного покрова района выделялись и другие типы почв, занимающие меньшие площади.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Каждый почвенно-агроэкологический район имеет свою специфику, прежде всего, потому, что почвенно-геоморфологические (состав почв и мезорельеф), агрономические (набор сельскохозяйственных культур) и технологические (размеры поля и ограничения при его обработке) условия, как правило, различаются. В разных районах наборы и чередование культур, участвующих в севообороте, различаются, но возделывают основные ареалообразующие (имеются в виду земледельческие ареалы) культуры, к которым отнесены (по посевным площадям) пшеница озимая и яровая, рожь, ячмень, кукуруза на зерно, сахарная свекла, подсолнечник, лен, соя, картофель, силосные культуры без кукурузы, кукуруза на силос и зеленый корм, многолетние и однолетние травы. Они могут быть в ПАЭР как ведущими, так и второстепенными (сопутствующими).

Важным моментом выделения районов является отражение в их составе административных районов. Таким образом, ПАЭР, а соответственно, и ареалы приобретают административно-территориальную привязку.

В агроэкологических (земледельческих) ареалах 1 и 2 ПАЭРы не выделяются, поскольку используется тепличное направление производства сельскохозяйственной продукции, либо естественно-кормовое. В 3-м и 4-м ареалах выделены ПАЭРы, приуроченные к пойменным территориям с дерновыми почвами и прилегающим склонам южной экспозиции с почвами подзолистого ряда, на которых производится ранняя овощная продукция для обеспечения населения городов и крупных поселков. Кстати, выращиваемый здесь ранний картофель характеризуется высоким качеством, поскольку не подвергается фито- и энтомологическим заболеваниям.

В 5-м среднетаежном ареале на территории Восточно-Европейской равнины выделены 8 ПАЭРов, которые включают 32 административных района разных субъектов РФ. В 6-м – 8, в 7-м – 11, в 8-м – 14, в 9-м – 21 и т.д. Всего в Европейской части России выделено 27 почвенно-агроэкологических районов. В качестве примеров ниже приводятся фрагменты агроэкологических ареалов с почвенно-агроэкологическими и административными районами. В таблицах 1 и 2 представлена информация по почвенно-агроэкологическим районам, характеризующим соответственно условия целесообразного размещения и возделывания набора, основных для этих агроландшафтов культур. ПАЭРы, выделенные в границах земледельческого ареала представляют собой фактически эталоны (ключевые территории), представляющие разные зоны и провинции. В данном примере приведена информация для южной таежно-лесной зоны с преобладающим участием дерново-подзолистых и дерново-глеевых осушенных почв, как территория близкая к условиям Беларуси.

В таблице 1 акцентировано внимание на территориях, расположенных севернее и северо-восточнее Московской области, которые можно считать как раз близкими к типичным для этой широты южной таежно-лесной зоны и Средне-Русской провинции. Их объединяет почвенный покров (преобладают дерново-подзолистые почвы) со средне- и легкосуглинистым гранулометрическим составом, относительно равнинным мезорельефом, практически не имеющим ограничений для машинной обработки, слаборазвитыми водно-дефляционными процессами, почти одинаковой средней продуктивностью зерновых культур и чуть выше средней продуктивностью силосной кукурузы. В то же время выделенные ПАЭРы имеют различия по тем или иным показателям: так, на территории ПАЭРа № 8 вторую позицию по площади занимают сочетания с карбонатными почвами, к тому же к среднесуглинистому гранулометрическому составу добавляется супесчаный; ПАЭР № 10 – характеризуется добавлением серых лесных тяжелосуглинистых почв; ПАЭРу № 13 характерен более легкий гранулометрический состав. Эти отличия отражаются на величине показателей оценки условий возделывания культур, а именно на баллах бонитета по культурам. Поэтому в ПАЭРах № 8 и 10, несмотря на почвенные различия, баллы бонитета очень близки по своим величинам, то время, как в ПАЭРе № 13 они уже заметно ниже, поскольку на их продуктивности отражается более легкий гранулометрический состав. Кроме того, в каждом ПАЭРе представлена качественная характеристика геоморфологических условий, которую можно считать как определенную базу данных. В целом же, ПАЭРы (приведенные и не приведенные во фрагменте) характеризуют Западный (Европейский) южный таежно-лесной дерново-подзолистый агроклиматический ареал № 8 с основными культурами озимая рожь, ячменем, овсом и кукурузой на силос.

Таблица 1

Агроклиматический ареал № 8
Западный (Европейский) южный таежно-лесной дерново-подзолистый
 Основные культуры: озимая рожь, ячмень, овес, кукуруза на силос (фрагмент)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Баллы бонитета почв пашни в среднем по административным районам для основных культур			
												озимая рожь	ячмень	овес	кукуруза на силос
Субъекты Российской Федерации, области	Административные районы	Почвенно-агроэкологические районы, №	Индексы почв с преобладанием пахотнотригодных	Гранулометрический состав	Индексы почв пахотнотригодных участка пахотнотригодных	Гранулометрический состав	Преобладающий рельеф	Водная эрозия, % на с/х угодьях A _в – слабая B _в – средняя и сильная	Дефляция, % на с/х угодьях A _п – слабая B _п – средняя, сильная	Плотность оврагов	Гранулометрический состав в отношении культур	13	14	15	16
Тверская	Калининский Кимрский Конаковский	8–8	Пд Пд _{ксп}	СС СП СС	Пдж Пд _к Т _н Т _в	П СС	слабо волнисто-равнинный среднезаболоченный	A _в –1–2 B _в менее 1	отсутствует	очень слабая	СС	Пд	Пд	Пд	Пд
Ярославская	Переяславский	8–10	Пд СЛ	СС СП ТС	Пдж	П	равнинно-волнистый	A _в –8–10 B _в –2–4	отсутствует	слабая и средняя	СС	Пд	Пд	Пд	Пд
Нижегородская	Варнавинский Ветлужский	8–13	Пд	ЛС СП	Пдж Пиг Т _н Т _в	П	равнинно-холмистый	A _в –5–7 B _в –2–4	отсутствует	средняя	ЛС	Пд	Пд	Пд	Пд

Таблица 2

Агроклиматический ареал № 10
Западный (Европейский) южный таежно-лесной дерново-подзолистый и дерново-глебовый (осушенный)

Основные культуры: озимая пшеница, ячмень, кукуруза на силос (фрагмент)

1	Калининградская Федерация, области	2	Административные районы Багратионовский Гвардейский Гурьевский Гусевский Зеленоградский Краснознаменский Советский Нестеровский Озерский Полесский Славинский Черняховский	3	Почвенно-агрокологические районы, № 10-1	4	Индексы почв с преобладанием пахотно-пригодных	5	Гранулометрический состав	6	Индексы почв практически без участия пахотно-пригодных	8	Преобладающий рельеф	9	Водная эрозия, % на с/х угодьях А _в – слабая Б _в – средняя и сильная	10	Дефляция, % на с/х угодьях А _д – слабая Б _д – средняя, сильная	11	Плотность оврагов	12	Гранулометрический состав в отношении культур	13	пшеница озимой	14	ячмень	15	кукуруза на силос																																																																																				
																												ПД	ПД	ПД																																																																																	
																												64	63	63																																																																																	
1	Калининградская	2	Административные районы	3	Почвенно-агрокологические районы, №	4	Индексы почв с преобладанием пахотно-пригодных	5	Гранулометрический состав	6	Индексы почв практически без участия пахотно-пригодных	8	Преобладающий рельеф	9	Водная эрозия, % на с/х угодьях А _в – слабая Б _в – средняя и сильная	10	Дефляция, % на с/х угодьях А _д – слабая Б _д – средняя, сильная	11	Плотность оврагов	12	Гранулометрический состав в отношении культур	13	пшеница озимой	14	ячмень	15	кукуруза на силос																																																																																				
																												ПД	ПД	ПД																																																																																	
																												64	63	63																																																																																	
																												1	Калининградская	2	Административные районы	3	Почвенно-агрокологические районы, №	4	Индексы почв с преобладанием пахотно-пригодных	5	Гранулометрический состав	6	Индексы почв практически без участия пахотно-пригодных	8	Преобладающий рельеф	9	Водная эрозия, % на с/х угодьях А _в – слабая Б _в – средняя и сильная	10	Дефляция, % на с/х угодьях А _д – слабая Б _д – средняя, сильная	11	Плотность оврагов	12	Гранулометрический состав в отношении культур	13	пшеница озимой	14	ячмень	15	кукуруза на силос																																																								
																																																								ПД	ПД	ПД																																																					
																																																								64	63	63																																																					
																																																								1	Калининградская	2	Административные районы	3	Почвенно-агрокологические районы, №	4	Индексы почв с преобладанием пахотно-пригодных	5	Гранулометрический состав	6	Индексы почв практически без участия пахотно-пригодных	8	Преобладающий рельеф	9	Водная эрозия, % на с/х угодьях А _в – слабая Б _в – средняя и сильная	10	Дефляция, % на с/х угодьях А _д – слабая Б _д – средняя, сильная	11	Плотность оврагов	12	Гранулометрический состав в отношении культур	13	пшеница озимой	14	ячмень	15	кукуруза на силос																												
																																																																																				ПД	ПД	ПД																									
																																																																																				64	63	63																									
																																																																																				1	Калининградская	2	Административные районы	3	Почвенно-агрокологические районы, №	4	Индексы почв с преобладанием пахотно-пригодных	5	Гранулометрический состав	6	Индексы почв практически без участия пахотно-пригодных	8	Преобладающий рельеф	9	Водная эрозия, % на с/х угодьях А _в – слабая Б _в – средняя и сильная	10	Дефляция, % на с/х угодьях А _д – слабая Б _д – средняя, сильная	11	Плотность оврагов	12	Гранулометрический состав в отношении культур	13	пшеница озимой	14	ячмень	15	кукуруза на силос
64	63	63																																																																																																													
1	Калининградская	2	Административные районы	3	Почвенно-агрокологические районы, №	4	Индексы почв с преобладанием пахотно-пригодных	5	Гранулометрический состав	6	Индексы почв практически без участия пахотно-пригодных	8	Преобладающий рельеф	9	Водная эрозия, % на с/х угодьях А _в – слабая Б _в – средняя и сильная	10	Дефляция, % на с/х угодьях А _д – слабая Б _д – средняя, сильная	11	Плотность оврагов	12	Гранулометрический состав в отношении культур	13	пшеница озимой	14	ячмень	15	кукуруза на силос																																																																																				
																												ПД	ПД	ПД																																																																																	
																												64	63	63																																																																																	

В таблице 2 приведена информация по крайнему западному субъекту Российской Федерации – Калининградской области, отличающемуся достаточно благоприятными почвенно-климатическими условиями возделывания культур. Так, климатические параметры: $\sum t^{\circ} > 10^{\circ} = 2250$; $KU = 1,1$; $KK = 118$), геоморфологические (слабоволнистая равнина) и почвенные характеристики области соответствуют лучшим (принятым за 100 баллов бонитета) условиям возделывания в России озимой ржи, многолетних трав и картофеля. Почвенный покров пашни представлен сочетаниями локальных ареалов выщелоченных, окультуренных; преобладающих по площади легкосуглинистых дерново-подзолистых окультуренных; легкосуглинистых бурых оподзоленных и тяжелосуглинистых дерново-глеевых осушенных почв [8]. Основными возделываемыми культурами в области являются: озимая пшеница, яровой ячмень, кукуруза на силос и зеленый корм. Условия возделывания этих культур на преобладающих дерново-подзолистых почвах будут естественно менее благоприятными, что и находят отражение в более низких величинах баллов бонитета по районам. Озимая рожь, картофель и многолетние травы, занимающие меньшие площади, возделываются в основном на окультуренных дерново-карбонатных почвах, условия которых приняты за 100 баллов. В целом эти условия превышают средние баллы по стране, что можно отнести на счет «мягкости» агроклимата и пригодности антропогенно улучшенных почв (осушенные, окультуренные).

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенного исследования по оценке агроэкологического потенциала пахотных земель выделен третий уровень уточненного природно-сельскохозяйственного районирования России, а именно 155 почвенно-агроэкологических районов в границах агроклиматических ареалов (второй уровень), оценивающих (в баллах бонитета на основе использования ПАКИ) относительные условия возделывания ведущих сельскохозяйственных культур с учетом биологических требований каждой из них.

2. В качестве критериев выделения ПАЭРов на территории России использовалась информация о почвенных, геоморфологических и технологических условиях возделывания в конкретном агроландшафте основных и сопутствующих им в севообороте культур, а также определены возможные деградационные ограничения.

3. Важным показателем в оценке ПАЭРов является представленная в таблице качественная характеристика геоморфологии района.

4. Суммируя полученную информацию по ПАЭРах можно сделать вывод о ценности почв как природного ресурса в зависимости от уровня интенсивности ведения сельского хозяйства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булгаков, Д.С. Районирование территории России для оптимизации размещения культур (текст) / Д.С. Булгаков, И.И.Карманов // Национальный атлас почв Российской Федерации; под ред. С.А. Шобы. – М.: Астрель, АСТ, 2011. – С. 288–289.

2. Агроклиматические ареалы с набором ведущих сельскохозяйственных культур (карта) / Д.С. Булгаков [и др.] // Национальный атлас почв Российской Федерации; под ред. С.А. Шобы. – М.: Астрель, АСТ, 2011. – С. 290–292.

3. Биоклиматический потенциал России: теория и практика / А.В. Гордеев [и др.]; под ред. А.В. Гордеева. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 512 с.
4. Земельные ресурсы СССР. Природно-сельскохозяйственное районирование территории областей, краев, АССР и республик. – Ч.1. – М.: ГИЗР, 1990. – 261 с.
5. Карманов, И.И. Методика почвенно-агроклиматической оценки пахотных земель для кадастра / И.И. Карманов, Д.С. Булгаков. – М.: ООО АПР. – 2012. – 121 с.
6. Карманов, И.И. Современные аспекты оценки земель и плодородия почв / Д.С. Булгаков, Л.А. Карманова, Е.И. Путилин // – Почвоведение. – 2002. – № 7. – С. 850–857.
7. Константинов, А.Р. Почвенно-климатические ресурсы и размещение зерновых культур / Е.К. Зойдзе, С.И. Смирнова. – Л.: Гидрометеоиздат. – 1981. – 280 с.
8. Почвенная карта РСФСР. Масштаб 1:2 500 000; под ред В.М. Фридланда. – М.: ГУГК. – 1988. – 16 листов.
9. Природно-сельскохозяйственное районирование земельного фонда СССР; под ред. В.В. Егоров [и др.]. – М.: Колос. – 1975. – 256 с.
10. Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР; под ред. А.Н. Каштанова. – М.: Колос. – 1983. – 336 с.
11. Рухович, Д.И. Проблемы использования цифровых тематических карт на территорию СССР при создании ГИС «Почвы России» / Д.И. Рухович [и др.] // Почвоведение. – 2011. – № 9. – С. 1043–1045.
12. Северцов, В.В. К вопросу информационного обеспечения рационального использования почвенных ресурсов Солигорского района / В.В. Северцов, Г.С. Цытрон, Д.В. Матыченков // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 42–51.

ABOUT THE AGROECOLOGICAL POTENTIAL OF ARABLE LANDS OF RUSSIA

D.S. Bulgakov, D.I. Rukhovich, E.A. Shishkonakova, E.V. Vil'chevskaya

Summary

In article the question of agroecological potential of arable grounds of Russia is discussed with use of the soil and agroclimatic index (PAKI), developed under the direction and with the assistance of the corresponding member of VASKHNIL of I.I. Karmanov.

The agroclimatic (agricultural) areas (64), allocated for territories of the country and characterizing soil and agroecological conditions for cultivation of the main and the crops accompanying them in a crop rotation are differentiated on soil and agroecological areas (PAER), including certain administrative regions. PAER characterize a soil cover and geomorphological conditions of an area for cultivation of crops and their assessment in the points of site class calculated with application of PAKI in more detail.

This information opens the third level of soil and agroecological division into districts (agroregions, agricultural areas, soil and agroecological areas).

Поступила 9.04.15

СЕРЫЕ ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ КОДР МОЛДОВЫ: ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА И ЕГО ТРАНСФОРМАЦИИ

В.Е. Алексеев, В.В. Чербарь, А.Н. Бургеля, Е.Б. Варламов

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

ВВЕДЕНИЕ

Исследования по изучению минералогического состава лесных почв Кодр Молдовы проводились и ранее, хотя и довольно эпизодически. Наиболее ранняя [1], да и поздняя [2] работы посвящены изучению глинистых минералов, определяемых по методике 70-х годов XX века. Первичные минералы в этих почвах стали изучаться позже [3–6]. Методика исследования совершенствовалась в направлении не только дополнительного изучения наряду с глинистыми минералами и первичных [7], но и в сопряженном изучении этих двух групп минералов [6]. В настоящее время разработана система оценочных показателей минералогического состояния почв степной и лесостепной зон [8], которая, по-нашему замыслу, следует проверить в применении к изучению лесных почв Молдовы. Аналоги подобной методики в зарубежной практике исследований нам неизвестны.

Цель исследования заключается в углублении знаний об особенностях минералогии лесных почв Молдовы и их генезиса с помощью методики [8], в частности, серых лесных почв предгорий Кодр до абсолютных отметок в 200 м.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований служат серые лесные почвы Кодр Молдовы. На водоразделах было заложено 3 разреза: близ села Иванча Оргеевского района (разрез 4м, абс. выс. 200 м) на лесовидном тяжелом суглинке под дубравой, близ шоссе на Оргеев (разрез 5м, абс. выс. 207 м) и села Пересечино (разрез 6м, приводораздельный склон, абс. выс. 190 м). Почвообразующие породы двух последних почв принадлежат к плиоценовым глинам.

Профиль почвы на лесовидном суглинке (разрез 4м) характеризуется менее выраженной кислотностью. Показатель рН в верхней части профиля (Ad) находится на уровне 7,3, с глубиной к горизонту В снижаются до 6,6. Гидролитическая кислотность с 1 мг-экв в верхнем горизонте увеличивается до 3 мг-экв в нижней части горизонта В. Карбонаты отмечаются с глубины 80 см (до 2%). В материнской породе на глубине 100–120 см их содержание резко увеличивается (до 32%). Профили почв на плиоценовых глинах отличаются более высокой кислотностью: рН в них понижается от 6,8–7,4 в горизонте Ad до 5,7–5,2 в горизонте В и к породе вновь повышается до 7,6–7,9. Гидролитическая кислотность увеличивается с 2–5 мг-экв в верхнем горизонте Ad до 6–11 мг-экв в горизонте

В. На повышенных значениях обоих показателей отразился, по-видимому, процесс оглеения, постоянный в разрезе 5м и временный в разрезе 6м. Карбонаты появляются с глубины 70–85 см в горизонте ВС в количестве 8–10%. Привязка разрезов к водоразделам исключает влияние склоновых процессов и позволяет объективнее оценить почвообразовательный потенциал серых лесных почв.

Особенности минералогического состава серых лесных почв рассмотрены в сопоставлении с таковыми ксерофитно-лесными черноземами, принадлежащих также к лесной экосистеме и занимающих практически те же высотные отметки, но на юге Молдовы. Заложено 3 разреза на увалообразных водоразделах: близ сел Верхние Андриюши Кагульского района (разрез 1м, абс. выс. 227 м), Калфа-Гырбовец (разрез 2м, абс. выс. 165 м) и Пугой (разрез 3м, абс. выс. 222 м) Новоаненского района. Из свойств ксерофитно-лесных черноземов отметим показатели по рН и карбонатам. Значения первых в верхней части профиля находятся в пределах 5,9–6,9, с глубиной увеличиваются до 7,4–8,0 и свидетельствуют о слабокислой реакции верхних горизонтов. Наиболее низкие показатели рН принадлежат разрезу 3м. Карбонаты в разрезе 1м отмечаются с глубины 70 см, в разрезе 2м – с 85 см, в разрезе 3м – со 113 см.

Первичные минералы исследованы во фракции >1мкм, глинистые – во фракции <1 мкм. Фракционное разделение образцов проведено по методике [9]. Органическое вещество и карбонаты перед фракционированием образцов удалялись. Состав первичных и глинистых минералов изучен методом рентгеновской дифрактометрии. Качественный состав первичных и глинистых минералов определен по известным рекомендациям [10, 11]. Количественный анализ проведен по методикам [4, 7]. Коэффициент вариации результатов анализа, установленный по стандартным калибровочным смесям минералов, в зависимости от содержания минералов в смеси характеризуется следующими параметрами (относительные%): кварц – 2,9–3,3; полевые шпаты – 3,8–8,9; слюды – 5–20; хлорит – 15–26; группа смектита – 2,5–3,0; иллит – 2,2–2,6; хлорит (ил) – 12–25; каолинит (ил) – 15–25 [6]. Все расчеты произведены на минеральную и бескарбонатную части фракций и почвы.

Оценка распределения минералов по профилю почв и влияния на них процессов педогенеза проведена с помощью 10 показателей (K1, K2, K3, K4, ПИИС, ПНИС, ПИКС, ПНКС, ПИКИ, ПНКИ). Эта система показателей разработана для степных и лесостепных черноземов [8]. Использование системы для серых лесных почв является проверкой ее применимости на этих почвах. В основе показателей лежат соотношения содержания по профилю между устойчивыми к выветриванию кварцем и диоктаэдрическим иллитом, с одной стороны, и менее устойчивыми группами минералов, с другой. Помимо высокой устойчивости к выветриванию, кварц и диоктаэдрический иллит, образованный по мусковиту, характеризуются высоким содержанием в почвах Молдовы: кварц в крупном материале размера >1мкм, диоктаэдрический иллит в тонком размера <1мкм. Это обстоятельство имеет существенное значение для повышения точности анализа, а также «чувствительности» оценочных показателей.

Соотношения K1, K2, K3 характеризуют степень выветривания полевых шпатов (суммарно плагиоклазов и калиевых полевых шпатов, K1), слоистых силикатов

(суммарно слюд, хлорита и каолинита, K2), тех и других вместе (K3). Рассчитываются как отношения содержания в процентах кварца к содержанию указанных групп минералов в каждом горизонте, деленные на такое же отношение в породе. При допущении однородности породы показатель более 1 свидетельствует о разрушении соответствующей группы минералов. Величина отношения пропорциональна размерам разрушения. Значения отношения ниже 1 или их колебания по профилю между значениями больше и меньше 1 указывают на разные виды проявления неоднородности породы. В основе такого заключения лежит неспособность, как известно, неустойчивых минералов вулканического происхождения при нормальных температурах и давлениях к воспроизводству. Их содержание в почвах, подобных исследуемым, по отношению к кварцу может только уменьшаться.

K4 представляет собой отношение содержания в процентах кварца к содержанию безгумусного бескарбонатного ила (фракции <1 мкм или фракции глинистых минералов) по профилю, деленное на такое же отношение в породе. Сочетание K4 менее 1 с K3 более 1 будет указывать на наличие процесса оглинения, поскольку свидетельствует о новообразовании глинистых минералов за счет материала первичных минералов. Возможны другие комбинации значений K4 и K3 по профилю в зависимости от характера преобразования силикатной части почвы под влиянием процессов выветривания и почвообразования или проявлений неоднородности породы [6].

Показатель интенсивности выветривания, иллит-сметитовый (ПИИС) оценивает интенсивность преобразования фракции <1 мкм по горизонтам почвы в аспекте изменения соотношения иллит/сметит. Представляет собой отношение содержания в процентах устойчивого диоктаэдрического иллита к содержанию неустойчивого сметита во фракции, умноженное на 10 с целью получения целого числа. Среди иллитов вероятно примесь триоктаэдрического иллита, который не учитывался, поскольку в присутствии диоктаэдрического иллита его небольшая примесь диагностике не поддается.

Показатель напряженности выветривания, иллит-сметитовый (ПНИС) характеризует одной цифрой напряженность минеральных преобразований в ряду изменения отношения иллит/сметит по всему профилю и представляет разницу в ПИИС между верхним горизонтом и породой.

Показатель интенсивности выветривания, кварц-сметитовый (ПИКС) представляет собой отношение содержания в процентах кварца к содержанию сметита в каждом горизонте.

Показатель напряженности выветривания, кварц-сметитовый (ПНКС) характеризует одной цифрой напряженность минеральных преобразований по всему профилю и представляет разницу в ПИКС между верхним горизонтом и породой.

Показатель интенсивности выветривания, кварц-иллитовый (ПИКИ) представляет собой отношение содержания в процентах кварца к содержанию иллита в каждом горизонте. Особенность этого показателя заключается в том, что его значения вверх по профилю уменьшаются. Объясняется это тем, что в результате процессов выветривания и почвообразования относительное накопление иллита в почве опережает относительное накопление в ней кварца.

Показатель напряженности выветривания, кварц-иллитовый (ПНКИ) характеризует одной цифрой напряженность минеральных преобразований по всему профилю и представляет разницу в ПИКИ между верхним горизонтом и породой. Особенность данного показателя заключается в том, что он приобретает отрицательное значение в силу того, что его значение в верхнем горизонте ниже, чем в породе.

В связи с более сложной природой профилей лесных почв в сравнении с черноземными все показатели напряженности выветривания рассчитаны для каждого генетического горизонта.

Материалы исследования рассмотрены в определенной последовательности. Отдельно показаны особенности состава первичных и глинистых минералов. Анализ продолжен характеристикой распределения указанных групп минералов по почвенному профилю с помощью приведенных выше интегральных показателей, а также характеристикой результатов балансовых расчетов минералов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание **первичных минералов** (фракция >1 мкм) в исследуемых лесных почвах находится в пределах 44–71% (табл.1).

Распределение первичных минералов по профилю неравномерное: наименьшие ее значения отмечено в горизонте В.

Фракция > 1 мкм на 37–66% представлена кварцем. Содержание плагиоклазов составляет 9–14, калиевых полевых шпатов – 9–11, слюд – 6–28, хлорита – 1–7 и глинистого минерала каолинита – 2–8%. В качественном составе фракции присутствуют признаки потери верхними горизонтами слюд, хлорита и каолинита и относительного накопления кварца.

В пересчете на почву кварц составляет 16–46%. Наименьшие его показатели характерны для горизонта В. На долю плагиоклазы приходится 4–10%, калиевых полевых шпатов – 4–7%. Как и у кварца, пониженные значения по содержанию полевых шпатов принадлежат горизонту В. Содержание слюд в пределах 4–12%. Наиболее высокое их содержание относится к горизонту В. Хлорит и каолинит составляют по 1–3%. Их наименьшие показатели по содержанию тяготеют к верхней части профиля.

В отличие от ксерофитно-лесных черноземов (данные не приводятся) в средней части профиля серых лесных почв на плиоценовых глинах отмечается высокое содержание слюд как вероятное следствие неоднородности почвообразующей породы. В этих почвах имеют место низкие показатели по содержанию кварца в горизонте В и в целом пониженные показатели по содержанию хлорита и каолинита. Детальная сравнительная оценка полученных результатов по показателям выветривания и почвообразования будет дана ниже.

Глинистые минералы формируют фракцию менее <1 мкм. Ее содержание в серых лесных почвах изменяется в пределах 29–56%, а наибольшие значения принадлежат горизонту В и почвам на плиоценовых глинах. Представлена фракция на 44–70% смектитом, 18–40 – иллитом, 5–8 – хлоритом и на 2–12% – каолинитом. Фракция с глубиной обогащается смектитом, а к верхним горизонтам – иллитом и каолинитом (табл. 2).

Таблица 1

Содержание первичных минералов, %

Горизонт	Глубина, см	Фракция >1 мкм, %	Фракция >1мкм						Почва					
			кварц	плагио-оклазы	калиш-паты	слюды	хлорит	каоли-нит	кварц	плагио-оклазы	калиш-паты	слюды	хлорит	каоли-нит
Разрез 4м. Серая лесная на лессовидном суглинке, Иванча, водораздел, абс. выс. 200 м														
Ad	0-9	64,4	66,0	14,1	9,9	6,3	1,8	1,9	42,5	9,1	6,4	4,0	1,2	1,2
AE	9-30	70,6	65,7	13,7	9,5	7,2	1,5	2,4	46,4	9,7	6,7	5,1	1,1	1,7
BE	30-45	61,8	60,7	13,9	9,2	10,6	2,8	2,8	37,5	8,6	5,7	6,6	1,7	1,7
Btm	45-65	58,3	53,4	13,4	11,4	15,0	2,9	3,9	31,1	7,8	6,7	8,7	1,7	2,3
BCmsa	80-100	59,3	53,4	13,9	10,9	13,5	4,9	3,5	31,7	8,2	6,4	8,0	2,9	2,0
Csa	100-120	67,3	63,5	14,7	9,4	7,1	2,6	2,6	42,8	9,9	6,3	4,8	1,7	1,8
Разрез 5м. Серая лесная статниковая на плиценовых глинах, шоссе на Оргеев, водораздел, абс. выс. 207 м														
Ad	0-8	63,9	59,5	12,7	9,5	12,3	3,2	2,9	38,0	8,1	6,1	7,9	2,0	1,8
AE	8-22	67,8	58,2	11,7	9,4	14,4	2,8	3,5	39,5	8,0	6,3	9,7	1,9	2,4
BE	22-33	59,3	61,6	11,0	10,2	12,1	2,3	2,8	36,5	6,5	6,0	7,2	1,4	1,7
Btm	33-55	49,0	58,7	13,9	8,7	12,2	3,3	3,2	28,8	6,8	4,3	6,0	1,6	1,6
BCmsa	85-96	43,5	37,5	9,6	9,3	28,1	7,8	7,7	16,3	4,2	4,0	12,2	3,4	3,4
Gsa	96-120	51,7	57,3	9,7	9,3	16,8	3,4	3,4	29,7	5,0	4,8	8,7	1,8	1,7
Разрез 6м. Серая лесная на плиценовых глинах, Пересечено, приводораздельный склон, абс. выс. 190 м														
Ad	0-9	59,2	57,0	12,0	9,8	15,4	2,8	3,1	33,8	7,1	5,8	9,1	1,7	1,8
AE	9-25	63,9	57,7	10,7	9,1	16,9	3,0	2,7	36,8	6,8	5,8	10,8	1,9	1,7
BE	25-35	62,1	53,6	9,9	9,0	19,4	3,8	4,2	33,3	6,2	5,6	12,1	2,4	2,6
Btm	35-51	51,3	51,7	10,6	9,1	20,0	4,1	4,5	26,5	5,5	4,7	10,3	2,1	2,3
BCmsa	70-90	52,1	52,4	10,8	9,6	17,4	6,0	3,8	27,3	5,6	5,0	9,1	3,1	2,0
Csa	90-100	59,6	56,1	10,1	9,1	15,7	5,0	4,0	33,5	6,0	5,4	9,4	3,0	2,4

Таблица 2

Содержание глинистых минералов, %

Горизонт	Глубина, см	Фракция <1мкм	Фракция <1мкм					Почва				
			сметит	иллит	хлорит	каолинит	сметит	иллит	хлорит	каолинит		
Разрез 4м. Серая лесная на лессовидном тяжелом суглинке, Иванча, водораздел, абс. выс. 200 м												
Ad	0-9	35,6	46,8	36,3	6,1	10,8	16,7	12,9	2,2	3,8		
AE	9-30	29,4	52,9	29,7	5,0	12,5	15,5	8,7	1,5	3,7		
BE	30-45	38,2	56,8	26,4	6,4	10,5	21,7	10,1	2,4	4,0		
Btm	45-65	41,7	55,9	27,4	5,9	10,8	23,3	11,4	2,5	4,5		
BCmsa	80-100	40,7	60,5	24,1	5,5	9,9	24,6	9,8	2,2	4,0		
Csa	100-120	32,7	60,8	24,2	6,4	8,7	19,9	7,9	2,1	2,8		
Разрез 5м. Серая лесная статниковая на плиценовых глинах, шоссе на Оргеев, водораздел, абс. выс. 207 м												
Ad	0-8	36,1	50,6	33,3	6,8	9,3	18,3	12,0	2,5	3,4		
AE	8-22	32,2	51,7	31,7	5,8	10,7	16,6	10,2	1,9	3,5		
BE	22-33	40,7	55,6	29,8	6,6	8,0	22,6	12,1	2,7	3,2		
Btm	33-55	51,0	64,2	24,8	5,4	5,7	32,7	12,6	2,8	2,9		
BCmgca	85-96	56,5	69,9	17,9	5,4	6,9	39,5	10,1	3,0	3,9		
Csa	96-120	48,3	69,8	20,5	5,1	4,6	33,7	9,9	2,5	2,2		
Разрез 6м. Серая лесная на плиценовых глинах, Пересечено, приводораздельный склон, абс. выс. 190 м												
Ad	0-9	40,8	47,6	37,6	6,8	8,0	19,4	15,3	2,8	3,3		
AE	9-25	36,1	43,7	40,4	7,8	8,2	15,8	14,6	2,8	3,0		
BE	25-35	37,9	56,3	30,1	7,5	6,2	21,3	11,4	2,8	2,3		
Btm	35-51	48,7	65,0	24,7	6,8	3,5	31,7	12,0	3,3	1,7		
BCmsa	70-90	47,9	68,2	22,5	7,3	1,9	32,7	10,8	3,5	0,9		
Csa	90-100	40,4	69,1	20,5	7,8	2,6	27,9	8,3	3,2	1,0		

В пересчете на почву те же данные по смектиту – 15–39%, иллиту – 8–15, хлориту – 1–3, каолиниту – 1–4%. Содержание смектита с глубиной увеличивается. Максимальные показатели по его содержанию принадлежат горизонту В. Содержание иллита, напротив, увеличивается к верхним горизонтам. Содержание хлорита имеет тенденцию увеличиваться с глубиной, а каолинита – к верхним горизонтам, что заметнее выражено в почвах на плиоценовых глинах. В серых лесных почвах указанная фракция и состав минералов близки по их содержанию в ксерофитно-лесных черноземах (данные не приводятся), но распределение по профилю в первых более дифференцировано. Детальная сравнительная оценка полученных результатов по обеим группам почв будет дана ниже на основании показателей выветривания и почвообразования.

Более полное представление о характере распределения минералов по профилю серых лесных почв и в сравнении с ксерофитно-лесными черноземами получены на основании показателей выветривания и почвообразования в результате обработки данных первичных анализов (табл. 1, 2) и приведены в таблицах 3 и 4. Прежде всего отметим, что во всех трех разрезах серых лесных почв в разных частях, но в основном в средней части профилей, наблюдаются значения K1 и K2 меньше единицы. Такие показатели указывают на то, что почвообразующие породы данных серых лесных почв по первичным минералам неоднородны. По показателям K1 и K2 признаком неоднородности является увеличение содержания полевых шпатов и слоистых силикатов (прежде всего слюд) по отношению к содержанию кварца, в то время как в связи с процессами почвообразования их содержание может только уменьшаться из-за меньшей устойчивости к выветриванию в сравнении с кварцем (табл. 3). Вместе с тем видно, что более высокие показатели K1 и K2 принадлежат горизонтам АЕ и ВЕ. Они свидетельствуют о том, что в этих горизонтах кислотное разложение первичных минералов и относительное накопление кварца происходит более интенсивно. Аналогично ведут себя значения K3, объединяющие в себе поведение обеих групп минералов. Наличие показателей K4 (контролируют минеральный ил) ниже единицы позволяют сделать заключение, что в горизонте В серых лесных почв имеет место накопление глинистых минералов. Несмотря на неоднородность породы, повышенные значения показателей K3 и K4 в горизонтах Ad, АЕ и ВЕ указывают на то, что в них на фоне кислой реакции происходит разрушение первичных и глинистых минералов и что процессы развиваются по типу оподзоливания.

Состояние минералогии глинистой части почв описывают показатели ПИИС, ПНИС, ПИКС, ПНКС, ПИКИ и ПНКИ. Следует отметить, что полную информацию эти показатели позволяют получить в случае исходной однородности почвообразующей породы. В данном случае ПИИС указывает, что соотношение в иле между иллитом и смектитом по профилю во всех трех почвах складывается таким образом, что первый накапливается в его верхней части, а второй – в нижней. Изменения вверх по профилю в пользу иллита нарастают постепенно, но не так строго как обычно в черноземах, поэтому показатель ПНИС рассчитан для каждого горизонта (табл. 3).

Таблица 3

Параметры минералогического состояния силикатной части серых лесных почв

Горизонт	К1	К2	К3	К4	ПИИС	ПНИС	ПИКС	ПНКС	ПИКИ	ПНКИ
Разрез 4м. Серая лесная на лесовидном суглинке, Иванча, водораздел, абс. выс. 200 м										
Ad	1,04	1,29	1,11	0,91	7,76	3,78	2,55	0,40	3,29	-2,12
AE	1,07	1,28	1,13	1,21	5,61	1,63	2,98	0,83	5,31	-0,09
BE	0,99	0,53	0,77	0,75	4,65	0,67	1,73	-0,42	3,72	-1,69
Btm	0,82	0,36	0,57	0,57	4,90	0,92	1,33	-0,82	2,72	-2,69
BCmsa	0,82	0,25	0,46	0,60	3,98	0,00	1,29	-0,87	3,23	-2,18
Csa	1,00	1,00	1,00	1,00	3,98	0,00	2,15	0,00	5,41	0,00
Разрез 5м. Серая лесная стагнковая на плиценовых глинах, шоссе на Оргеев, водораздел, абс. выс. 207 м										
Ad	0,89	1,69	1,25	1,71	6,58	3,64	2,08	1,20	3,16	0,17
AE	0,92	1,03	0,98	2,00	6,14	3,20	2,37	1,49	3,87	0,87
BE	0,97	1,66	1,30	1,46	5,36	2,38	1,61	0,73	3,01	0,01
Btm	0,86	1,14	1,01	0,92	3,86	0,88	0,88	0,00	2,28	-0,72
BCmsa	0,66	0,20	0,27	0,47	2,56	-0,38	0,41	-0,47	1,61	-1,38
Csa	1,00	1,00	1,00	1,00	2,94	0,00	0,88	0,00	3,00	0,00
Разрез 6м. Серая лесная на плиценовых глинах, Пересечено, приводораздельный склон, абс. выс. 190 м										
Ad	0,90	2,24	1,56	1,00	7,91	4,94	1,74	0,54	2,20	-1,84
AE	1,00	1,34	1,22	1,23	9,25	6,28	2,33	1,13	2,52	-1,51
BE	0,96	0,91	0,92	1,06	5,34	2,37	1,56	0,36	2,92	-1,11
Btm	0,89	0,94	0,93	0,66	3,81	0,84	0,84	-0,36	2,20	-1,84
BCmsa	0,88	0,75	0,78	0,69	3,29	0,32	0,83	-0,36	2,53	-1,50
Csa	1,00	1,00	1,00	1,00	2,97	0,00	1,20	0,00	4,04	0,00

Таблица 4

Среднестатистические параметры минералогического состояния силикатной части серых лесных почв и ксерофитно-лесных черноземов

Горизонт	K1	K2	K3	K4	ПИИС	ПНИС	ПИКС	ПНКС	ПИКИ	ПНКИ
Серые лесные почвы ($X \pm s, n = 3$)										
Ad	0,94±0,08	1,74±0,48	1,31±0,23	1,21±0,44	7,42±0,73		2,12±0,41	0,71±0,43	2,88±0,60	-1,27±1,24
AE	1,00±0,08	1,22±0,16	1,11±0,12	1,48±0,45	7,00±1,97		2,56±0,36	1,15±0,33	3,90±1,40	-0,25±1,20
BE	0,97±0,02	1,03±0,58	1,00±0,27	1,09±0,36	5,12±0,40	4,12±0,71	1,63±0,09	0,22±0,59	3,22±0,44	-0,93±0,87
BE	0,86±0,04	0,81±0,41	0,84±0,23	0,72±0,18	4,19±0,62		1,02±0,27	-0,39±0,41	2,40±0,28	-1,75±0,99
Cca	1,00	1,00	1,00	1,00	3,30±0,59		1,41±0,66	0,00	4,15±1,21	0,00
Ксерофитно-лесные черноземы ($X \pm s, n = 3$)										
Ad	1,10±0,13	1,99±0,59	1,40±0,22	1,13±0,06	8,76±0,23		2,19±0,39		2,50±0,40	
A	1,14±0,15	1,65±0,25	1,34±0,16	1,07±0,13	6,90±0,53		1,89±0,50		2,72±0,59	
B1	1,05±0,10	1,17±0,15	1,11±0,12	1,08±0,15	5,73±0,06	5,00±0,43	1,77±0,48	0,82±0,17	3,09±0,83	-1,19±0,52
B2	1,04±0,10	1,16±0,14	1,09±0,12	1,10±0,10	5,21±0,74		1,76±0,45		3,41±0,95	
Cca	1,00	1,00	1,00	1,00	3,76±0,66		1,38±0,22		3,69±0,40	

Примечание. X – среднее, s – стандартное отклонение, n – количество разрезов.

Максимальные значения ПНИС принадлежат верхним горизонтам и находятся в пределах 3,64–4,94. Они характеризуют степень освобождения верхних горизонтов от смектита и накопления в них иллита. По показателям ПИКС (соотношение кварц/смектит) смектит выносится из верхних горизонтов в нижние. По величинам показателей для верхних горизонтов наиболее интенсивно процесс развивается в почве разреза 4м (2,55), сформированной на лессовидном суглинке. Вместе с тем максимальные значения ПИКС принадлежат горизонту АЕ (2,33–2,98), тем самым указывая на то, что данный горизонт является местом наиболее интенсивного разрушения или выноса смектита. Отрицательные значения ПНКС в горизонте В указывают на то, что накопление смектита происходит именно в этих горизонтах. Открытым остается вопрос, не повлияла ли неоднородность породы в этих почвах на содержание смектита в горизонте В. Показатели ПИКИ (соотношение кварц/иллит) обнаруживают накопление иллита также в средней части профиля. Последнее видно по отрицательным значениям в этой части профиля показателей ПНКИ, что в разрезах 4м и 6м распространяется и на верхние горизонты.

Сравнительная характеристика серых лесных почв и ксерофитно-лесных черноземов по среднестатистическим параметрам минералогического состояния по описанным выше показателям приведена в табл. 4. Параметры К1–К3 по первичным минералам еще раз подтверждают неоднородность почвообразующих пород серых лесных почв. В ксерофитно-лесных черноземах, сформированных на лессовидных суглинках и находящихся практически на тех же абсолютных отметках, подобного явления в столь выраженной форме не наблюдается. Причина в том, что лесные черноземы, как и степные, привязаны к лессовидным отложениям, каковым свойственна более высокая степень однородности в сравнении с плиоценовыми отложениями. Заслуживает внимания также то, что показатели выветренности первичных минералов в верхних горизонтах серых лесных почв не превышают таковых в ксерофитно-лесных черноземах. Это обстоятельство следует связывать с той же неоднородностью пород в серых лесных почвах, скрывающей истинный размер изменений. В последних заметно выше в сравнении с лесными черноземами потери глинистых минералов (К4) в верхней части профиля и наблюдается накопление их в горизонте ВЕ. Соотношение между иллитом и смектитом в иле (ПИИС) в пользу иллита вверх по профилю в обеих группах почв изменяется равномерно и примерно в равных темпах, с некоторым опережением в ксерофитно-лесных черноземах. В этом может играть роль более интенсивное течение иллитизации в ксерофитно-лесных черноземах в связи с фиксацией биогенного калия смектитом. Этим же процессом может объясняться более высокий ПНИС (5,00) в лесных черноземах в сравнении с таковым в серых лесных почвах (4,12). Градиенты изменения содержания смектита (ПИКС) в профилях рассматриваемых почв находятся примерно на одинаковом уровне, с существенным повышением этого показателя в горизонте АЕ серых лесных почв (2,56), свидетельствующем о максимальной потере смектита этим горизонтом. При постепенном нарастании этого процесса вверх по профилю лесных черноземов, в серых лесных почвах по показателям ПНКС он носит более сложный характер, выразившийся в том, что в почвах на фоне проявления неоднородности породы имеют место накопления смектита в горизонте В. Оба типа почв демонстрируют опережающее кварц накопление иллита в верхней части профиля (ПИКИ). Различия проявляются в том, что в ксерофитно-лесных черноземах этот процесс усиливается к верхней

части профиля постепенно, что позволяет его напряженность (ПНКИ) выразить одним числовым показателем (-1,19). В серых лесных почвах данный процесс протекает сложнее: максимальное к кварцу накопление иллита проявилось не только в дерновом горизонте, но в большей степени в горизонте В как следствие накопления в нем ила. В этой связи уместно затронуть вопрос происхождения аккумуляции ила в горизонте В серых лесных почв, диагностика которого затруднена по причине неоднородности в них породы. Учитывая генетические особенности почв, накопление ила в горизонте В вероятнее всего может быть связано или с его лессиважем, или с внутригоризонтным оглиниванием, или с обоими процессами вместе. Если обратиться к показателям ПИИС и ПНИС (табл. 4), то видно, что горизонт В не содержит никаких дополнительных признаков, кроме участия в общей с ксерофитно-лесными черноземами закономерности изменения соотношения между двумя этими минералами вверх по профилю в пользу иллита. Это значит, что горизонт В в серых лесных почвах не оказывает особого влияния на соотношение между этими двумя минералами, влияния, которое могло бы быть вызвано процессом оглинивания. Характер дифрактограмм глинистого материала в горизонте В также не обнаруживает каких-либо особых признаков, отличающих его от такового в выше лежащих горизонтах. На этом основании можно сделать заключение, что накопление глинистого материала того же в минералогическом отношении качества в горизонте В серых лесных почв, что и в верхних горизонтах, идет из выше находящихся горизонтов путем механического его переноса или лессиважа. На повышенное содержание ила возможно также влияние неоднородности породы, но, учитывая логичную строгую приуроченность процесса во всех разрезах к горизонту В (табл. 3), вероятность этого фактора представляется невысокой. Заслуживает внимания и то обстоятельство, что по обоим минералам, смектиту и иллиту, главным компонентам ила, минимальные показатели по содержанию отмечаются в горизонте АЕ (табл. 4, ПИКС, ПИКИ), т.е. этот горизонт выступает как место повышенной интенсивности разрушения данных минералов. Наличие таких показателей, наряду с разрушением первичных минералов, является дополнительным, к ранее указанным, основанием для вывода о том, что в исследуемых серых лесных почвах присутствует процесс, протекающий вместе с лессиважем и по типу оподзоливания.

ВЫВОДЫ

1. Проведено сравнительное исследование минералогического состояния серых лесных почв Кодр Молдовы и ксерофитно-лесных черноземов, также принадлежащих к лесной экосистеме. В отличие от ксерофитно-лесных черноземов в серых лесных почвах установлено наличие ясно выраженных проявлений неоднородности почвообразующей породы, что в большой степени осложнило диагностику в них минералогических преобразований, обусловленных непосредственно процессами почвообразования.

2. При близком составе и содержании минералов в серых лесных почвах и ксерофитно-лесных черноземах первые отличаются более высокой степенью дифференцированности минералогических профилей, наличием в почвах на плиоценовых глинах слоев в средней части профиля, обогащенных слюдой. В серых лесных почвах особенно отчетливо выражен процесс перераспределения

слоистых силикатов (слюд, хлорита и каолинита) из крупного материала в тонкий с обогащением последнего в верхних горизонтах иллитом и каолинитом.

3. Несмотря на затруднения с диагностикой, вызванной неоднородностью породы, в серых лесных почвах в отличие от ксерофитно-лесных черноземов установлены признаки развития процесса как по типу оподзоливания, так и накопления глинистых минералов, прежде всего смектита и иллита, в иллювиальных горизонтах в результате их лессиважа. В серых лесных почвах получает развитие горизонт АЕ как область почвенного профиля с более выраженным выветриванием первичных и глинистых минералов, что также может рассматриваться как признак формирования оподзоленного горизонта.

4. На данном этапе исследования следует констатировать, что наиболее общим и отдаленным результатом трансформации минеральной части серых лесных почв под воздействием процессов почвообразования является, как следствие потери вещества, относительное накопление в крупном материале кварца, а в тонком иллита и каолинита, т.е. минералов, наиболее устойчивых к выветриванию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фильков, В.А. Серые лесные почвы / В.А. Фильков // Почвы Молдавии и пути повышения их плодородия. – Кишинев: Штиинца, 1973. – С.41–54.
2. Содержание и состав тонкодисперсных фракций в серых лесных почвах Молдавии / Н.Г. Зырин [и др.] // Почвоведение. – 1979. – №12. –С.101–114.
3. Алексеев, В.Е. Первичные минералы в лесных почвах Молдавии / В.Е. Алексеев // Генезис и рациональное использование почв Молдавии. – Кишинев: Штиинца, 1977. – С. 41–54.
4. Глинистые минералы в лесных почвах Молдавии / В.Е. Алексеев [и др.] // Генезис и рациональное использование почв Молдавии. – Кишинев: Штиинца, 1977. – С. 23–41.
5. Выветривание первичных минералов в почвах геоморфологического профиля южной Молдавии / В.Е. Алексеев [и др.] // Картография, оценка, использование и охрана почв. – Кишинев: Штиинца, 1982. – С.101–135.
6. Алексеев, В.Е. Минералогия почвообразования в степной и лесостепной зонах Молдовы: диагностика, параметры, факторы, процессы / В.Е. Алексеев. – Кишинев, 1999. – 241с.
7. Алексеев, В.Е. Способ количественного определения первичных минералов в почвах и породах методом рентгеновской дифрактометрии / В.Е. Алексеев // Почвоведение. – 1994. – № 1. – С. 104–109.
8. Алексеев, В.Е. Способ оценки минералогического состояния силикатной части черноземов / В.Е. Алексеев // Почвоведение. – 2012. – № 2. – С. 189–199.
9. Алексеев, В.Е. Методика супердисперсного фракционирования почв и пород при их минералогическом анализе / В.Е. Алексеев, К.Г. Арапу, А.Н. Бургеля // Почвоведение. – 1996. – № 7. – С. 873–878.
10. Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов / под ред. Г. Брауна. – М.: Мир, 1965. – 599 с.
11. Рентгенография основных типов породобразующих минералов / под ред. В.С. Власова [и др.]. – Л.: Недра, 1983. – 359 с.

GRAY FOREST SOILS OF MOLDOVA'S CODRY: FEATURES OF MINERALOGICAL COMPOSITION AND ITS TRANSFORMATION

V.E. Alekseev, V.V. Cherbar', A.N. Burgelya, E.B. Varlamov

Summary

At first a comparative study of mineralogical status of gray forest soils of Codry and xerophytic forest chernozems showed the presence of heterogeneity of parent rock complicating diagnostics of mineralogical transformations associated with soil formation. Despite the difficulties with the diagnostics in gray forest soils features of processes combination were found by the type of podzolization and lessivage with transfer into illuvial horizon predominantly of smectite and illite. Transformation of silicate base of soil is due to loss of substance and relative accumulation of resistant quartz, illite and kaolinite.

Поступила 9.03.15

УДК 631.4:549.905.8

СЕРЫЕ ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ КОДР МОЛДОВЫ: БАЛАНС МИНЕРАЛОВ

В.Е. Алексеев, В.В. Чербарь, А.Н. Бургеля, Е.Б. Варламов

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

ВВЕДЕНИЕ

Данное сообщение продолжает тему преобразований силикатной части серых лесных почв на водоразделах Кодр Молдовы до высот 200 м, которому посвящено предыдущее сообщение. Серые лесные почвы названного региона обнаружили признаки неоднородности почвообразующей породы. Несмотря на это, для оценки минералогического состояния этих почв использована методика, предназначенная для исследования почв на однородных породах [1]. Методика разработана для степных и лесостепных черноземов. Задача исследований состояла в проверке ее применимости на более сложных по генезису и конструкции профилях лесных почв, включающих и проявления неоднородности породы.

Цель заключалась в расчете баланса минералов в серых лесных почвах на неоднородных породах, позволяющий составить представление об объемах изменений и о влиянии неоднородности породы на расчетные результаты баланса. Особенности баланса минералов в названных лесных почвах проанализированы в сравнении с таковым ксерофитно-лесным черноземом той же лесной экосистемы.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Описание объектов исследований приведено в статье «Серые лесные почвы Кодр Молдовы: особенности минералогического состава и его трансформации». Первичные минералы исследованы во фракции >1мкм, глинистые – во фракции <1 мкм. Фракционное разделение образцов проведено по методике [2]. Органическое вещество и карбонаты перед фракционированием образцов удалялись. Состав

первичных и глинистых минералов изучен методом рентгеновской дифрактометрии. Качественный состав первичных и глинистых минералов определен по известным рекомендациям [3, 4]. Количественный анализ проведен по методикам [5, 6]. Коэффициент вариации результатов анализа, установленный по стандартным калибровочным смесям минералов, в зависимости от содержания минералов в смеси характеризуется следующими параметрами (отн. %): кварц – 2,9–3,3; полевые шпаты – 3,8–8,9; слюды – 5–20; хлорит – 15–26; группа смектита – 2,5–3,0; иллит – 2,2–2,6; хлорит (ил) – 12–25; каолинит (ил) – 15–25 [7]. Все расчеты произведены на минеральную и бескарбонатную части фракций и почвы. Особенность расчета баланса минералов заключается в том, что осуществлен он на уровне потерь и прибавок их процентного содержания в генетических горизонтах по отношению к породе или, что то же самое, потерь и прибавок, выраженных в кг/100 кг породы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Баланс первичных минералов серых лесных почв можно проследить по данным правой части таблицы 1. Отрицательные его значения в пределах 0,1–3 кг/100 кг породы, свидетельствующие о потере минералов, наблюдаются в верхней части разреза 4м, почти по всему профилю разреза 5 м и в верхней части разреза 6м. Все остальные цифры баланса представлены положительными значениями в пределах 0,2–27 кг/100 кг, что указывает на неоднородность пород во всех разрезах. Наиболее выразительной неоднородность породы в исследуемых почвах проявляется по слоистым силикатам, особенно по слюдам. Так в разрезах 4м и 5м, горизонтах В, положительный баланс слюд достигает 7–13 кг/100 кг, а суммарный баланс – 13–27 кг/100 кг породы. Суммарный баланс первичных минералов сохраняет в верхних горизонтах небольшие отрицательные значения в пределах 1–3 кг/100 кг, что показывает превышение в этих горизонтах разрушений минералов над их положительным балансом за счет неоднородности породы. Напомним, что все первичные минералы по отношению к кварцу при однородной породе могут приобретать только отрицательный баланс в силу меньшей в сравнении с ним устойчивости к выветриванию. Следует также отметить, что распределение значений баланса минералов по горизонтам почв носит довольно хаотический характер, что может быть признаком таких же вариаций неоднородности пород по профилю. Кажется менее вероятным, но нельзя исключать, что отчетливо выраженный положительный баланс в горизонтах В по слоистым силикатам, особенно слюдам, обусловлен лессиважем их самой тонкой части из верхних горизонтов.

В ксерофитно-лесных черноземах на лессовидных отложениях наблюдается иная картина (табл. 2). В них также встречаются случаи проявления неоднородности породы, например в горизонте В разреза 2м, но они минимальны и в целом как по отдельным минералам, так и общему балансу значения носят закономерный характер, выражающийся в последовательном увеличении отрицательных показателей вверх по профилю. В верхних горизонтах отрицательные значения общего баланса минералов достигают 7–10 кг/100 кг породы. В серых лесных почвах из-за влияния неоднородности породы этот показатель не превышает 1–4 кг/100 кг. При однородной породе они были бы существенно выше, чем в лесных черноземах, т.е. неоднородность породы в данном случае снижает истинные размеры разрушения первичных минералов.

Таблица 1

Баланс первичных минералов силикатной части серых лесных почв

Горизонт	Глубина, см	Весовой % в почве										Мгп*, кг/100 кг породы										Мд, кг/100 кг породы									
		КВ	П	КШ	С	Х	КЛ	фракция >1 мкм	КВ	П	КШ	С	Х	КЛ	сумма	КВ	П	КШ	С	Х	КЛ	Блм									
Разрез 4м. Серая лесная на лессовидном суглинке, Иванча, водораздел, абс. выс. 200 м																															
Ad	0-9	42,5	9,1	6,4	4,0	1,2	1,2	64,8	42,8	9,1	6,4	4,1	1,2	1,2	64,8	0,0	-0,7	0,1	-0,7	-0,6	-0,5	-2,5									
AE	9-30	46,4	9,7	6,7	5,1	1,1	1,7	65,1	42,8	8,9	6,2	4,7	1,0	1,6	65,1	0,0	-0,9	-0,2	-0,1	-0,8	-0,2	-2,2									
BE	30-45	37,5	8,6	5,7	6,6	1,7	1,7	70,5	42,8	9,8	6,5	7,5	2,0	2,0	70,5	0,0	-0,1	0,1	2,7	0,2	0,2	3,2									
Btm	45-65	31,1	7,8	6,7	8,7	1,7	2,3	80,1	42,8	10,7	9,2	12,0	2,3	3,1	80,1	0,0	0,8	2,8	7,2	0,6	1,4	12,8									
BCmca	80-100	31,7	8,2	6,4	8,0	2,9	2,0	80,1	42,8	11,1	8,7	10,8	4,0	2,8	80,1	0,0	1,2	2,4	6,0	2,2	1,0	12,8									
Csa	100-120	42,8	9,9	6,3	4,8	1,7	1,8	67,3	42,8	9,9	6,3	4,8	1,7	1,8	67,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0									
Разрез 5м. Серая лесная стагниковая на глиноземных глинах, шоссе на Оргеев, водораздел, абс. выс. 207 м																															
Ad	0-8	38,0	8,1	6,1	7,9	2,0	1,8	63,9	29,7	6,3	4,7	6,1	1,6	1,4	49,9	0,0	1,3	-0,1	-2,6	-0,2	-0,3	-1,9									
AE	8-22	39,5	8,0	6,3	9,7	1,9	2,4	67,8	29,7	6,0	4,8	7,3	1,4	1,8	50,9	0,0	1,0	-0,1	-1,4	-0,4	0,1	-0,8									
BE	22-33	36,5	6,5	6,0	7,2	1,4	1,7	59,3	29,7	5,3	4,9	5,8	1,1	1,4	48,1	0,0	0,3	0,1	-2,9	-0,7	-0,4	-3,6									
Btm	33-55	28,8	6,8	4,3	6,0	1,6	1,6	49,0	29,7	7,0	4,4	6,2	1,7	1,6	50,6	0,0	2,0	-0,4	-2,5	-0,1	-0,1	-1,2									
BCmgca	85-96	16,3	4,2	4,0	12,2	3,4	3,4	43,5	29,7	7,6	7,3	22,2	6,1	6,1	79,0	0,0	2,6	2,5	13,5	4,4	4,4	27,3									
Gca	96-120	29,7	5,0	4,8	8,7	1,8	1,7	51,7	29,7	5,0	4,8	8,7	1,8	1,7	51,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0									
Разрез 6м. Серая лесная на глиноземных глинах, Пересечено, приводораздельный склон, абс. выс. 190 м																															
Ad	0-9	33,8	7,1	5,8	9,1	1,7	1,8	59,2	33,5	7,0	5,7	9,0	1,7	1,8	58,7	0,0	1,0	0,3	-0,4	-1,3	-0,5	-0,9									
AE	9-25	36,8	6,8	5,8	10,8	1,9	1,7	63,9	33,5	6,2	5,3	9,8	1,7	1,6	58,0	0,0	0,2	-0,1	0,4	-1,3	-0,8	-1,6									
BE	25-35	33,3	6,2	5,6	12,1	2,4	2,6	62,1	33,5	6,2	5,6	12,1	2,4	2,6	62,4	0,0	0,2	0,2	2,8	-0,6	0,2	2,8									
Btm	35-51	26,5	5,5	4,7	10,3	2,1	2,3	51,3	33,5	6,9	5,9	12,9	2,7	2,9	64,8	0,0	0,9	0,5	3,6	-0,3	0,5	5,1									
BCmca	70-90	27,3	5,6	5,0	9,1	3,1	2,0	52,1	33,5	6,9	6,1	11,1	3,8	2,4	63,8	0,0	0,9	0,7	1,7	0,8	0,1	4,2									
Csa	90-100	33,5	6,0	5,4	9,4	3,0	2,4	59,6	33,5	6,0	5,4	9,4	3,0	2,4	59,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0									

Примечание. Мгп – содержание минерала в горизонте, приведенное к содержанию кварца в породе; Мд – убыль (прибавка) минерала в сравнении с породой; КВ – кварц; П – плагиоклазы; КШ – калиевые полевые шпаты; С – слюды; Х – хлорит; КЛ – каолинит; СМ – смектит; И – иллит; Блм – баланс первичных минералов.

Таблица 2

Баланс первичных минералов силикатной части ксерофитно-лесных черноземов

Гори-зонт	Весовой % в почве										Мгп* кг/100кг породы										Мд, кг/100кг породы									
	КВ	П	КШ	С	Х	КЛ	фрак-ция >1 мкм	КВ	П	КШ	С	Х	КЛ	СУМ-ма	КВ	П	КШ	С	Х	КЛ	Блм									
Разрез 1м. Верхние Андруши, увалообразный водораздел, абс. выс. 227 м																														
Ад	0-10	39,2	9,8	6,0	6,1	2,4	1,7	65,2	34,4	8,6	5,3	5,4	2,1	1,5	57,3	0,0	-1,6	-1,0	-2,8	-0,6	-1,4	-7,4								
А	25-47	39,3	9,5	5,8	6,6	1,8	2,4	65,4	34,4	8,3	5,1	5,7	1,6	2,1	57,2	0,0	-1,9	-1,2	-2,5	-1,1	-0,8	-7,5								
Вса	70-85	38,2	10,1	6,2	7,6	2,3	3,0	67,4	34,4	9,1	5,6	6,9	2,1	2,7	60,7	0,0	-1,1	-0,7	-1,3	-0,6	-0,3	-4,0								
Всса	97-110	38,1	10,5	6,4	7,4	2,5	3,0	67,9	34,4	9,5	5,8	6,7	2,3	2,7	61,4	0,0	-0,7	-0,5	-1,5	-0,4	-0,3	-3,3								
Сса	160-180	34,4	10,2	6,3	8,2	2,7	3,0	64,7	34,4	10,2	6,3	8,2	2,7	3,0	64,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0								
Разрез 2м. Капфа-Гырбовец, увалообразный водораздел, абс. выс. 165 м																														
Ад	0-10	38,3	7,9	6,3	4,4	1,3	1,3	59,4	34,1	7,0	5,6	3,9	1,2	1,1	53,0	0,0	0,3	0,4	-2,5	-0,7	-1,7	-4,3								
А	25-46	37,3	7,3	6,2	5,0	1,1	1,8	58,7	34,1	6,7	5,7	4,5	1,0	1,6	53,7	0,0	-0,1	0,5	-1,9	-0,9	-1,2	-3,6								
В1	64-85	35,4	7,5	5,8	7,5	1,6	2,4	60,2	34,1	7,2	5,6	7,2	1,6	2,3	58,0	0,0	0,5	0,4	0,8	-0,3	-0,6	0,7								
В2са	100-115	34,5	7,5	5,7	7,0	1,8	2,3	58,9	34,1	7,4	5,7	6,9	1,8	2,3	58,2	0,0	0,6	0,4	0,5	-0,1	-0,6	0,9								
Сса	160-180	34,1	6,8	5,2	6,4	1,9	2,9	57,3	34,1	6,8	5,2	6,4	1,9	2,9	57,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0								
Разрез 3м. Пугой, увалообразный водораздел, абс. выс. 222 м																														
Ад	0-10	38,5	6,6	5,2	4,0	0,8	0,9	55,9	33,6	5,8	4,6	3,5	0,7	0,7	48,9	0,0	-1,0	-0,8	-5,4	-1,1	-1,7	-9,9								
А	25-50	35,5	5,9	4,6	5,3	0,7	1,2	53,1	33,6	5,6	4,3	5,0	0,6	1,1	50,3	0,0	-1,1	-1,1	-3,9	-1,1	-1,3	-8,5								
В1	65-85	33,8	6,2	4,8	7,0	1,3	1,7	54,8	33,6	6,2	4,7	6,9	1,3	1,7	54,4	0,0	-0,5	-0,6	-2,0	-0,5	-0,7	-4,4								
В2	100-113	35,7	6,4	5,2	7,5	1,5	1,8	58,1	33,6	6,0	4,9	7,0	1,4	1,7	54,7	0,0	-0,7	-0,5	-1,9	-0,4	-0,7	-4,1								
Сса	160-180	33,6	6,7	5,4	8,9	1,8	2,4	58,8	33,6	6,7	5,4	8,9	1,8	2,4	58,8	0,0	0	0	8,9	0	0	0,0								

Примечание. Мгп – содержание минерала в горизонте, приведенное к содержанию кварца в породе; Мд – убыль (прибавка) минерала в сравнении с породой; КВ – кварц; П – плагиоклазы; КШ – калиевые полевые шпаты; С – слюды; Х – хлорит; КЛ – каолинит; СУМ – смектит; И – иллит; Блм – баланс первичных минералов.

Таблица 3

Баланс глинистых и общий баланс минералов силикатной части серых лесных почв

Горизонт	Глубина, см	Весовой % в почве				Мгп* кг/100 кг породы				Мд, кг/100 кг породы				Баланс минералов					
		СМ	И	Х	КП	фракция <1 мкм	СМ	И	Х	КП	сум-ма	СМ	И	Х	КП	Блм	Бо		
Разрез 4м. Серая лесная на лесовидном суглинке, Иванча, водораздел, абс. выс. 200 м																			
Ad	0-9	16,7	12,9	2,2	3,8	35,6	16,8	13,0	2,2	3,9	35,8	-3,1	5,1	0,1	1,0	3,1	-2,5	3,1	0,6
AE	9-30	15,6	8,7	1,5	3,7	29,4	14,3	8,1	1,4	3,4	27,1	-5,5	0,1	-0,7	0,5	-5,6	-2,2	-5,6	-7,8
BE	30-45	21,7	10,1	2,4	4,0	38,2	24,7	11,5	2,8	4,6	43,6	4,9	3,6	0,7	1,7	10,9	3,2	10,9	14,0
Btm	45-65	23,3	11,4	2,5	4,5	41,7	32,0	15,7	3,4	6,2	57,3	12,1	7,8	1,3	3,3	24,6	12,8	24,6	37,4
BCmса	80-100	24,6	9,8	2,2	4,0	40,7	33,2	13,2	3,0	5,4	54,9	13,4	5,3	0,9	2,6	22,2	12,8	22,2	35,0
Cса	100-120	19,9	7,9	2,1	2,8	32,7	19,9	7,9	2,1	2,8	32,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Разрез 5м. Серая лесная стагниковая на плиоценовых глинах, шоссе на Оргеев, водораздел, абс. выс. 207 м																			
Ad	0-8	18,3	12,0	2,5	3,4	36,1	14,3	9,4	1,9	2,6	28,2	-19,4	-0,5	-0,5	0,4	-20,1	-1,9	-20,1	-21,9
AE	8-22	16,6	10,2	1,9	3,5	32,2	12,5	7,7	1,4	2,6	24,2	-21,2	-2,2	-1,1	0,4	-24,1	-0,8	-24,1	-24,9
BE	22-33	22,6	12,1	2,7	3,2	40,7	18,4	9,9	2,2	2,6	33,1	-15,3	0,0	-0,3	0,4	-15,2	-3,6	-15,2	-18,8
Btm	33-55	32,7	12,6	2,8	2,9	51,0	33,7	13,0	2,8	3,0	52,6	0,1	3,1	0,4	0,8	4,3	-1,2	4,3	3,2
BCmгса	85-96	39,5	10,1	3,0	3,9	56,5	71,8	18,4	5,5	7,0	102,8	38,2	8,5	3,0	4,8	54,5	27,3	54,5	81,8
Gса	96-120	33,7	9,9	2,5	2,2	48,3	33,7	9,9	2,5	2,2	48,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Разрез 6м. Серая лесная на плиоценовых глинах, Пересечено, приводораздельный склон, абс. выс. 190 м																			
Ad	0-9	19,4	15,3	2,8	3,3	40,8	19,2	15,2	2,7	3,2	40,4	-8,7	6,9	-0,4	2,2	0,0	-0,9	0,0	-0,9
AE	9-25	15,8	14,6	2,8	3,0	36,1	14,3	13,3	2,6	2,7	32,8	-13,6	5,0	-0,6	1,6	-7,6	-1,6	-7,6	-9,1
BE	25-35	21,3	11,4	2,8	2,3	37,9	21,4	11,4	2,9	2,4	38,1	-6,5	3,2	-0,3	1,3	-2,3	2,8	-2,3	0,5
Btm	35-51	31,7	12,0	3,3	1,7	48,7	40,0	15,2	4,2	2,1	61,5	12,1	6,9	1,0	1,1	21,1	5,1	21,1	26,3
BCmса	70-90	32,7	10,8	3,5	0,9	47,9	40,1	13,2	4,3	1,1	58,7	12,2	4,9	1,2	0,1	18,3	4,2	18,3	22,5
Cса	90-100	27,9	8,3	3,2	1,0	40,4	27,9	8,3	3,2	1,0	40,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Примечание. Мгп – содержание минерала в горизонте, приведенное к содержанию кварца в породе; Мд – убыль (прибавка) минерала в сравнении с породой; КВ – кварц; П – плагиоклазы; КШ – калиевые полевые шпаты; С – слюды; Х – хлорит; КП – каолинит; СМ – смектит; И – иллит; Блм – баланс первичных минералов; Бгм – баланс глинистых минералов; Бо – общий баланс минералов.

Таблица 4

Баланс глинистых и общий баланс минералов силикатной части ксерофитно-лесных черноземов

Горизонт	Весовой % в почве					Мгп* кг/100 кг породы					Мд, кг/100 кг породы					Баланс минералов			
	СМ	И	Х	КП	фракция <1 мкм	СМ	И	Х	КП	сумма	СМ	И	Х	КП	Бгм	Бпм	Бгм	Бо	
Разрез 1м. Верхние Андруши, увалообразный водораздел, абс. выс. 227 м																			
Ад	0-10	15,0	13,3	2,6	3,9	34,8	13,2	11,7	2,3	3,4	30,6	-8,1	2,9	-0,8	1,3	-4,7	-7,4	-4,7	-12,1
А	25-47	16,4	11,6	3,0	3,6	34,6	14,3	10,2	2,6	3,1	30,3	-6,9	1,4	-0,4	0,9	-5,0	-7,5	-5,0	-12,5
Вса	70-85	16,7	9,6	2,6	3,7	32,6	15,1	8,7	2,3	3,3	29,4	-6,2	-0,2	-0,7	1,2	-5,9	-4,0	-5,9	-9,9
ВСаа	97-110	16,8	8,5	2,8	4,1	32,1	15,2	7,7	2,5	3,7	29,0	-6,1	-1,2	-0,6	1,5	-6,3	-3,3	-6,3	-9,6
Сса	160-180	21,3	8,8	3,0	2,2	35,3	21,3	8,8	3,0	2,2	35,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Разрез 2м. Калфа-Гырбовец, увалообразный водораздел, абс. выс. 165 м																			
Ад	0-10	17,9	15,9	2,1	4,7	40,6	16,0	14,2	1,9	4,2	36,3	-9,7	3,6	-0,1	-0,2	-6,4	-4,3	-6,4	-10,7
А	25-46	19,9	14,5	2,7	4,2	41,3	18,2	13,3	2,5	3,9	37,8	-7,5	2,7	0,6	-0,6	-4,9	-3,6	-4,9	-8,5
В1	64-85	20,9	12,1	2,4	4,4	39,8	20,1	11,6	2,3	4,3	38,3	-5,6	1,0	0,4	-0,2	-4,3	0,7	-4,3	-3,6
В2са	100-115	21,6	13,0	2,4	4,1	41,1	21,3	12,8	2,4	4,0	40,6	-4,4	0,5	0,5	-0,4	-3,9	0,9	-3,9	-3,0
Сса	160-180	25,7	10,6	1,9	4,4	42,7	25,7	10,6	1,9	4,4	42,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Разрез 3м. Пугой, увалообразный водораздел, абс. выс. 222 м																			
Ад	0-10	21,0	17,8	1,8	3,5	44,1	18,4	15,6	1,5	3,0	38,5	-10,2	7,1	-0,1	0,6	-2,7	-9,9	-2,7	-12,6
А	25-50	25,5	16,0	2,2	3,2	46,9	24,1	15,2	2,1	3,0	44,4	-4,4	6,6	0,4	0,6	3,2	-8,5	3,2	-5,4
В1	65-85	25,5	14,5	2,6	2,6	45,2	25,4	14,4	2,6	2,6	44,9	-3,2	5,8	0,9	0,1	3,7	-4,4	3,7	-0,6
В2	100-113	25,3	11,5	2,1	3,0	41,9	23,8	10,9	1,9	2,8	39,4	-4,7	2,3	0,3	0,3	-1,8	-4,1	-1,8	-5,9
Сса	160-180	28,5	8,5	1,7	2,4	41,2	28,5	8,5	1,7	2,4	41,2	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0

Примечание к таблицам 1-4. Мгп – содержание минерала в горизонте, приведенное к содержанию кварца в породе; Мд – убыль (прибавка) минерала в сравнении с породой; КВ – кварц; П – плагиоклазы; КШ – калиевые полевые шпаты; С – слюды; Х – хлорит; КП – каолинит; СМ – смектит; И – иллит; Бпм – баланс первичных минералов; Бгм – баланс глинистых минералов; Бо – общий баланс минералов; К – коэффициент увлажнения.

Ориентируясь на цифры положительного баланса первичных минералов в горизонте В, где интенсивность выветривания минералов невысока, при сохранности исходного состава минералов породы выше по профилю можно определить примерный объем истинного разрушения первичных минералов в серых лесных почвах в сравнении с таковым в ксерофитно-лесных черноземах. Он может составить в верхних горизонтах исследуемых почв не менее 6–15 кг/100 кг от породы нижней части профиля.

Баланс глинистых минералов и общий баланс минералов серых лесных почв представлен в таблице 3. Большие потери в верхних горизонтах и накопления в горизонте В рассматриваемых почв прослеживаются в отношении смектита и, в некоторой степени, хлорита. Потери в верхних горизонтах по смектиту находятся в пределах 3–21, накопления в иллювиальных горизонтах – в пределах 12–38 кг/100 кг породы. По хлориту потери составляют 0,7–1,1, накопления – 0,4–3,0 кг/100 кг породы. Баланс иллита и каолинита дает основание считать, что он складывается в результате двух процессов: относительного накопления в верхних горизонтах и частичного переноса в результате лессиважа в иллювиальный горизонт В. Размеры этих процессов выражаются по иллиту в 3–8, по каолиниту в 0,4–5 кг/100 кг породы. Суммарные потери глинистых минералов в верхних горизонтах находятся в пределах 2–24, накопления в средней части профилей – в пределах 11–54 кг/100 кг породы. Общий отрицательный баланс минералов в верхних горизонтах серых лесных почв составил от 8 до 25 кг, положительный баланс в иллювиальной части профилей – от 3 до 82 кг/100 кг породы. Несмотря на участие в этих показателях влияния неоднородности пород, совершенно очевидно наличие в исследуемых почвах процесса лессиважа, который распространяется практически на все глинистые минералы. Принимая во внимание кислотное разложение первичных, а соответственно и глинистых минералов, наряду с лессиважем в исследуемых почвах следует констатировать процесс, протекающий по типу оподзоливания. В этой связи следует также отметить, что практически во всех случаях в отношении первичных и глинистых минералов горизонта АЕ выступает местом наиболее интенсивного их разрушения. Это обстоятельство может свидетельствовать о формировании в рассматриваемых почвах подзолистого горизонта.

В отличие от серых лесных почв для ксерофитно-лесных черноземов характерно устойчивое нарастание отрицательного баланса вверх по профилю смектита и положительного баланса иллита и, в некоторой степени, каолинита, без проявления накопления глинистых минералов в иллювиальной части профиля (табл. 4). Оценить поведение хлорита труднее. Эти данные, во-первых, говорят об отсутствии в лесных черноземах накопления глинистых минералов в иллювиальном горизонте, а значит и их лессиважа. Во-вторых, наряду с разрушением первичных минералов, в них гидролитическому (но не кислотному) разрушению подвергаются глинистые минералы, в частности, смектит, что сопровождается относительным накоплением в верхних горизонтах иллита, а также, по всей вероятности, в результате физической диспергации слюд крупного материала и иллитизации высокозарядного смектита при поглощении биогенного калия. Под влиянием физической диспергации крупного материала и выноса смектита может находиться и положительный баланс в верхних горизонтах каолинита, исключая разрез 2м, где отрицательный его баланс скорее всего связан с неоднородностью породы.

ВЫВОДЫ

1. Сравнительное исследование серых лесных почв и ксерофитно-лесных черноземов, двух групп почв, принадлежащих к одной лесной экосистеме и занимающих практически тот же высотный уровень, первые – в Кодрах, вторые – на юге Молдовы, показало, что баланс минералов в них существенно различается. Одной из причин такого положения является наличие во всех исследованных серых лесных почвах проявлений неоднородности почвообразующей породы, в большой степени искажившей истинную картину баланса первичных и глинистых минералов.

2. Несмотря на трудности анализа полученных результатов, баланс минералов в серых лесных почвах позволил достаточно надежно диагностировать в них, помимо неоднородности пород, сочетание двух главных процессов, дополнительно формирующих особенности профилейной минералогии. Одним из них является процесс переноса или лессиважа глинистых минералов из верхних горизонтов в иллювиальные. В нем принимают участие все минералы, но в наибольшей степени смектит и иллит. Нельзя исключать наличия лессиважа также тонкого материала слоистых силикатов, особенно слюд.

3. Параллельно лессиважу в названных почвах протекает процесс по типу оподзоливания. Его признаками является разрушение первичных и глинистых минералов в условиях кислой среды и формирование на месте горизонта АЕ горизонта оподзоливания. В результате указанных процессов в верхней части профиля почв совокупные потери первичных и глинистых минералов составили от 8 до 25 кг, а положительный баланс в иллювиальной части профиля – от 3 до 82 кг/100 кг породы. На полученные результаты оказала влияние неоднородность пород.

4. В отличие от серых лесных почв, в ксерофитно-лесных черноземах отсутствует лессиваж, отрицательный баланс первичных и глинистых минералов последовательно нарастает к верхним горизонтам, а разрушение минералов идет под воздействием водного гидролиза с более низкими показателями общего отрицательного баланса минералов в верхней части профиля (10–12 кг/100 кг породы).

5. Расчет баланса минералов в почвах на заведомо неоднородных породах имеет свой определенный смысл, поскольку дает возможность в более выразительном виде оценить влияние неоднородности породы на объемы изменений в минералогии почв, но вместе с тем, хотя и с определенным искажением, позволяет диагностировать протекающие в них процессы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, В.Е. Способ оценки минералогического состояния силикатной части черноземов / В.Е. Алексеев // Почвоведение. – 2012. – № 2. – С. 189–199.
2. Алексеев, В.Е. Методика супердисперсного фракционирования почв и пород при их минералогическом анализе / В.Е. Алексеев, К.Г. Арапу, А.Н. Бургея // Почвоведение. – 1996. – № 7. – С. 873–878.
3. Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов / под ред. Г. Брауна. – М.: Мир, 1965. – 599 с.
4. Рентгенография основных типов породообразующих минералов / под ред. В.С. Власова [и др.]. – Л.: Недра, 1983. – 359 с.

5. Глинистые минералы в лесных почвах Молдавии / В.Е. Алексеев [и др.] // Генезис и рациональное использование почв Молдавии. – Кишинев: Штиинца, 1977. – С. 23–41.5.

6. Алексеев, В.Е. Способ количественного определения первичных минералов в почвах и породах методом рентгеновской дифрактометрии / В.Е. Алексеев // Почвоведение. – 1994. – № 1. – С. 104–109.

7. Алексеев, В.Е. Минералогия почвообразования в степной и лесостепной зонах Молдовы: диагностика, параметры, факторы, процессы / В.Е. Алексеев. – Кишинев, 1999. – 241с.

GRAY FOREST SOILS OF MOLDOVA'S CODRY: BALANCE OF MINERALS

V.E. Alekseev, V.V. Cherbar', A.N. Burgelya, E.B. Varlamov

ummary

Differences in the balance of minerals in gray forest soils of Moldova's Codry and xerophytic forest chernozems are associated with inhomogeneity of rocks and the presence of lessivage and podzolization in gray forest soils. Taking into account the influence of heterogeneity of rocks the total loss of primary and clay minerals in them amounted to 8–25 kg, positive balance in the illuvial part of the profile – 3–82 kg/100 kg of rock. The reason of minerals balance calculation with heterogeneity of rocks is in the assessment of its impact on the volume of changes of soil mineralogy and the opportunity of diagnostics of the processes occurring in them.

Поступила 9.03.15

УДК 631.4:549.905.8

СЕРЫЕ ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ КОДР МОЛДОВЫ: ПРИРОДНЫЕ РЕЗЕРВЫ КАЛИЯ

В.Е. Алексеев, В.В. Чербарь, А.Н. Бургеля, Е.Б. Варламов

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

ВВЕДЕНИЕ

Калий (К) относится к важнейшим элементам питания растений. В то же время известно, что запасы К в природных экосистемах ограничены, и они, в частности, имеют важное значение для производительности и поддержания лесов и требуют изучения [1].

В агрохимической практике при оценке обеспеченности почвы К обычно руководствуются определением его водорастворимой, обменной, необменной и реже валовой формами [2, 3]. Вместе с тем существуют и другие подходы к оценке резервов К в почве. Исследования в свое время в СССР, а также в Европе показали, что большой вклад в обеспечение сельскохозяйственных культур К принадлежит

почвенным минералам [4, 5]. Учет этого источника увеличивает возможность оптимизации использования питательных веществ. В этой связи, помимо решения генетических вопросов, изучение серых лесных почв предполагало оценку их по резервам и доступности растениям заключенного в них К на основании их минералогического состава. К сожалению, нам не известны аналогичные по подходу и составу исследования подобных серых лесных почв других регионов, что исключило возможность провести на их примере сравнительный анализ. Сопоставление проведено с ксерофитно-лесными черноземами той же лесной экосистемы, занимающими высоты 140–240 м, но на юге Молдовы.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Описание объектов исследований приведено в статье «Серые лесные почвы Кодр Молдовы: особенности минералогического состава и его трансформации». Первичные минералы исследованы во фракции >1 мкм, глинистые – во фракции <1 мкм. Фракционное разделение образцов проведено по методике [6]. Органическое вещество и карбонаты перед фракционированием образцов удалялись. Состав первичных и глинистых минералов изучен методом рентгеновской дифрактометрии. Качественный состав первичных и глинистых минералов установлен по известным рекомендациям [7, 8]. Количественный анализ проведен по методикам [9, 10] с некоторой их детализацией [11]. Коэффициент вариации результатов анализа, установленный по стандартным калибровочным смесям минералов, в зависимости от содержания минералов характеризуется следующими параметрами (отн. %): кварц – 2,9–3,3; полевые шпаты – 3,8–8,9; слюды – 5–20; хлорит – 15–26; группа смектита – 2,5–3,0; иллит – 2,2–2,6; хлорит (ил) – 12–25; каолинит (ил) – 15–25. Все расчеты произведены на минеральную и бескарбонатную части фракций и почвы.

По минералогической концепции Горбунова [12] резервы К в почве подразделяются на непосредственный, ближний и потенциальный. К непосредственному резерву отнесен обменный К (по Масловой). Во вторую категорию по доступности растениям, ближний резерв, входит К, содержащийся в глинистых минералах. Он заключен в таких минералах как иллит и смектит (точнее, суммарно смектит и смешаннослойный иллит-смектит с высокой нормой смектитовых пакетов). Наименее доступный или потенциальный резерв К принадлежит грубодисперсным минералам размерности более 0,001 мм. К ним относятся слюды (биотит, мусковит) и калиевые полевые шпаты (ортоклаз, микроклин). По методике Горбунова расчет резервов К ведется по результатам химического анализа. Определяется валовое содержание К в почве, содержание его в илистой фракции и обменный К. Последний является непосредственным, К ила – ближним резервом. По разнице между суммой непосредственного и ближнего резервов и валовым К устанавливается его потенциальный резерв. Располагая данными по содержанию указанных минералов, нами резервы К рассчитаны напрямую по результатам минералогического анализа. В основе расчетов лежат данные по содержанию минералов и содержанию в них К согласно химическим формулам. Пример расчетов представлен в таблице 1.

При расчете резервов К по результатам минералогического анализа руководствовались выводами, приведенных выше исследований, согласно которым

после обменного К (непосредственный резерв) наиболее доступным растениям является К, принадлежащий иллит-смектиту фракции ила (в нашем случае иллит-смектиту с высокой нормой смектитовых пакетов, ближний резерв). Наименее доступен К калиевых полевых шпатов и мусковита грубодисперсного материала (потенциальный резерв). В таблице 1 представлен элементный состав верхнего горизонта серой лесной почвы разреза 4м, рассчитанный по его минералогическому составу и выраженный в оксидах. Аналогичным способом рассчитаны резервы К во всех исследуемых почв.

Таблица 1

Элементный состав серой лесной почвы (разрез 4м, горизонт Ad, глубина 0–9 см) по данным минералогического анализа (весовой процент)

Минералогический состав	H ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Содержание минерала/ оксидов
Кварц		42,5							42,5
Плагиоклаз (15%An)		5,9	2,0		0,3			0,9	9,1
Калиевый полевой шпат		4,2	1,2				0,835	0,2	6,4
Мусковит	0,2	1,8	1,6				0,444		4,0
Хлорит (фр. >1 мкм)	0,2	0,3	0,2	0,3		0,2			1,2
Каолинит (фр. >1 мкм)	0,2	0,5	0,5						1,2
Иллит-смектит	2,3	8,8	3,1	2,0	0,2	0,2	0,115		16,7
Иллит	1,0	6,6	3,4	0,8		0,4	0,789		12,9
Хлорит (фр. <1 мкм)	0,2	0,5	0,5	0,5		0,5			2,2
Каолинит (фр. <1 мкм)	0,5	1,7	1,5						3,8
Сумма	4,6	72,7	14,0	3,6	0,6	1,3	2,183	1,0	100

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Расчетные данные по резервам К в форме К₂О в исследуемых почвах представлены в таблицах 2 и 3. Непосредственный резерв в серых лесных почвах в 1,5–2 раза меньше (7–30 мг/100 г), чем в лесных черноземах (16–74 мг/100 г), что можно объяснить менее активным оборотом биогенного К, но с глубиной он также, как и в лесных черноземах, снижается, но в более резкой форме. Минимальные его показатели во всех 3-х разрезах принадлежат горизонту BE, но корреляции этого явления с другими показателями (рН, другими резервами К) не прослеживается.

Ближний резерв, заключенный в глинистых минералах (иллит, иллит-смектит, смектит), в серых лесных почвах составляет 620–1069 мг/100 г или 28–41% от общего резерва, что приближается к значениям (28–51%) в ксерофитно-лесных черноземах. Причина такой близости значений объясняется близким их гранулометрическим составом, а значит и примерно тем же содержанием глинистых минералов. В распределении ближнего резерва К в серых лесных почвах прослеживается определенная закономерность. Наиболее высокие показатели по нему отмечаются в дерновом горизонте и в горизонте BE. В дерновом горизонте это связано, вероятнее всего, с более интенсивным поступлением туда иллита в результате физической дисперсии обломочных слюд, а также новообразования

иллитоподобных структур по высокозарядному смектиту при фиксации биоциклического К [13]. В горизонте ВЕ можно объяснить накоплением там иллита и иллит-смектита в результате их лессиважа, что отмечалось в предыдущих сообщениях. Поведение ближнего резерва К в ксерофитно-лесных черноземах иное: его количество последовательно нарастает к верхним горизонтам и более энергично, чем в серых лесных почвах, достигая в этих горизонтах высоких величин. Причина такого явления, прежде всего, в более активном в них новообразовании иллитоподобных структур в результате фиксации биогенного К [4, 13] высокозарядным смектитом, характерным вообще для черноземов [4]. Но также, несомненно влияние поступления в илистую фракцию в основном слюдяного материала из грубой части почвы в результате физической диспергации.

Таблица 2

**Резервы калия (K₂O) в серых лесных почвах
по данным минералогического анализа (мг/100 г)**

Горизонт	Глубина, см	Непосредственный	Ближний	Потенциальный	Общий
Разрез 4м. Серая лесная на лессовидном суглинке, Иванча, водораздел, абс. выс. 200 м					
Ad	0–9	22	904	1279	2205
AE	9–30	10	639	1441	2090
BE	30–45	7	767	1488	2262
Btm	45–65	9	858	1850	2717
BCmca	80–100	не определялся	769	1700	2469
Cca	100–120	не определялся	620	1379	1999
Разрез 5м. Серая лесная стагниковая на плиоценовых глинах, шоссе на Орреев, водораздел, абс. выс. 207 м					
Ad	0–8	29	860	1673	2562
AE	8–22	10	738	1900	2648
BE	22–33	8	895	1583	2486
Btm	33–55	9	996	1228	2232
BCmgca	85–96	не определялся	890	1877	2767
Gca	96–120	не определялся	838	1593	2430
Разрез 6м. Серая лесная на плиоценовых глинах, Пересечено, приводораздельный склон, абс. выс. 190 м					
Ad	0–9	30	1069	1768	2867
AE	9–25	10	1001	1957	2968
BE	25–35	7	844	2075	2926
Btm	35–51	13	952	1758	2723
BCmca	70–90	не определялся	886	1663	2549
Cca	90–100	не определялся	700	1749	2449

Потенциальный резерв К в серых лесных почвах заключен в калиевых полевых шпатах и слюдах. Его размер в исследуемых почвах находится в пределах 1228–2075 мг/100 г и в 1,5–2,5 раза превышает ближний резерв. Он значительно выше такового в ксерофитно-лесных черноземах (1123–1733 мг/100 г), в чем большую роль сыграло высокое содержание слюд в инородном, как указывалось, слое в средней части всех профилей серых лесных почв, особенно почв на плиоценовых глинах. Вместе с тем, как отмечено ранее в сообщении по балансовым расчетам,

нельзя исключать, что высокие показатели по потенциальному резерву К в этой части профилей могут быть обязаны также лессиважу тонкого слюдистого материала. В связи с многофакторным влиянием на потенциальный резерв К характер распределения его по профилю в серых лесных почвах не однотипный. Распределение потенциального резерва К по профилю ксерофитно-лесных черноземов более определенное, выявлению чего способствует изначальная относительно более высокая степень однородности пород. Его содержание, как правило, уменьшается к верхним горизонтам, указывая на то, что в этих горизонтах потенциальный резерв расходуется на пополнение ближнего резерва в результате прежде всего физической диспергации.

Общий резерв К в исследуемых серых лесных почвах складывается из поведения выше описанных резервов, находится в пределах 1999–2968 мг/100 г почвы и определяется, как видно из предыдущего анализа, главным образом динамикой гранулометрического и, соответственно, минералогического составов почв по профилю, т.е. геологическим и почвенно-генетическим факторами. Он в максимальных своих проявлениях в связи со слюдистыми аномалиями в этих почвах заметно выше по размеру общего резерва К в ксерофитно-лесных черноземах (2214–2474, табл. 3). В распределении его по профилю ясно выраженной закономерности не наблюдается, но можно заметить, что более высокие показатели чаще принадлежат средней или верхней части профиля. В этом прослеживается совместное влияние распределения по профилю ближнего резерва К и слюдистых аномалий.

Таблица 3

Резервы калия (K₂O) в ксерофитно–лесных черноземах по данным минералогического анализа (мг/100 г)

Горизонт	Глубина, см	Непосредственный	Ближний	Потенциальный	Общий
Разрез 1м. Верхние Андруши, увалообразный водораздел, абс. выс. 227 м					
Ад	0–10	33	916	1460	2409
А	25–47	16	822	1490	2328
Вса	70–85	не определялся	702	1653	2355
ВСса	97–110	не определялся	635	1657	2292
Сса	160–180	не определялся	685	1733	2418
Разрез 2м. Калфа-Гырбовец, увалообразный водораздел, абс. выс. 165 м					
Ад	0–10	46	1095	1311	2452
А	25–46	18	1024	1364	2406
В1	64–85	не определялся	884	1590	2474
В2са	100–115	не определялся	944	1521	2465
Сса	160–180	не определялся	825	1389	2214
Разрез 3м. Пугой, увалообразный водораздел, абс. выс. 222 м					
Ад	0–10	74	1233	1123	2430
А	25–50	19	1154	1189	2362
В1	65–85	не определялся	1062	1404	2466
В2	100–113	не определялся	877	1512	2389
Сса	160–180	не определялся	716	1693	2409

ВЫВОДЫ

Сравнительное исследование природных резервов калия в серых лесных почвах и ксерофитно-лесных черноземах показало, что общий резерв в первых весьма высок (1999–2968 мг/100 г почвы) и превышает таковой в лесных черноземах (2214–2474 мг/100 г почвы). Причина в потенциальном резерве и в аномально высоком содержании слюды, сопровождаемом проявлениями неоднородности почвообразующих пород. Непосредственный резерв калия в серых лесных почвах в 1,5–2 раза ниже (7–30 мг/100 г), а ближний резерв (620–1069 мг/100 г) соизмерим с таковым в ксерофитно-лесных черноземах. Характер распределения резервов К по профилю в серых лесных почвах определяется влиянием нескольких факторов, среди которых следует назвать процессы выветривания, динамику биоциклического К, наличие лессиважа в сочетании с проявлениями неоднородности пород, т.е. факторов почвенно-генетической и геологической природы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Patterns in K dynamics in forest ecosystems / С.Е. Tripler [et al.] // *Ecology Letters*. – 2006. – Vol. 9. – P. 451–466.
2. Дурынина, Е.П. Агрохимический анализ почв, растений, удобрений / Е.П. Дурынина, В.С. Егоров. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 113 с.
3. Практикум по агрохимии / под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
4. Алексеев, В.Е. Минералогия почвообразования в степной и лесостепной зонах Молдовы: диагностика, параметры, факторы, процессы / В.Е. Алексеев. – Кишинев, 1999. – 241 с.
5. Application of the PROFILE model to estimate potassium release from mineral weathering in Northern European agricultural soils / J. Holmqvist [et al.] // *European Journal of Agronomy*. – 2003. – Vol. 20. – P. 149–163.
6. Алексеев, В.Е. Методика супердисперсного фракционирования почв и пород при их минералогическом анализе / В.Е. Алексеев, К.Г. Арапу, А.Н. Бургеля // *Почвоведение*. – 1996. – № 7. – С. 873–878.
7. Рентгенография основных типов породообразующих минералов / редкол.: В.С. Власов [и др.]. – Л.: Недра, 1983. – 359 с.
8. Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов / под ред. Г. Брауна. – М.: Мир, 1965. – 599 с.
9. Алексеев, В.Е. Способ количественного определения первичных минералов в почвах и породах методом рентгеновской дифрактометрии / В.Е. Алексеев // *Почвоведение*. – 1994. – № 1. – С. 104–109.
10. Глинистые минералы в лесных почвах Молдавии / В.Е. Алексеев [и др.] // *Генезис и рациональное использование почв Молдавии*. – Кишинев: Штиинца, 1977. – С. 23–41.
11. Алексеев, В.Е. Способ оценки минералогического состояния силикатной части черноземов / В.Е. Алексеев // *Почвоведение*. – 2012. – № 2. – С. 189–199.
12. Горбунов, Н.И. Минералогия и физическая химия почв / Н.И. Горбунов. – М.: Наука, 1978. – 294 с.
13. Barre, P. Dynamic role of «illite-like» clay minerals in temperate soils: facts and hypothesis / P. Barre // *Biogeochemistry*. – 2007. – Vol. 82. – P. 77–88.

GRAY FOREST SOILS OF MOLDOVA'S CODRY: NATURAL RESERVES OF POTASSIUM

V.E. Alekseev, V.V. Cherbar', A.N. Burgelya, E.B. Varlamov

Summary

At first a comparative study of the natural reserves of potassium in the gray forest soils and xerophytic forest-black earth showed that the general reserve is very high (1999–2968 mg/100 g of soil) and higher than that in the forest chernozems (2214–2474 mg/100 g of soil). The reason for this potential reserve and it is anomalously high content of mica, followed by manifestations of heterogeneity of soil-forming rocks. Direct reserve potassium in gray forest soils are 1.5–2 times lower (7–30 mg/100 g), and the proximal reserve (620–1069 mg/100 g) was comparable to that in the xerophytic forest – chernozem. The pattern of distribution of reserves to the profile in gray forest soils is influenced by soil-genetic factors and geological nature.

Поступила 9.03.15

УДК 631.42:631.618(470.311-25)

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ГОРОДА МОСКВЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИХ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

И.С. Прохоров

*ФГБОУ ВО «РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева»,
г. Москва, Россия*

ВВЕДЕНИЕ

Сеть мониторинга за состоянием почв сформирована Департаментом природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы с учетом территориального деления и функционального зонирования и включает в себя 1333 площадки постоянного мониторинга, ежегодно из которых обследуется порядка 200–300, это позволяет получать максимально полную информацию о современном состоянии почвенного покрова в городе, отслеживать тенденции изменения состояния почв и выявлять наиболее актуальные проблемы в данной области.

Основными задачами мониторинга являются: изучение свойств почв на постоянных площадках мониторинга (ППМ); закладка новых площадок мониторинга и опробование почвенного покрова на территории Троицкого и Новомосковского административных округов г. Москвы (преимущественно на территории городов Троицк и Щербинка); изучение изменений химического состава почв в сравнении с результатами опробования предыдущих лет; оценка состояния почв вдоль основных автомагистралей в рамках Программы мониторинга воздействия противогололедных реагентов (ПГР) на компоненты окружающей среды на 2011–2012 и последующие годы. В 2013 г. всего было обследовано 215 площадок наблюдения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для оценки пространственного загрязнения почвенного покрова на территории города пробы почв отбирали с поверхности (0–10 см). Каждый образец составляли из 5 точечных проб, взятых методом конверта с площадки площадью 1 м². Объем проб определяли в зависимости от потребностей для проведения аналитических работ (в большинстве случаев 400–800 г). Из разрезов отбор проводили с глубин 0–10, 10–20 и 30–50 см. При отборе образцов из почвенных разрезов производили описание ландшафтно-экологических условий местности и физико-механических свойств почв.

Все отобранные пробы после обработки (сушка, ситование через сито 1 мм, квартование) были проанализированы в лаборатории. При проведении аналитических исследований в пробах почв определяли: содержание тяжелых металлов (валовые и подвижные формы), содержание бенз(а)пирена, содержание нефтепродуктов, величина рН солевой и водной вытяжки, содержание органического углерода (C_{орг.}), величину сухого остатка, содержание макроэлементов питания (P₂O₅, K₂O).

Анализ проб на содержание тяжелых металлов выполнен приближенно-количественным спектральным методом, содержание ртути – методом атомной абсорбции с термической возгонкой паров ртути, содержание нефтепродуктов и бенз(а)пирена – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Химическое загрязнение почв оценивали по суммарному показателю загрязнения (Zс) и содержанию валовых и подвижных форм гигиенически нормируемых химических элементов. Опасность загрязнения почв отдельными химическими элементами оценивалась по существующим нормативам ПДК и ОДК.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из диагностических признаков городских почв является сдвиг реакции среды в сторону щелочных значений, при этом происходит увеличение реакции среды (рН ≥ 7,5). Этот процесс является широко распространенной тенденцией и носит долговременный характер, что подтверждается многолетними исследованиями в рамках мониторинга почв г. Москвы. Подщелачивание городских почв связано с осадением на их поверхность пыли, содержащей карбонаты кальция и магния, выпадением осадков с повышенным содержанием углекислоты и с попаданием в почву ПГР (хлориды натрия, кальция и др.).

По результатам мониторинга почв установлено, что основная их часть (65,1%) характеризуется нейтральной и близкой к нейтральной реакцией среды (рН 6,6–7,5). Вместе с тем, отмечено возрастание доли слабощелочных почв в сравнении с предыдущими периодами исследования, в сравнении с 2012 г. количество проб с рН почвенного раствора выше 7,5 выросло с 1,6 до 27,4% (в 15,4 раза), в более ранние периоды исследований такие почвы на территории Москвы практически не встречались. Продолжает снижаться количество почв с кислой реакцией среды, с 2011 по 2013 гг. доля кислых почв (суммарная) снизилась с 35,5 до 7%.

Органическое вещество в городских почвах включает в себя гумусовые вещества и органические вещества антропогенного происхождения, которые определяются совместно с почвенным органическим веществом, при этом выделить из

общей органики непосредственно гумус крайне сложно. Считается, что в городских условиях содержание органического вещества, превышающее 5–6% можно считать индикатором сильного антропогенного загрязнения, поскольку в данном случае существенный вклад в формирование значения данного показателя вносят органические загрязнители, содержащиеся в выхлопах автотранспорта, нефтепродукты, частицы сажи и пыль от битумно-асфальтных смесей, в большом количестве содержащихся в почве.

По результатам мониторинга почв установлено, что в городе преобладают почвы со средним (25,6%) и очень высоким содержанием органического вещества (25,1%). Доля проб с низким, средним, повышенным и высоким содержанием органического вещества в целом продолжает оставаться стабильной, отмечены лишь незначительные вариации (± 2 –3%). Среднее содержание органического вещества в почвах г. Москвы варьирует в пределах от 3,2 до 16,3%. Среди территорий различного функционального назначения минимальные содержания органического вещества отмечены в почвах природных, национальных и дендрологических парков (3,6%), в почвах остальных функциональных зон величина показателя незначительно варьирует в пределах 7,4–8,7%, что соответствует повышенному и высокому уровню содержания органического вещества.

Фосфор. Исследования городских почв в 2013 г. показали, что в целом по городу по прежнему преобладают почвы с очень высоким содержанием подвижного фосфора (более 81% проб). Среднее содержание подвижных соединений фосфора в почвах Москвы составляет 332,4–788,8 мг/кг. Максимальные значения среднего содержания фосфора отмечены в почвах Зеленоградского, Западного, Юго-Восточного и Южного административных округов (свыше 700 мг/кг). В почвах городов Троицк и Щербинка (ТИНАО) содержание доступных соединений фосфора в среднем составляет 500 мг/кг.

Калий. По данным обследования 2013 г. 53,5% составляют почвы с высоким (170–250 мг/кг) и очень высоким уровнем (свыше 250 мг/кг) содержания подвижного калия (суммарное количество). Очень низкий и низкий уровень обеспеченности почв калием отмечен лишь в 8,4% проб.

В последние годы основными тенденциями в изменении агрохимических свойств почв являются: сдвиг реакции среды в сторону слабощелочных значений и постепенное возрастание содержания доступных для растений форм фосфора, к настоящему моменту в среднем превышающее оптимальный уровень обеспеченности в 2 раза.

Загрязнение почв города тяжелыми металлами и мышьяком. Тяжелые металлы являются индикаторами загрязнения почв в силу того, что они довольно распространены, сравнительно легко определяются, большинство из них неподвижны или слабо подвижны в верхнем 0–10 см слое почвы, токсичный эффект многих металлов достаточно хорошо изучен.

По данным мониторинга 2013 г. установлено, что валовые содержания тяжелых металлов в почвах тяжелого гранулометрического состава в среднем не превышают установленных санитарно-гигиенических нормативов и остаются стабильными на протяжении трех лет.

Вместе с тем, на отдельных пунктах постоянного мониторинга в почвах легкого гранулометрического состава выявлены превышения ориентировочно-допустимых концентраций (ОДК) по содержанию валовых форм меди (в 1,03–1,34 раза),

цинка (в 1,04–3,1 раза), свинца (в 1,0–1,4 раза), кадмия (в 1,1–2,6 раза), мышьяка (в 1,6–2,7 раза).

Обследование почвенного покрова выявило высокие содержания подвижного цинка в городских почвах. Его средняя по городу концентрация превышает установленную ПДК в 1,3 раза, при этом норматив оказался превышен в 36,3% проб. В то же время количество проб с превышениями в 2013 г. меньше, чем в 2012 г. (для сравнения – в 2012 г. превышение ПДК по подвижному цинку отмечалось в 43,5% проб).

Наиболее высокие средние концентрации подвижных форм цинка (2 ПДК), свинца (1,2 ПДК) и меди (1,5 ПДК) в почвах Юго-Восточного административного округа; в Центральном административном округе выявлены превышения нормативов по содержанию подвижного цинка (2 ПДК) и свинца (1,6 ПДК); на территории Северо-Восточного административного округа средние содержания подвижных форм меди превышают норматив в 1,4 раза.

Изучение распределения подвижных форм тяжелых металлов в почвах различных функциональных зон показало, что среднее содержание подвижного цинка в почвах превышает норматив (в 1,2–1,5 раза) во всех функциональных зонах, за исключением природных, национальных и дендропарков.

Сравнение результатов 2011–2013 гг. показало, что среднее содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах г. Москвы остается стабильным. При этом в 2013 г. отмечено возрастание количества проб с превышениями ПДК по содержанию подвижного никеля и хрома, тогда как количество проб с превышениями по приоритетным загрязнителям (цинк и свинец) несколько снизилось. Так, если количество проб с превышениями норматива по цинку в 2012 г. составляло 43,5%, свинцу – 26,8%, то в 2013 г. норматив оказался превышен по цинку в 36,6% проб, а свинцу – в 25,1% проб.

Оценка состояния почвенного покрова на основе суммарного показателя загрязнения (Zс) показала, что почвы всех административных округов относятся к категории слабого (допустимого) загрязнения (Zс менее 16) (рис.). Наиболее высокая величина данного показателя характерна для Юго-Восточного и Центрального административных округов. Почвы с минимальным уровнем загрязнения распространены в основном на периферии Москвы, преимущественно на севере и юге. К районам с минимальной величиной суммарного показателя загрязнения (Zс) в 2013 г. относились Зеленоградский и Южный административные округа, а также города Троицк и Щербинка (Троицкий и Новомосковский административный округ).

Таблица 1

Среднее содержание подвижных форм тяжелых металлов и количество превышений нормативов

Элемент	2011 г.		2012 г.		2013 г.		ПДК, мг/кг
	содержание, мг/кг	% превышений	содержание, мг/кг	% превышений	содержание, мг/кг	% превышений	
Cu	2,7	13	2,3	16,7	2,6	17,2	3
Zn	30,4	34,2	26,9	43,5	30,4	36,3	23
Ni	1,0	2,5	1,1	1,2	0,9	2,3	4
Pb	6,9	13	5,4	26,8	5,4	25,1	6
Cr	1,0	0,4	1,2	0,8	1,1	1,9	6

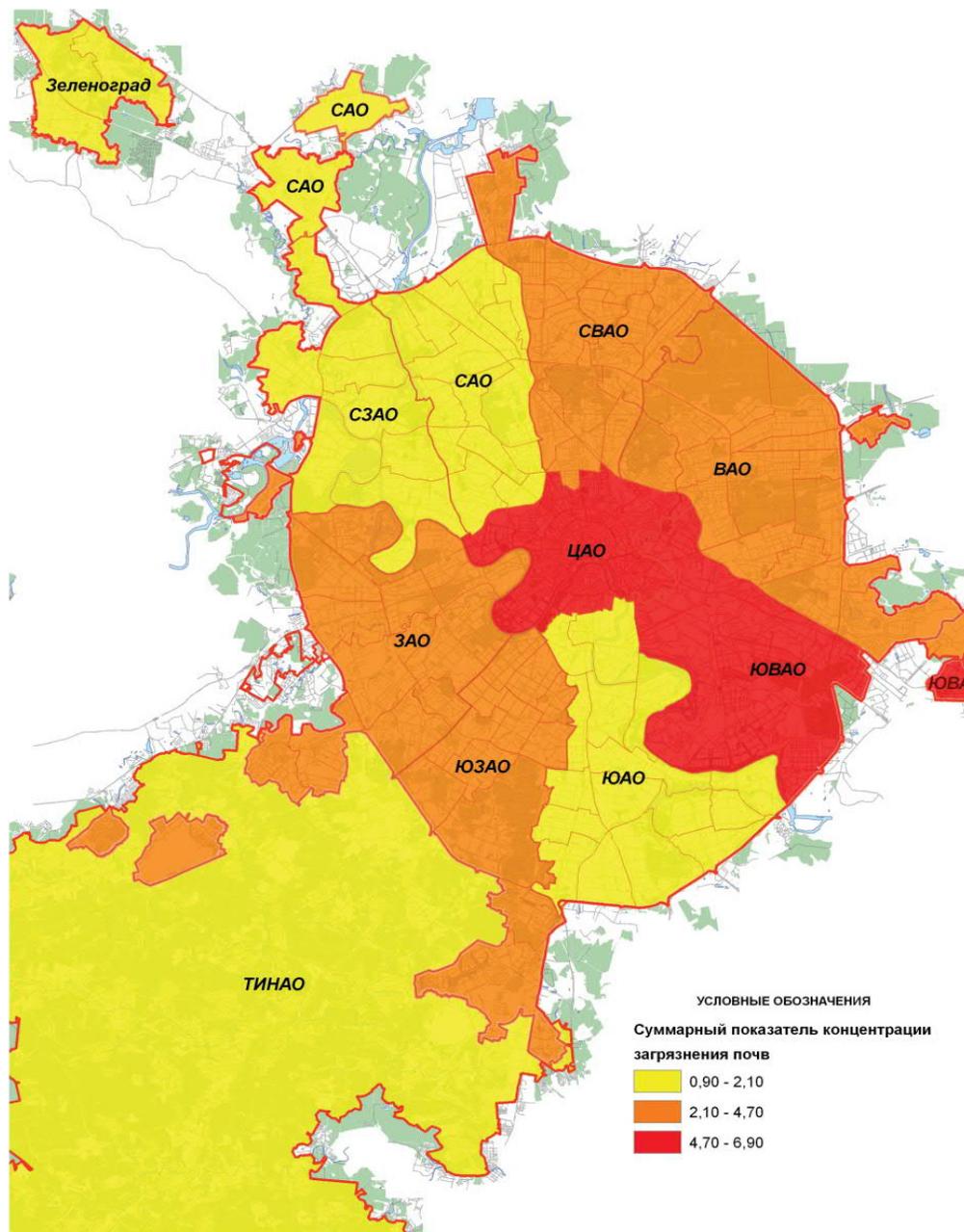


Рис. Карта-схема загрязнения почв г. Москвы

Содержание бенз(а)пирена и нефтепродуктов. Высокий уровень содержания органических загрязнителей в почве крупных городов обуславливается воздействием не только стационарных (промышленные предприятия), но и мобильных источников загрязнения, в особенности – автотранспорта, количество которого увеличивается по мере роста численности населения. Так, бенз(а)пирен содержится в выбросах многих промышленных производств, отопительных и транспорт-

ных систем. В почве бенз(а)пирен обычно попадает из загрязненного атмосферного воздуха с пылью, аэрозолями, осадками и аккумулируется в поверхностном горизонте. Производство энергии, химическая и нефтехимическая промышленность, автотранспорт и предприятия по производству строительных материалов являются основными потенциальными источниками загрязнения городских почв нефтепродуктами.

В таблице 2 представлены результаты мониторинга содержания бенз(а)пирена и нефтепродуктов в городских почвах за 2011–2013 гг.

Таблица 2

Содержание бенз(а)пирена и нефтепродуктов в почвах

Показатель	Бенз(а)пирен			Нефтепродукты		
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Среднее содержание, мг/кг	0,07	0,04	0,04	266,4	235,1	332,5
Кпдк ср.	3,5	2,0	2,0	0,89	0,78	–
Min, мг/кг	0,05	0,05	0,05	13	11	14
Max, мг/кг	1,8	1	0,32	1830	1780	2872
Кол-во превышений ПДК от общего числа точек отбора, %	79,0	45,1	39,1	–	–	–
ПДК, мг/кг	0,02			–*		

Примечание. * – до 2011 г. в г. Москве действовал Региональный норматив содержания нефтепродуктов в почве, составлявший 300 мг/кг (Распоряжение Мэра Москвы от 27 июля 1999 г. № 801-РМ «Об утверждении Методики исчисления размера ущерба, вызываемого захлаплением, загрязнением и деградацией земель на территории Москвы»).

Следует отметить положительную тенденцию к снижению количества проб с превышениями нормативов по бенз(а)пирену. Так, общесанитарный норматив по содержанию бенз(а)пирена в почвах (0,02 мг/кг) в 2013 г. оказался превышен в 39,1% проб (для сравнения, в 2012 г. количество проб с превышениями ПДК составляло 45,1%, а в 2011 г. – 79%).

Нефтепродукты. Среднее содержание нефтепродуктов в почвах Москвы в 2013 г. составило 332,5 мг/кг, максимальное выявленное содержание нефтепродуктов составляет 2872 мг/кг, а минимальное – 14 мг/кг сухого веса почвы. В соответствии с критериями, установленными «Порядком определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами» (утвержден Письмом Минприроды РФ № 04-25, Роскомзема № 61-5678 от 27.12.1993 г.) почвы г. Москвы преимущественно относятся к категории с допустимым уровнем загрязнения нефтепродуктами (< 1000 мг/кг почвы). На 7 площадках постоянного мониторинга, содержание нефтепродуктов находилось в диапазоне 1000–2000 мг/кг, что соответствует низкому уровню загрязнения, на 2 площадках мониторинга, расположенных на территории Центрального административного округа и г. Троицк, выявлен средний уровень загрязнения почв нефтепродуктами (2000–3000 мг/кг).

Наблюдаемые изменения, вероятно, обусловлены постоянно возрастающим количеством автомобильного транспорта в г. Москве (по официальным данным, опубликованным на сайте Росстата, за период с 2006 по 2012 г. средний ежегодный прирост личного автомобильного транспорта в городе Москве составил 9,9 единиц на 1000 человек населения).

Максимальные содержания нефтепродуктов выявлены в почвах Центрального и Зеленоградского административных округов, а также городов Троицк и Щербинка (463–474 мг/кг). Наиболее благоприятная ситуация по загрязнению почв нефтепродуктами отмечается в Восточном, Северном, Северо-Западном и Южном административных округах, здесь концентрация загрязнителя в среднем не превышает 274 мг/кг почвы.

По данным мониторинга 2013 г. среднее содержание бенз(а)пирена в почвах г. Москвы составляет 0,04 мг/кг или 2 ПДК, такой же уровень содержания загрязнителя отмечался и в 2012 г.

Самые низкие показатели загрязнения почв бенз(а)пиреном характерны для Юго-Западного административного округа, здесь его средняя концентрация не превышает 0,01 мг/кг (0,5 ПДК). Максимальные средние концентрации загрязнителя выявлены в почвах Центрального (0,07 мг/кг или 3,5 ПДК) и Зеленоградского (0,05 мг/кг или 2,5 ПДК) административных округов.

Сравнение результатов опробования 2013 г. с данными, полученными в предыдущие годы, показало, что в текущем году концентрации бенз(а)пирена в почве находится на уровне показателей 2010 и 2012 гг. (0,04 мг/кг), это минимальные концентрации, отмечаемые за период наблюдений с 2006 по 2013 гг. При этом максимальные содержания загрязнителя в почвах отмечались в 2005–2006 и 2011 гг. (0,08 и 0,07 мг/кг соответственно).

Изучение динамики содержания нефтепродуктов в почвах г. Москвы показало, что максимальные концентрации загрязнителя наблюдались в период 2005–2006 гг. В последующие годы уровень загрязнения заметно снизился, при этом минимумы концентраций нефтепродуктов в почвах отмечались в 2010 и 2012 гг. (224,5 и 235,1 мг/кг соответственно). В текущем году зафиксировано повышение содержания нефтепродуктов в почвах г. Москвы до величины 332,5 мг/кг, это на 41% выше показателей 2012 г., но в 1,6 раза ниже максимума, наблюдаемого в 2005–2006 гг.

ВЫВОДЫ

В числе главных способов рекультивации, используемых в настоящее время в г. Москве, в силу отсутствия времени на естественное или стимулированное восстановление городских почв, а также ввиду выполнения озелененными территориями декоративно-планировочных функций используется полная замена верхнего загрязненного слоя почв с последующей заменой на искусственно созданные многокомпонентные субстраты. В Москве организована государственная система контроля за используемыми в процессе благоустройства и озеленения территорий материалами. В качестве основного компонента искусственных почвогрунтов выступают торфа различного генезиса, а также извлекаемые при строительстве котлованных грунты, которые по результатам инженерно-экологических изысканий соответствуют классу опасности не ниже IV. В соответствии с Законом г. Москвы от 04 июля 2007 г. № 31 «О городских почвах» к городским почвам относятся все естественные и искусственно созданные почвенные образования мощностью 1 метр, поэтому в последнее время все большее распространение приобретает создание искусственных почвенных конструкций (конструктоземов), которые обеспечивают не только более длительный период выполнения основных функций, имея доста-

точный запас питательных элементов и определенных сорбентов загрязнителей и микроорганизмов – биодеструкторов, но и значительный экономический и экологический эффект. В частности показано, что использование данных конструкций ведет к снижению эмиссии углекислого газа с поверхности почвы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад о состоянии окружающей среды в городе Москве в 2008 году / Л.А. Бочина [и др.]; под ред. Л.А. Бочина. – М.: Формула Цвета, 2009. – 209 с.
2. Доклад о состоянии окружающей среды в городе Москве в 2013 году / Пр-во Москвы, Департамент природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы; под ред. А.О. Кульбачевского. – М.: ЛАРК ЛТД, 2014. – 222 с.
3. Вопросы подготовки и контроля качества искусственно созданных грунтов для озеленения московских газонов / А.Ю. Щербаков и [и др.] // Экологические системы и приборы. – 2012. – № 10. – С. 28–33.
4. Прохоров, И.С. Особенности производства почвогрунтов для озеленения и благоустройства г. Москвы / И.С. Прохоров, С.Ю. Карев // Агрохимический вестник. – 2012. – № 3. – С. 21–25.
5. Способ получения техногенного почвогрунта и техногенный почвогрунт / С.Ю. Карев, И.С. Прохоров, А.А. Типцов; RU 2 497 784; заявл. 01.06.2012.
6. Васенев, В.И. Экспериментальное моделирование конструкции городских почвогрунтов с минимальной эмиссией парниковых газов / В.И. Васенев [и др.] // Агроэкология. – 2014. – № 1. – С. 43–49.

URBAN SOIL MONITORING IN MOSCOW CITY AND RECULTIVATION MEASURES

I.S. Prokhorov

Summary

Efficient system of urban soil monitoring in Moscow City formed last 5 years is described. Main methodological aspects of urban soil study are presented. Results showed positive tendency of urban soil improvement in such large and urbanized city as Moscow megalopolis. It was reached due to Moscow City Law «On Urban Soils» and implementation of innovative recultivation technologies.

Поступила 22.04.15

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ ПОДХОДЫ К СТОИМОСТНОЙ ОЦЕНКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЧВ

И.В. Плиско

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

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях, когда земля становится товаром, необходимым является разработка новых усовершенствованных подходов для определения денежной оценки сельскохозяйственных земель, в первую очередь с целью определения их объективной цены. Общая закономерность ценообразования на земельные участки в мире, так же и в Украине – несоответствие фактической и реальной стоимости земли. Это может быть объяснено не только сложными экономическими и социальными условиями, неразвитостью рыночных отношений в Украине, а также учетом только продуктивной функции земель и полным игнорированием их многочисленных экологических функций, т.е. экологической ценности.

Необходимыми предпосылками для внедрения и функционирования цивилизованного земельного рынка является наличие соответствующих инструментов (институтов) для регистрации земель и ведения земельного кадастра, обеспечения широкого распространения доступной информации о земельных участках, оценке земель, проведении регистрации сделок, разрешении споров и спорных вопросов, оптимизации землепользования и осуществлении контроля распределения земельных ресурсов.

Вопросы, связанные с разработкой методических основ денежной оценки земель сельскохозяйственного назначения в Украине освещены в работах широкого круга отечественных ученых [1–4], однако, несмотря на это, существующие подходы требуют дальнейшего совершенствования с целью отражения реальной цены на землю, что является весьма актуальным в современных условиях.

Понятие «оценка» в философском смысле связано с понятием относительной ценности. Объективной стороной ценности выступают реальные свойства объекта или предмета – как носителя этой ценности. В основу оценки должны быть положены, прежде всего, именно природные свойства земли. Понятие «оценка земли» – это установление ее относительной ценности с учетом ее природных свойств и современного производственного использования.

В литературе встречаются различные понятия оценки земли: общая оценка земли как средства производства в сельском хозяйстве, оценка земли с точки зрения эффективности выращивания сельскохозяйственных культур, оценка влияния качества земли на эффективность дополнительных затрат. Такое многообразие обусловлено универсальностью использования земли.

Оценка земли по производственным показателям является простой. В ее основу положены фактические данные о хозяйственном использовании земли, т.е. фактическая производительность (в баллах). Критикуя такие методы оцен-

ки, а именно метод оценки фактической урожайностью, В.В. Докучаев писал: «... Если бы мы и нашли возможность (чего как видим ниже, однако, нет) вполне точно статистически изучить те или иные следствия (урожайность, цена обработки и пр.), но совершенно оставили бы в стороне причины, вызвавшие эти следствия, – оценка земель, понятно, не могла считаться законченной и не могла бы дать должных результатов» [5, с.300]. Неправомерность оценки земли по урожайности отмечал П.А. Костичев [6], так как в этом случае оценивается не сама земля, а продукция земли при структуре ее использования, которая не всегда связана с природными свойствами.

Одним из решающих составляющих эффективного использования земельных ресурсов Украины в условиях переходной экономики является методически корректное определение стоимости земли, которое обеспечит установление обоснованных размеров разного рода платежей за землю, и, в первую очередь, величины земельного налога. Этим требованиям соответствует рыночная стоимость земли.

В настоящее время в Украине не разработаны единые методические основы для расчета объективно обоснованной рыночной стоимости земли. Последнее объясняется тем, что существующие отечественные методы оценки земли были разработаны без учета их применения в условиях современной рыночной экономики, в свою очередь известные зарубежные методы не ориентированы на украинский рынок земли. В Украине еще не накоплено достоверной информационной базы об операциях с земельными участками.

Исторически сложилось так, что под земельным участком понимается часть земной поверхности с установленными границами. Согласно статье 14 Конституции Украины [7], земля является основным национальным богатством, находящимся под особой охраной государства. Право собственности на землю гарантируется.

В условиях развития рыночных отношений земля все больше рассматривается как объект собственности, объект недвижимого имущества и поэтому основной принцип оценки земли направлен на развитие кадастровой стоимости земли для дальнейших расчетов земельного налога, арендной платы и государственной пошлины, связанной с оборотом земель .

Единство методологической основы для оценки сельскохозяйственных земель предполагает учет их целевого назначения и правового состояния. В зависимости от того, находятся земельные участки той или иной категории земель в гражданском обороте (или сформировался рынок земли) или нет, оценка кадастровой стоимости должна проводиться с учетом двух направлений: первое – как объекта собственности или товара на основе рыночных цен, а второй – как объекта хозяйствования на основе экономического эффекта, получаемого от использования земли.

При денежной оценке земли очень важно четко представить разницу между рыночной и потребительской стоимостью. Рыночная стоимость – наиболее вероятная цена продажи земельного участка на открытом рынке в условиях конкуренции. В контексте Международных стандартов оценки рыночная стоимость имеет такое определение: «Это расчетная величина – денежная сумма, за которую объект земельной собственности должен переходить из рук в руки на дату оценки между добровольным покупателем и добровольным продавцом в результате коммерчес-

кой сделки после адекватного маркетинга, при этом предполагается, что каждая из сторон действовала компетентно, расчетливо и без принуждения». Потребительская стоимость отражает стоимость земельного участка, предназначенного для конкретного использования.

С развитием рыночных механизмов в сельском хозяйстве, закреплением частной собственности земля неизбежно должна приобрести стоимость и стать объектом купли–продажи. Собственно говоря, цену земля приобрела еще при социализме, так как внедрение хозяйственного расчета и товарно-денежных отношений, совершенствования экономических подходов требовало денежной оценки. Конечно, другого подхода как установить стоимость по доходу просто не было. Цена земли, по-прежнему пропорциональна земельной ренте (т.е. доходу) и обратно пропорциональна проценту банковской ставки. Понятно, что увеличение дохода и уменьшение банковского процента увеличивает цену земли. Но это в странах с развитой рыночной экономикой и эффективным сельскохозяйственным производством. В Украине как раз наоборот. Вследствие нестабильной аграрной политики большинство сельскохозяйственных предприятий малоприбыльные, а банки, стремясь уменьшить риск от кредитования села, увеличивают процентную ставку. Поэтому цена на землю в Украине не может быть высокой. Именно поэтому в стране должны быть разработаны другие механизмы ценообразования на земельные участки.

Реформирование земельных отношений в Украине осуществляется с 1991 года. Формирование рынка земель сельскохозяйственного назначения является одним из наиболее дискуссионных и политизированных вопросов аграрной политики в Украине. В течение полутора веков идут научные и политические дискуссии различного масштаба вокруг этого «большого» вопроса. Совершенствование земельных отношений является ключевым фактором внедрения цивилизованного рынка земли в Украине, для успешного функционирования которого необходимо четкое законодательное определение права собственности на земельные участки, условия их аренды и регулирования земельных сделок, но имеющихся сегодня законов и правил мало [8].

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В ИПА имени А.Н. Соколовского предложен новый методический подход к денежной оценке сельскохозяйственных земель [9], с помощью которой почву возможно оценить как важнейший ресурс для производства продукции и одновременно оценить ее экологическое значение. По мнению И.И. Карманова [10], эта оценка является фундаментальной или базовой. На наш взгляд, базовая оценка должна быть выше рыночной (той, что определяется «спросом–предложением»), она не должна зависеть от социально-экономических условий развития страны и должна использоваться для решения долгосрочных целей планирования, прогнозирования рационального использования и защиты земельных ресурсов.

Согласно предложенного методического подхода расчет денежной оценки земельной делянки предложено осуществлять путем учета трех составляющих: а) стоимости гумуса; б) стоимости доступных элементов питания, находящихся в почве; в) стоимости природного биологического потенциала продуктивных земель

(биопродуктивности). Расчеты стоимости составляющих денежной оценки были проведены по методике И.И.Карманова с соавторами [11] в модификации В.В. Медведева и др. [12]

Объектами исследований выступают основные 40 типов почв Украины, выделенные на почвенной карте масштабом 1:1500000. Их перечень приведен в табл. 1.

Таблица 1

**Перечень основных типов почв, выделенных на почвенной карте Украины
масштабом 1:1500000**

Код почвы	Название почвы
1	Дерново-слабоподзолистые песчаные и глинисто-песчаные на древнеаллювиальных водно-ледниковых отложениях и морене
2	Дерново-среднеподзолистые супесчаные на древнеаллювиальных водно-ледниковых отложениях и морене
3	Дерново-слабоподзолистые оглеенные (глееватые и глеевые) песчаные и глинисто-песчаные почвы на водно-ледниковых отложениях и морене
4	Дерново-среднеподзолистые супесчаные оглеенные (глееватые и глеевые) на древнеаллювиальных водно-ледниковых отложениях и морене
5	Дерново-средне и сильно-подзолистые поверхностно оглеенные на древнеаллювиальных водно-ледниковых отложениях и морене (Предкарпатье)
6	Светло-серые и серые оподзоленные (несмытые и смытые) преимущественно на лессовых породах и глинах
7	Темно-серые оподзоленные (несмытые и смытые) преимущественно на лессовых породах и глинах
8	Черноземы оподзоленные (несмытые и смытые) преимущественно на лессовых породах и глинах
9	Темно-серые реградированные (несмытые и смытые) преимущественно на лессовых породах
10	Черноземы реградированные (несмытые и смытые) преимущественно на лессовых породах
11	Черноземы типичные малогумусные и слабогумусированные (несмытые и смытые) на лессовых породах
12	Черноземы типичные среднегумусные (несмытые и смытые) на лессовых породах
13	Черноземы обыкновенные мало и среднегумусные глубокие (несмытые и смытые) на лессовых породах
14	Черноземы обыкновенные среднегумусные (несмытые и смытые) на лессовых породах
15	Черноземы обыкновенные малогумусные (несмытые и смытые) на лессовых породах
15a	Теже мицелярно-карбонатные (несмытые и смытые) на лессовых породах
16	Черноземы обыкновенные малогумусные неглубокие (несмытые и смытые) на лессовых породах
17	Черноземы южные малогумусные и слабогумусированные (несмытые и смытые) на лессовых породах
17a	Теже мицелярно-карбонатные (несмытые и смытые) на лессовых породах
18	Черноземы преимущественно солонцеватые на тяжелых глинах

Код почвы	Название почвы
19	Черноземы на тяжелых глинах
20	Черноземы и дерновые почвы щебнистые на элювии плотных бескарбонатных пород (песчаников и сланцев)
21	Черноземы типичные остаточно солонцеватые на лессовых породах
22	Черноземы южные остаточно солонцеватые на лессовых породах
23	Лугово-черноземные преимущественно на лессовых породах
24	Лугово-черноземные поверхностно-солонцеватые преимущественно на лессовых породах
25	Лугово-черноземные глубокосолонцеватые преимущественно на лессовых породах
26	Темно-каштановые остаточно слабосолонцеватые преимущественно на лессовых породах
27	Темно-каштановые солонцеватые на лессовых породах
28	Каштановые солонцеватые на лессовых породах
29	Луговые на делювиальных и аллювиальных отложениях
30	Луговые солонцеватые на делювиальных и аллювиальных отложениях
31	Лугово-болотные и болотные на аллювиальных, делювиальных и водно-ледниковых отложениях
32	Торфяные болотные почвы и торфяники низменные
33	Солонцы преимущественно солончаковые
34	Лугово-черноземные и дерновые осолоделые глинистые почвы и солоды
35	Дерновые преимущественно оглеенные песчаные, глинисто-песчаные и супесчаные почвы в комплексе со слабогумусированными песками
35а	Дерновые песчаные и глинисто-песчаные преимущественно неоглеенные почвы в комплексе со слабогумусированными песками и черноземными песчаными почвами с холмистым рельефом
36	Дерновые оподзоленные суглинистые почвы и оглеенные их виды
37	Буроземно-подзолистые почвы и оглеенные их виды
38	Буроземы горно-лесные щебнистые и дерново-буроземные почвы в комплексе с оглеенными их видами на элювии-делювии плотных пород
39	Дерново-буроземные и горно-луговые почвы
40	Коричневые горные щебнистые почвы на элювии-делювии коренных пород

Методы исследований – статистический, расчетно-аналитический и картографический. Для выполнения расчетов денежной оценки почв были созданы специальные выборки из базы данных почвенной, климатической и картографической информации «Свойства почв Украины» лаборатории геоэкофизики почв ННЦ «ИПА имени А.Н. Соколовского» [13], которая включает более 2000 почвенных разрезов, расположенных во всех природно-климатических зонах страны.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Определение стоимости гумуса. Многочисленные литературные источники подтверждают, что продуктивность почв увеличивается пропорционально увеличению содержания общего гумуса [14]. Эффективное плодородие почвы тесно

связано, прежде всего, «подвижными» или лабильными формами гумуса. Установлено, что превышение общего содержания гумуса в хорошо окультуренной дерново-подзолистой почве в 1,8–2 раза по сравнению с пахотной почвой, обуславливает в 4–5 раз больше содержание лабильных форм гумуса [15]. Доказано, что с окультуриванием почв и повышением уровня их плодородия в составе гумуса возрастает доля «подвижных» гумусовых веществ, которые теснее коррелируют с производительностью почвы и степени проявления его экологических функций по сравнению с гумусом в целом [11]. Анализ литературных источников позволяет констатировать, что доля «подвижного» гумуса в дерново-подзолистых почвах составляет в среднем 35% относительно общего содержания гумуса; в серых лесных почвах, оподзоленных, выщелоченных черноземах, черноземах типичных и обычных – 10%; в черноземах южных и каштановых почвах – 15% [11]. Таким образом, прослеживается обратная связь между общими запасами гумуса и долей «подвижного» гумуса.

В ходе исследований проведены расчеты общих запасов гумуса, в гумусированном слое почвы доли и запасов подвижного гумуса. Результаты этой работы изложены в нашей статье [16]. На основании полученных данных построена картосхема стоимости запасов подвижного гумуса в основных почвах Украины (рис. 1). Установлено, что стоимость гумуса (в расчете на гектар) изменяется в довольно широком диапазоне – от 741 до 4201 долларов США. В целом, в пределах страны наименьшую стоимость запасов гумуса имеют дерново-буроземные и горно-луговые почвы, а также дерновые преимущественно оглеенные песчаные, глинисто-песчаные (связнопесчаные) и супесчаные, расположенные в разных административных областях Украины.

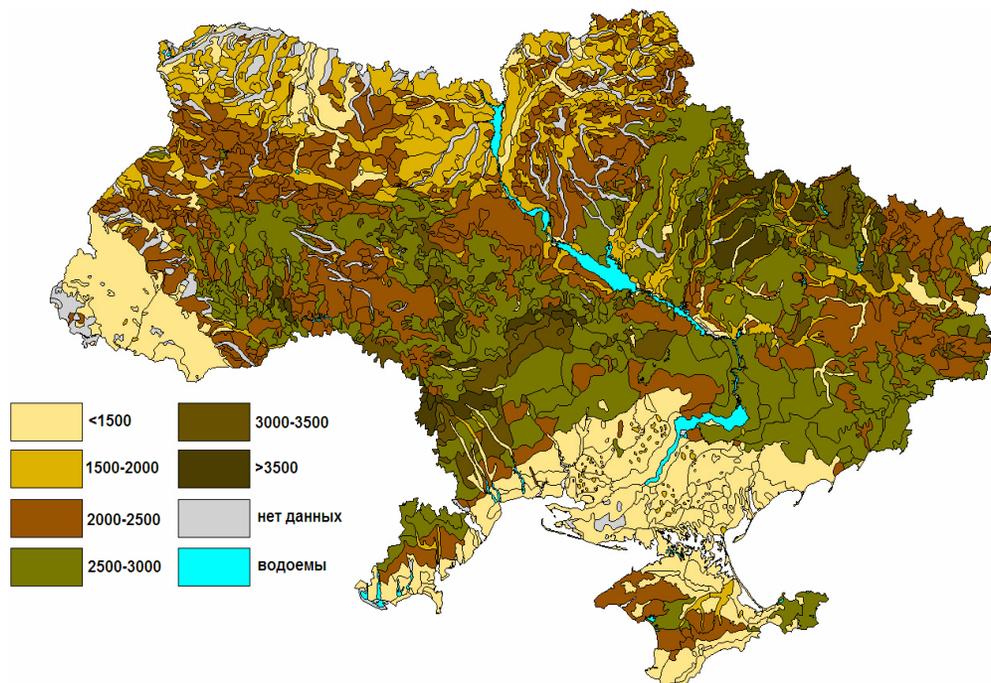


Рис. 1. Стоимость запасов подвижного гумуса в почвах Украины, долларов США

С использованием базы данных проанализирована связь между гранулометрическим составом почв (содержанием физической глины) и запасами, стоимостью подвижного гумуса. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что стоимость подвижного гумуса увеличивается с утяжелением гранулометрического состава почв, максимальная стоимость (от 1305 до 4201 долларов за 1 га) рассчитана для тяжелосуглинистых почв.

Расчет стоимости подвижных элементов питания. Для расчета стоимости питательных элементов (минеральной и гидролизуемой форм азота, подвижного фосфора и калия [2, 3]) применена методика И.И. Карманова и др. [10], адаптированная к условиям Украины. Условно принято, что 1 кг действующего вещества равен стоимости 5 кг зерна [5]. Исходя из стоимости 250–300 долларов (на 2012 г.) за 1 т зерна для Украины это составляет примерно 1,5 доллара за 1 кг NPK.

Расчет стоимости основных доступных элементов питания в почвах Украины проведен в несколько этапов: 1 – расчет запасов подвижных соединений фосфора, 2 – расчет запасов подвижных соединений калия, 3 – определение расчетных запасов доступного для растений азота, 4 – определения стоимости запасов доступных элементов питания в почвах. На основании полученных результатов построена соответствующая картосхема (рис. 2).

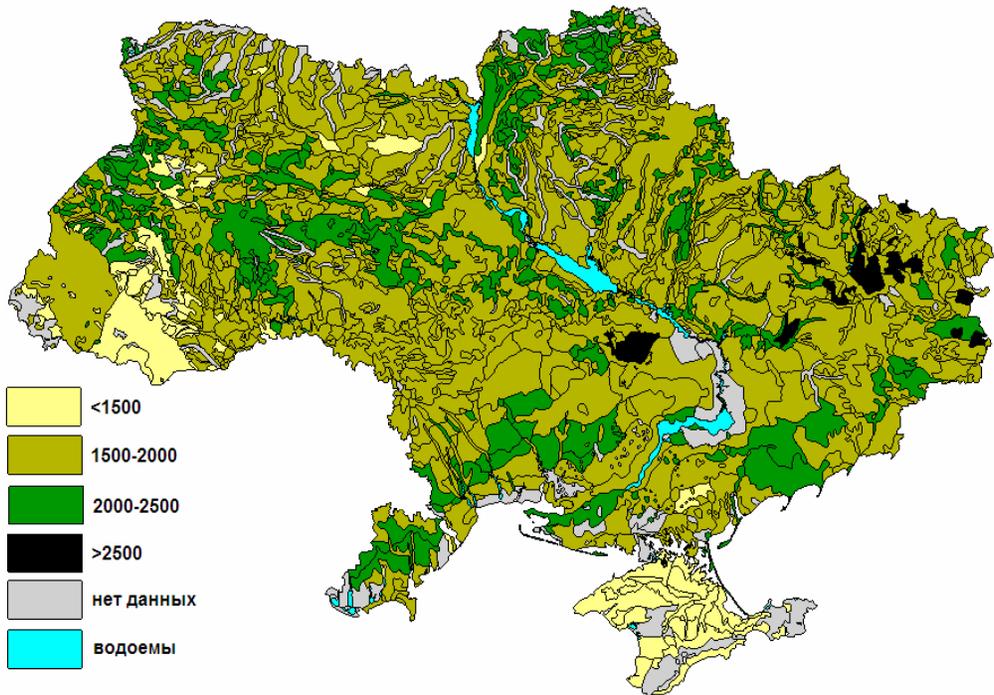


Рис. 2. Стоимость запасов доступных питательных элементов (в индексах ценности в расчете на 1 га) в почвах Украины, долларов США

Расчеты показали, что максимальные запасы подвижного фосфора в почвах Украины составляют 1328 кг/га, минимальные – 197 кг/га. Высоким содержанием

подвижного фосфора отличаются зональные почвы Лесостепи, более низкими значениями – почвы Полесья и Степи. Почвы Карпат обедненные на подвижные формы фосфора по сравнению с почвами других зон, при этом самыми низкими показателями характеризуются серые лесные тяжелосуглинистые почвы и буроземные кислые почвы, содержание подвижных форм фосфора в которых не превышает 360 кг/га. Максимальные запасы элемента (на уровне 560 кг/га) имеют дерново-среднеподзолистые почвы данной зоны.

Запасы подвижного калия варьируют от 243 до 1233 кг/га, при этом почвы лесостепной и степной зон характеризуются достаточно высоким содержанием подвижных форм питательного элемента на уровне 362–813 и 393–659 кг/га, почвы Полесья – от 615 до 906 кг/га.

Расчетные запасы доступного для растений азота в почвах Украины варьируют в пределах 220–1280 кг/га. В зоне Полесья относительно низкими показателями характеризуются дерново-слабо- и среднеподзолистые почвы. В Лесостепи запасы элемента колеблются в пределах 394–745 кг/га, высокие значения имеют дерновые оподзоленные почвы, черноземы обыкновенные и черноземы намытые, низкие – подзолисто-буроземные поверхностно глинистые и темно-серые оподзоленные реградированные почвы. В зоне Степи расчетные запасы элемента находятся на уровне 452–714 кг/га. При этом отмечается тенденция к снижению показателя на некоторых азональных разновидностях почв (аллювиальных лугово-болотных карбонатных и лугово-черноземных слабосолонцеватых почвах).

На завершающем этапе проведены расчеты стоимости запасов подвижных элементов в почвах Украины, и построена картосхема на основании электронной карты почв Украины масштаба 1:1500000. Установлено, что стоимость запасов доступных NPK для растений (выраженная в индексах ценности в расчете на 1 га) изменяется в довольно широком диапазоне – от 661 до 3312. В целом, в пределах страны 7% почв характеризуются низкой стоимостью основных элементов питания (<1500), 56% имеют стоимость на уровне от 1500 до 2000, 22% – на уровне 2000–2500 и только 1% земель характеризуются стоимостью > 2500.

В свою очередь низкой стоимостью этих элементов характеризуется целый ряд почв. Это, прежде всего, почвы западных и горных областей Украины. Так, например, в АР Крым это темно-каштановые остаточные солонцеватые, солонцы черноземно-луговые глубокие солонцеватые, коричневые карбонатные почвы. Их гранулометрический состав тяжелосуглинистый и глинистый. В Закарпатской области это: подзолисто-буроземные поверхностно-глинистые почвы различного грансостава – от легкосуглинистых до глинистых; буроземы кислые среднемошные легко- и среднесуглинистые и некоторые азональные почвы. Достаточно много таких почв в Ивано-Франковской области. Это, в первую очередь, подзолисто-буроземные кислые поверхностно-оглеенные и серые лесные почвы, дерновые оподзоленные оглеенные, подзолисто-буроземные поверхностно оглеенные почвы и буроземы кислые сильнощебнистые легко- и среднесуглинистого грансостава. Установлено, что почв со стоимостью основных элементов питания >2500 индексов в расчете на 1 га в пределах Украины достаточно немного. Это черноземы обыкновенные мощные среднегумусные средне- и тяжелосуглинистые,

расположенные преимущественно в юго-восточных областях (Днепропетровской, Харьковской, Луганской и Донецкой).

Установлено, что самую высокую стоимость запасов доступных питательных элементов (в индексах ценности в расчете на га) имеют черноземы и дерновые почвы среднесуглинистые и тяжелосуглинистые почвы, расположенные в Лесостепной зоне страны. В свою очередь низкой стоимостью показателя характеризуются почвы западных (зона Полесья – например, подзолисто-буроземные поверхностно-оглеенные почвы, буроземы кислые среднemosные) и горных областей Украины (например, в АР Крым – темно-каштановые солонцеватые, солонцы черноземно-луговые глубокие солончаковатые, коричневые карбонатные почвы).

Более детальная информация о результатах расчетов стоимости подвижных элементов питания в почвах Украины размещена в нашей статье [17].

Расчет стоимости биопродуктивности. Для проведения расчетов существующая БД «Свойства почв Украины» была дополнена климатическими данными, а именно, по запасам влаги в критические периоды развития растений и суммам осадков в течение вегетации культур.

На основе проведенных расчетов построена картосхема стоимости биопродуктивности основных типов почв (рис. 3).

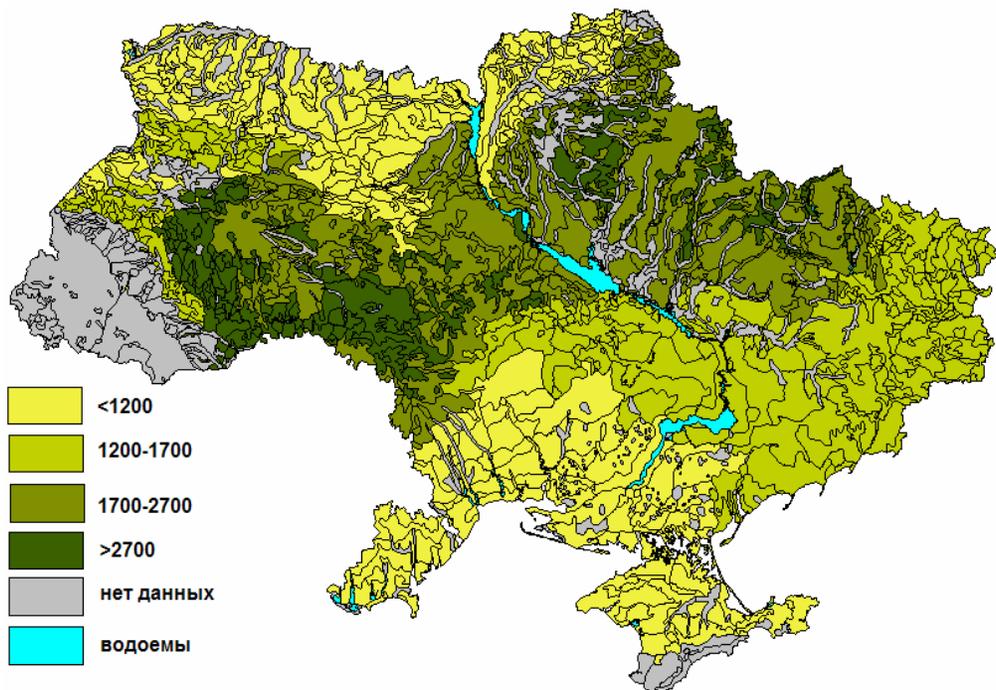


Рис. 3. Стоимость биопродуктивности основных почв Украины, долларов США

Анализ картосхемы позволяет сделать выводы о том, что самую высокую стоимость биопродуктивности (> 2700 долларов) имеют 9,5% почв Украины, что составляет 2,8 млн га от общей площади. В первую очередь, это оподзоленные

почвы, сформировавшиеся на лессовых породах в Лесостепи Украины (Черкасская, Сумская, частично Тернопольская области), а также черноземы типичные мало и среднегумусные легкосуглинистые и среднесуглинистые.

Среднюю стоимость биопродуктивности (от 1700 до 2700 долларов) имеют 22,4% почв, что составляет 6,71 млн га. К таким грунтам относятся светло-серые, серые и темно-серые оподзоленные легкосуглинистые почвы (Киевская, Хмельницкая области), черноземы реградированные среднесуглинистые и тяжелосуглинистые, черноземы обыкновенные глинистого грансостава (Харьковская область).

Стоимость ниже средней, а именно, от 1200–1700 долларов, имеют 23,7% от общей площади почв Украины, что составляет более 7,1 млн га. Это в первую очередь оподзоленные почвы легкого грансостава (Львовская и Ровенская области), черноземы реградированные и черноземы типичные малогумусные тяжелосуглинистые (Кировоградская область), черноземы обыкновенные тяжелосуглинистые и легкосуглинистые (Днепропетровская и Луганская области).

Расчет денежной оценки почв. В ходе исследований рассчитана денежная оценка основных типов почв различного грансостава, результаты расчетов приведены в табл. 2. Установлено, что значение рассчитанного стоимостного показателя изменяется в достаточно широком диапазоне – от 3454 до 8380 долларов США. Наименьшую стоимость 1 га согласно полученным данным имеют пахотные темно-каштановые почвы и черноземы южные тяжелого гранулометрического состава, а также дерново-подзолистые почвы песчаного и глинисто-песчаного гранулометрического состава.

Таблица 2

Интервалы варьирования денежной оценки пахотных почв Украины

Название почвы	Код грансостава ¹⁾	Денежная оценка, долларов США			Объем выборки (n)
		средняя	минимальная	максимальная	
Дерново-подзолистые почвы	1, 2	5280	3965	6616	222
Серые лесные	2, 3, 4, 5	6618	4784	7851	149
Темно-серые оподзоленные	3, 4, 5	6790	4544	8087	160
Черноземы оподзоленные	3, 4, 5	7062	5025	8196	126
Черноземы типичные	3, 4, 5, 6	7127	5216	8380	121
Черноземы обыкновенные	4, 5, 6	6040	4912	8084	180
Черноземы южные	5, 6	4018	3454	4282	23
Темно-каштановые почвы	5, 6	3817	3476	4694	15

Примечание. ¹⁾ Код и название грансостава: 1 – песчаный и глинисто-песчаный (связносупесчаные); 2 – супесчаный; 3 – легкосуглинистый; 4 – среднесуглинистый; 5 – тяжелосуглинистый; 6 – глинистый.

На рис. 4 показана картосхема базовой (фундаментальной) стоимости почв. Анализ представленной картосхемы, проведенный с помощью программы MapInfo позволяет сделать выводы о том, что в среднем по Украине 22,3% пахотных почв имеют стоимость 1 га больше 7000 долларов, 29,4% – от 5500 до 7000 долларов, 24,1% – от 4000 до 5000 долларов и только 4,8% пахотных земель оцениваются менее чем 4000 долларов. Важно отметить, что наибольшие

площади пахотных почв с высокой стоимостью имеют Черкасская, Хмельницкая, Тернопольская, Сумская и Винницкая области. В свою очередь наибольшие площади пахотных почв с низкой стоимостью имеют Ровенская, Херсонская, Волинская области.

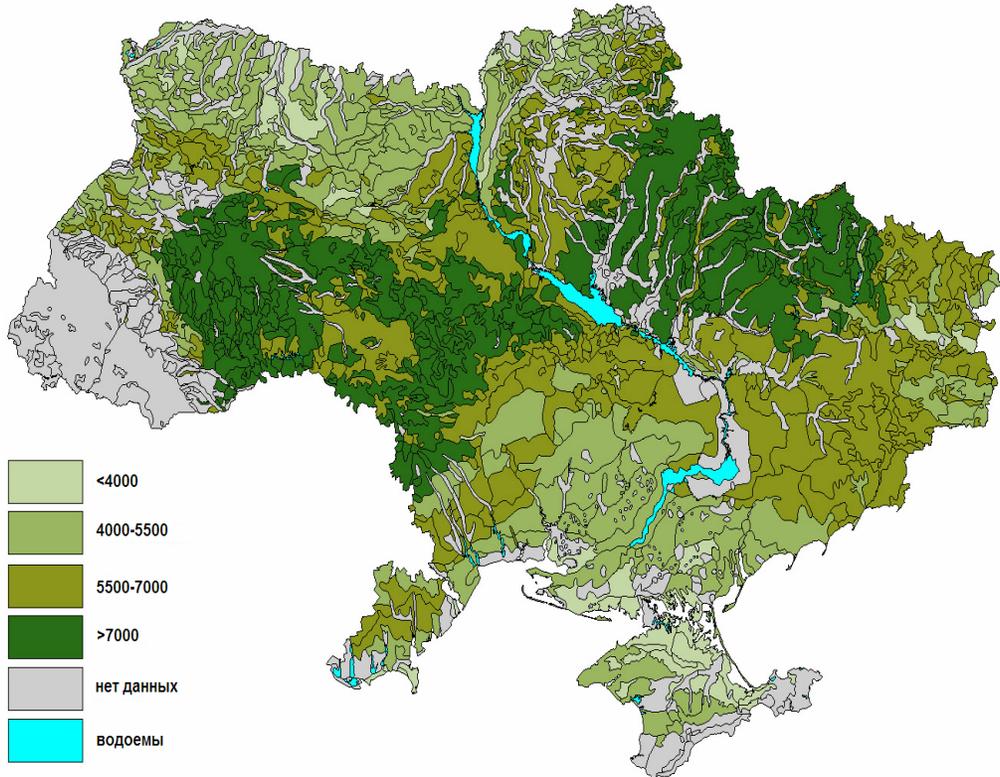


Рис. 4. Денежная оценка пахотных почв Украины, долларов США

В ходе исследований рассчитана средняя стоимость 1 га пашни по административным областям страны (табл. 3). Самую низкую денежную оценку 1 га пашни за предложенным методическим подходом имеют почвы Херсонской, Волинской, Ровенской, Николаевской и Запорожской областей, самую высокую – почвы Черкасской, Сумской, Винницкой, Полтавской Хмельницкой областей. Средняя стоимость 1 га пашни в целом по Украине составляет 5980 долларов США.

Таблица 3

Стоимость 1 га пахотных почв по административным областям Украины

Административные области	Стоимость 1 га пашни, дол. США
Автономная Республика Крым	3962
Винницкая	7164
Волинская	5008
Днепропетровская	5603
Донецкая	5958

Административные области	Стоимость 1 га пашни, дол. США
Житомирская	5478
Запорожская	5352
Киевская	6227
Кировоградская	6161
Луганская	5689
Николаевская	5336
Одесская	5954
Полтавская	7200
Ровенская	5074
Сумская	7078
Тернопольская	7467
Харьковская	6839
Херсонская	4260
Хмельницкая	7157
Черкасская	7082
Черниговская	6103
Черновицкая	7533
Украина	5980

ВЫВОДЫ

1. Предложен новый методический подход к денежной (фундаментальной) оценке сельскохозяйственных земель, основанный на определении стоимости подвижного гумуса, доступных элементов питания и природного биологического потенциала продуктивных земель (биопродуктивности).

2. Установлено, что стоимость подвижного гумуса в почвах Украины (в расчете на 1 га) варьирует в диапазоне от 741 до 4201 долларов США, при этом наименьшую стоимость запасов гумуса имеют дерново-буроземные и горно-луговые почвы, а также дерновые преимущественно оглеенные песчаные, глинисто-песчаные (связнопесчаные) и супесчаные, расположенные в разных административных областях страны.

3. Стоимость запасов доступных NPK изменяется от 661 до 3312 долларов США. При этом 7% пахотных почв характеризуются стоимостью <1500 долларов, 56% – от 1500 до 2000 долларов, 22% – 2000–2500 и 1% – > 2500 долларов.

4. Найвысшей стоимостью биопродуктивности (более 2700 долларов) характеризуются 9,5% пахотных почв Украины, что составляет 2,8 млн га от общей площади почв, средняя стоимость (от 1700 до 2700 долларов) рассчитана для 22,4% почв, что составляет 6,71 млн га и низкой стоимостью (<1200 дол.) характеризуются 28,2% пахотных почв Украины.

5. Анализ созданной на базе почвенной карты М 1:1500000 интегрированной картосхемы фундаментальной денежной оценки пахотных земель Украины позволяет сделать вывод о том, что в среднем по Украине 22,3% пахотных почв имеют стоимость 1 га больше 7000 долларов, 29,4% – от 5500 до 7000, 24,1% – от 4000 до 5500 долларов и только 4,8% пахотных земель оцениваются менее чем 4000 долларов.

6. Средняя стоимость 1 га пашни по административным областям Украины составляет 5980 долларов США, при этом самую низкую денежную оценку 1 га имеют почвы Херсонской, Волынской, Ровенской, Николаевской и Запорожской областей, самую высокую – почвы Черкасской, Сумской Винницкой, Полтавской Хмельницкой Тернопольской и Черновицкой областей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концептуальні основи удосконалення оцінки земель в Україні / А.М. Третьяк і ін. // Землевпорядкування. – 2002. – № 1. – С. 58–66.
2. Шпичак, О.М. Проблеми теорії та практики формування ціни землі сільськогосподарського призначення / О.М. Шпичак, В.Г. Андрійчук // Землевпорядний вісник. – 2003. – № 3. – С. 82–90.
3. Манько, І.П. Удосконалення механізму грошової оцінки землі у реалізації державної земельної політики / І.П. Манько // Землевпорядний вісник. – 2003. – № 4. – С. 64–69.
4. Мессель–Веселяк, В.Я. Реформування аграрного виробництва / В.Я. Мессель–Веселяк. – Київ, 1999. – 272 с.
5. Докучаев, В.В. Сочинения / В.В. Докучаев. – М.: Изд-во АН СССР, 1950. – Т. IV. – 411 с.
6. Костычев, П.А. Почвоведение / П.А. Костычев // Государственное издательство колхозной и совхозной литературы «Сельхозгиз». – М., 1940. – Ч. 111, глава 5 – С. 199–201.
7. Конституція України / Офіційний вісник України (офіційне видання) від 01.10.2010 2010 р., № 72/1 Спеціальний випуск /, стор. 15, стаття 2598.
8. Земельний Кодекс України / Відомості Верховної Ради України, 2002. – № 3–4, ст.27.
9. Медведєв, В.В. Ще раз про грошову оцінку земель / В.В. Медведєв, І.В. Пліско // Вісник аграрної науки. – 2006. – № 11. – С. 63–68.
10. Карманов, И.И. Современные проблемы оценки стоимости почв (экологические, экономические и социальные аспекты) / И.И. Карманов // Научные труды Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2003. – С. 564–580.
11. 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.
12. Медведєв, В.В. Бонитировка и качественная оценка пахотных земель Украины / В.В. Медведєв, И.В. Пліско. – Харьков: 13 типография, 2006. – 386 с.
13. Структура та порядок використання бази даних «Властивості ґрунтів України» (Інструкція) / Т.М. Лактіонова і ін. – Харьков: Апостороф, 2010. – 96 с.
14. Физико-химические свойства почв сельскохозяйственных угодий и баланс гумуса на пашне Российской Федерации. – М.: Роскомзем, 1996. – 392 с.
15. Оценка почв по содержанию и качеству гумуса для производственных моделей почвенного плодородия: рекомендации / Почв. ин-т им.Докучаева. – М.: Наука, 1990. – 256 с.

16. Пліско, І.В. Вартість гумусу як складова грошової оцінки земель / І.В. Пліско // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2012. – Вип. 78. – С.45–53.

17. Пліско, І.В. Уміст основних поживних речовин у ґрунтах України / І.В. Пліско, Л.В. Дацько, О.С. Демянюк // Агроекологічний журнал. – 2013. – № 1. – С. 55–60.

IMPROVED APPROACHES TO MONETARY EVALUATION OF AGRICULTURAL SOILS

I.V. Plisko

Summary

The main principles of the improved methodological approach, developed in National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovskij» to the calculation of the fundamental (basic) monetary assessment of agricultural soils are presented. On the basis of determining the value of mobile humus, available nutrition elements and natural biological potential of productive lands (bioefficiency) it was calculated the monetary evaluation for the main types of arable soils, including the administrative regions of Ukraine.

Поступила 18.02.15

УДК 631.95:631.445.2

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СВЕТЛО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОВЕРХНОСТНО- ОГЛЕЕННОЙ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АНТРОПОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ

А.И. Габриель¹, Ю.Н. Олифир¹, Г.С. Конык¹, О.С. Гаврышко²

*¹Институт сельского хозяйства Карпатского региона НААН Украины,
г. Львов, Украина*

²ННЦ «Институт земледелия НААН», г. Киев, Украина

ВВЕДЕНИЕ

Способность почвы реализовывать комплекс таких экологических функций как продуцирование биомассы, трансформацию веществ, обеспечение биоразнообразия, напрямую зависит от количественных и качественных характеристик его основной составляющей – органического вещества. Органическое вещество почвы (ОВП) не может существовать без постоянного поступления веществ и энергии извне [1]. Нарушение режимов кругооборота веществ в почве или изменение условий минерализации органических соединений под воздействием внешних факторов приводят к существенным количественным и качественным изменениям органического вещества почвы [2].

Главным критерием оценки экологического качества ОВП является его лабильность. Собственно активный пул ОВП играет ключевую роль в процессах

кругооборота углерода, а его динамика отражает направление и характер течения процессов иммобилизации и минерализации в зависимости от антропогенного влияния на экосистему [3].

Содержание лабильных органических соединений в почве существенно изменяется по профилю, зависит от типа и интенсивности воздействия и может превышать 30% от валового содержания углерода органических соединений [4].

Подвижные органические соединения участвуют в формировании структуры почвы, в значительной степени определяют динамику почвенных процессов и являются материалом для создания устойчивых гумусовых веществ. Вследствие ферментных и окислительных процессов они легко подвергаются минерализации и служат источником энергии для микроорганизмов и наиболее доступных питательных веществ для растений [5, 6]. В то же время лабильные органические вещества – являются основным источником диоксида углерода [1]. По величине этого показателя можно судить об интенсивности процессов минерализации органического вещества почвы [7].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Высокую информативность относительно направления и характера изменений экологического качества почвы под влиянием различных антропогенных факторов можно получить в базовых стационарных опытах.

В этой связи заслуживают внимания результаты исследований динамики лабильных органических веществ, эмиссии диоксида углерода и отдельных экологотрофных групп микроорганизмов в длительном стационарном опыте лаборатории земледелия и воспроизводства плодородия почв Института сельского хозяйства Карпатского региона НААН, заложенном в 1965 г. на кислой светло-серой лесной поверхностно оглеенной почве. В опыте предусмотрено совместное и раздельное внесение извести, минеральных удобрений и навоза. Посевная площадь участков – 168 м², учетная – 100 м², повторность опыта – трехкратная.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы перед закладкой опыта следующая: содержание гумуса (за Тюриным) – 1,42%, рН_{KCl} – 4,2, гидролитическая кислотность (за Каппеном) – 4,5, обменная (за Соколовым) – 0,6 мг-экв/100 г почвы, содержание подвижного алюминия – 60,0 мг/кг, сумма обменных оснований – 3,4 мг-экв/100 г почвы, содержание кальция – 2,2 мг-экв/100 г почвы, подвижного фосфора (за Кирсановым) и обменного калия (за Масловой) – 36,0 и 50,0 мг/кг г почвы соответственно.

В данной статье представлены результаты исследований, полученные в IX ротации, перед началом которой проведен очередной тур известкования, а также откорректированы дозы удобрений в поле кукурузы на зеленую массу – первой культуры севооборота.

Образцы почвы отбирали и готовили к анализам согласно ГОСТ ISO 11464–2001. Определение лабильных органических веществ проводили по методу М.А. Егорова с последующим их окислением по методу И.В. Тюрина в модификации Б.А. Никитина (ГОСТ 4732–2007). Содержание CO₂ в почвенном воздухе определяли на двухканальном инфракрасном газовом анализаторе CO₂–метре K–30 Probe. Биологическую активность почвы изучали по разложению желатино-

вого слоя рентгеновской пленки и методом аппликации [8]. Видовые особенности микроорганизмов изучали на питательном агаре, среде ЭНДО и среде Сабуро [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенными исследованиями прослеживается связь между изменениями интенсивности выделения диоксида углерода, содержанием лабильных органических веществ и физико-химическими свойствами почвы, в частности кислотностью почвенного раствора.

Исследованиями, проведенными в пахотном слое почвы (0–20 см) установлено, что содержание лабильных органических веществ, в отличие от общего гумуса, изменения которого в во время роста и развития сельскохозяйственных культур, как известно, являются незначительными, претерпевает в зависимости от системы удобрений значительные колебания в течение вегетационного периода.

Как правило, наибольшее количество лабильных органических веществ во всех вариантах опыта наблюдается в начале вегетации культуры. По мере роста и развития кукурузы подвижные органические вещества активно используются как источник питания, поэтому содержание их в почве снижается и перед уборкой урожая вследствие затухания микробиологических процессов является самым низким.

Исследованиями установлено, что содержание лабильных органических веществ на контроле без удобрений и при использовании одних минеральных удобрений является достаточно высоким как в начале, так и в течение всего периода вегетации и составляет под кукурузой 0,61–0,56–0,54 и 0,66–0,63–0,61 соответственно (рис. 1).

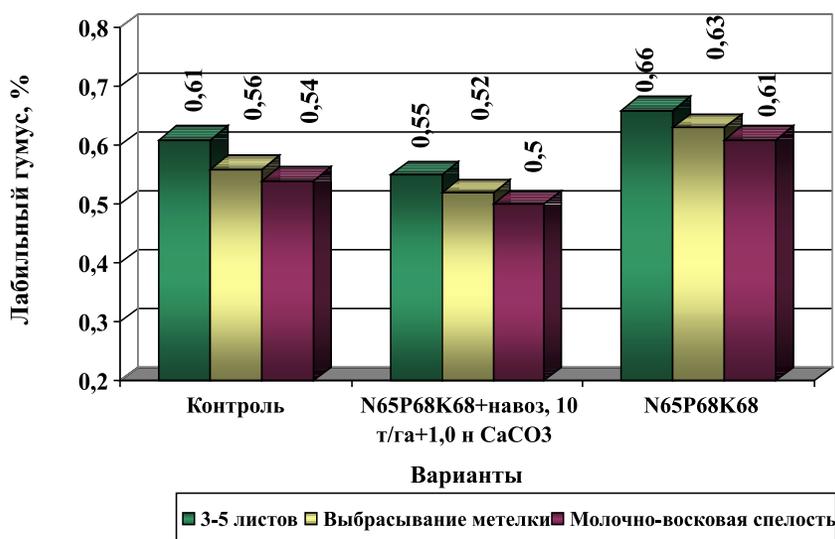


Рис. 1. Динамика лабильного органического вещества пахотного слоя почвы под кукурузой в зависимости от уровней удобрения и известкования

Повышенное содержание лабильных органических веществ в вариантах контроля и минерального удобрения по сравнению с вариантом органо-минерального удобрения и известкования прежде всего связано с качественным составом гумуса и кислотностью почвенного раствора. Исследование содержания гумуса и его качественного состава после окончания восьмой ротации свидетельствуют о том, что в варианте минерального удобрения и в случае контроля без удобрений при сильно кислой реакции почвенного раствора (pH_{KCl} составляет соответственно 4,1–4,3, содержание соединений подвижного алюминия – 118–60 мг/кг почвы) в гумусе возрастает количество фульвокислот, в составе которых преобладает содержание наиболее подвижной фракции 1 + 1а, способной к быстрой минерализации и миграции. Вместе с тем, как известно, высокая кислотность почвенного раствора и значительное содержание соединений подвижного алюминия негативно влияют на корневую систему растений, замедляя их рост и развитие, поэтому лабильные органические соединения слабо используются на протяжении всего периода вегетации. Следовательно, высокое содержание лабильных органических веществ без учета основных физико-химических свойств, в частности кислотности почвенного раствора, не всегда целесообразно использовать в качестве высоко информативной составляющей экологической оценки почвы.

В варианте органо-минеральной системы удобрения на фоне известкования содержание лабильного органического вещества существенно ниже и составляет в процессе вегетации кукурузы 0,55–0,52%, снижаясь перед уборкой урожая до 0,39%. Уменьшение содержания лабильных органических соединений в почве во время активного роста и развития кукурузы в сравнении с вариантами контроля и минеральной системы удобрения обусловлено более интенсивным поглощением развитой корневой системой элементов питания при благоприятной реакции почвенного раствора (pH_{KCl} составляет 5,0, содержание подвижного алюминия – 25,2 мг/кг почвы), что в очередной раз подчеркивает исключительную роль известкования в улучшении режима питания и экологического качества почвы. Существенное снижение уровня лабильных органических веществ перед уборкой урожая свидетельствует не только о снижении процессов минерализации, но и о возрастании интенсивности процессов гумусообразования.

Исследованиями не установлено прямой зависимости между динамикой содержания подвижного органического вещества и эмиссией диоксида углерода по вариантам опыта. Несмотря на то, что содержание лабильных органических веществ на контроле и при минеральной системе удобрений выше, эмиссия диоксида углерода снижается по сравнению с органо-минеральной системой удобрений и известкованием. Следует отметить, что при минеральной системе удобрений интенсивность эмиссии диоксида углерода значительно ниже по сравнению с контролем (рис. 2). Очевидно, высокая концентрация ионов водорода и соединений подвижного алюминия, сопровождающиеся повышенной оглеенностью, замедляют не только процессы минерализации, но и в целом газообмена.

Интенсивность выделения диоксида углерода в варианте органо-минерального удобрения и известкования в течение всего периода активного роста и развития растений, значительно выше и в большей степени совпадает с биологической активностью почвы (рис. 2).

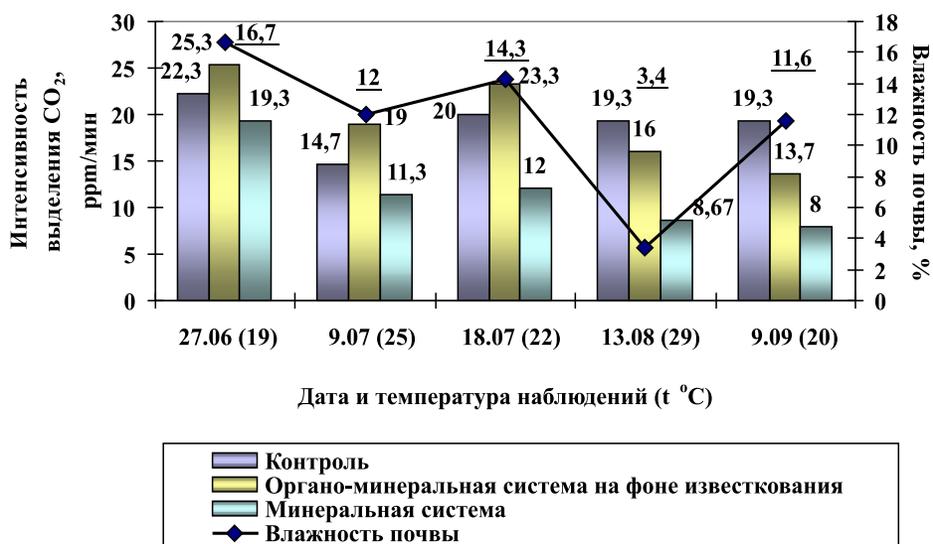


Рис.2. Динамика интенсивности выделения CO_2 под кукурузой на зеленую массу

Проведенные исследования показали, что совместное внесение в севообороте навоза, минеральных удобрений на фоне известкования имеет существенное влияние на функционирование микроорганизмов в светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почве, повышая в период активного роста и развития кукурузы общую биологическую активность до 50,0, а протеазную – до 7,6%. В вариантах контроля и минеральной системы удобрений общая и протеазная активности составляют соответственно 11 и 1,8–2,0%. Причиной низкой биологической активности почвы на контроле и при минеральной системе удобрений является незначительное количество растительных остатков выращиваемых культур, которые используются микрофлорой в качестве питательных и энергетических веществ при высокой кислотности почвенного раствора. Органо-минеральная система удобрений на фоне известкования особенно благоприятно влияет на сапрофитную микрофлору, повышая количество сапрофитных бактерий в 2–4 раза в сравнении с контролем и вариантом минеральной системы удобрений (табл.).

Таблица

Биологическая активность светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почвы под кукурузой

Вариант	Общая биологическая активность	Протеазная активность	Количество аэробных бактерий в 1 г почвы	Сапрофитные бактерии	Микромицеты
	%			тыс. КОЕ/г почвы	
Контроль	11,0	1,8	$2,8 \cdot 10^7$	530	17
$\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + навоз, 10 т/га + CaCO_3 , 1,0 н	50,0	7,6	$3,4 \cdot 10^{10}$	1280	7
$\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$	11,0	2,0	$2,8 \cdot 10^7$	500	18

Проведенные исследования показали, что количество бактерий-аэробов в 1 г почвы (т.н. микробное число), с которыми связаны процессы дыхания почвы и вы-

деление диоксида углерода зависит от применяемых систем удобрения и известкования. Наименьшее количество бактерий-аэробов на варианте контроля без удобрений и минеральной системы удобрения и составляет $2,8 \cdot 10^7$ колониеобразующих единиц (КОЕ) в 1 г почвы. В варианте совместного внесения минеральных и органических удобрений на фоне известкования количество бактерий-аэробов является наиболее высоким и составляет $3,4 \cdot 10^{10}$ КОЕ/1 г. Однако в вариантах контроля без удобрений и минеральной системы удобрений наблюдается наибольшее количество микромицетов (17–18 тыс. КОЕ в 1 г почвы). В варианте органо-минерального удобрения и известкования количество КОЕ грибов снижается до 7 тыс. КОЕ в 1 г почвы.

ВЫВОДЫ

1. На интенсивность выделения диоксида углерода в светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почве решающее влияние оказывают снижение реакции почвенного раствора путем известкования и внесения удобрений. Поэтому содержание лабильных органических соединений, с которыми связывают процессы минерализации, выделение диоксида углерода и биологическую активность следует рассматривать в каждом конкретном случае лишь в контексте основных физико-химических свойств, в частности кислотности почвенного раствора.

2. Длительное применение минеральных удобрений на светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почве снижает эмиссию диоксида углерода, биологическую активность и численность микроорганизмов в почве до уровня контроля без удобрений.

3. Органо-минеральная система удобрения на фоне известкования не только создает стабильное содержание лабильных органических веществ (0,55–0,52%) в течение всего периода вегетации кукурузы, но и обеспечивает благоприятные предпосылки для гумусоаккумуляции. Одновременно органо-минеральная система удобрений в севообороте повышает общую биологическую и протеазную активности, количество сапрофитных и аэробных бактерий. При этом на контроле без удобрений и при внесении в севообороте одних минеральных удобрений возрастает количество грибной микрофлоры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бедернічек, Т.Ю. Лабільна органічна речовина ґрунту: теорія, методологія, індикаторна роль / Т.Ю. Бедернічек, З.Г. Гамкало. – К. : Кондор, 2014. – 180 с.
2. Гамкало, З.Г. Екологічна якість ґрунту: навч. посіб. / З.Г. Гамкало. – Львів : вид. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009. – 412 с.
3. Завьялова, Н.Е. Влияние длительного применения систем удобрения на содержание лабильного органического вещества дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почвы / Н.Е. Завьялова, В.Р. Ямалтдинова // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 4. – С. 76–78.
4. Kolar, L. Labile fractions of soil organic matter, their quantity and quality / L. Kolar, S. Kužel, J. Horaček, V. Čechova, J. Borova-Batt, J. Peterka // Plant Soil Environ. – 2009. – Vol. 55 (6). – P. 245–251.
5. Кононова, М.М. Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения / М.М. Кононова. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 315 с.

6. Завьялова, Н.Е. Влияние длительного применения систем удобрения на содержание лабильного органического вещества дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почвы / Н.Е. Завьялова, В.Р. Ямалтдинова // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 4. – С. 76–78.

7. Кутовая, О.В. Характеристика гумусовых веществ агродерново-подзолистой почвы и копролитов дождевых червей / О.В. Кутовая // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – 2011. – Вып. 69. – С. 46–59.

8. Мишустин, Е.Н. Прямой метод определения суммарной протеазной активности / Е.Н. Мишустин // Симпозиум по ферментам почвы. – Минск : Наука и техника, 1968. – С. 95–96.

9. Справочник по микробиологическим и вирусологическим методам исследования / под ред. М.О. Биргера. – М.: Медицина, 1982. – С. 407–414.

DIAGNOSTIC CHARACTERISTICS OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE LIGHT-GRAY FOREST SURFACE GLEYED SOIL BASED FROM ANTHROPOGENIC INFLUENCE

A.I. Gabriel', Yu.N. Olifir, G.S. Konyk, O.S. Gavryshko

Summary

The results of studies of the dynamics of labile organic compounds, emissions of carbon dioxide and separate ecological groups of microorganisms in long-term stationary experiment on light-gray forest surface gleyed soil under maize for green mass are given. It is established that the content of labile organic compounds which are related to the processes of mineralization, the emissions of carbon dioxide and biological activity should be considered in each case only in the context of the main physico-chemical properties, in particular, the acidity of the soil solution. The use of organic and mineral fertilization system on the background of liming not only creates a stable content of labile organic matter (0,55–0,52%) during the whole vegetation period of maize, but also creates favorable prerequisites for humus accumulation, which once again underlines the crucial role of liming to improve nutrition and environmental quality of acidic soil.

Поступила 12.03.15

УДК 631.4

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Т.А. Романова, Ж.А. Капилевич, Н.Н. Ивахненко, И.А. Ефимова

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

ВВЕДЕНИЕ

Белорусская школа почвоведения всегда была ориентирована на изучение водного режима почв, поскольку его результаты наиболее активно использовались при проектировании мелиоративных систем. Особенно большое внимание

к почвенным картам проявилось в период увеличения объемов мелиоративного строительства, когда в качестве объектов осушения рассматривались целые водосборы с неоднородным почвенным покровом.

Параллельно с картографированием почв изучался их генезис. Складывалось четкое представление о разном характере и степени увлажнения почв, определяющим необходимость его изменения для обеспечения возможности пахотного использования как отдельных почвенных разновидностей, так и их разнообразных сочетаний в крупных массивах.

Большой вклад в дифференциацию почв Беларуси по характеру и степени увлажнения внесли первые почвоведы – Г.Н. Высоцкий, Н.М. Кирсанов, исследования, которых успешно развивали И.С. Лупинович, В.И. Пашин, Н.П. Булгаков, П.П. Роговой [1], а также целая «армия» почвоведов-картографов, с 1958 г. занятых составлением крупномасштабных почвенных карт, сначала хозяйств, занимающихся сельскохозяйственным производством, а затем и ведущих лесное хозяйство.

Широкий размах таких работ показал необходимость специальных исследований, обеспечивающих как организационное, так и теоретическое руководство составлением почвенных карт. Это обстоятельство стимулировало восстановление деятельности Института почвоведения, которое после Великой Отечественной войны не возобновлялось, и почвенные исследования проводились только в одном из отделов Института Социалистического сельского хозяйства АН БССР.

К настоящему времени в республике накоплено много материалов по изучению водного режима, водных свойств почв и перераспределения влаги в ландшафте [2].

На современном этапе мелиоративного строительства, задачей которого является, прежде всего, реконструкция старых мелиоративных систем, необходимо обеспечить их функционирование с максимальной эффективностью и минимальным экологическим риском.

Для достижения этой цели могут быть полезны некоторые выводы, полученные в процессе изучения генезиса и географии почв, в том числе на территории Белорусского Полесья, где особенно сложными объектами мелиорации являются сочетания минеральных почв, развивающихся на водно-ледниковых и озерно-аллювиальных песках, и торфяных болотных, преимущественно низинных, почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве непосредственных объектов в данной статье приведены результаты исследований двух мелиоративных систем в Лунинецком и Кобринском районах Брестской области и почвы атмосферного увлажнения, развитые на водно-ледниковых песках, в Березинском биосферном заповеднике в центральной части Беларуси.

В Лунинецком районе исследования проводились на небольшом (100 га) объекте «Дубовое» среди заболоченной равнины с почвами грунтово-атмосферного увлажнения, развитыми на рыхлых водно-ледниковых песках, и небольшими участками торфяно-болотных почв низинного или переходного типа.

В Кобринском районе для детального исследования был выбран участок (100 га) между открытыми каналами в границах мелиоративного объекта «Совхоз Днепро-Бугский», где почвы формировались под определяющим влиянием грунтовых вод. Здесь фон составляют почвы торфянисто- и торфяно-глеевые низинного типа, участвуют дерновые заболоченные слабоглеватые, часто карбонатные, глееватые и глеевые на озерно-аллювиальных песках.

Таким образом, все объекты характеризуют почвы, развитые на песчаных отложениях разного происхождения в разных условиях рельефа и геоморфологии.

С позиций структуры почвенного покрова объект «Дубовое» представляет слегка повышенную равнину – водораздел плоский низкий с неглубоким уровнем грунтовых вод, «Совхоз Днепро-Бугский» – глубокую озеровидную депрессию, Березинский заповедник – водораздел выпуклый высокий с глубоким уровнем грунтовых вод.

Методика исследований базировалась на определениях полевой влажности по генетическим горизонтам почв термостатно-весовым способом.

Обработка данных осуществлялась графически.

Кроме собственных исследований использовались результаты мониторинга влажности почв пахотных земель Беларуси, проводимых Т.С. Поповой и Ж.А. Капилевич [3, 4]. Математическая обработка – Г.А. Писецким [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

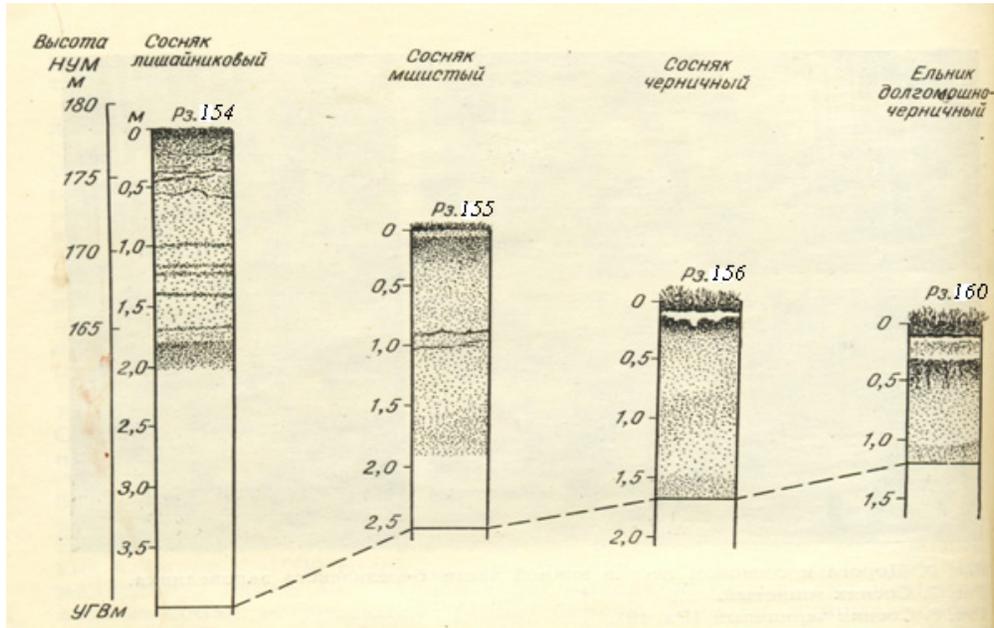
Большой объем и разнообразие наблюдений за изменением водного режима почв в результате гидротехнической мелиорации в статье можно привести лишь в виде отдельных положений, наиболее заметных на фоне мнений, утвердившихся в современной науке и практике.

Наблюдения за влажностью автоморфных и полугидроморфных песчаных почв, формирующихся в условиях атмосферного увлажнения, в Березинском биосферном заповеднике и в Полесье [5] показали, что даже на песках влага атмосферных осадков в основном перераспределяется по рельефу латеральным стоком. Пространственная вертикальная инфильтрация осадков проявляется только в условиях избыточного увлажнения и в зависимости от степени его выраженности. Ранее аналогичные результаты получены в наблюдениях на педоэкологических рядах почв, развивающихся на суглинистых породах [6].

На рисунке 1 приведены разрезы с указанием абсолютной высоты их закладки, определенной по гипсометрической карте, и УПГВ в июле 1975 г. Кроме того, УПГВ фиксировался в наблюдательных трубах, установленных около каждого разреза. Рисунок позволяет сделать вывод, что УПГВ в песчаных почвах формируется за счет движения влаги в направлении от полугидроморфных почв к автоморфным. Это наблюдение подтвердилось тем фактом, что после выпадения обильных дождей УПГВ в наиболее заболоченной почве установился на глубине 20 см практически сразу после выпадения осадков, а в автоморфной почве уровень воды в семиметровой трубе поднялся на 50 см только через 2 недели. Это заставляет

предполагать, что формирование почвенно-грунтовых вод (потускулов) в песчаных ландшафтах определяется состоянием влажности почв с наиболее высокой степенью гидроморфизма.

Л.П. Смоляк также отмечал, что на осушенном участке после закрытия шлюза УГВ в наименее увлажненных почвах поднимается только через 10–12 дней [7].



- Разрез 154 дерново-подзолистая песчаная, на рыхлых песках. УГВ – 4,0 м;
- Разрез 155 дерново-подзолистая оглеенная внизу песчаная, на рыхлых песках. УГВ – 2,5 м;
- Разрез 156 дерново-подзолистая временно избыточно увлажняемая с иллювиально-гумусовым горизонтом песчаная, на рыхлых песках. УГВ – 1,7 м;
- Разрез 160 дерново-подзолистая глееватая с иллювиально-гумусовым горизонтом на рыхлых песках. УГВ – 1,2 м.

Рис. 1. Педоэкологический ряд дерново-подзолистых автоморфных и полугидроморфных песчаных почв атмосферного увлажнения

Второе положение, которое сформировалось в результате режимных наблюдений за перераспределением влаги на осушаемых территориях Полесья, связано с первым. Мнение о недалеком распространении влияния осушителей на окружающие пространства часто является ошибочным, потому что понижение УГВ на участке с высокой степенью увлажнения вызывает приток воды со стороны относительно повышенных и менее увлажненных частей территории, тем самым, маскируя действие осушителя. Рисунок 2 отражает состояние влажности дерново-глеевой песчаной неосушенной почвы на объекте « Совхоз Днепро-Бугский» [5].

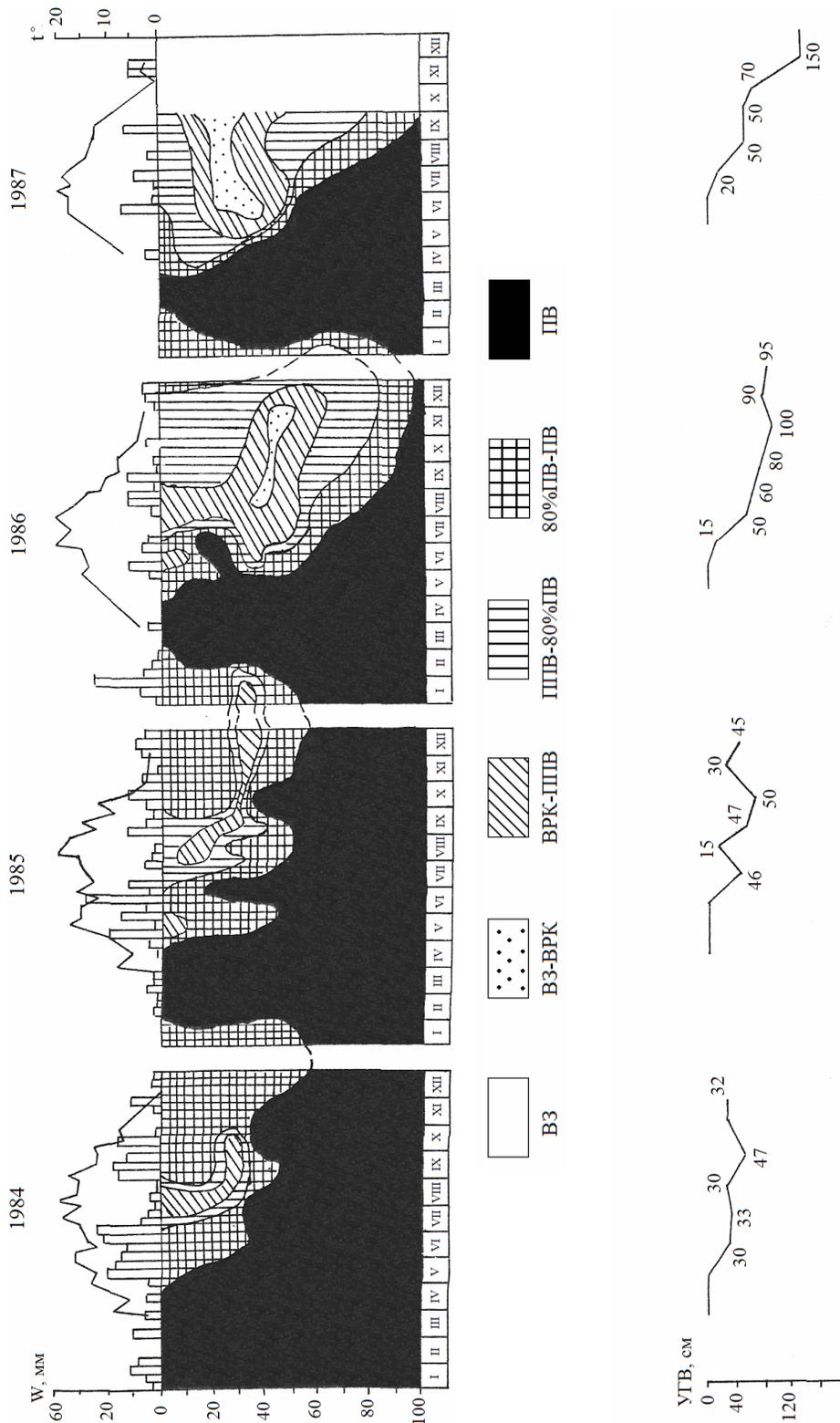


Рис. 2. Хронозонплеты влажности и уровни грунтовых вод в дерново-глеевых песчаных неосушенных почвах

Судя по хроноизоплетам, здесь должна бы сформироваться торфяная почва, так как почти весь профиль в течение всего года находится в состоянии насыщения до полной влагоемкости, но фактически даже содержание гумуса (около 6%) можно отнести лишь к средним для таких почв значениям. Вероятно, это объясняется дополнительным поступлением воды на этот участок после общего понижения УГВ на объекте, которое еще не отразилось на свойствах почвы.

Немалый интерес могут представить показатели, характеризующие в среднем многолетнем разрезе количество влаги, участвующей в формировании любой почвы с неизменным водным режимом [3]. Эти показатели представляют собой число дней в году или за вегетационный период, когда содержание влаги в слое 0–20 см превышает наименьшую влагоемкость (НВ) данной почвы, а также число дней с содержанием влаги меньше влажности разрыва капилляров (ВРК) (табл. 1).

Таблица 1

Количество дней за период апрель-октябрь, с влажностью почвы в слое 0–20 см больше НВ и меньше ВРК

Почва	Влажность почв	
	>НВ	< ВРК
Автоморфные и оглеенные внизу или на контакте	5	122
Слабоглееватые	32	82
Глееватые	72	46
Глеевые	118	11

Приведенные величины установлены на основании обработки материалов наблюдений за влажностью почв на гидрометеостанциях Беларуси за 1952–1980 гг. Общее количество определений превышало 500000 и показало рельефные различия между почвами только разной степени увлажнения (табл. 1). Массив данных позволил дать параметры увлажненности почв с учетом их генезиса, гранулометрического состава и строения почвообразующих пород, а также выделить годы с избытком, недостатком влаги и средней обеспеченностью осадками [8].

Интересно, что в настоящее время аналогичный подход к группировке почв по увлажнению используется в американской классификации (табл. 2) [9]. Нетрудно заметить не только принципиальное сходство группировки, но и порядок полученных величин.

Таблица 2

Группировка почв по увлажнению

Классификация почв Беларуси		Таксономия почв США	
Степень гидроморфизма почв	% дней в году с влажностью почв >ППВ	Степень гидроморфизма почв	% дней с влажностью почв > – 1500 кПа* в 60% лет
Гидроморфные	100	пераквик	100
Глеевые	75	аквик	100
Глееватые	33	удик	>75
Слабоглееватые	22	устик	>50
Автоморфные	8	аридик	<25

Примечание. * – 1500 кПа – измеряемый тензиометром потенциал давления активной влаги, примерно соответствующий ВЗ.

Для почв депрессий и плоских водоразделов на песчаных породах с неглубоким положением УГВ установлена зависимость между содержанием общей влаги в слое 0–20 см и глубиной УГВ (рис. 3) [4].

Вся собранная информация о водном режиме почв и перераспределении влаги в ландшафте положена в основу разработки функциональной модели увлажнения природной системы, которую можно назвать – «водораздел плоский низкий на рыхлых породах», примером которой служит объект «Дубовое».

Построение модели начинается с конструирования диаграммы причинных связей, которая, собственно, и является функциональной моделью увлажненности почвенной комбинации (ПК).

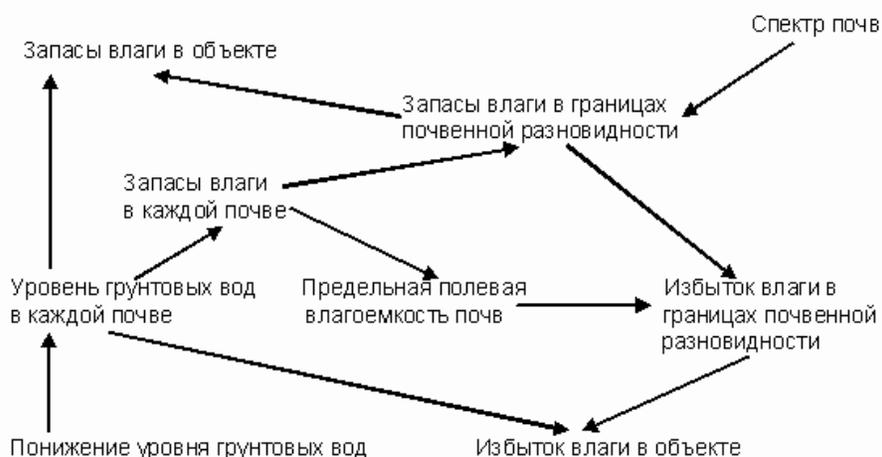


Рис. 3. Типизированная комбинация песчаных почв с неглубоким положением УГВ

Она позволяет на основе имеющихся сведений об увлажненности каждой почвы, определить величину влагозапаса в пределах площади, занимаемой каждой почвенной разновидностью и в комбинации в целом. Сравнение полученной величины с расчетной величиной содержания влаги в ПК, определяемой конкретной глубиной УГВ, позволяет установить наличие избытка или недостатка влаги как для объекта в целом, так и для каждой почвенной разновидности (табл. 3).

Таблица 3

Изменения параметров увлажненности почв и влагозапасов ПК при последовательном понижении УГВ на 10 см

Показатель	Дерново-подзолистые заболоченные почвы			Влагозапас в объекте, мм	Избыток или недостаток влаги, мм
	слабоглееватые	глееватые	глеевые		
УГВ, см	220	115	70	11393	3074
Влагозапас, мм	2747	3190	5456		
Избыток влаги, мм	191	577	2306		
Число дней с влажностью выше НВ	10	40	100		

Показатель	Дерново-подзолистые заболоченные почвы			Влагозапас в объекте, мм	Избыток или недостаток влаги, мм
	слабоглееватые	глееватые	глеевые		
УГВ, см	265	133	80	9665	2412
Влагозапас, мм	2207	2732	4727		
Избыток влаги, мм	-350	119	1568		
Число дней с влажностью выше НВ	-	4	57		
УГВ, см	318	151	90	8290	-30
Влагозапас, мм	1768	2359	4163		
Избыток влаги, мм	-789	-254	1013		
Число дней с влажностью выше НВ	-	4	57		
УГВ, см	383	172	100	7169	-1152
Влагозапас, мм	1404	2060	3715		
Избыток влаги, мм	-1153	-563	565		
Число дней с влажностью выше НВ	-	-	40		

Первые 4 строчки таблицы 3 дают представление об увлажненности почв и содержании влаги в объекте на июль 1970 г. – без осушения. Избыток влаги наблюдается в каждой почве и по объекту в целом. Понижение УГВ дерново-подзолистой глеевой почвы на 10 см вызывает заметное понижение УГВ в слабоглееватой и глееватой почвах, а следующие 10 см уже приводят к недостатку увлажнения этих почв и общему, хотя и небольшому, дефициту влагозапаса в объекте. Снижение УГВ глеевой почвы до 100 см (всего на 30 см по сравнению с исходным показателем) приводит к значительному общему дефициту влаги за счет слабоглееватых и глееватых почв. Особое внимание в этом расчете привлекает изменение глубины грунтовых вод в слабоглееватых почвах, которая упала на 163 см.

Аналогично строилась модель природной системы, которая представляет собой глубокую озеровидную депрессию (объект «Совхоз Днепро-Бугский»). Здесь понижение УГВ в дерново-глеевой почве на 50 см до глубины 180 см – это следствие понижения УГВ в дерново-глееватой почве до глубины 200 см, а в дерновой слабо глееватой карбонатной – до 300 см [3].

В обоих случаях большие изменения наблюдались в наименее увлажненных почвах и, особенно при преобладании атмосферного увлажнения в дерново-подзолистых (табл. 3).

Большой объем данных мониторинга влажности пахотных почв республики позволяет дополнить информацию о распределении влаги и изменений водного режима песчаных почв сведениями о различиях, обусловленных своеобразием других почвообразующих пород. Выборка из 1500 одновременных измерений влажности обеспечила вывод общих уравнений для расчетов влагозапасов в слое 0–50 см в почвах разной степени увлажнения по сравнению с автоморфными или

минимально увлажненными. Кривые коэффициентов накопления для четырех степеней гидроморфизма дерново-подзолистых почв поверхностного увлажнения и четырех вариантов гранулометрического состава и литологического строения почвообразующих пород приведены на рисунке 4 [4].

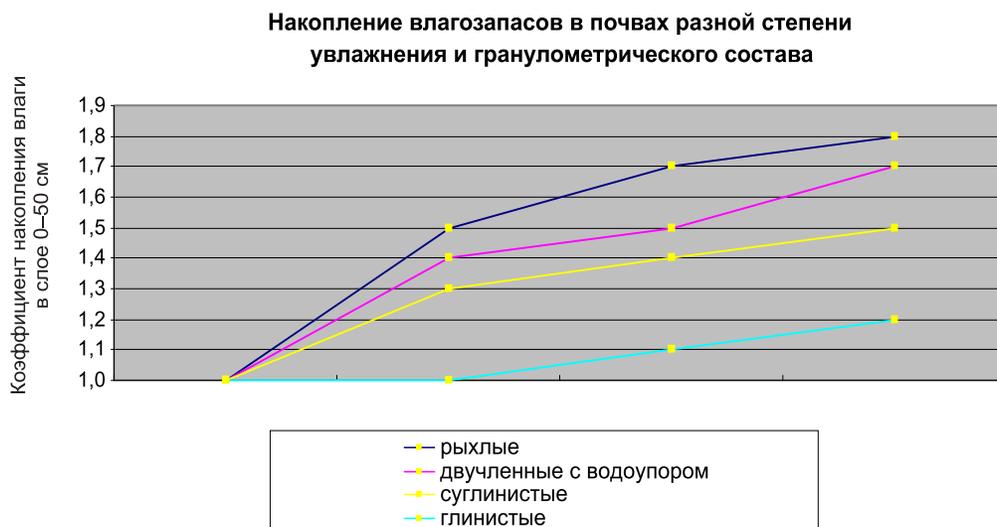


Рис. 4. Влагозапасы в почвах разной степени увлажнения и гранулометрического состава

Кривые показывают, что на тяжелых породах глеевые почвы формируются уже при небольшом увеличении запаса влаги по сравнению со слабоглееватыми (для автоморфных почв на тяжелых породах данные наблюдений отсутствуют). Проблемой является само наличие в Беларуси автоморфных почв на тяжелых породах, тем более что такие породы распространены на севере республики в условиях наиболее влажного климата.

В песчаных почвах максимальная степень увлажнения достигается только при коэффициенте накопления 1,8.

ВЫВОДЫ

В дерново-подзолистых и дерново-подзолистых заболоченных почвах, развитых на песчаных почвообразующих породах, преобладает поверхностное перераспределение атмосферной влаги – латеральный сток. Вертикальное движение влаги – промывной тип водного режима – имеет место только в почвах дерново-подзолистых заболоченных с иллювиально-гумусовым горизонтом. В дерново-подзолистых автоморфных почвах доминирует водный режим непромывного типа.

Почвенно-грунтовые воды в песчаных отложениях (потускулы) формируются за счет поступления из почв наибольшей степени увлажнения с внутрисочвенным стоком. Как следствие, при понижении УГВ наиболее увлажненных почв самое большое его падение происходит в автоморфных почвах или в почвах минимальной степени увлажнения.

На основе данных мониторинга влажности почв пахотных земель Беларуси, установлены параметры увлажненности почв и связь между содержанием влаги в слое 0–20 см и уровнем грунтовых вод. Разработана функциональная модель увлажненности почвенных комбинаций плоских низких водоразделов и глубоких депрессий на рыхлых породах

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аношко, В.С. История и методология почвоведения: уч. пособие / В.С. Аношко.– Минск: Высшая школа, 2013.– 269 с.
2. Романова, Т.А. Водный режим как элемент генетической характеристики почв / Т.А. Романова, Ж.А. Капилевич // Почвоведение. – 1981. – № 12. – С. 5–15.
3. Попова, Т.С. Режим влажности минеральных почв Белорусского полесья: дис. ... канд. биол. наук: 06.01.03 / Т.С. Попова. – Минск, 1980. – 233 с.
4. Капилевич, Ж.А. Мелиоративная характеристика минеральных заболоченных почв БССР: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / Ж.А. Капилевич. – Минск (Елгава). –1979. – 161 с.
5. Ефимова, И.А. Формирование и изменение песчаных почв атмосферного и грунтового увлажнения под влиянием осушительной мелиорации дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / И.А. Ефимова. – Минск, 1996. – 161 с.
6. Ивахненко, Н.Н. Мелиоративные особенности почв, развитых на лессовидных суглинках центральной Белоруссии: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / Н.Н. Ивахненко. – Минск, 1988. –246 с.
7. Смоляк, Л.П. Эколого–физиологические основы мелиорации почв агрофитоценозов / Л.П.Смоляк, В.Г. Ревуцкий. – Минск: Наука и техника. – 1974. – 160 с.
8. Раманова, Т.А. Колькасныя характарыстыкі увільгатненнасці глеб Беларускага Палесья / Т.А. Раманова, Т.С. Папова, Т.М. Пучкарева // Весці АН БССР. Сер. с.-г. навук. – 1974. – С. 45–48.
9. Карпачевский, Л.О. Экологическое почвоведение / Л.О. Карпачевский. – М.: ГЕОС, 2005.– 336 с.

MECHANISM OF SOIL WATER REGIME FORMATION OF RECLAIMED TERRITORIES

T.A. Romanova, Zh.A. Kapilevich, N.M. Ivakhnenko, I.A. Efimova

Summary

Wash water regime formed only in sod-podzolic swamped soils with illuvial humus horizon in soils developed on sands, in automorphic sod-podzolic soils formed non-flushing regime. Soil and ground water in the sandy sediments accumulate due to subsurface runoff from soil with maximize hydration. It is developed a functional model of soil combinations moisture at low flat watersheds and deep depressions on loose sediments.

Поступила 28.04.15

ВЛИЯНИЕ ФИТОМЕЛИОРАНТОВ НА ОБЩИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОЗЕМА ОПОДЗОЛЕННОГО ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

А.И. Огородняя

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

ВВЕДЕНИЕ

Агрофизические свойства почвы часто выступают лимитирующим фактором их плодородия, а при неблагоприятных условиях способствуют существенному снижению продукции растениеводства [1]. Основными интегральными показателями физического состояния почвы являются его плотность, пористость и структурный состав. Улучшение агрофизических свойств почв обеспечивает оптимальные водный, воздушный и тепловой режимы, способствует активизации микрофлоры, положительно влияет на доступность элементов питания и, в итоге, создает оптимальные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур.

Черноземам оподзоленным присуще достаточно высокое потенциальное плодородие, однако в современных условиях, когда землепользователи часто применяют короткоротационные севообороты без использования в качестве предшественников технологически ценных культур, а также из-за недостаточного внесения органических и минеральных удобрений, мелиорантов самовоспроизводство их плодородия ограничено. Поиск альтернативных мер сохранения и повышения плодородия данной почвы свидетельствует, что одним из путей выхода из этой ситуации является улучшение их агрофизических свойств применением фитомелиорации.

Вышеизложенное свидетельствует о том, что перспективным ресурсосберегающим мероприятием окультуривания почв является фитомелиорация, которая за счет рационального использования потенциала культурных растений способствует улучшению агрофизических свойств почв и повышению их производительной способности.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование проводили в условиях мелкоделяночного полевого опыта на территории Государственного учреждения «Слобожанское опытное поле» Института почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского Харьковского района Харьковской области на протяжении 2013–2014 гг.

Почва опытного поля – чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке.

Цель исследований заключалась в определении эффективности выращивания различных фитомелиорантов на изменения агрофизических показателей почвы. Для достижения данной цели перед закладкой опыта в течении двух лет не проводилась глубокая обработка почвы.

Схема опыта включала следующие варианты: 1. Контроль (2013 г. – ячмень, 2014 г. – кукуруза); 2. Люцерна; 3. Эспарцет; 4. Соя; 5. Люпин; 6. Горчица; 7. Суданская трава.

На опытном участке соблюдается ротация всех культур, кроме многолетних трав. На контрольной делянке выбраны культуры, которые преимущественно возделываются в Украине в коротком трехпольном севообороте.

Отбор почвенных образцов проводили буром через каждые 20 см до глубины 60 см в трехкратной повторности [2] в летне-осенний период в течение двух лет. Почвенно-агрофизические показатели определяли согласно соответствующих методик: определение структурного состава почвы по методу Н.И. Саввинова – фракционирование почвы в воздушно-сухом состоянии (сухое просеивание); фракционирование на ситах в воде (мокрое просеивание) (МВВ 31–497058–012–2005); плотность твердой фазы – пикнометрично; плотность сложения почвы [3], пористость – расчетным путем.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на практическое отсутствие в предыдущие годы глубокой обработки на опытном участке, установлено, что под влиянием испытываемых фитомелиорантов в течении первого года исследований замечены небольшие положительные изменения показателя плотности сложения. Эти изменения проявились еще более отчетливо при двухлетнем выращивании данных культур, при этом плотность сложения пахотного слоя почвы достигла оптимальных значений. Данные о влиянии фитомелиорантов на показатели плотности и пористости чернозема оподзоленного приведены в таблице.

Данные таблицы свидетельствуют, что плотность сложения почвы в варианте под суданской травой достигла максимального разуплотнение – 1,19 г/см³ по сравнению с другими вариантами опыта. По нашему мнению, одной из причин такого воздействия на агрофизические показатели почвы служит мощная мочковатая корневая система этой культуры, что отмечено в работе [4]. Также следует отметить, что выбранный слой почвы (0–60 см) в течение двух лет фитоокультуривания стал менее уплотненным по сравнению с показателями первого года, что доказывает важную роль корневой системы выбранных культур в улучшение плотности сложения почвы.

Таблица

Влияние фитомелиорантов на показатели плотности и пористости чернозема оподзоленного

Вариант	Глубина отбора образцов, см	Плотность сложения, г/см ³		Плотность твердой фазы, г/см ³		Общая пористость, %	
		2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.
Контроль	0–20	1,23	1,26	2,47	2,50	50	50
	20–40	1,34	1,34	2,48	2,50	46	46
	40–60	1,39	1,38	2,50	2,52	44	45
Люцерна	0–20	1,24	1,21	2,50	2,47	50	51
	20–40	1,31	1,25	2,49	2,46	47	49
	40–60	1,35	1,30	2,52	2,51	46	48

Вариант	Глубина отбора образцов, см	Плотность сложения, г/см ³		Плотность твердой фазы, г/см ³		Общая пористость, %	
		2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.
Эспарцет	0–20	1,22	1,20	2,47	2,46	51	51
	20–40	1,31	1,25	2,50	2,46	48	49
	40–60	1,35	1,29	2,52	2,51	46	49
Люпин	0–20	1,24	1,23	2,50	2,49	50	51
	20–40	1,33	1,31	2,50	2,50	47	48
	40–60	1,36	1,34	2,52	2,52	46	47
Соя	0–20	1,21	1,20	2,49	2,48	51	52
	20–40	1,33	1,30	2,50	2,48	47	48
	40–60	1,37	1,32	2,52	2,52	46	48
Горчица	0–20	1,23	1,23	2,49	2,49	51	51
	20–40	1,34	1,32	2,50	2,49	46	47
	40–60	1,38	1,35	2,50	2,50	45	46
Суданская трава	0–20	1,19	1,19	2,50	2,49	52	52
	20–40	1,30	1,26	2,50	2,48	48	49
	40–60	1,33	1,31	2,52	2,51	47	48

Поскольку показатель плотности твердой фазы почвы является величиной достаточно постоянной, то соответственно, в опыте была обнаружена минимальная тенденция к его уменьшению по всем исследуемым вариантам. Нами установлено, что выращивание многолетних трав в течение двух лет приводит к уменьшению данного показателя не только в верхнем слое почвы, но и в слое 20–40 см. Этот положительный эффект связан, прежде всего, как с нарастанием корневой системы фитомелиорантов, так и с тем, что основная их масса расположена именно в данном слое.

В свою очередь, увеличение гумусированности данного слоя, благодаря значительной массе корневых остатков многолетних трав, приводит к уменьшению плотности твердой фазы почвы, поскольку плотность гумуса в разы уступает плотности минералов [5].

При расчетах общей пористости после второй вегетации культур обнаружена закономерность увеличения количества пор на исследуемых глубинах чернозема оподзоленного, в сопоставлении как с контролем, так и годом ранее. Обращает внимание увеличение пористости до 49% в слое 20–40 см под многолетними травами и суданской травой, что объясняется действием массивной корневой системы этих культур. За шкалой оценки агрономического качества общей пористости пахотного слоя почв, предложенной Н.А. Качинским, диапазон от 55 до 50% считается удовлетворительным показателем [6]. Поскольку общая пористость в вариантах находится в выше упомянутых рамках можно утверждать, что выращивание фитомелиорантов приводит к разрыхлению корнеобитаемого слоя почвы, способствуя образованию оптимальной пористости, и как следствие, улучшению почвенных режимов для роста и развития большинства сельскохозяйственных культур.

Определение структурно-агрегатного состояния чернозема оподзоленного показало, что характер его сельскохозяйственного использования, в особенности выращивание различных по своему воздействию на почву культур, существенно сказывается на соотношении различных по размеру структурных агрегатов. Про-

веденные исследования в целом свидетельствуют, что фитомелиоранты оказывают положительное влияние на структурно-агрегатный состав чернозема оподзоленного, по сравнению с контрольным вариантом. Стоит отметить, что наивысшее количество ценной с агрономической точки зрения структуры, а как следствие и величина коэффициента структурности после двух лет выращивания зафиксирована в вариантах с многолетними травами и люпином (рис. 1–3).



Рис. 1. Коэффициент структурности почвы (слой 0–20 см)

Полученные результаты показали, что наиболее структурированным является корнеобитаемый слой, однако под культурами с хорошо развитой корневой системой ценные в агрономическом отношении структурные агрегаты также имеют количественное преимущество и в нижних горизонтах почвы. Данный факт свидетельствует о том, что эти положительные изменения структуры почвы происходят, опять таки, благодаря мощной, очень разветвленной корневой системе фитомелиорантов, которая способна проникать на большую глубину и пронизывать весь профиль, подтягивая кальций (который является одним из главных факторов структурообразования) из нижних горизонтов. При этом значительно снижается количество глыбистых агрегатов.

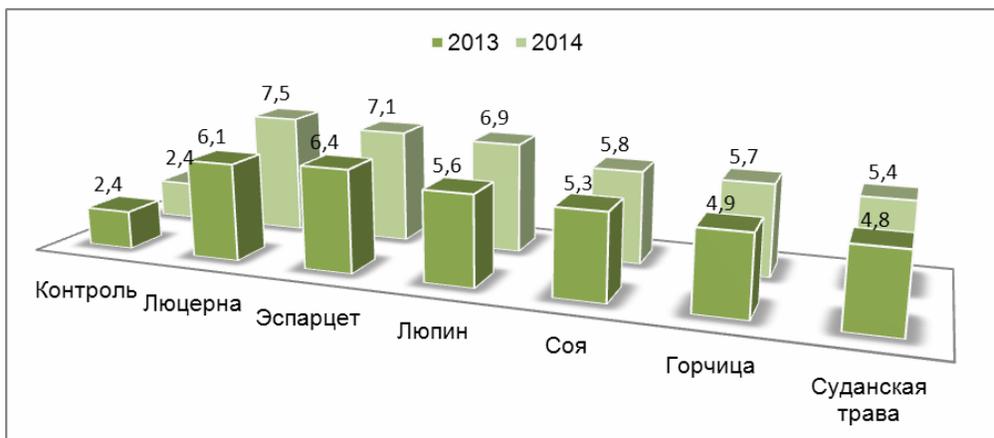


Рис. 2. Коэффициент структурности почвы (слой 20–40 см)

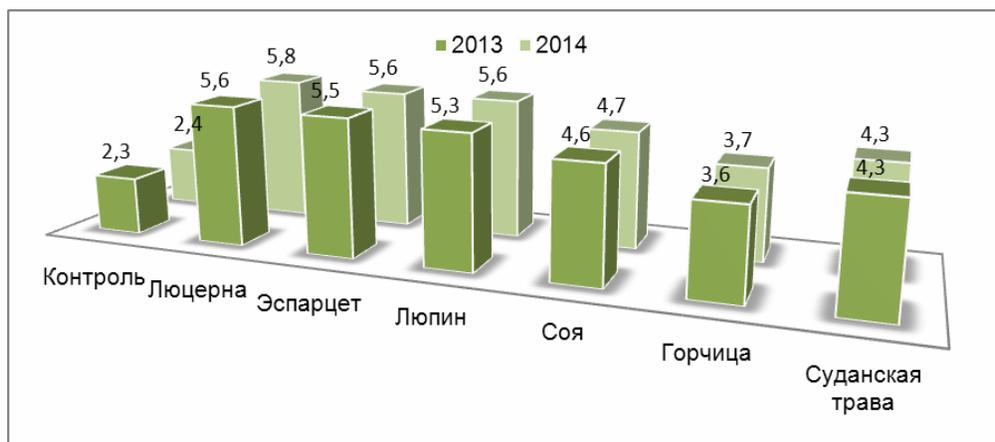


Рис. 3. Коэффициент структурности почвы (слой 40–60 см)

Так, например, наибольшее количество ценных с агрономической точки зрения структурных агрегатов в слое почвы 0–20 см, как в первый, так и во второй год использования, зафиксировано под люцерной. Сумма агрегатов 10–0,25 мм в этом варианте составляла 86,8% в первый год и 89,2% – после двух лет использования культуры. При этом было замечено, что увеличение суммы агрономически ценных структурных агрегатов сопровождалось уменьшением пылевой фракции – после двух лет она составляла 0,8% от общей суммы агрегатов [7].

Для обеспечения оптимальных условий развития культурных растений содержание агрегатов агрономически полезного размера (от 10 до 0,25 мм) в корнеобитаемом слое почвы должно быть свыше 60% [8]. Исходя из этого, следует отметить, что использование люцерны как фитомелиоранта является эффективным приемом улучшения структурного состояния чернозема оподзоленного.

На варианте с эспарцетом, наоборот, отмечается наименьшее количество глыбистых агрегатов – 4,2%. Такая же закономерность наблюдается и в нижних слоях почвы под этими травами.

Выращивание суданской травы, в свою очередь, приводит к распылению структурных агрегатов, что объясняется влиянием ее мощной мочковатой корневой системы, которая помимо того, что обладает свойством сильно высушивать почву, еще и механически препятствует образованию крупных структурных агрегатов.

Данный факт подтверждает взгляды А.Н. Соколовского и Л.В. Етеревской [9, 10], в отношении того, что растительность способствует оструктуриванию почвы, благодаря постоянному поступлению свежего органического вещества – источника гумуса и углекислого газа, преимущественно из корневой системы, и в целом способствует повышению плодородия и активизации процессов почвообразования.

Роль растений в структурообразовании показана также и в работе Е.А. Афанасьевой [11], в которой говорится о том, что существенная роль в структурообразовании принадлежит именно биологическим агентам и, в первую очередь, корневым системам травянистых растений. Все благодаря тому, что корни, пронизывая почву, разделяют почвенную массу в одних местах и сжимают ее в других, локально высушивают почву и выделяют в местах контакта органические вещества. Распространяясь в различных направлениях, корни придают агрегатам комко-

ватую или зернистую форму, а при проникновении в микроагрегаты – связывают их и повышают механическую и водную устойчивость почвы.

Качество структуры почвы, ее агрономическая ценность определяется водостойкостью – способностью почвенных агрегатов сохранять форму, размеры, длительное время не размываться водой и не образовывать после дождя на поверхности почвенную корку. Только в случае, когда почвенные агрегаты устойчивы к размыванию водой, структура почвы считается ценной с агрономической точки зрения [1, 12].

Установлено, что самый высокий коэффициент водоупорности зафиксировано в варианте с эспарцетом – 0,92 после двух лет выращивания (к сравнению – на контроле 0,60). Следует отметить, что почти во всех вариантах, этот показатель уменьшился с глубиной, исключение составляли образцы, отобранные под многолетними травами – у них самый высокий показатель водостойкости, зафиксирован в слое почвы 20–40 см (люцерна – 0,82, эспарцет – 0,96). По-нашему мнению, это связано с тем, что основная масса их корней расположена именно в этом диапазоне гумусированного горизонта чернозема оподзоленного. С этой точки зрения П.В. Вершинин отмечал, чем больше травы оставляют в почве корневых растительных остатков, тем выше их структурообразующая роль [12]. Необходимо отметить, что для образования водостойких структурных частиц почвы необходимы гумусовые вещества, в то же время почва должна содержать достаточное количество илистых и глинистых частиц.

Проведенные исследования подтвердили, что корневая система растений выступает в роли мощного агента структурообразования, пронизывая почву во всех направлениях густой сетью мелких корешков.

ВЫВОДЫ

Установлено положительное влияние выращиваемых фитомелиорантов на черноземе оподзоленном на его агрофизические свойства: плотность сложения, плотность твердой фазы, общую пористость, структурно-агрегатный состав и водоупорную способность.

Наиболее существенные изменения агрофизического состояния чернозема оподзоленного произошли под воздействием многолетних трав и бобовых культур.

Показано, что после многолетних трав коэффициент структурности увеличился в два раза по сравнению с вариантом контроля, что в итоге привело к увеличению водоупорной способности структурных агрегатов и оптимизации сложения структурных частиц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Медведев, В.В. Структура почвы (методы, генезис, классификация, эволюция, география, мониторинг, охрана) / В.В. Медведев. – Х.: Изд. «13 типография», 2008. – 406 с.
2. [Якість ґрунту. Відбір проб: ДСТУ 4287:2004. – Чинний з 2004 – 04 – 30. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 5 с.](#)
3. Якість ґрунту. Визначення щільності складення на суху масу: ДСТУ ISO 11272:2001. Чинний з 2002 – 02 – 01. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 11 с.
4. Ревут, И.Б. Физика почв / И.Б. Ревут. – Л.: Колос, 1972. – 366 с.
5. Практикум з ґрунтознавства: навч. посібник / за ред. Д.Г. Тихоненка, В.В. Дегтярьова. – 6-е вид., перероб. і допов. – Х.: Майдан, 2009. – 447 с.

6. Качинский, Н.А. Физика почв. Ч. 1. / Н.А. Качинский. – М.: изд. МГУ, 1965. – 323 с.
7. Цапко, Ю.Л. Вплив культур-фітомеліорантів на структурний склад чорнозему опідзоленого Лівобережного Лісостепу України / Ю.Л. Цапко, А.І. Огородня // Вісник ХНАУ імені В.В. Докучаєва. – 2014. – №2. – С. 20–25
8. Долгов, С.И. Агрофизические методы исследования почв / С.И. Долгов, П.У. Бахтин. – М.: Изд. «Наука», 1966. – с.67.
9. Соколовський, О.Н. Курс сільськогосподарського ґрунтознавства / О.Н. Соколовський. – К.: Видавництво сільськогосподарської літератури, 1954. – 428 с.
10. Етеревская, Л.В. Почвообразование и рекультивация земель в техногенных ландшафтах Украины: автореф. дис. ...докт. с.-х. наук / Л.В. Етеревская. – Харьков, 1989. – 42 с.
11. Афанасьева, Е.А. Черноземы среднерусской возвышенности / Е.А. Афанасьева. – М.: Наука, 1996. – С. 29–214.
12. Вершинин, П.В. Почвенная структура и условия ее формирования / П.В. Вершинин. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 179 с.

EFFECT OF PHYTOAMELIORANTS ON GENERAL AGROPHYSICAL INDICATORS OF CHERNOZEM PODZOLIZED IN LEFT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

A.I. Ogorodnyaya

Summary

Based on analysis of the literature and our own experimental data it is defined a phyto-ameliorants impact on agrophysical indicators of chernozem podzolized (bulk density, density of solid phase, porosity, structural-aggregate composition and water-resistant ability of soil aggregates). It is determined phyto ameliorative effect of alfalfa, sainfoin, lupine, soy, mustard and Sudan grass on chernozem podzolized on loessial sandy loams. The perennial grasses and legumes have the greatest phyto- ameliorative effect.

Поступила 22.04.15

УДК 631.461

ВЛИЯНИЕ МИНИМИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО НА ЕГО БИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ

Р.П. Вильный

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

ВВЕДЕНИЕ

Современное землепользование, которое часто характеризуется нерациональным, интенсивным использованием почв, чрезмерной механической обработкой, применением тяжелой техники, незначительным внесением минеральных и орга-

нических удобрений, применением пестицидов, несоблюдением почвозащитных технологий, привело к существенному ухудшению свойств почв, в том числе и биологических [1, 2, 3].

Поэтому возникает необходимость перехода к экологически безопасным ресурсосберегающим технологиям ведения сельского хозяйства, что будет способствовать восстановлению биоразнообразия, воспроизводству плодородия почв, улучшению экологического состояния в целом.

Одним из путей решения этих проблем является снижение механической нагрузки на почву, на основе чего разрабатываются новые технологии. Как показывает практика применения нулевой обработки почвы, начальная фаза его внедрения является критической. При минерализации гумуса в системе традиционного земледелия в условиях внедрения упрощенных севооборотов и дефицитного баланса углерода в почве происходит обеднение видового состава микробиоты. Следует отметить, что согласно современным представлениям, деградацию почв также надо рассматривать не только как результат действия суммы факторов, ведущих к снижению содержания гумуса и ухудшению физико-химических показателей, но и как следствие процессов, приводящих к минимуму (или исчезновению) необходимых для нормального развития растений и почвенных микроорганизмов [4, 5].

В.В. Медведев и М.П. Косолап считают, что при использовании минимальных технологий или при полном отказе от обработки почвы физические свойства приближаются к оптимальным для роста культурных растений, что в свою очередь способствует более сбалансированному функционированию агроценоза [4, 6]. По данным А.В. Кислова, Г.Н. Черкасова [7, 8] при использовании минимальной и нулевой обработки почвы происходит уплотнение пахотного слоя и уменьшается пористость, хотя Е.Н. Ефремовой [9] получены противоположные результаты.

Изучение влияния механической обработки на почву и ее минимизации ведется давно. Очень хорошо изучены вопросы влияния минимизации и нулевой обработки на физические и физико-химические свойства почв. Зарубежными и отечественными учеными также исследованы изменения биологических свойств почв, но американские и европейские авторы, в большинстве случаев, ограничиваются изучением дождевых червей или рядом отдельных показателей биологической активности [10, 11, 12]. Авторами получены результаты, свидетельствующие о положительном влиянии минимальных систем обработки почвы на почвенные микроорганизмы и их функционирование. Мы в нашей работе сделали попытку дать комплексную оценку влияния минимизации механической обработки почвы и технологии «no-till», как наиболее существенного фактора снижения механической нагрузки на почву, на биологическое состояние чернозема типичного.

Цель работы – определение влияния минимизации механической обработки чернозема типичного на его биологическое состояние.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования проводили на протяжении 2011–2013 гг. на черноземе типичном. Опытный участок размещен на опытном поле Харьковского национального аграрного университета им. В.В. Докучаева. Опыт заложен в 2006 г. для определения эффективности технологий обработки почвы с разной степенью ин-

тенсивности при возделывании зерновых культур в динамическом севообороте. Схема опыта предусматривает применение таких вариантов обработки почвы:

1. Вспашка ПЛН–4–35 на 20–22см (контроль);
2. Дискование ДМТ–4 на 10–12см;
3. Предпосевная культивация КПЕ–3,8 на 6–8 см;
4. Прямой посев Grate plains (No–till).

Общая площадь опыта 1,4 га. Размещение делянок в опыте последовательное, повторность – четырехкратная. Площадь посевной делянки 800 м², учетной – 500 м². В 2011 г. возделывали озимую рожь, в 2012 – гречиху, в 2013 г. – ячмень яровой.

Сравнительный анализ микробиологических характеристик чернозема типичного при минимизации обработки почвы, определение доминирования определенных микробных групп и их биоразнообразия проводили по общепринятым методам почвенной микробиологии, в том числе посев на селективные питательные среды [13].

Определение биологической активности почвы проводили по комплексу показателей: ферментативной активности – по оксидоредуктазам (полифенолоксидаза, дегидрогеназа) и гидролазам (инвертаза) [14, 15], а также по аммонификационной и нитрификационной способности почвы [13].

Оценка изменений биологической активности приводится по расчетным интегрированным показателям: минерализации и олиготрофности, которые характеризуют напряженность минерализационных процессов и трофический режим почвы; интегрированным показателям биогенности (ИПБ), биологической активности (ИПБА), биологического состояния (ИПБС) [16, 17].

Пробы почвы отбирали в период вегетации культуры и после уборки урожая по общепринятым методикам [18, 19].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ трехлетних исследований (рис. 1) указывает на возрастание биогенности чернозема типичного под влиянием долговременного применения технологий с минимизацией механической обработки почвы. Анализируя уровни численности микробных группировок по каждому году, стоит отметить влияние на этот показатель прежде всего плохих погодных условий вегетационного периода, которые обозначились особенно в 2013 г. продолжительным периодом засухи. Но, в целом, есть существенные изменения биогенности на вариантах разной обработки почвы независимо от года исследований.

Так, долгое применение вспашки способствовало формированию меньшей биогенности по сравнению с вариантами культивации на 16,3% и нулевой обработки – на 24%. Даже в 2013 г. уровень биогенности чернозема типичного в варианте «no-till» составил 98%, что на 66,4% больше чем под влиянием вспашки, что по-нашему мнению обеспечивается сохранением влаги при применении ресурсосберегающих технологий обработки почвы.

Внимание привлекает уровень биогенности во всех вариантах в 2012 г. при возделывании гречихи, которая всегда способствует активному развитию и функционированию почвенной микробиоты, поэтому фактор обработки почвы не был определяющим.

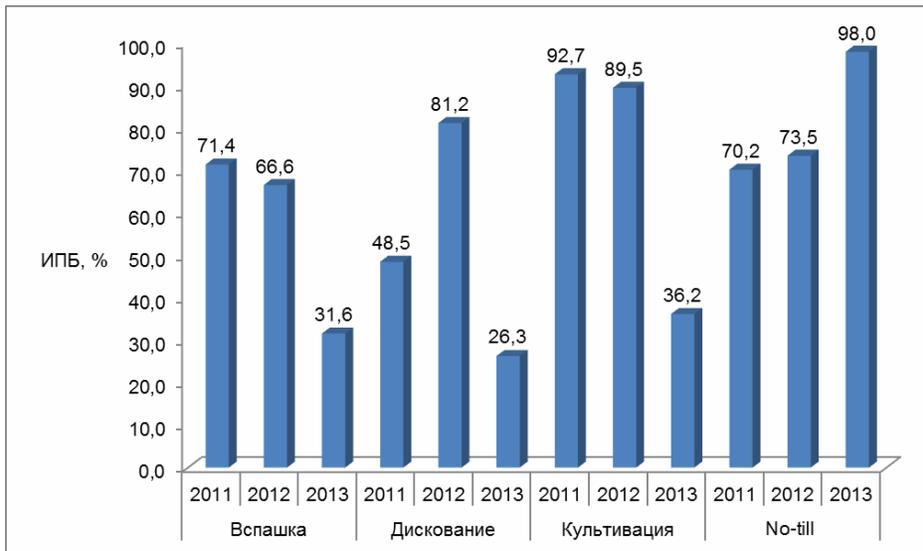


Рис. 1. Изменение интегрированного показателя биогенности чернозема типичного под влиянием минимизации обработки почвы

Учитывая важное значение азота в функционировании агроэкосистем, рассчитан интегрированный показатель биогенности микробных группировок, которые принимают участие в трансформации азотсодержащих соединений: органотрофы, микроорганизмы, которые утилизируют минеральные формы азота, олиготрофы, азотфиксаторы, актиномицеты. Сохраняется тенденция к уменьшению данных группировок под влиянием разной степени механической обработки почвы и, наоборот, нулевая обработка способствует возрастанию количества группировок азотного цикла на 29,9%, 32,0%, 6,2%, в сравнении со вспашкой, дискованием и культивацией соответственно.

По данным Н.К. Шикеры [20] при минимальных и безотвальных обработках в верхнем слое возрастает численность бактерий, усваивающих как минеральный, так и органический азот растительных остатков, которые накапливаются в поверхностном слое почвы. По результатам Л.Б. Битюковой вспашка вызывает более глубокую минерализацию азотсодержащих соединений, что сопровождается повышением численности спорообразующих, аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий, которые являются показателем глубины трансформации органических веществ. Исследованиями И.Д. Примака [21] установлено, что при применении систематической и длительной поверхностной и безотвальной обработки происходит повышение численности микроорганизмов, утилизирующих минеральные формы азота. Но при поверхностной и, особенно, систематической безотвальной обработке, глубже 20–30 см, сильно уменьшается количество бактерий, которые используют азот органических соединений, а также грибов и актиномицетов, что объясняется низким содержанием растительных остатков, локализованных в верхнем слое почвы.

Исключительно важную агрономическую ценность для обогащения почвы биологическим азотом в сельском хозяйстве без применения минеральных удобрений представляют азотфиксирующие бактерии.

Обработка почвы, даже самая меньшая, приводила к уменьшению количества азотфиксаторов в почве, но в варианте с применением дискования оставалась постоянной, хоть и низкой сравнительно с культивацией и нулевой обработкой. Вариант «no-till» способствовал возрастанию численности ассоциативных азотфиксаторов на протяжении исследований на 61% сравнительно со вспашкой, на 70% и 43% сравнительно с дискованием и культивацией (рис. 2). Отмечено достаточно высокое количество азотфиксаторов при применении культивации. В варианте «no-till» наблюдалось снижение численности ассоциативных азотфиксаторов в 2012 г. на 55% и резкое возрастание в 2013 г. в 2,5 раза, сравнительно с 2011 г., что объясняется, по-нашему мнению, позитивным действием на развитие микробиоты предшественника – гречихи и сохранением влаги в почве.

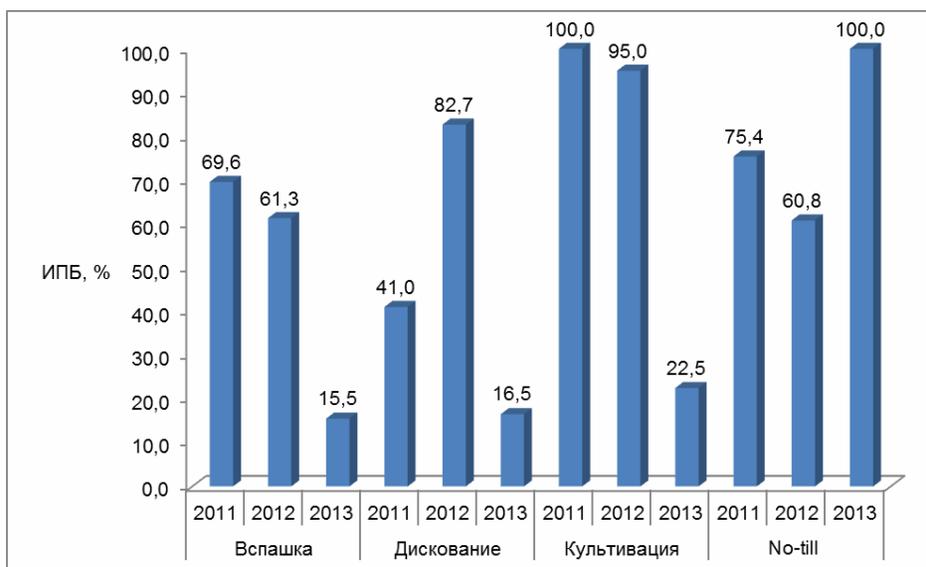


Рис. 2. Изменение интегрированного показателя биогенности (ИПБ) группировок азотного цикла чернозема типичного под влиянием минимизации обработки почвы

Важную роль для обеспечения растений доступными формами фосфора играют фосфатмобилизирующие бактерии. Наибольшая численность фосфатмобилизаторов определена в варианте нулевой обработки почвы, что составило 44,1 млн КОЕ в 1 г почвы и на 68,1%, 70,3% больше в сравнении с вариантами вспашки и дискования. Достаточно высокая численность фосфатмобилизирующих бактерий наблюдалась в варианте с культивацией, но на 13% меньше чем в варианте «no-till».

Плодородие почвы определяется интенсивностью и направленностью ферментативных реакций. Активность этих процессов является универсальным показателем физиологического состояния биоценоза почвы.

Бологическая активность почвы является важным фактором формирования ее плодородия и чувствительным экологическим индикатором по отношению к интенсивности антропогенной нагрузки. По данным Л.Ю. Сымочко более высоким уровнем каталазной и инвертазной активности характеризуется природная экосистема по сравнению с антропогенной системой [22]. Результаты исследований

отечественных и зарубежных ученых свидетельствуют о положительном влиянии уменьшения механической нагрузки на почву ее на ферментативную активность. Но при исследованиях более глубоких слоев почвы все авторы отмечают снижение энзимной активности исследуемых ими почв [23, 10, 11, 12].

Мы исследовали изменения ферментативной активности (инвертазная, дегидрогеназная, полифенолоксидазная), нитрификационной и аммонификационной способностей чернозема типичного при разных системах обработки почвы (табл. 1).

Таблица 1

Изменение биохимической активности чернозема типичного под влиянием минимизации обработки почвы

Вариант	Год исследований	Инвертаза (мг глюк./100 г почвы)	Полифенолоксидаза мг/100 г почвы)	Дегидрогеназа (мг ТФФ/100 г почвы)	Нитрификация	Аммонификация
Вспашка	2011	425	2530	184,2	5,5	4,2
	2012	424	1902	124,1	3	3,9
	2013	290	4252	68,0	1,3	3,6
Дискование	2011	430	3674	263,0	4,8	5,4
	2012	320	2259	193,2	3,2	8,7
	2013	305	4317	162,9	2,3	8
Культивация	2011	440	4290	295,2	4,2	5,4
	2012	405	1636	152,8	2,5	3,7
	2013	360	4225	182,5	1,7	3,3
No-till	2011	400	3982	254,5	4,8	3,7
	2012	430	6267	160,6	3,2	2,3
	2013	435	4342	267,9	2,7	2

Инвертаза является характеристикой биологической активности почвы и показателем окультуренности почв. Инвертаза катализирует процессы гидролиза углеводов, которые попадают в почву в виде растительных остатков, с преобразованием их в доступные для растений и микроорганизмов формы, коррелирует с количеством гумуса в почве.

Мы установили, что при обработке чернозема типичного наблюдается тенденция к снижению активности инвертазы в среднем в варианте вспашки на 12,0%, в варианте дискования – на 16,3%, культивации – на 5,0%, сравнительно с нулевой обработкой почвы. Также стоит отметить, что при использовании «no-till» активность данного фермента более стабильна по годам исследований и даже характеризуется несущественным, но все-таки возрастанием. Мы считаем, что это связано с накоплением растительных остатков в верхних слоях почвы и более активной их трансформации и гумификации. Напротив, при интенсивной обработке почвы, например вспашке, заделанные растительные остатки быстро минерализуются, при лучшем доступе атмосферного воздуха.

Активность фермента полифенолоксидазы, который принимает участие в процессах образования гумуса, является дополнительным показателем характеристики процессов синтеза и распада гумусовых веществ и характеризует окислительные процессы.

Установлены изменения полифенолоксидазной активности чернозема типичного при разных системах обработки почвы. Так, в среднем за годы исследований

при условиях минимизации обработки почвы наблюдается возрастание активности фермента в вариантах опыта с уменьшением механической нагрузки на почву: применение дискования способствует повышению полифенолоксидазной активности чернозема типичного на 18%, применение культивации – на 16%, нулевой обработки – на 68% по сравнению со вспашкой.

Для характеристики изменений микробного пула чернозема типичного под влиянием различных способов обработки почвы определили активность почвенного фермента дегидрогеназы. Анализ полученных результатов указывает на четкие изменения активности исследуемого фермента под влиянием обработки почвы. Так, минимизация механической нагрузки на почву способствовала увеличению активности дегидрогеназы в 1,6 раза при применении дискования и культивации, в 1,8 раза при использовании нулевой обработки почвы. Это связано, как мы считаем, с тем, что применение «no-till» и минимизация обработки почвы создает условия для сохранения влаги, а активность дегидрогеназы существенно зависит от влажности почвы.

Поскольку для нормального роста и развития растений азот необходим в достаточном количестве в форме NH_4^+ и NO_3^- , то содержание в почве и способность к его мобилизации является важным показателем биохимической активности почвы. Поэтому мы определяли нитрификационную и аммонификационную способности чернозема типичного.

Процесс нитрификации происходит наиболее активно при условиях достаточного количества аммонийного азота, при pH ~7,0 и достаточной аэрации [24]. По результатам исследований нитрификационной способности чернозема типичного, установлено, что обработка почвы не была определяющим фактором в изменении способности почвы к нитрификации – существенные изменения между вариантами опыта не отмечены.

Из анализа полученных данных изменений аммонификационной способности чернозема типичного не установлено позитивного влияния культивации и нулевой обработки почвы на этот показатель. При использовании дискования наблюдается возрастание аммонификационной способности на 87% сравнительно со вспашкой и на 180% сравнительно с нулевой обработкой.

Из полученных данных прослеживается четкая закономерность снижения активности процессов нитрификации и аммонификации во всех вариантах опыта за все время исследований. Возможно, это объясняется возрастанием температур в период вегетации культур. Хотя в варианте с применением дискования отмечены наиболее высокие значения аммонификационной способности чернозема типичного по всем годам исследований, что, наверное, объясняется лучшими условиями аэрации, влагообеспечения и более высоким уровнем биогенности, что в сумме дает достаточно высокий результат.

Интегрированный показатель биологической активности (ИПБА) характеризует интенсивность и направленность микробиологических процессов почвы в целом. ИПБА рассчитывали по данным ферментативной активности, аммонификационной и нитрификационной способностям почвы. Наивысшая суммарная биологическая активность наблюдалась в вариантах дискования и «no-till» – 85,5% и 84,0% соответственно. Применение вспашки и культивации характеризуется тенденцией к снижению биологической активности соответственно на 16,9% и на 7,5% по сравнению с нулевой обработкой почвы (рис. 3).

В варианте «no-till» колебания уровня биологической активности по годам исследований не являются существенными и возможно говорить о более стабильном функционировании биохимической системы чернозема типичного при использовании данного способа возделывания культур.

При использовании дискования сходную тенденцию, возможно, установить лишь по одному показателю – аммонификационной способности почвы.

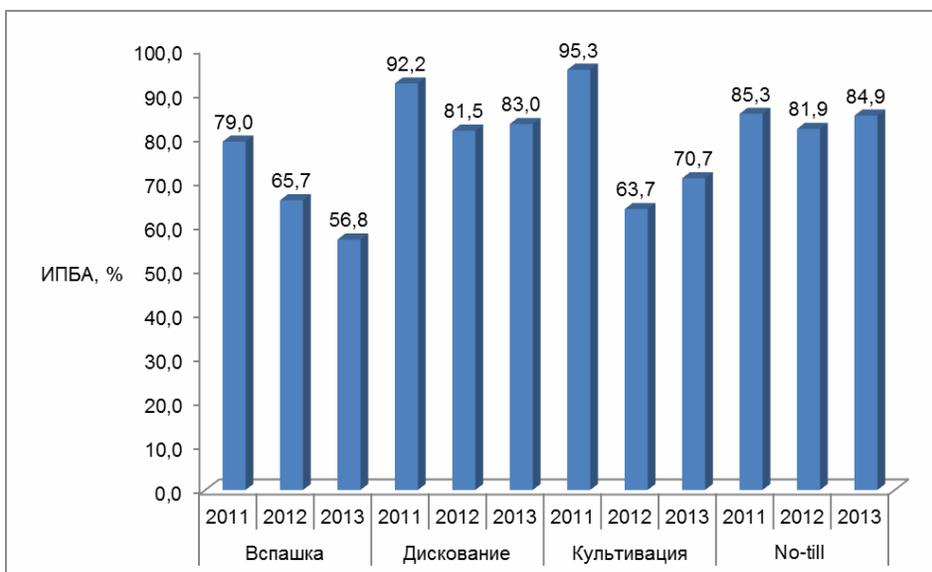


Рис. 3. Изменение интегрированного показателя биологической активности (ИПБА) чернозема типичного под влиянием минимизации обработки почвы

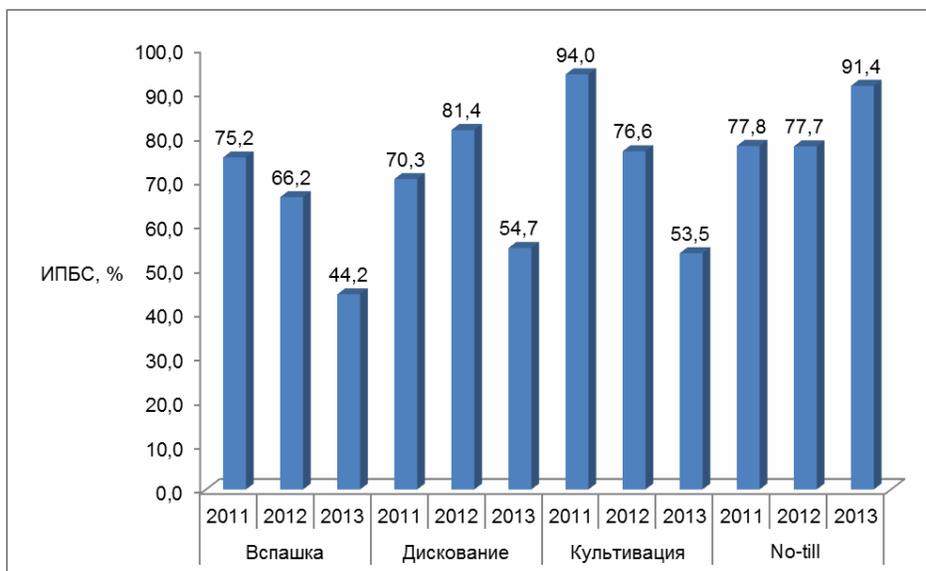


Рис. 4. Изменение интегрированного показателя биологического состояния (ИПБС) чернозема типичного под влиянием минимизации обработки почвы

Для анализа влияния механической обработки почвы разной интенсивности на гомеостаз чернозема типичного, в целом, на основе всех микробиологических изысканий, проведенных нами, рассчитан интегрированный показатель биологического состояния почвы (рис. 4). Нами установлено положительное влияние минимизации механической обработки почвы на биологическое состояние чернозема типичного. Так, применение нулевой обработки способствовало повышению биологической активности чернозема типичного – значение интегрированного показателя биологического состояния составило 82,3%, что в сравнении с вспашкой на 20% выше. При повышении механической нагрузки значения ИПБС снижаются: в варианте культивации ИПБС составил 74,7%, в варианте дискования – 68,8%, что в 1,2 и 1,1 раза больше, чем на вспашке (61,8%).

ВЫВОДЫ

Установлено, что под влиянием разных способов механической обработки чернозема типичного происходят перестройки в структуре и функционировании почвенного микробного комплекса. Так, при уменьшении механической нагрузки на почву наблюдалось возрастание показателя биологического состояния чернозема типичного. В среднем за годы исследований в варианте с применением нулевой обработки почвы интегрированный показатель биологического состояния возрастает, что свидетельствует о формировании лучших условий для развития и функционирования микробиоценоза чернозема типичного и интенсификации обмена веществ и энергии в агроэкосистеме. За годы исследований показатель биологического состояния почвы возможно составить следующий ранжированный ряд возрастания: вспашка – 61,8%, дискование – 68,8%, культивация – 74,7%, нулевая обработка – 82,3.

Микробиологическая активность, как численность и структурное соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов, напрямую зависит от содержания и соотношения влаги и воздуха в почве, которые регулируются механической обработкой. В целом, по интегрированному показателю биологической активности на более оптимальные условия функционирования микробного ценоза чернозема типичного формируются при нулевой обработке почвы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иутинская, Г.А. Современное состояние и перспективы развития почвенной микробиологии в Украине / Г.А. Иутинская, В.П. Патыка // Бюл. Института с.-х. микробиологии. – 2000. – № 6. – С. 7–14.
2. Бурлакова, Л.М. К оценке экологического состояния почв / Л.М. Бурлакова, Е.Г. Пивоварова, Е.В. Соврикова // Плодородие. – 2005. – № 5. – С. 31–33.
3. Мареев, В.Ф. Влияние минимализации основной обработки на свойства почвы и урожайность озимой ржи в условиях Предкамья республики Татарстан / В.Ф. Мареев, И.Г. Манюкова, Ф.Х. Латыпов // Вестник Казанского ГАУ. – 2009. – Т.11. – №1. – С. 110–114.
4. Медведев, В.В. Нульовий обробіток ґрунту в Європейських країнах / В.В. Медведев. – Харків: ТОВ ЕДЕНА, 2010. – 202 с.

5. Курдіш, І.К. Роль мікроорганізмів у відтворенні родючості ґрунтів / Зб. тематич. наук. праць з с.-г. мікробіології. В. 9. / І.К. Курдіш; відп. ред. В.В. Волкогон. – Черн.: УААН Інст. с.-г. мікробіології, 2009. – 199 с.
6. Косолап, М.П. Система землеробства No-till: навч. посібник / М.П. Косолап, О.П. Кротінов. – К.: Логос, 2011. – 352с.
7. Кислов, А.В. Влияние минимизации обработки на плодородие почвы и урожайность овса в степной зоне Южного Урала / А.В. Кислов, И.В. Васильев, А.С. Васильева // Известия Оренбургского Государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 3. – № 35–1. – С. 59–62.
8. Влияние обработки почвы и минеральных удобрений на агрофизические свойства чернозема типичного / Г.Н. Черкасов [и др.] // Вестник Курской Госуд. сельскохозяйственной академии. – 2011. – Т. 5. – № 5. – С. 39–41.
9. Ефремова, Е.Н. Агрофизические показатели почвы в зависимости от различных обработок почвы / Е.Н. Ефремова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2013. – № 2(30). – С. 1–5.
10. Claudia Maurer–Troxler. Bodenbiologie nach zehn Jahren Direktsaat und Pflug / Claudia Maurer–Troxler, Andreas Chervet, Lorenz Ramseier und Wolfgang G. Stumy, Hans–Rudolf Oberholzer. – AGRARForschung 12 (10): 2005, s. 460–465.
11. Horst Eichhorn. Die Art der Bodenbearbeitung und ihre Folgen / Horst Eichhorn – Spiegel der Forschung. – 1990. – № 1. – S. 27–34.
12. B. Hofmann. Einfluss langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf Humusgehalt und biologische Bodeneigenschaften / B. Hofmann, S. Tischer, O.Christen. – Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 2003. S. 288–289.
13. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г. Звягинцев [и др.]. – М.: МГУ, 1980. – 224с.
14. Карягина, Л.А. Определение активности полифенолоксидазы и пероксидазы в почве / Л.А. Карягина, Н.А. Михайловская // Весці АН БССР. Серія с.-г. наук. – Мінск, 1986. – № 2. – С. 40–41.
15. Хазиев, Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 2005. – С. 252.
16. Теппер, Е.З. Практикум по микробиологии / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева. – М.: Колос, 1993. – 175 с.
17. Ацци, Дж. Сельскохозяйственная экология / Дж. Ацци. – Москва – Ленинград, 1959. – 480 с.
18. Якість ґрунту. Відбір проб. Частина 6. Настанови щодо відбору, оброблення та зберігання ґрунту для дослідження аеробних мікробіологічних процесів у лабораторії (ISO 10381–6:1993, IDT): ДСТУ ISO 10381–6:2001.
19. ГОСТ 17.4.4.02–84 Охрана природы. Почвы. Метод отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа (Охрана природы. Ґрунти. Метод відбирання та підготування проб для хімічного, бактеріологічного, гельмінтологічного аналізування).
20. Шикун, М.К. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві / За заг. ред. М.К. Шикун. – Оранта, 1998. – 680 с.
21. Примак, І.Д. Мікробіологічна активність чорнозему типового і продуктивність плодозмінної сівозміни за різних систем механічного обробітку ґрунту в Центральному Лісостепу України / І.Д. Примак, А.П. Боканча // Наук. Вісник Ужгород. ун-ту. (Сер. Біол.). – 2009. – Вип. 26.

22. Симочко, Л.Ю. Біологічна активність ґрунту природних та антропогенних екосистем в умовах низинної частини Закарпаття / Л.Ю. Симочко // Наук. Вісник Ужгород. ун-ту. (Сер. Біол.). – 2008. – Вип. 22. – С. 152–154.

23. Дульцева, Н.В. Ферментативная активность чернозема выщелоченного при различных способах его обработки. Вестник Кемеровского государственного сельскохозяйственного института / Н.В. Дульцева; ред. кол.: В.И. Мяленко (гл. ред.) и др.; ФГОУ ВПО «КемГСХИ». – № 3. – Кемерово: Информационно-издательский отдел КемГСХИ, 2009. – С. 30–35.

24. Іутинська, Г.О. Ґрунтова мікробіологія / Г.О. Іутинська. – К.: Аристей, 2006. – С. 217–218.

THE INFLUENCE OF TILLAGE MINIMIZATION ON THE BIOLOGICAL CONDITION IN THE TYPICAL CHERNOZEM

R.P. Vil'nyj

Summary

The article includes the results of three years research on the impact of tillage minimization on the soil microbial cenosis and activity in the typical chernozem. The obtained results indicate an improvement of the biological status of the typical chernozem under decreasing mechanical load on soil. It was established that the variants with soil cultivation and zero tillage formed optimal conditions for the formation and functioning of the microbial coenosis of typical chernozem.

Поступила 31.03.15

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.582:631.445.2

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОТРАВЯНЫХ СЕВООБОРОТОВ И БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ СУПЕСЧАНОЙ И СУГЛИНИСТОЙ ПОЧВАХ

В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко, О.Г. Кулеш

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

В интенсивных системах земледелия ставится задача получать не только высокие и устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур хорошего качества, но и создавать условия для расширенного воспроизводства плодородия почв. В многочисленных опытах, проведенных в Республике Беларусь, установлено, что при достижении продуктивности пашни выше 50 ц к.ед./га при недостаточном уровне применения удобрений может складываться отрицательный баланс по важнейшим элементам питания: азоту, фосфору, калию, а также усиливаются процессы деградации гумуса. Поэтому существенное значение для обоснования наиболее эффективных уровней применения удобрений и целенаправленного регулирования почвенного плодородия имеют балансовые расчеты.

Оценить правильность системы удобрения можно только в условиях их длительного применения в севооборотах. Уровень применения минеральных и органических удобрений в севообороте является одним из наиболее важных факторов, определяющих его продуктивность и состояние агрохимических показателей почвенного плодородия.

Сложившаяся в период 1992–2005 гг. тенденция по снижению объемов применения минеральных и органических удобрений в сочетании с нарушением соотношения питательных веществ в сельскохозяйственном производстве определила необходимость научного поиска и разработки научно обоснованных приемов, позволяющих получать планируемую урожайность сельскохозяйственных культур за счет повышения окупаемости удобрений в севооборотах и более эффективного использования достигнутого потенциала плодородия почв. Основой такого варианта системы применения удобрений, на окультуренных дерново-подзолистых почвах, должно быть поддержание за ротацию севооборота бездефицитного баланса фосфора, калия и гумуса в почвах с оптимальным содержанием этих показателей на основе принципов воспроизводства почвенного плодородия и получения экономически обоснованной продуктивности сельскохозяйственных культур с благоприятным качеством товарной продукции.

В настоящее время агрохимической наукой республики разработан ряд рекомендаций по вопросам эффективного использования минеральных удобрений в агротехнологиях возделывания сельскохозяйственных культур, ориентирован-

ных на получение максимальной урожайности. На основании этих работ решены вопросы оптимальных доз и сроков внесения удобрений под отдельные сельскохозяйственные культуры, которые реализованы в практической деятельности хозяйств.

Поэтому в дальнейшем развитии нуждаются вопросы оптимизации применения удобрений в севооборотах с различным уровнем обеспеченности элементами питания, которые являются основой планирования потребности республики в минеральных удобрениях, а также послужат нормативной основой прогнозирования продуктивности пахотных земель.

Уровень применения минеральных удобрений в севооборотах является наиболее характерным признаком степени интенсификации земледелия, он же определяет и характер изменения агрохимических свойств почв, запасов в них элементов питания. Исследование указанных вопросов возможно только в севооборотах в условиях длительных стационарных опытов. Необходимость научного поиска для решения сохранения и расширенного воспроизводства плодородия почв, повышения эффективности использования средств химизации на различных уровнях плодородия почв, определения количественных закономерностей изменения агрохимических показателей почв определяет актуальность исследований [1–10].

Цель исследований – установить агрохимически обоснованные и эффективные системы удобрения, обеспечивающие формирование высокой урожайности сельскохозяйственных культур при рациональном использовании почвенных запасов элементов питания, окупаемость 1 кг NPK 10–12 к.ед. и получение растениеводческой продукции, сбалансированной по основным макро– и микроэлементам в соответствии с нормативными требованиями.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению продуктивности зернотравяных севооборотов, выносу сельскохозяйственными культурами элементов питания, балансу и интенсивности баланса азота, фосфора и калия в длительных стационарных полевых опытах с удобрениями проводили в 2004–2010 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой, развивающейся на мощном лессовидном суглинке почве, в СПК «Щемыслица» Минского района и дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой с глубины 30–50 см песком, почве в ГП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района.

Опыты развернуты в пространстве в трех полях. Агрохимическая характеристика пахотного слоя дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы: pH_{KCl} – 5,9–6,1, содержание P_2O_5 – 260–410, K_2O – 90–300 мг/кг почвы, гумуса – 1,9–2,0; дерново-подзолистой супесчаной почвы: pH_{KCl} – 5,7–5,9, гидролитическая кислотность – 1,58–1,92, сумма обменных оснований – 9,10–9,52 смоль(+)/кг почвы, обменные кальций – 4,4–4,8 и магний – 1,3–1,6 смоль(+)/кг почвы, содержание подвижных форм: P_2O_5 – 170–280, K_2O – 110–275 мг/кг почвы; гумуса – 2,6–3,0.

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве исследования проводили в зернотравяном севообороте: пелюшко-овсяная смесь (VSB 1132123 + Стрелец) – озимое тритикале Вольтарио с подсевом клевера – клевер Витебчанин – яровая пшеница Тома – яровой рапс Янтарь. Общая площадь делянки – 69 м² (11,5 × 6 м), учетная – 45 м² (10 × 4,5 м).

На дерново-подзолистой супесчаной почве исследования проводили в зерно-травяном севообороте: горохо-овсяная смесь (VSB 1132123 + Стрелец) – ячмень Гонар – озимая рожь Зарница с подсевом клевера – клевер луговой Устойливы – озимое тритикале Вольтарио. Общая площадь делянки – 45 м² (9м x 5м), учетная – 32 м² (8м x 4,0 м).

Повторность вариантов в опытах – 4-кратная.

В схемах опытов предусматривали внесение трех доз азота на фоне фосфорных и калийных удобрений с различной интенсивностью балансов: положительные (150 компенсации выноса P₂O₅ и K₂O), поддерживающие (100) и дефицитные (50 компенсации выноса P₂O₅ и K₂O).

На дерново-подзолистой супесчаной почве осенью 2003, 2004 и 2005 гг. фоном под горохо-овсяную смесь внесено 40 т/га соломистого навоза крупного рогатого скота (НКРС), характеризующегося следующими показателями: влажность – 74,1, рН_{KCl} – 7,60, N общ. – 0,50, P₂O₅ – 0,34, K₂O – 0,57.

Минеральные удобрения (карбамид, аммофос или простой аммонизированный суперфосфат и хлористый калий) вносили под предпосевную культивацию согласно схемам опытов (табл. 1, 2).

Таблица 1

Схема опыта и распределение удобрений по культурам зернотравяного севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве (2004– 2010 гг.)

№ п/п	Сумма NPK за севооборот, кг/га	Горохоовсяная смесь 2004–2006 гг.	*Ячмень 2005–2007 гг.	**Озимая рожь с подсевом клевера 2006–2008 гг.	Клевер луговой 2007–2009 гг.	*** Озимое тритикале 2008–2010 гг.
1	Контроль без удобрений					
2	40 т/га НКРС**** – фон	40 т/га НКРС – фон	Последствие 40 т/га НКРС – фон			
3	N300P350	N60P70	N60P70	P70+N60	P70	P70+N90+30
4	N300K600	N60K120	N60K120	K120+N60	K120	K120+N90+30
5	P350K600	P70K120	P70K120	P70K120	P70K120	P70K120
6	N180P350K600	N30P70K120	N30P70K120	P70K120+N30	P70K120	P70K120+ N90
7	N300P350K600	N60P70K120	N60P70K120	P70K120+N60	P70K120	P70K120+ N90+30
8	N420P350K600	N90P70K120	N60+30P70 K120	P70K120+N60 +N30	P70K120	P70K120+ N90+30+30
9	P200K400	P40K80	P40K80	P40K80	P40K80	P40K80
10	N180P200K400	N30P40K80	N30P40K80	P40K80+N30	P40K80	P40K80+N90
11	N300P200K400	N60P40K80	N60P40K80	P40K80+N60	P40K80	P40K80+N90+30
12	N420P200K400	N90P40K80	N60+30P40 K80	P40K80+ N60+30	P40K80	P40K80+ N90+30+30
13	P100K200	P20K40	P20K40	P20K40	P20K40	P20K40
14	N180P100K200	N30P20K40	N30P20K40	P20K40+N30	P20K40	P20K40+N90
15	N300P100K200	N60P20K40	N60P20K40	P20K40+N60	P20K40	P20K40+N90+30

Примечание. *под ячмень + N30 в фазу стеблевания; **под озимую рожь N весной в фазу возобновления вегетации + N30 в фазу трубкования; *** под озимое тритикале N весной в фазу возобновления вегетации + N30 в фазу стеблевания + N30 в фазу последний лист; ****НКРС – навоз крупного рогатого скота.

Таблица 2

Схема опыта и распределение удобрений по культурам зерноотравяного севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (2006 – 2011 гг.)

№ п/п	Сумма NPK за севооборот, кг/га	Пелюшкова смесь 2006–2008 гг.	* Озимое тритикале + клевер 2007–2009 гг.	Клевер луговой 2008–2010 гг.	**Яровая пшеница 2009–2011 гг.	*** Яровой рапс 2010–2011 гг.
1			Контроль без удобрений			
2	40 т/га НКРС – фон 1	40 т/га НКРС – фон	Последствие 40 т/га НКРС – фон			
3	фон 1 + N120	N30	N30	–	N30	N30
4	фон 1 + N240	N60	N60	–	N60	N60
5	фон 1 + N360	N90	N90	–	N90	N90
6	фон 1 + N240P150	N60P30	N60P30	P30	N60P30	N60P30
7	фон 1+N240K310	N60K60	N60K60	K70	N60K60	N60K60
8	Навоз + P150K310 – фон 2	P30K60	P30K60	P30K70	P30K60	P30K60
9	фон 2 + N120	N30P30K60	N30P30K60	P30K70	N30P30K60	N30P30K60
10	фон 2 + N240	N60P30K60	N60P30K60	P30K70	N60P30K60	N60P30K60
11	фон 2 + N360	N90P30K60	N90P30K60	P30K70	N90P30K60	N90P30K60
12	Навоз + P300K620 – фон 3	P60K120	P60K120	P60K140	P60K120	P60K120
13	фон 3 + N120	N30P60K120	N30P60K120	P60K140	N30P60K120	N30
14	фон 3 + N240	N60P60K120	N60P60K120	P60K140	N60P60K120	N60
15	фон 3 + N360	N90P60K120	N90P60K120	P60K140	N90P60K120	N90
16	фон 3 + N360 дробно	N60+30P60K120	N60+30P60K120	P60K140	N60+30P60K120	N60+30
17	фон 3 + N480 дробно	N90+30P60K120	N90+30P60K120	P60K140	N60+30+30P60K120	N90+30

Примечание. * под озимое тритикале N90 во время возобновления весенней вегетации + N30 в стадию стеблевания; **под яровую пшеницу + N30 в фазу кущения, + N30 в фазу начала трубкования; *** под яровой рапс N30 в фазу растяжки стебля.

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве осенью 2005, 2006 и 2007 гг. фоном внесено 40 т/га соломистого навоза крупного рогатого скота под пелюшко-овсяную смесь.

В опытах применяли интегрированную систему защиты растений от сорняков, болезней и вредителей.

Предпосевную обработку почвы и уход за растениями осуществляли в соответствии с отраслевыми регламентами и рекомендациями по интенсивной технологии возделывания сельскохозяйственных культур [11, 12, 13].

Анализ почвенных и растительных образцов проводили в соответствии с общепринятыми методиками: обменную кислотность pH_{KCl} – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483–85), гидrolитическую кислотность – по Каппену (ГОСТ 26212–84), сумму обменных оснований – по Каппену–Гильковицу (ГОСТ 27821–88), подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207–91), обменные кальций и магний – методом ЦИНАО (ГОСТ 26487–85), гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213). В растительных образцах после мокрого озоления проб в смеси серной кислоты и пергидроля определяли: азот и фосфор фотоколориметрическим индофенольным и ванадо-молибдатным методами, калий – на пламенном фотометре, кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре. Органические удобрения анализировали по ГОСТ 26712–85–ГОСТ 26718–85 (общий азот – в модификации ЦИНАО – индофенольным методом, фосфор – молибдатным методом, калий – на пламенном фотометре).

Учет урожая – сплошной поделяночный. Балансовые расчеты проводили согласно методике РУП «Институт почвоведения и агрохимии» [14].

На формирование урожая сельскохозяйственных культур, наряду с питанием растений, большое влияние оказывает водный и температурный режимы почв и воздуха в течение вегетационного периода растений. Как избыток, так и недостаток влаги и тепла негативно сказывается на урожае сельскохозяйственных культур. Наиболее близкими величинами для характеристики оптимального водного и теплового режимов почв и растений являются среднемноголетние показатели осадков и температуры воздуха.

За вегетационный (апрель–август, 2004–2011 гг.) период возделывания сельскохозяйственных культур распределение осадков, температура воздуха и сумма температур выше 10 °С и ГТК отличались от среднемноголетних величин.

За апрель–август 2010 г. выпало 338,6 мм осадков при средней многолетней величине 350 мм. Температура воздуха значительно превышала средний многолетний показатель: на 1,9 °С в июне, на 5,4 °С в июле и на 4,7 °С в августе. Гидротермический коэффициент (условный показатель увлажнения по Селянинову) в течение вегетационного периода изменялся в пределах 0,9–1,9, что позволило сделать заключение о слабозасушливом периоде в июне и июле.

За апрель–август 2009 г. выпало 502,8 мм осадков. Однако в апреле только 4,6 мм (ср. многол. 46 мм), а в июне 255 мм (12 июня 48, 1мм, а 23 июня 91,5 мм при средней многолетней 78 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.

За апрель–август 2008 г. выпало 310,1 мм осадков, что только на 40 мм меньше среднемноголетней величины (350 мм). Гидротермический коэффициент изме-

нялся 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.

Температура воздуха всего периода вегетации 2007 г. превышала среднемноголетний уровень на 1,2–4,0°C. 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.

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 – 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 норму на 105 мм.

Вегетационный период 2005 г. отличался затяжной и холодной весной и количеством осадков выше средней многолетней величины в два раза в мае и очень сильным ураганным ветром и проливным дождем в течение двух суток в августе, что продлило созревание зерновых культур на две недели. Недостаток осадков ощущался в июне и июле.

Вегетационный период 2004 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.

Сумма выпавших осадков за период вегетации (май–август) составила в 2004 г. – 387,4 мм, 2005 г. – 399,9 мм, 2006 г. – 455 мм, 2007 г. – 281,8 мм, 2008 – 310,1 мм, 2009 г. – 502,8 мм, 2010 г. – 338,6 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 2004 г. составил 1,12–2,8, 2005 г. – 0,73–3,31, 2006 г. – 1,3–4,8, 2007 г. – 0,3–2,5, 2008 г. – 0,8–1,7, 2009 г. – 0,3–5,5, в 2010 г. – 1,0–2,7. В Беларуси вегетационные периоды с показателями ГТК 1,0–1,3 характеризуются как слабозасушливые, 1,3–1,6 оптимальные, а больше 1,6 – влажные [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В исследованиях на дерново-подзолистых легкосуглинистой и супесчаной почвах наиболее значительное влияние на продуктивность зернотравяных севооборотов оказали биологические особенности культур и удобрения. Росту урожайности пелюшко-овсяной смеси, озимых тритикале и ржи, яровых пшеницы и ячменя, рапса способствовали в большей степени возрастающие дозы азотных удобрений. В то же время продуктивность клевера лугового в вариантах с применением возрастающих доз азотных удобрений под покровную культуру снижалась, а максимальных значений достигала в вариантах с внесением фосфорных и калийных удобрений.

Среднегодовая продуктивность зернотравяного севооборота при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в удобренных вариантах составила 81,9–108,7 ц к.ед./га, в варианте без удобрений – 68,7 ц к.ед./га (табл. 3). Внесение 8 т/га севооборотной площади солоमистого навоза КРС увеличило продуктивность севооборота на 13,2 ц к.ед./га. В вариантах с отдельным внесением азотных удобрений N24–72 продуктивность севооборота составила 85,9–90,1 ц/га к.ед., при прибавке от внесения данных удобрений – 4,0–8,2 ц к.ед./га. В вариантах с внесением NP и NK– удобрений продуктивность севооборота повысилась на 9,6 и 10,6 ц к.ед./га соответственно. Введение в систему удобрения фосфора и калия повысило продуктивность в фоновых вариантах на 13,7 (P30K62) и 21,5 (P60K124) ц к.ед./га.

Таблица 3

Влияние удобрений на продуктивность зернотравяного севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	Урожайность основной продукции, ц/га					Средне- годовая продук- тивность, ц к.ед./га	Прибав- ка, ц к.ед./га от	Оку- пае- мость, к.ед.
	пелюш- ка-овес, з/масса	озимое трिति- кале, зерно	клевер 1 года, з/масса	яровая пшени- ца, зерно	яровой рапс, семена			
Без удобре- ний	319	53,8	684	39,8	16,6	68,7	–	–
8 т	382	61,9	839	45,9	19,8	81,9	–	–
N24	430	67,9	814	51,0	22,0	85,9	4,0	16,7
N48	488	71,9	794	54,7	23,7	89,2	7,3	15,2
N72	500	74,7	756	57,5	25,4	90,1	8,2	11,4
N48P30	493	73,4	834	55,7	23,2	91,5	9,6	12,3
N48K62	494	74,0	848	56,0	23,7	92,5	10,6	9,6
P30K62	437	68,7	1036	50,3	22,3	95,6	13,7	14,9
N24P30K62	473	73,1	982	56,6	24,2	97,8	15,9	13,7
N48P30K62	508	76,6	961	59,7	25,9	100,2	18,3	13,1
N72P30K62	540	79,5	911	62,3	26,6	100,6	18,7	11,4
P60K124	457	75,4	1153	50,9	23,6	103,4	21,5	11,7
N24P60K124	520	80,4	1089	57,3	25,0	105,9	24,0	11,5
N48P60K124	558	84,0	1058	60,8	26,2	107,9	26,0	11,2
N72P60K124	568	86,8	972	62,9	28,2	106,7	24,8	9,7
N72P60K124	565	89,0	1007	64,2	27,3	108,7	26,8	10,5
N96*P60K124	575	93,1	942	67,6	26,7	108,1	26,2	9,4
HCP ₀₅	17	1,6	14	2,3	1,3	1,0		

Примечание. *Дробное внесение азотных удобрений.

При среднегодовом применении N24-72P30K62 на фоне внесения 8 т/га севооборотной площади навоза азотные удобрения повысили продуктивность севооборота на 2,2–5,0 ц к.ед./га при общей продуктивности 97,8–100,6 ц к.ед./га, при этом оплата 1 кг NPK составила 11,4–13,7 к.ед. Внесение N24–96 на фоне P60K124 обеспечило продуктивность зернотравяного севооборота 105,9–108,7 ц к.ед./га. Прибавка от внесения азотных удобрений составила 2,5–

5,3 ц к.ед./га, полного минерального удобрения – 24,0–26,8 ц к.ед./га при окупаемости 1 кг NPK 9,4–11,5 к.ед.

Максимальная продуктивность зернотравяного севооборота 107,9 ц к.ед./га получена при среднегодовом внесении N48P60K124 на фоне 8 т/га солоمیсто-го навоза КРС. Прибавка от применения азота в данном варианте составила 4,5 ц к.ед./га, NPK-удобрения – 26,0 ц к.ед./га при окупаемости 1 кг NPK 11,2 к.ед. Дальнейшее увеличение доз азотных удобрений не приводило к повышению продуктивности севооборота, что обусловлено, в первую очередь, отрицательным действием азота на развитие растений клевера в первый год жизни. Необходимо отметить, что доля клевера лугового в общей продуктивности севооборота составила 35–47 .

Таким образом, основное влияние на продуктивность зернотравяного севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве оказало почвенное плодородие (62–65). Применение органических удобрений обеспечило получение 12–13 продукции, внесение фосфорных и калийных удобрений обеспечило 20 продукции севооборота. Низкое долевоe участие азотных удобрений в формировании урожая севооборота (2–5) обусловлено возделыванием в севообороте клевера лугового.

Продуктивность культур севооборота, наряду с содержанием в них элементов питания обуславливала закономерные изменения величины выноса основных элементов питания.

В исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве внесение азотных удобрений в значительной мере приводило не только к росту урожая, но и повышало содержание азота в сухой массе растений, поэтому с увеличением доз азотных удобрений закономерно рос и вынос этого элемента в вариантах опыта.

В варианте без удобрений вынос азота за ротацию севооборота составил 591 кг/га (табл. 4). Внесение органических удобрений способствовало увеличению выноса азота на 124 кг/га. Применение азотных удобрений в наибольшей степени влияло на величину выноса данного элемента. В варианте с наибольшей дозой удобрений (N480P300K620) этот показатель достигал 1042 кг/га, в то время как в варианте с наибольшей продуктивностью (N240P300K620) этот показатель составил 946 кг/га. Таким образом, в зернотравяном севообороте с возделыванием клевера лугового увеличение доз азотных удобрений с 240 до 480 кг д.в./га на фоне P300K620 приводило к неэффективному использованию азота, вынос увеличился на 96 кг/га при недостоверном увеличении продуктивности севооборота.

Таблица 4

Вынос элементов питания за ротацию зернотравяного севооборота

Вариант	Общий вынос, кг/га					Удельный вынос, кг /т				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Без удобрений	591	234	611	214	125	17,2	6,8	17,8	6,2	3,6
Навоз, 40 т– фон 1	715	281	806	259	144	17,4	6,9	19,7	6,3	3,5
Фон 1 + N120	768	299	907	264	141	17,9	7,0	21,1	6,1	3,3
Фон 1 + N240	829	322	968	275	150	18,6	7,2	21,7	6,2	3,4
Фон 1 + N360	861	327	965	282	149	19,1	7,3	21,4	6,3	3,3

Вариант	Общий вынос, кг/га					Удельный вынос, кг /т				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Фон 1 + N240P150	853	328	954	280	158	18,7	7,2	20,9	6,1	3,5
Фон 1 + N240K310	821	316	1079	253	140	17,7	6,8	23,3	5,5	3,0
Фон 1 + P150K310 – фон 2	797	314	1103	263	146	16,7	6,6	23,1	5,5	3,1
Фон 2 + N120	842	332	1146	264	149	17,2	6,8	23,4	5,4	3,0
Фон 2 + N240	887	345	1177	276	152	17,7	6,9	23,5	5,5	3,0
Фон 2 + N360	931	355	1195	296	155	18,5	7,1	23,8	5,9	3,1
Фон 1 + P300K620 – фон 3	854	335	1233	276	147	16,5	6,5	23,8	5,3	2,8
Фон 3 + N120	896	355	1266	281	152	16,9	6,7	23,9	5,3	2,9
Фон 3 + N240	946	376	1326	290	156	17,5	7,0	24,6	5,4	2,9
Фон 3 + N360	986	385	1355	295	158	18,5	7,2	25,4	5,5	3,0
Фон 3 + N360	1005	387	1378	296	159	18,5	7,1	25,3	5,4	2,9
Фон 3 + N480	1042	391	1408	304	164	19,3	7,2	26,0	5,6	3,0

Удельный вынос азота изменялся в вариантах опыта от 16,5 до 19,3 кг/т к.ед. Внесение азотных удобрений увеличивало на 0,4–0,5 кг (в зависимости от фона) затраты данного элемента на формирование 1 т к.ед. основной и соответствующего количества побочной продукции культур севооборота.

Баланс азота за ротацию севооборота был отрицательным и изменялся в пределах от – 14 до –139 кг/га при интенсивности баланса 63,4–95,4 (табл. 5). Оптимальные параметры интенсивности баланса азота, предложенные Институтом почвоведения и агрохимии, при продуктивности, полученной в нашем опыте, должны составлять более 130. Наименьшая разница между приходом и расходом азота наблюдалась в варианте с внесением за ротацию севооборота 360 кг д.в./га азота на фоне внесения органических удобрений, интенсивность баланса при этом составила 95,4. Таким образом, внесение азотных удобрений и возделывание в севообороте клевера лугового полностью не компенсировало вынос данного элемента культурами севооборота.

В вариантах, где не вносили азотные удобрения, расход данного элемента значительно превышал его приход. В фоновых вариантах с внесением P150K310 и P300K620 на фоне органических удобрений баланс азота составил соответственно –80 и –88 кг/га, в варианте без удобрения – –139 кг/га. В варианте оптимальном по продуктивности баланс азота составил – 45 кг/га при интенсивности баланса 90,2.

Суммарный вынос фосфора за ротацию севооборота был не таким значительным, как вынос азота и составил в зависимости от варианта опыта 234–391 кг/га. Таким образом, вынос фосфора по отношению к варианту без удобрений вырос на 67. В варианте с наибольшей продуктивностью отчуждение данного элемента с урожаем за ротацию севооборота составило 376 кг/га.

Затраты фосфора на формирование 1 т к.ед. продукции культур севооборота ниже, чем затраты калия и азота и изменялись в меньших пределах (6,5–7,3 кг). 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.

Баланс и интенсивность баланса элементов питания в зернотравяном севообороте на дерново-подзолистой суглинистой почве

Вариант	Баланс элементов питания, кг/га					Интенсивность баланса,				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Без удобрений	-139	-141	-384	-252	-103	63,4	3,7	8,5	23,4	12,8
Навоз, 40 т – фон 1	-81	-108	-357	-182	-87	81,2	37,7	33,5	49,0	32,3
Фон 1 + N120	-61	-118	-418	-183	-85	86,5	35,6	30,0	48,9	32,9
Фон 1 + N240	-42	-132	-454	-189	-90	90,6	33,1	28,3	48,0	31,5
Фон 1 + N360	-14	-134	-451	-194	-89	95,4	32,8	28,5	47,5	31,7
Фон 1 + N240P150	-48	-46	-444	-194	-96	89,8	77,3	28,8	47,3	30,2
Фон 1 + N240K310	-23	-128	-332	-176	-84	93,3	33,8	53,0	49,7	33,1
Фон 1 + P150K310 – фон 2	-80	-38	-362	-185	-89	82,2	80,3	50,4	48,8	31,9
Фон 2 + N120	-63	-48	-385	-184	-90	86,5	76,4	48,8	48,6	31,6
Фон 2 + N240	-38	-56	-404	-191	-92	91,2	73,5	47,7	47,7	31,2
Фон 2 + N360	-19	-61	-409	-202	-94	94,6	71,7	47,3	46,3	30,7
Фон 1 + P300K620 – фон 3	-88	39	-257	-192	-89	81,9	119,1	69,0	47,7	31,8
Фон 3 + N120	-67	27	-276	-195	-92	86,2	112,2	67,0	47,2	31,1
Фон 3 + N240	-45	15	-309	-200	-94	90,2	106,6	64,3	46,6	30,5
Фон 3 + N360	-33	11	-322	-202	-95	92,7	104,8	63,3	46,4	30,5
Фон 3 + N360	-38	8	-340	-204	-97	91,9	103,5	62,1	46,3	30,1
Фон 3 + N480	-23	6	-354	-207	-99	94,5	102,3	61,0	45,8	29,6

В балансе фосфора наблюдаются закономерные изменения в зависимости от доз фосфорных удобрений. В вариантах, где фосфорные удобрения не вносили, баланс данного элемента был отрицательным и составил -108 – -141 кг/га при интенсивности $3,7$ – $37,7\%$. При внесении 150 кг д.в./га фосфора его баланс также был отрицательным и изменялся в пределах от -38 до -61 кг/га. Интенсивность баланса в данном случае повышалась до $71,7$ – $80,3$ и была близка к оптимальной, которая составляет 50 – 70 для почв с высокой обеспеченностью фосфором. Варианты опыта с внесением 300 кг д.в./га фосфора характеризовались положительным балансом (6 – 39 кг/га) при интенсивности $102,3$ – $119,1$.

Наиболее значительным из выносов всех основных элементов питания был вынос калия культурами севооборота. В варианте без удобрений этот показатель составил 611 кг/га. За счет увеличения продуктивности севооборота при внесении органических удобрений общий вынос калия увеличился до 806 кг/га. При повышении доз как калийных, так и азотных удобрений происходило значительное увеличение выноса калия. В вариантах с внесением возрастающих доз азотных удобрений на фоне 2 (P150K310) вынос калия составил 1146 – 1195 кг/га, на фоне 3 (P300K620) – 1266 – 1355 кг/га. В варианте с наибольшей продуктивностью (N240P300K620) вынос калия составил 1326 кг/га, при дальнейшем увеличении доз азотных удобрений до 480 кг д.в./га, при недостоверном повышении продуктивности севооборота вынос калия увеличился на 82 кг/га.

В отличие от удельного выноса фосфора для калия данный показатель увеличился с повышением доз удобрений. В варианте без удобрений этот показатель составил $17,8$ кг к.ед./т, при внесении N480P300K620 – $26,0$ кг к.ед./т. Таким образом, затраты калия на формирование 1 т к.ед. продукции культур севооборота увеличиваются с повышением доз калийных и азотных удобрений.

Расчет баланса калия в опыте показал, что потребление растениями данного элемента превышало его поступление в почву на 257–454 кг/га. В вариантах, где калий не вносился, его баланс составил –357 – –454 кг/га. При внесении за ротацию севооборота 310 кг д.в./га калия баланс данного элемента был отрицательный –332 – –409 кг/га. Внесение 620 кг д.в./га калия также не было достаточным для положительного баланса, в данном случае баланс изменялся от –257 до –354 кг/га. Интенсивность баланса калия изменялась по вариантам опыта от 8,5 до 69,0. В варианте с наибольшей продуктивностью вынос калия составил 1326 кг/га, баланс – –309 кг/га, при его интенсивности 64,3.

Общий вынос растениями кальция и магния в меньшей степени зависел от системы удобрения и составил 214–304 и 125–164 кг/га соответственно. Удельный вынос кальция и магния изменялся в небольших пределах 5,3–6,3 и 2,8–3,6 кг к.ед./т соответственно и имел тенденцию к снижению с повышением доз минеральных удобрений.

Разница между приходом и расходом кальция составила –184 – –252 кг/га, магния – –84 – –103 кг/га при интенсивности баланса 23,4–49,7 и 12,8–33,1 соответственно.

Высокая продуктивность зернотравяного севооборота, значительный вынос основных элементов питания привели к изменениям агрохимических показателей пахотного слоя исследуемой почвы, в большей мере это отразилось на содержании подвижного фосфора и калия (табл. 6).

На фоне высокого содержания фосфора в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве происходило снижение на 6–24 мг/кг почвы содержания его подвижных форм в вариантах без внесения фосфорных удобрений. При применении за ротацию севооборота 150 кг д.в./га фосфора (рассчитанного на 50 компенсации выноса) содержание подвижных фосфатов увеличилось на 5–16 мг/кг почвы только в вариантах с внесением P150K310 и N120P150K310 на фоне подстилочного навоза КПС. Применение за ротацию 300 кг д.в./га фосфора приводило к повышению количества подвижных фосфатов на 10–24 мг/кг почвы. Значительный вынос калия растениями при отрицательном балансе за ротацию севооборота привел к тому, что во всех вариантах опыта наблюдалось обеднение почвы подвижными формами калия (уменьшение на 18–80 мг/кг почвы).

За ротацию севооборота в зависимости от системы удобрения показатель кислотности pH имел тенденцию к снижению на 0,04–0,29 ед., содержание гумуса снизилось на 0,04–0,23.

На дерново-подзолистой супесчаной почве в среднем за три года (2004–2006 гг.) урожайность зеленой массы горохо-овсяной смеси (VSB 1132123 + Стрелец) формировалась на уровне 244–404 ц/га. При внесении минеральных удобрений на фоне 40 т/га органических урожайность зеленой массы практически не зависела от доз фосфорных и калийных удобрений, а увеличивалась при нарастании доз азотных удобрений. оптимальная, математически достоверная урожайность 393 ц/га зеленой массы формировалась при применении системы удобрения с поддерживающими балансами фосфора и калия N30P40K80 на фоне 40 т/га НКПС, при самой высокой в опыте оплате минеральных удобрений (NPK) 54,7 кг зеленой массы горохо-овсяной смеси. Сбор сухого вещества при данной системе удобрения составил 78,7 ц/га. Максимальная оплата азотных удобрений зеленой массой 166 и 94 кг получена при применении N30 на фоне положительных и поддерживающих балансов фосфора и калия P70K120 и P40K80.

Таблица 6

**Динамика агрохимических показателей пахотного слоя дерново-подзолистой суглинистой почвы
в зернотравяном севообороте**

№ п/п	pH _{KCl}		P ₂ O ₅ , мг/кг			K ₂ O, мг/кг			Гумус,			
	2005–2006	2010–2011	+	2005–2006	2010–2011	+	2005–2006	2010–2011	+	2005–2006	2010–2011	+
1	6,07	6,00	-0,07	265	243	-22	92	74	-18	1,79	1,59	-0,20
2	6,10	6,05	-0,05	257	251	-6	121	92	-29	1,87	1,73	-0,14
3	6,08	5,98	-0,10	277	266	-11	146	81	-65	1,92	1,81	-0,11
4	6,05	5,99	-0,06	289	279	-10	139	87	-52	1,91	1,78	-0,13
5	6,06	6,01	-0,05	294	274	-20	152	87	-65	1,95	1,87	-0,08
6	6,10	6,00	-0,10	326	306	-20	156	88	-68	2,01	1,78	-0,23
7	6,09	5,95	-0,14	307	283	-24	212	132	-80	1,96	1,75	-0,21
8	5,99	5,88	-0,11	362	378	16	226	185	-41	1,90	1,79	-0,11
9	6,04	5,84	-0,20	357	362	5	220	169	-51	1,86	1,76	-0,10
10	5,92	5,82	-0,10	363	346	-17	205	150	-55	1,91	1,77	-0,14
11	5,99	5,85	-0,14	353	343	-10	209	191	-18	1,92	1,88	-0,04
12	6,00	5,88	-0,12	410	420	10	300	261	-39	1,94	1,83	-0,11
13	5,99	5,85	-0,14	414	431	17	299	248	-51	1,91	1,78	-0,13
14	5,98	5,88	-0,10	409	433	24	284	264	-20	1,97	1,86	-0,11
15	5,92	5,76	-0,16	416	433	17	298	233	-65	1,96	1,84	-0,12
16	5,94	5,65	-0,29	406	424	18	277	238	-39	1,96	1,83	-0,13
17	5,96	5,67	-0,29	387	406	19	273	218	-55	1,92	1,83	-0,09
НСР				24,6	26,3		26	29				

На фоне интегрированной системы защиты растений от сорняков, болезней и вредителей, оптимальный уровень урожая ячменя 38–54 ц/га обеспечивался при применении N60P40K80 (PK на поддерживающие балансы) +N30 в фазу начала стеблевания на фоне последействия 40 т/га органических удобрений, а в среднем за три года 48,7 ц/га (табл. 7).

Таблица 7

Влияние различных систем применения удобрений на урожайность культур и продуктивность зернотравяного севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве, ц/га

Среднегодовое применение удобрений, кг д.в./га	Горохо-овсяная смесь	Яровой ячмень	Озимая рожь	Клевер 1 года пользования	Озимое тритикале	Среднегодовая продуктивность, ц к.ед./га	Прибавка, ц к.ед. от минеральных удобрений	
							Прибавка, ц к.ед. от	Окупаемость, к. ед.
1. Без удобрений	244	31,2	32,8	509	40,5	60,5	–	–
2. 8 т/га НКРС – фон	311	37,0	38,4	596	41,5	70,2	9,7	–
3. N60P70	356	46,5	63,5	616	67,5	90,1	19,9	15,3
4. N60K120	345	44,8	62,5	588	65,4	87,1	16,9	9,4
5. P70K120	354	44,5	47,7	671	48,1	81,7	11,5	6,0
6. N36P70K120	403	47,5	57,1	694	65,8	93,1	22,9	10,1
7. N60P70K120	394	47,9	62,3	669	68,2	93,9	23,7	9,5
8. N84P70K120	404	49,0	72,6	582	73,6	95,5	25,3	9,2
9. P40K80	365	43,4	46,6	653	47,0	80,4	10,2	8,5
10. N36P40K80	393	46,4	56,3	667	66,3	91,1	20,9	13,4
11. N60P40K80	388	46,5	62,5	656	69,1	93,1	22,9	12,7
12. N84P40K80	401	48,7	71,7	608	72,6	95,9	25,7	12,6
13. P20K40	344	41,0	43,9	610	45,9	76,0	5,8	9,7
14. N36P20K40	353	43,6	53,3	629	62,9	85,4	15,2	15,8
15. N60P20K40	371	46,7	59,4	618	66,1	89,2	19,0	15,8
НСР _{0,05}	10	1,7	3,5	8	1,4	1,7		

Оптимальная урожайность зерна диплоидного сорта озимой ржи Зарница 71,7 ц/га в среднем за три года (2006–2008 гг.) формировалась при комплексном последовательном и совместном применении средств химизации (N90P40K80 на фоне последействия 40 т/га навоза КРС). При оптимальной урожайности окупаемость 1 кг NPK составила 15,9 кг и 1 кг азотных удобрений – 27,9 кг зерна.

Внесение возрастающих доз азотных удобрений (N30–90) обеспечило прибавку урожайности зерна 9,4–25,1 ц/га при увеличении содержания белка на 0,1–0,7 и сбора белка – на 102–270 кг/га.

Урожайность зеленой массы клевера лугового Устойливы в среднем за три года (2007–2009 гг.) на уровне 286–402 ц/га получена в 1-м укосе, а во 2-м укосе – 220–299 ц/га. В сумме за два укоса и в среднем за три года внесение P70K120 обеспечило урожайность зеленой массы клевера лугового Устойливы на уровне 582–694 ц/га. Внесенные под покровную культуру озимую рожь азотные удобрения в дозах 60 и 90 кг/га снижали урожайность зеленой массы клевера

1 укоса. Максимальная урожайность 694 ц/га зеленой массы формировалась при применении P70K120 и внесении N30 P70K120 под предшественник – озимую рожь. Прибавка при сравнении с внесением P40K80 и P20K40 составила 24 ц/га и 65 ц/га соответственно. Сбор сухого вещества при оптимальной урожайности составил 103,5 ц/га, или 123,2 ц/га сена, 145,5 ц/га кормовых единиц.

Среднегодовое содержание сырого белка в 1-м укосе изменялось в зависимости от системы удобрения от 13,3 до 15,0, 2-м укосе – от 13,6 до 17,0.

В среднем за три года (2008–2010 гг.) оптимальная урожайность зерна озимого тритикале Вольтарио 72,6 ц/га формировалась при комплексном последовательном и совместном применении средств химизации, в том числе N150P40K80 на фоне последействия 40 т/га навоза КРС.

При оптимальной урожайности зерна озимого тритикале прибавка зерна от NPK составила 31,1 ц/га, в том числе от азотных удобрений 25,6 ц/га, при оплате 1 кг NPK – 11,5 кг зерна и 1 кг азота – 17,1 кг зерна. Последействие органических удобрений (40 т/га) не оказало достоверного влияния на урожайность зерна озимого тритикале. Внесение возрастающих (90, 120, 150 кг/га) доз азотных удобрений на фоне P20, 40, 70, 80, 120 обеспечило прибавку урожайности зерна 17,0–25,6 ц/га при окупаемости 1 кг N – 16,8–21,5 кг зерна.

Среднегодовая продуктивность зернотравяного севооборота при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве при применении органо-минеральной системы удобрения формировалась на уровне 76,0–95,9 ц к.ед./га, в варианте без удобрений – 60,5 ц к.ед./га (см. табл. 7).

Оптимальная продуктивность зернотравяного севооборота 95,9 ц к.ед./га формировалась при применении органо-минеральной системы удобрения (среднегодовое внесение 8 т/га НКРС + N84P40K80). Азотные удобрения вносили в три срока. При применении данной системы удобрения получена прибавка от NPK 25,7 ц к.ед./га, в том числе за счет действия азота 15,5 ц к.ед./га, при оплате 1 кг NPK 12,6 кг и 1 кг азотных удобрений 18,5 кг кормовых единиц.

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 10,5–6,7 ц к.ед./га.

Известно, что показатель выноса элементов питания, рассчитанный на единицу основной продукции с соответствующим количеством побочной, является величиной менее варьированной, чем хозяйственный вынос, что обусловлено некоторым саморегулированием растений путем изменения как химического состава, так и соотношения между основной и побочной продукцией. Показатель выноса элементов питания с единицей основной продукции четко характеризует особенности культур. Однако, анализ многочисленных данных показал, что и эти показатели подвергаются значительному варьированию под влиянием условий выращивания: влагообеспеченности, гранулометрического состава почвы, ее агрохимических показателей, запасов подвижных элементов питания, технологии возделывания, применения минеральных и органических удобрений, особенностей сорта и др. Максимальный хозяйственный и удельный вынос элементов питания характерен для систем удобрения N84P40, 70K80, 120 на фоне действия и последействия 40 т/га НКРС. При применении N84P40, 70K80, 120 следующий удельный вынос элементов питания: N – 18,3 и 18,7 кг/т, P₂O₅ – 9,5 и 9,9 кг/т, K₂O – 26,2 и 28,6 кг/т, CaO – 4,5 и 4,6 кг/т и MgO – 3,1 кг/т (табл. 8).

Таблица 8

**вынос элементов питания за ротацию зернотравяного севооборота
на дерново-подзолистой супесчаной почве (2004–2010 гг.)**

Применение удобрений, кг д.в./га	Хозяйственный вынос элементов питания, кг/га					Удельный вынос элементов питания, кг/т				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1. Без удобрений	435	190	443	153	99	15,9	7,8	14,8	4,1	3,0
2. 40 т/га нкрс – фон	504	226	596	168	104	16,0	8,5	17,9	4,2	3,0
3. N300P350	687	303	710	198	135	17,9	9,2	19,5	4,8	3,5
4. N300K600	657	283	919	174	109	17,7	8,9	25,1	4,3	2,9
5. P350 K600	588	272	894	177	108	16,6	9,2	24,6	4,3	3,0
6. N180 P350 K600	675	311	998	175	116	17,5	9,8	26,8	4,7	3,2
7. N300 P350 K600	698	319	1015	200	123	17,5	9,6	27,2	4,3	3,1
8. N420* P350 K600	734	328	1030	178	115	18,7	9,9	28,6	4,6	3,1
9. P200 K400	567	267	838	169	108	16,2	9,2	23,3	4,1	3,1
10. N180 P200 K400	656	298	920	188	119	16,9	9,2	24,4	4,5	3,1
11. N300 P200 K400	681	308	945	179	119	17,5	9,4	25,3	4,3	3,1
12. N420* P200 K400	718	314	960	180	118	18,3	9,5	26,2	4,5	3,1
13. P100K200	555	246	742	160	102	16,7	8,8	21,8	4,1	3,0
14. N180 P100K200	595	272	781	174	111	16,4	8,8	21,3	4,2	3,0
15. N300 P100 K200	651	284	822	184	121	17,3	8,9	22,4	4,5	3,2
НСР ₀₅										

Примечание. *Внесение азотных удобрений в два и три срока.

При нарастании доз азотных, фосфорных и калийных удобрений общий и удельный вынос элементов питания увеличивался.

При расчете баланса элементов питания [14] в приходную статью включено поступление азота, фосфора и калия с органическими и минеральными удобрениями; осадками и семенами (N12,4 P1,8 K11,8), 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. 9).

Баланс азота в зернотравяном севообороте с горохо-овсяной смесью и клевером луговым отрицательный в варианте без органических и минеральных удобрений, а также при внесении P20,40,70K40,80,120 (без азотных удобрений), в остальных вариантах он положительный от 0,9 (фон) до 25,5 кг/га при его интенсивности 101–114.

Баланс фосфора отрицательный при внесении фосфорных удобрений в расчете на дефицит от –5,7 до –13,3 кг/га, в фоновом варианте (–21,8 кг/га) и без удобрений (–36,3 кг/га), при внесении N60K120 (–33,1 кг/га). Положительный баланс фосфора изменялся в пределах от 0,6 до 39,1 кг/га при интенсивности баланса 101–172.

Баланс и интенсивность баланса элементов питания за ротацию севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Баланс элементов питания, кг/га			интенсивность баланса,		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Без удобрений	- 19,8	- 36,3	- 102,8	75	5	10
2. 8 т/га нкрс – фон	3,6	- 21,8	- 105,4	101	52	27
3. N60P70	13,3	32,7	- 128,3	107	154	24
4. N60K120	15,7	- 33,1	- 49,9	110	41	76
5. P70K120	- 4,7	39,1	- 44,9	93	172	78
6. N36P70K120	5,1	31,2	- 65,8	103	150	71
7. N60P70K120	18,8	29,6	- 69,2	109	146	70
8. N84*P70K120	26,1	27,8	- 72,1	111	142	69
9. P40K80	0,8	10,1	- 73,9	96	119	62
10. N36P40K80	7,8	3,8	- 90,3	103	106	57
11. N60P40K80	19,1	1,8	- 95,2	110	103	56
12. N84*P40K80	29,8	0,6	- 98,2	114	101	55
13. P20K40	- 2,5	- 5,7	- 94,5	95	88	46
14. N36P20K40	20,8	- 11,0	- 102,4	109	80	44
15. N60P20K40	22,5	- 13,3	- 110,5	112	77	42

Примечание. *Внесение азотных удобрений в два срока.

Баланс калия отрицательный во всех вариантах опыта от - 44,9 кг/га (при внесении P70K120) до - 102,8 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. Интенсивность баланса по калию в севообороте изменялась в пределах 10–78 (табл. 9).

В среднем по трем полям содержание гумуса за ротацию севооборота изменялось в пределах ошибки опыта (различия по вариантам составили от +0,09 до -0,12). кислотность пахотного слоя достоверно повышалась на 0,15–0,34 ед. Содержание подвижного фосфора за ротацию севооборота имело тенденцию к снижению на 10–32 мг/кг почвы, а содержание подвижного калия практически во всех вариантах достоверно снизилось на 27–48 мг/кг почвы (табл. 10).

Таблица 10

Динамика агрохимических показателей пахотного слоя дерново-подзолистой супесчаной почвы в зернотравяном севообороте

№ п/п	pH _{KCl}			P ₂ O ₅ , мг/кг			K ₂ O, мг/кг			Гумус,		
	2003–2005	2008–2010	+	2003–2005	2008–2010	+	2003–2005	2008–2010	+	2003–2005	2008–2010	+
1	5,82	5,66	-0,16	168	136	-32	110	71	-39	2,60	2,63	0,03
2	5,87	5,72	-0,15	185	154	-31	125	92	-33	2,79	2,76	-0,03
3	5,78	5,55	-0,23	256	226	-30	114	74	-40	2,83	2,81	-0,02
4	5,84	5,65	-0,19	187	158	-29	247	220	-27	3,02	2,90	-0,12

№ п/п	pH _{KCl}			P ₂ O ₅ , мг/кг			K ₂ O, мг/кг			Гумус,		
	2003–2005	2008–2010	+	2003–2005	2008–2010	+	2003–2005	2008–2010	+	2003–2005	2008–2010	+
5	5,86	5,67	–0,19	270	257	–13	275	238	–37	2,90	2,85	–0,05
6	5,81	5,54	–0,27	275	264	–11	246	213	–33	2,94	2,83	–0,11
7	5,78	5,47	–0,31	285	258	–27	239	202	–37	2,87	2,86	–0,01
8	5,72	5,38	–0,34	281	264	–17	238	202	–36	2,91	2,90	–0,01
9	5,82	5,62	–0,20	277	250	–27	246	216	–30	2,99	2,89	–0,10
10	5,77	5,57	–0,20	255	245	–10	226	188	–38	2,98	2,90	–0,08
11	5,76	5,50	–0,26	260	235	–25	202	154	–48	2,91	2,89	–0,02
12	5,75	5,42	–0,33	245	222	–23	192	148	–44	2,89	2,91	0,02
13	5,80	5,69	–0,11	237	214	–23	197	161	–36	2,88	2,85	–0,03
14	5,81	5,62	–0,19	221	199	–22	162	133	–29	3,00	2,98	–0,02
15	5,84	5,59	–0,25	217	187	30	146	109	–37	2,81	2,90	0,09
НСР	0,08	0,08		24,6	26,3		17,9	18,2		0,31	0,28	

Таким образом, при применении различных систем удобрения сельскохозяйственных культур в зернотравяном севообороте: горохо-овсяная смесь – ячмень – озимая рожь с подсевом клевера – клевер луговой – озимое тритикале в условиях окультуренной дерново-подзолистой супесчаной почвы наиболее эффективной является органо-минеральная система удобрения, включающая применение фосфорных и калийных удобрений (P40,70K80,120) из расчета 100–150 компенсации выноса P₂O₅ и K₂O и внесение 84 кг азотных удобрений в два или три срока на фоне 8 т/га органических удобрений, при которой обеспечивается продуктивность севооборота на уровне 95,9–95,5 ц к.ед./га. Однако, при применении указанных доз органических и минеральных удобрений, в пахотном слое дерново-подзолистой супесчаной почвы наблюдается повышение кислотности на 0,33–0,34 ед., снижение содержания фосфора – на 23–17 мг/кг и калия – на 44–36 мг/кг почвы. Содержание гумуса изменялось в пределах ошибки опыта.

ВЫВОДЫ

В зернотравяных севооборотах: а) пелюшко-овсяная смесь – озимое тритикале – клевер – яровая пшеница – яровой рапс на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при продуктивности культур 68,7–108,7 ц к.ед./га; б) горохо-овсяная смесь – яровой ячмень – озимая рожь с подсевом клевера – клевер луговой – озимое тритикале на дерново-подзолистой супесчаной почве при продуктивности культур 60,5–95,9 ц к.ед./га:

- общий вынос элементов питания с урожаями культур увеличивался с повышением доз удобрений; наиболее значительным был вынос калия, затем в убывающем порядке идут азот, фосфор, кальций и магний;

- при меньшем внесении фосфорных удобрений на 70 кг/га и калийных – на 20 кг/га среднегодовая продуктивность зернотравяного севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на 8,2–12,8 ц к.ед./га выше, чем на дерново-подзолистой супесчаной;

- при внесении наибольшей суммарной дозы минеральных удобрений (N480P300K620) на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве 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/т;
- при внесении на дерново-подзолистой супесчаной почве наибольшей дозы минеральных удобрений (N420P350K600) вынос азота составил 734 кг/га, фосфора – 328, калия – 1030, кальция – 178, магния – 115 кг/га; удельный вынос в данном варианте составил: азота – 18,7, фосфора – 9,9, калия – 28,6, кальция – 4,6, магния – 3,1 кг/т; при меньшем, чем на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве общем выносе элементов питания, удельный вынос фосфора на 2,7 кг/т и калия на 2,6 кг/т выше;
- на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве расход основных элементов питания, за исключением фосфора при внесении за ротацию 300 кг/га, превышал их поступление с удобрениями, что обусловило отрицательный баланс; баланс фосфора при внесении 300 кг/га составил 6–39 кг/га при интенсивности баланса 102,3–119,1; применение калийных удобрений в дозах 310 и 620 кг д.в./га за ротацию севооборота было недостаточным для компенсации полного выноса калия с урожаем растениеводческой продукции, отрицательный баланс калия составил – 257–409 кг/га (интенсивность – 47,3–69,0);
- на фоне высокого содержания фосфора в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве происходило снижение на 6–24 мг/кг его подвижных форм в вариантах без внесения фосфорных удобрений; при применении за ротацию севооборота 150 и 300 кг д.в./га фосфора содержание подвижных фосфатов увеличилось на 5–24 мг/кг почвы; обеднение почвы подвижными формами калия (уменьшение на 18–80 мг/кг почвы) наблюдалось во всех вариантах опыта; показатель кислотности (pH_{KCl}) имел тенденцию к снижению на 0,04–0,29 ед., содержание гумуса снизилось на 0,04–0,24 ;
- в дерново-подзолистой супесчаной почве баланс азота отрицательный в вариантах без внесения органических и минеральных удобрений, а также при внесении P20,40,70K40,80,120 (без азотных удобрений); при применении N30,60,84 на фоне PK баланс азота положительный от 0,9 (фон) до 25,5 кг/га при его интенсивности 101–114; баланс фосфора отрицательный при внесении фосфорных удобрений в дозе P20 от – 5,7 до – 13,3 кг/га и без фосфорных удобрений от – 21,8 кг/га до – 36,3 кг/га, положительный баланс фосфора при внесении P40,70 изменялся в пределах от 0,6 до 39,1 кг/га при интенсивности баланса 101–172; баланс калия отрицательный во всех вариантах опыта от – 44,9 кг/га при внесении P70K120 до – 102,8 кг/га (без удобрений); интенсивность баланса по калию в севообороте изменялась в пределах 10–78;
- в дерново-подзолистой супесчаной почве происходило снижение (повышение кислотности) показателя кислотности (pH_{KCl}) на 0,11–0,34 ед., содержания гумуса – на 0,01–0,11, содержания подвижного фосфора – на 17–32 и калия – на 27–48 мг/кг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брагин, А.М. Влияние длительного применения различных систем удобрения в севообороте на изменение агрохимических свойств и окультуренность

почвы / А.М. Брагин // 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 в севообороте / А.М. Лыков [и др.] // Повышение плодородия почв и получение запланированных урожаев сельскохозяйственных культур: сб. научных трудов / Московская с.-х. акад. им. К.А. Тимирязева; гл. ред. А.И. Пупонин. – М.: ТСХА, 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. Программа мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв в Республике Беларусь на 2011– 2015 гг. / В.Г. Гусаков [и др.], под ред. В.Г. Гусакова. – Минск: МСХПРБ Госкомимущества, 2010. – 106 с.

7. Справочник агрохимика / В.В. Лапа. [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.

8. Лапа, В.В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В. Лапа, В.Н. Босак. – Минск, 2002. – 184 с.

9. Кулеш, О.Г. Продуктивность сельскохозяйственных культур и плодородие дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при различных системах удобрения в зернотравяном севообороте: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / О.Г. Кулеш; НИИПА. – Минск, 2014. – 22 с.

10. 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.

11. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов / Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 460 с.

12. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. Акад. Наук Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. разработ. Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2012. – 288 с.

13. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сборник отраслевых регламентов / Нац. Акад. наук Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. разработ. Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2012. – 469 с.

14. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 24 с.

15. Мельник, В.И. Агроклиматические ресурсы Белорусской ССР / В.И. Мельник, М.А. Гольберг. – Минск, 1985. – 450 с.

CROP ROTATION PRODUCTIVITY AND NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM BALANCE IN CROPPING ON SOD-PODZOLIC SANDY LOAM AND LOAMY SOIL

V.V. Lapa, N.N. Ivakhnenko, O.G. Kulesh

Summary

It was revealed that average annual grain-grass rotation productivity on sod-podzolic loamy soil during lower phosphorus fertilization at 70 kg/ha and potassium fertilization at 20 kg/ha on 8,2–12,8 h of f.u./ha was higher than at the sod-podzolic sandy loam. Total nutrients removal with yields has increased with increasing of fertilizer doses; potassium removal was the most significant, then nitrogen, phosphorus, calcium were in descending order; it was observed at all experiment variants the depletion of mobile forms of potassium on sod-podzolic soil in the 18–80 mg/kg and 27–48 mg/kg on sandy loam soil; humus content varied in both soil variants within experimental error.

Поступила 22.04.15

УДК 631.416.4:631.582:631.8

БАЛАНС КАЛИЯ В ЧЕРНОЗЕМЕ ОПОДЗОЛЕННОМ ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТОМ ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ

Г.Н. Господаренко, О.В. Никитина, Ю.И. Кривда
*Уманский национальный университет садоводства,
г. Умань, Украина*

ВВЕДЕНИЕ

Проблема баланса калия в земледелии очень важна и до конца не разработана. Обычно ученые предлагают полную компенсацию удобрениями выноса калия урожаем. Однако в этом, в большинстве случаев, нет никакой необходимости. Прежде всего, расчеты, выполненные на основе средних коэффициентов, как правило, не совпадают с данными по выносу в конкретных условиях, особенно на культурах с высоким выносом калия за счет ботвы (свекла сахарная), листо-стеблевой массы (кукуруза) и соломы зерновых. Значительная часть калия растительных остатков к моменту уборки урожая остается на поле, причем с существенными различиями в зависимости от погодных условий [1].

Изменение содержания подвижных форм калия в почвах находятся в определенной зависимости от состояния их баланса [2, 3, 4].

По мнению Д.Н. Прянишникова, допустимая интенсивность баланса калия должна составлять не менее 80% [5]. На черноземах типичных, выщелоченных и оподзоленных с повышенным и высоким содержанием подвижных соединений

калия – 80–180 мг/кг (по методу Чирикова), в районах неустойчивого увлажнения возвращение калия должно быть 40–60% от выноса урожаем культур севооборота [6].

Изучение баланса питательных веществ в земледелии позволяет определить избыток или недостаток отдельных элементов питания растений для формирования урожая. Проведение таких исследований в динамике позволяет разработать предложения для планового регулирования баланса на конкретных природно-административных территориях [2].

При составлении рациональной системы удобрения одной из задач является достижение положительного баланса питательных веществ. В этом аспекте особую ценность имеют данные, полученные в длительных стационарных опытах с различными уровнями удобрения в которых учитываются статьи баланса и особенности круговорота биофильных элементов. Эти данные являются одной из главных составляющих теории применения удобрений и необходимы для прогнозирования плодородия почвы.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальная часть работы выполнена на опытном поле учебно–научно–производственного отдела Уманского национального университета садоводства в условиях длительного (с 1964 г.) стационарного опыта кафедры агрохимии и почвоведения, основой которого является 10-польный полевой севооборот, развернутый во времени и пространстве. В севообороте применяется минеральная с внесением на 1 га севооборотной площади $N_{45}P_{45}K_{45}$; $N_{90}P_{90}K_{90}$ и $N_{135}P_{135}K_{135}$, органическая (Навоз 9 т; 13,5 т, 18 т) и органо-минеральная (Навоз 4,5 т + $N_{22}P_{34}K_{18}$; Навоз 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$; Навоз 13,5 т + $N_{68}P_{101}K_{54}$) системы удобрения. В I и II ротациях севооборота по минеральной, органической и органо-минеральной системам удобрения в вариантах опыта $N_{90}P_{90}K_{90}$, Навоз 18 т и Навоз 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$ насыщенность 1 га площади севооборота была $N_{135}P_{135}K_{135}$, Навоз 13,5 т, Навоз 6,8 т + $N_{101}P_{118}K_{95}$ соответственно. Разница этих вариантов с третьим уровнем удобрения была в разных нормах удобрений, которые вносились под отдельные культуры.

Почва опытных участков – чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый на лесе. На закладке опыта имел следующие показатели: содержание гумуса (по методу Тюрина) – 3,31%, азота легкогидролизovaných соединений (по методу Тюрина–Кононовой) – 48 мг/кг, подвижных фосфатов (по методу Трюга) – 150 мг/кг, обменных соединений калия (по методу Бровкиной) – 90 мг/кг, pH_{KCl} – 6,2, гидролитическая кислотность – 2,5 смоль/кг, степень насыщенности основаниями – 95%.

Содержимое общих форм калия в одной навеске растительного материала определяли после мокрого озоления на пламенном фотометре.

Для упрощения балансовых расчетов было сокращено количество сопоставимых и равных статей как в части поступления, так и в части выноса калия. Считали, что суммарное количество калия, поступающего из атмосферы и с семенами, соответствует их потери от эрозии и вымывания. В связи с такими упрощениями в приходной части баланса оставили только статью внесения с удобрениями, а в расходной – вынос товарной и нетоварной частями урожая (хозяйственный вынос) [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты показали, что баланс и его интенсивность (ИБ) во всех ротациях складывался неравномерно и в значительной степени зависел от уровня поступления его с удобрениями и выносом с урожаем.

Как видно из данных табл. 1, вынос калия в первой ротации на участках без удобрений составляло 84 кг/га в год. На удобряемых участках он был выше и превышал показатель на 16–32 кг/га в год. Чем меньше поступало калия с удобрениями, тем больше был его дефицит. Баланс был бездефицитным только при внесении двойной и тройной нормы удобрений при минеральной и органо-минеральной системе удобрения (интенсивность баланса была 117–121%). Так, при минеральной системе вынос этого элемента при применении двойной и тройной дозах удобрений превышал его потребление на 23 и 24 кг/га в год, при органо-минеральной – 23 и 19 кг/га соответственно.

Таблица 1

Динамика баланса калия в почве полевого севооборота при различном удобрении, кг K_2O /га за год

Статья баланса	Вариант опыта									
	Без удобрений	$N_{45}P_{45}K_{45}$	$N_{90}P_{90}K_{90}$	$N_{135}P_{135}K_{135}$	Навоз 9 т	Навоз 13,5 т	Навоз 18 т	Навоз 4,5 т + $N_{22}P_{34}K_{18}$	Навоз 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$	Навоз 13,5 т + $N_{68}P_{101}K_{54}$
I ротация										
Поступление	–	45	135	135	54	81	81	45	135	135
Вынос	84	102	112	111	100	107	109	107	113	116
Баланс	–84	–57	23	24	–46	–26	–28	–62	23	19
ИБ, %	–	44	121	121	54	76	74	42	120	117
II ротация										
Поступление	–	45	135	135	54	81	81	45	135	135
Вынос	82	102	119	122	99	112	115	110	124	128
Баланс	–82	–57	16	13	–45	–31	–34	–65	11	7
ИБ, %	–	44	114	111	55	73	71	41	109	106
III ротация										
Поступление	–	45	90	135	54	81	108	45	90	135
Вынос	82,4	109	131	144	106	122	134	114	134	150
Баланс	–82	–64	–41	–9	–52	–41	–26	–69	–44	–15
ИБ, %	–	41	69	94	51	66	81	40	67	90
IV ротация										
Поступление	–	45	90	135	54	81	108	45	90	135
Вынос	90	119	143	159	115	134	147	125	149	169
Баланс	–90	–74	–53	–24	–61	–53	–39	–80	–59	–34
ИБ, %	–	38	63	85	47	61	74	36	60	80
V ротация										
Поступление	–	45	90	135	54	81	108	45	90	135
Вынос	88	121	147	162	118	135	145	128	153	169

Статья баланса	Вариант опыта									
	Без удобрений	N ₄₅ P ₄₆ K ₄₅	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅	Навоз 9 т	Навоз 13,5 т	Навоз 18 т	Навоз 4,5 т + N ₂₂ P ₃₄ K ₁₈	Навоз 9 т + N ₄₅ P ₆₆ K ₃₆	Навоз 13,5 т + N ₆₆ P ₁₀₁ K ₅₄
Баланс	-88	-76	-57	-27	-64	-54	-37	-83	-63	-34
ИБ, %	-	37	61	84	46	60	74	35	59	80
1965–2014 гг.										
Поступление	-	45	90	135	54	81	97	45	108	135
Вынос	85	110	130	139	107	122	130	117	135	146
Баланс	-85	-66	-40	-4	-53	-41	-33	-72	-27	-11
ИБ, %	-	41	69	97	50	66	75	39	80	92

Во второй ротации вынос калия культурами севооборота в варианте без применения удобрений составлял 82 кг/га в год. Одинарные нормы минеральных удобрений компенсировали вынос калия на 44%, тогда как двойные и тройные – создавали положительный баланс с интенсивностью 114 и 111% соответственно. Применение только органических удобрений из расчета 9 т/га площади севооборота обеспечило дефицит калия на уровне 45 кг/га в год, а компенсация выноса находилась на уровне 55%. При внесении навоза в 1,5 раза больше дефицит калия уменьшился на 18%, а при внесении 18 т/га навоза – на 16%. По органо-минеральной системе удобрения двойная и тройная нормы удобрений создавали положительный баланс калия в севообороте, интенсивность которого составляла 109 и 106% соответственно.

В связи с изменениями, внесенными в систему удобрения в 1984 г. в применении удобрений под отдельные культуры севооборота, в соответствии к требованиям интенсивных технологий, баланс калия в третьей ротации несколько отличался от данных за первую и вторую. С 1985 года дефицит калия стал больше, что связано с увеличением урожайности культур севооборота. Удобрения не обеспечивали положительный баланс калия в третьей ротации. Интенсивность баланса при внесении одинарных норм удобрений составляла 40–51% и лишь применение двойных и тройных норм обеспечило его на уровне 66–94%.

В четвертой ротации вынос калия культурами севооборота в варианте без применения удобрений составлял 90 кг/га в год. Применение удобрений также не обеспечило его положительного баланса. В вариантах с внесением одинарных норм удобрений интенсивность баланса находилась в пределах 36–47%, двойных – 60–63%, тройных – 74–85%.

В пятой ротации полученные данные мало отличались от результатов за третью и четвертую ротации. Так, вынос калия в варианте без применения удобрений составил 88 кг/га в год. Дефицит калия при внесении одинарных норм удобрений составил 64–83 кг/га в год, двойных – 54–63, тройных – 27–37 кг/га в год, а наибольшую интенсивность баланса обеспечило внесение тройных норм при минеральной и органо-минеральной системах удобрения 84 и 80% соответственно.

Проведенные расчеты баланса калия за пять ротаций севооборота позволили суммировать его в зависимости от систем и уровней удобрения за 50-летний период. Так, вынос калия культурами полевого севооборота на участках без удобрений составил 4250 кг/га. При внесении одинарных норм удобрений вынос возрос в 1,3 раза, а тройных – в 1,5 раза. При этом баланс был отрицательный. Интенсивность баланса калия в зависимости от норм вносимых удобрений находилась в пределах: по минеральной системе от 41 до 97%, органической – от 50 до 75% и органо-минеральной – от 39 до 92%.

Поскольку вегетативные органы растений характеризуются большим содержанием калия, чем репродуктивные, то оставление нетоварной части урожая на поле значительно уменьшают дефицит калия. Анализ данных баланса калия при условии оставления нетоварной части на поле показал, что интенсивность баланса существенно возрастает (табл. 2). Так, баланс в варианте без применения удобрений составил 37 кг/га, что больше чем вдвое превышает аналогичный показатель при изъятии нетоварной части урожая с поля. Внесение калийных удобрений в норме 45 кг/га д. в. в год обеспечивало компенсацию калия на 94%. При увеличении нормы удобрений вдвое складывался положительный его баланс с интенсивностью больше на 61% относительно варианта с внесением одинарных норм удобрений и на 86% относительно аналогичного показателя при изъятии нетоварной части урожая. При внесении калия с минеральными удобрениями в количестве 135 кг/га в год, возвращение его в почву превысил вынос на 71 кг/га в год, интенсивность баланса при этом составила 211%.

Таблица 2

Баланс калия в почве полевого севооборота при различном удобрении при условии оставления нетоварной части урожая на поле (1965–2014 гг.), кг K₂O/га за год

Статья баланса	Вариант опыта			
	Без удобрений	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅
Поступление	–	45	90	135
Вынос	37	48	58	64
Баланс	–37	–3	32	71
Интенсивность баланса, %	–	94	155	211

ВЫВОДЫ

Сравнивая данные табл. 1 и 2, видно, что нетоварной частью урожая на участках без удобрений за год в среднем изымается 48 кг K₂O /га, или 56% от его хозяйственного выноса. В варианте опыта N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ эта часть почти не изменяется (54%). Это говорит о том, что при условии оставления нетоварной части урожая на поле на удобрение баланс калия в почве можно значительно улучшить, а норму внесения калийных удобрений в севообороте уменьшить вдвое.

Баланс калия в почве определялся уровнем применения удобрений и выносом калия культурами севооборота, особенно нетоварной частью урожая. Применение

калийных удобрений в норме 45–135 кг/га д. в. в течение 50 лет не обеспечило положительного баланса калия в почве. В полевом севообороте на черноземе оподзоленном Правобережной Лесостепи допустимый дефицит баланса калия с интенсивностью 40–80% обеспечивает внесение 45–90 кг K_2O /га площади севооборота. В случае оставления нетоварной части урожая на поле норма калийных удобрений не должна превышать 45 кг/га д. в.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прокошев, В.В. Освещение проблемы калия в журнале «Агрохимия» / В.В. Прокошев // Агрохимия. – 2004. – № 1. – С. 18–24.
2. Кулаковская, Т.Н. Оптимальное содержание подвижного фосфора в дерново-подзолистой почве / Т.Н. Кулаковская // Доклад ВАСХНИЛ. – 1979. – № 11. – С. 18–20.
3. Носко, Б.С. Калійні добрива в землеробстві України / Б.С. Носко, В.В. Прокошев. – М.: Міжнародний інститут калію, 1999. – 55 с.
4. Сычев, В.В. Тенденции изменения агрохимических показателей плодородия почв европейской части России / В.В. Сычев. – М., 2000. – 188 с.
5. Прянишников, Д.Н. Агрохимия. Избранные сочинения / Д.Н. Прянишников. – М.: Изд. Академия наук СССР, 1952. – Т. 3 – 634 с.
6. Господаренко, Г.М. Агрохімія: підручник / Г.М. Господаренко. – К.: Аграрна освіта. – С. 254–256.

BALANCE OF POTASSIUM IN THE SOIL OF A FIELD ROTATION WITH LONG-TERM USE OF FERTILIZERS

G.M. Gospodarenko, A.V. Nikitina, Yu.I. Krivda

Summary

This article considers the influence of different fertilization rates and fertilization systems in field 10-pole rotation of grain-beet type on the balance of potassium and its intensity.

It is found that the balance of potassium in the soil is determined by the level of fertilizer application and removal of potassium by rotation crops, especially by non-market part of the harvest. Under the condition of leaving non-market harvest in the field for fertilizing, balance of potassium in the soil can be significantly improved and the application rate of potassium fertilizers in crop rotation can be reduced by half.

Поступила 29.12.15

РОЛЬ УРОВНЯ ПОЧВЕННОЙ КИСЛОТНОСТИ И УСЛОВИЙ ПИТАНИЯ В ИЗМЕНЕНИИ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ

В.В. Лапа, О.Г. Кулеш

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

ВВЕДЕНИЕ

Значительная часть дерново-подзолистых почв характеризуется низким естественным плодородием, которое, в большой степени, лимитируется повышенной кислотностью. Получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур на данных почвах, невозможно без оптимизации их агрохимических свойств.

Кислотность почвы оказывает многостороннее влияние на рост и развитие растений как непосредственно, так и косвенно, регулируя физико-химические и биологические процессы в почве. Общепризнанным является негативное влияние повышенной почвенной кислотности на растения, обусловленное рядом причин, основные из которых следующие: недостаток кальция; повышенная концентрация токсичных алюминия, марганца и водорода; пониженная доступность для растений элементов питания; неблагоприятные физические свойства почв [1].

В многочисленных исследованиях [1–5] подчеркивается высокая эффективность известкования кислых дерново-подзолистых почв в сочетании с рациональной системой применения удобрений и другими приемами агротехники.

Известковые мелиоранты оказывают многостороннее положительное действие на почву. Нейтрализуют органические кислоты в почве и вытесняют ионы водорода из поглощающего комплекса, что приводит к устранению обменной и значительному снижению гидролитической кислотности почвы. Внесение известковых материалов способствует сохранению хороших агрохимических показателей почвы и ее структуры в течение ряда лет [2].

Известкование ускоряет минерализацию и мобилизацию веществ, то есть улучшает питание, но уменьшает запасы на будущее. На сильнокислых почвах отмечается понижение эффективности минеральных удобрений, во многих случаях внесение известковых материалов существенно увеличивает отдачу туков. Но имеется и немало данных об их антагонизме, хотя чаще эффективность минеральных удобрений повышается [3, 4].

Цель исследований – изучение влияния длительного систематического применения органической, минеральной и органо-минеральной систем удобрения на основные агрохимические показатели дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы на неизвесткованном и известкованном фонах.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по влиянию различных систем удобрения сельскохозяйственных культур в севообороте на изменение агрохимических свойств почвы проводились

в 1998–2010 гг. в длительном стационарном полевом опыте в СПК «Щемяслица» Минского района на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с двумя уровнями кислотности – сильнокислой (pH_{KCl} 4,3–4,5) и близкой к нейтральной (pH_{KCl} 6,3–6,5). Близкий к нейтральной кислотности фон почвы создан внесением доломитовой муки в 1974 г., последний раз известкование проводилось в 1995 году. В схеме опыта на двух уровнях кислотности предусматривалось применение различных сочетаний минеральных удобрений на фоне внесения органических удобрений и на фоне без органических (табл. 1).

Таблица 1

Схема опыта, дозы удобрений и среднегодовая продуктивность за три ротации севооборотов на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (1998–2010 гг.)

Фон	Схема опыта		Среднегодовая продуктивность, ц/га к.ед.
	Σ на 1 га	\emptyset на 1 га	
неизвесткованный	Без удобрений	Без удобрений	32,6
	$P_{650}K_{1300}$	$P_{50}K_{100}$	41,1
	$N_{790}K_{1300}$	$N_{61}K_{100}$	50,2
	$N_{790}P_{650}$	$N_{61}P_{50}$	49,1
	$N_{790}P_{650}K_{1300}$	$N_{61}P_{50}K_{100}$	52,4
	Навоз – 140 т/га	Навоз – 11 т/га	43,8
	Навоз + $P_{650}K_{1300}$	Навоз + $P_{50}K_{100}$	50,8
	Навоз + $N_{790}K_{1300}$	Навоз + $N_{61}K_{100}$	57,7
	Навоз + $N_{790}P_{650}$	Навоз + $N_{61}P_{50}$	57,6
	Навоз + $N_{790}P_{650}K_{1300}$	Навоз + $N_{61}P_{50}K_{100}$	61,2
известкованный	Без удобрений	Без удобрений	36,1
	$P_{650}K_{1300}$	$P_{50}K_{100}$	43,6
	$N_{790}K_{1300}$	$N_{61}K_{100}$	53,4
	$N_{790}P_{650}$	$N_{61}P_{50}$	53,2
	$N_{790}P_{650}K_{1300}$	$N_{61}P_{50}K_{100}$	57,0
	Навоз – 140 т/га	Навоз – 11 т/га	45,4
	Навоз + $P_{650}K_{1300}$	Навоз + $P_{50}K_{100}$	51,4
	Навоз + $N_{790}K_{1300}$	Навоз + $N_{61}K_{100}$	59,7
	Навоз + $N_{790}P_{650}$	Навоз + $N_{61}P_{50}$	59,3
	Навоз + $N_{790}P_{650}K_{1300}$	Навоз + $N_{61}P_{50}K_{100}$	63,7

В 1998–2010 гг. возделывали в зернопропашном севообороте (1998–2002 гг.): картофель – яровой ячмень – овес – люпин узколистный – яровая пшеница; в зернотравяном севообороте (2003–2007 гг.): пелюшко-овсяная смесь – яровое тритикале – яровой рапс – люпин узколистный – яровая пшеница; в звене зернотравяного севооборота (2008–2010 гг.): пелюшко-овсяная смесь – яровое тритикале – люпин узколистный.

Органические удобрения вносили под картофель (60 т/га) в зернопропашном севообороте и пелюшко-овсяную смесь (40 т/га) в зернотравяных севооборотах. Минеральные удобрения вносились под предпосевную и предпосадочную культивацию согласно схеме опыта. Общая площадь делянки составляла 32 м² (4 × 8 м), учетная – 19,5 м² (3 × 6,5); повторность вариантов – 4-кратная.

В ходе исследований осуществляли отбор почвенных проб пахотного слоя по делянкам и их агрохимический анализ: pH_{KCl} определяли потенциометрическим методом (ГОСТ 26483–85), подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207–91), гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213), содержание кальция и магния атомно-адсорбционным методом (ГОСТ 26487 – 85).

На начало проведения полевого опыта, согласно агрохимическим грациям, почва опытного участка относилась по степени кислотности: к I группе (сильнокислая) (4,22–4,62) – известкованный фон, к V группе (близкая к нейтральной) (6,30–6,42) – известкованный фон. Характеризовалась недостаточным содержанием гумуса (1,36–1,72%), высоким и очень высоким содержанием подвижного фосфора (327–461 мг/кг почвы), средним и повышенным содержанием подвижного калия (159–276 мг/кг почвы), низким и средним содержанием магния (81–142 мг/кг почвы) на известкованном фоне, высоким (329–397 мг/кг почвы) – на известкованном фоне, низким и средним содержанием кальция (602–972 мг/кг почвы) – на известкованном, повышенным (1269–1378 мг/кг почвы) – на известкованном фоне.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как отмечается в многочисленных исследованиях, органические и минеральные удобрения не одинаково влияют на кислотный режим почвы. Систематическое применение физиологически кислых минеральных удобрений приводит к подкислению почвы, внесение органических удобрений сдерживает подкисление почвы. Длительное применение органоминеральной системы удобрения, приводит к подкислению почвы, но в меньшей степени, чем при минеральной системе [5].

В исследованиях показатель pH_{KCl} почвы изменялся в различной степени в зависимости от изначального уровня кислотности. На известкованном фоне длительное применение минеральных удобрений и их совместное внесение с органическими, привело к достоверному снижению значений pH_{KCl} на 0,35–0,51 (табл. 2). Необходимо отметить, что изучаемые системы удобрения не способствовали поддержанию кислотности на уровне близком к нейтральному.

Несколько иные закономерности наблюдались на известкованном фоне. Во-первых, величина pH_{KCl} изменилась не так значительно, как на известкованном фоне (+0,08 – –0,14) (вероятно, в силу того, что значения кислотности находились на уровне природного равновесного состояния данного показателя), во-вторых, характер динамики кислотности зависел от системы удобрения. Применение органических удобрений на данном фоне дерново-подзолистой почвы не только сдерживало ее подкисление, но и привело к увеличению значения pH_{KCl} на 0,08 ед. Жукова Л.М. в своих исследованиях на известкованной почве объясняет снижение кислотности при применении навоза большим, чем при внесении минеральных удобрений накоплением обменного калия, который входит в поглощающий почвенный комплекс [6].

Внесение в опыте за период 1997–2010 гг. 140 т/га навоза совместно с разными сочетаниями минеральных туков не обладало достаточным буферным действием против подкисления почвы, значения pH_{KCl} снизились на 0,07–0,10. При одностороннем применении минеральных удобрений темпы подкисления были практически аналогичными (pH_{KCl} снизилось на 0,06–0,14).

Таблица 2

Динамика агрохимических свойств пахотного слоя дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в зависимости от систем удобрения и уровня кислотности

Фон	Вариант	pH _{KCl}		Гумус, %		P ₂ O ₅ , мг/кг почвы		K ₂ O, мг/кг почвы		CaO, мг/кг почвы		MgO, мг/кг почвы							
		1997 г.	2010 г.	±	1997 г.	2010 г.	±	1997 г.	2010 г.	±	1997 г.	2010 г.	±	1997 г.	2010 г.	±			
Фон	1. Без удобрений	4,32	4,24	-0,08	1,36	-0,15	327	321	-6	166	193	27	707	548	-159	101	86	-15	
	2. РК	4,33	4,21	-0,12	1,58	1,43	-0,15	360	363	3	219	241	22	721	528	-193	105	81	-24
	3. НК	4,25	4,19	-0,06	1,58	1,51	-0,07	363	331	-32	212	235	23	679	474	-205	93	76	-17
	4. NP	4,27	4,13	-0,14	1,52	1,41	-0,11	383	365	-18	185	173	-12	644	417	-227	81	62	-19
	5. NPK	4,22	4,15	-0,07	1,55	1,35	-0,20	370	359	-11	190	200	10	602	419	-183	75	62	-13
	6. Навоз	4,59	4,67	0,08	1,60	1,53	-0,07	368	359	-9	208	254	46	846	701	-145	134	111	-23
	7. Навоз + РК	4,62	4,52	-0,10	1,71	1,61	-0,10	375	372	-3	273	309	36	867	667	-200	142	114	-28
	8. Навоз + НК	4,53	4,44	-0,09	1,60	1,53	-0,07	410	343	-67	225	246	21	972	647	-325	126	100	-26
	9. Навоз + NP	4,35	4,25	-0,10	1,66	1,62	-0,04	382	378	-4	220	215	-5	881	646	-235	125	103	-22
	10. Навоз + NPK	4,35	4,28	-0,07	1,72	1,69	-0,03	381	387	6	219	273	54	867	644	-223	121	96	-25
Фон	НСР удобрения	0,19	0,21		F ₀₅ < F ₀₅		F ₀₅ < F ₀₅	29		24	41		167	126		F ₀₅ < F ₀₅	33		
	изменение за 1997–2010			0,06		0,06		9				10			F ₀₅ < F ₀₅				
	11. Без удобрений	6,42	6,07	-0,35	1,37	1,36	-0,01	370	361	-9	170	215	45	1259	1165	-94	329	312	-17
	12. РК	6,42	5,99	-0,43	1,36	1,34	-0,02	417	415	-2	215	250	35	1336	1120	-216	359	301	-58
	13. НК	6,42	6,03	-0,39	1,60	1,55	-0,05	406	376	-30	220	242	22	1287	1183	-104	334	311	-23
	14. NP	6,42	5,91	-0,51	1,44	1,36	-0,08	358	359	1	212	172	-40	1308	1179	-129	384	315	-69
	15. NPK	6,30	5,92	-0,38	1,39	1,41	0,02	361	382	21	159	229	70	1364	1162	-202	384	302	-82
	16. Навоз	6,37	5,99	-0,38	1,46	1,50	0,04	409	430	21	218	266	48	1378	1230	-148	368	322	-46
	17. Навоз + РК	6,38	5,97	-0,41	1,63	1,53	-0,10	417	466	49	276	310	34	1336	1213	-123	361	315	-46
	18. Навоз + НК	6,33	5,88	-0,45	1,56	1,53	-0,03	461	370	-91	241	270	29	1364	1183	-181	397	319	-78
19. Навоз + NP	6,35	5,89	-0,46	1,58	1,49	-0,09	445	427	-18	275	270	-5	1315	1267	-48	350	314	-36	
20. Навоз + NPK	6,36	5,98	-0,38	1,70	1,68	-0,02	433	449	16	230	326	96	1371	1203	-168	352	313	-39	
Фон	НСР удобрения	F ₀₅ < F ₀₅	F ₀₅ < F ₀₅		0,21	0,19	43	52		25	34		F ₀₅ < F ₀₅	F ₀₅ < F ₀₅		F ₀₅ < F ₀₅			
	изменение за 1997–2010			0,06			F ₀₅ < F ₀₅		9		9				F ₀₅ < F ₀₅				
	фон pH	0,04	0,08		0,06	F ₀₅ < F ₀₅	14	13	8	11	56	39	16	10					

Многолетние опыты, проведенные в нашей стране и за рубежом, отчетливо показывают, что систематическое применение навоза обеспечивает заметное увеличение содержания гумуса в почве. Действие известкования на содержание гумуса в почве в литературных источниках не отмечается [5, 7, 8, 9].

В проведенных исследованиях содержание гумуса на неизвесткованном фоне в начале ротации составляло 1,51–1,72%, на известкованном – 1,36–1,70%. Через 13 лет содержание гумуса на известкованном фоне изменилось незначительно и составило 1,34–1,68% на неизвесткованном фоне практически по всем вариантам опыта количество гумуса снизилось, составив 1,36–1,69%. При этом необходимо отметить, что применение на данном фоне минеральной системы удобрения привело к достоверному снижению содержания органического вещества по сравнению с исходным на 0,07–0,20%, при применении органической и органоминеральной систем удобрения количество гумуса снизилось на 0,03–0,10%.

На известкованном фоне в динамике содержания гумуса за 3 ротации наблюдалась тенденция как повышения, так и снижения количества органического вещества (–0,10 – +0,04%).

Ряд исследователей [2, 10, 11] отмечает длительное действие известкования на фосфатный режим почвы, вследствие усиления активности бактерий, разлагающих органические фосфорные соединения почвы, а также перехода фосфатов железа и алюминия в более доступные растениям фосфорнокислые соли кальция, что приводит к увеличению общего запаса усвояемых фосфатов в почве. Другие исследования [12] не подтверждают предположение о гидролизе и переходе фосфатов железа и алюминия в фосфаты кальция.

В опыте на начало ротации (1997 г) содержание подвижного фосфора на фоне с pH_{KCl} 4,3–4,5 в среднем составило 373 мг/кг, на фоне с pH_{KCl} 6,3–6,5 – 408 мг/кг, что сложилось за предыдущие ротации севооборотов. В течение следующих 13 лет в почве с сильноокислой реакцией среды среднее по участку количество подвижного фосфора снизилось на 14 мг/кг, в то время как в среднем по участку с нейтральной реакцией среды оно уменьшилось на 1 мг/кг почвы. Необходимо отметить, что характер динамики содержания подвижных фосфатов зависел от системы удобрения.

Отсутствие в системе удобрения фосфорных туков приводило к снижению содержания подвижного фосфора. На сильноокислой почве эти снижения составили в варианте с внесением НК – –32 мг/кг, при внесении НК на фоне навоза – –67 мг/кг почвы. На почве с реакцией среды близкой к нейтральной внесение НК привело к такому же снижению подвижных фосфатов, как и на неизвесткованном фоне – –30 мг/кг, а потери фосфора при совместном внесении навоза и НК были выше и составили –91 мг/кг почвы. Большие потери подвижных фосфатов в вариантах с внесением навоз + НК, чем в вариантах НК на двух фонах кислотности можно объяснить большей продуктивностью, и как следствие большим выносом фосфора в этих вариантах.

Как известно, систематическое применение навоза и суперфосфата в составе полного минерального удобрения увеличивает содержание общего и подвижного фосфора. В кислой почве фосфор, накопленный при внесении NPK, связывается в большей степени, чем при внесении навоза [5].

В исследованиях на сильноокислом фоне почвы внесение полного минерального удобрения в течение 13 лет привело к снижению содержания подвижных

фосфатов на 11 мг/кг почвы, в то время как, при совместном применении минеральных и органических удобрений на этом фоне наблюдалась тенденция к повышению количества подвижных фосфатов на 6 мг/кг почвы, несмотря на то, что среднегодовая продуктивность в этом варианте была выше на 8,8 ц к.ед./га и соответственно был выше вынос фосфора. Динамика содержания подвижного фосфора в почве с реакцией среды близкой к нейтральной при полной минеральной и органо-минеральной системах удобрения была положительной и практически не отличалась по вариантам. За 13 лет в варианте NPK количество подвижных фосфатов увеличилось на 21 мг/кг, в варианте навоз + NPK – на 16 мг/кг почвы.

В то же время, необходимо отметить, что после завершения трех ротаций севооборота на известкованном участке содержание усвояемых фосфатов в вариантах с минеральным фосфором, внесенным на фоне органических удобрений, было статистически выше (427–466 мг/кг почвы), чем в аналогичных вариантах на фоне без органических удобрений (359–415 мг/кг почвы). На неизвесткованном фоне внесение органических удобрений достоверно не повышало содержание подвижного фосфора по отношению к аналогичным вариантам без внесения навоза (372–387 и 359–365 мг/кг почвы соответственно).

В отличие от подвижных фосфатов содержание подвижного калия за предыдущие ротации севооборотов на сильнокислом (212 мг/кг почвы) и близком к нейтральному (222 мг/кг почвы) фонах различалось не так значительно.

Наибольшее воздействие на изменение содержания подвижного калия оказало внесение калийных удобрений. За 13 лет исследований в вариантах с внесением калийных удобрений (вне зависимости от фона pH) произошло достоверное накопление подвижного калия. Кроме того, в вариантах без внесения удобрений на двух фонах кислотности содержание подвижного калия также увеличилось, что, вероятно, связано с переходом калия из менее доступных форм.

Применение неполного минерального удобрения NK и PK на разных уровнях кислотности как совместно с органическими удобрениями, так и без них, приводило к практически равновеликому накоплению подвижного калия в почве. При этом необходимо отметить, что увеличение количества подвижного калия в этих вариантах было ниже, чем в соответствующих фоновых вариантах (за исключением вариантов с применением NK и PK на сильнокислом фоне без органических удобрений). Вероятно, несбалансированное питание растений в данных вариантах привело к непродуктивному использованию почвенного калия.

При внесении NPK количество подвижного калия также увеличивалось, величина данного показателя изменялась в зависимости от фона. Применение полного минерального удобрения на фоне сильнокислой реакции среды обеспечило повышение количества подвижного калия на 10 мг/кг почвы, совместное внесение NPK с навозом в большей степени способствовало накоплению данной формы калия в почве (+54 мг/кг почвы). Наибольших значений достигала величина накопления подвижного калия при внесении полного минерального удобрения на фоне почвы с реакцией среды близкой к нейтральной, составив 70 мг/кг при применении NPK без органических удобрений и 96 мг/кг почвы при совместном внесении с навозом.

Совместное внесение азотных и фосфорных удобрений приводило к снижению содержания подвижного калия, при этом на фоне внесения навоза уменьшение

количества данной формы калия в почве было менее значительным (-5 мг/кг почвы) и не зависело от степени кислотности исследуемой почвы. Внесение NP без органических удобрений на фоне сильнокислой почвы снизило содержание подвижного калия на 12 мг/кг, в то время как применение данных удобрений совместно с навозом привело к снижению этого показателя на 40 мг/кг почвы, что можно в первую очередь объяснить большей среднегодовой продуктивностью севооборотов ($+8,5$ ц к.ед./га) в данном варианте.

Таким образом, результаты, проведенных исследований согласуются с данными других авторов [5, 9, 13], свидетельствующих о том, что на содержание подвижного калия в почве большее влияние оказывает внесение минеральных калийных и органических удобрений, чем уровень кислотности почвы.

Кислотность почвы неразрывно связана с содержанием кальция и, в меньшей степени, магния в ней. Именно потери этих элементов из почвы в результате вымывания и выноса с урожаем сельскохозяйственных культур определяют обычно подкисление и деградацию плодородия почв [1].

Содержание кальция в вариантах на фоне с pH_{KCl} $6,3-6,5$, вследствие проведения известкования было значительно выше, чем в вариантах без известкования и составило $1259-1378$ мг/кг в начале ротации и $1120-1267$ мг/кг почвы в конце третьей ротации. В то время как количество окиси кальция на фоне с сильнокислой реакцией среды в начале ротации составляло $602-972$ мг/кг, в конце – $417-701$ мг/кг почвы.

Необходимо отметить, что внесение органических удобрений на известкованном и, в большей степени, на неизвесткованном фоне, способствовало увеличению количества CaO в почве по отношению к вариантам не предусматривающих внесение навоза. Среднее по вариантам без внесения органических удобрений содержание кальция в начале ротации составило 671 мг/кг (на фоне pH_{KCl} $4,3-4,5$) и 1311 мг/кг почвы (на фоне pH_{KCl} $6,3-6,5$), при внесении навоза оно составило соответственно 887 и 1353 мг/кг почвы. Темпы потерь кальция за три ротации севооборота не зависели от фона, и в конце ротации количество кальция составило – 477 и 1162 мг/кг, 661 и 1219 мг/кг почвы соответственно.

В исследованиях отмечается увеличение потерь кальция при известковании почвы, гораздо меньше данных, свидетельствующих об их уменьшении [1].

В опыте потери CaO на неизвесткованном фоне практически по всем вариантам превышали потери кальция на известкованном фоне. Если на сильнокислом фоне количество кальция за три ротации севооборота снизилось на $145-325$ мг/кг, то на фоне с почвой по кислотности близкой к нейтральной снижение составило $48-216$ мг/кг почвы.

Содержание магния в почве значительно ниже, чем содержание кальция. На известкованном фоне количество магния было выше ($329-397$ мг/кг в начале ротации и $301-322$ мг/кг почвы в конце ротации), чем на неизвесткованном фоне ($75-142$ мг/кг в начале ротации и $62-114$ мг/кг почвы в конце ротации). В отличие от кальция, содержание магния в большей степени снижалось на известкованном фоне на $17-82$ мг/кг, в то время как на неизвесткованном фоне – на $13-28$ мг/кг почвы.

Кальций и магний являются важными элементами, участвующими в формировании высоких урожаев сельскохозяйственных культур, при этом немаловажное значение имеет соотношение данных элементов в почве. Данные исследо-

ваний свидетельствуют о том, что избыток магния не влияет отрицательно на урожай культур пока его меньше, чем кальция, и идеальное соотношение Ca/Mg – 2–7 [1].

В проведенных исследованиях соотношение кальция к магнию в первую очередь зависело от фона кислотности почвы (рис. 1). На известкованном фоне соотношение Ca/Mg было выше оптимального и в начале ротации составляло 7,2–9,5. Таким образом, количество кальция в почве значительно превышало количество магния, недостаток которого могли испытывать растения. К концу третьей ротации показатель Ca/Mg снизился (6,9–8,0) и несколько приблизился к верхней границе оптимального значения. Изменения в соотношении Ca/Mg обусловлены не увеличением содержания магния, а большими темпами снижения количества кальция, чем магния.

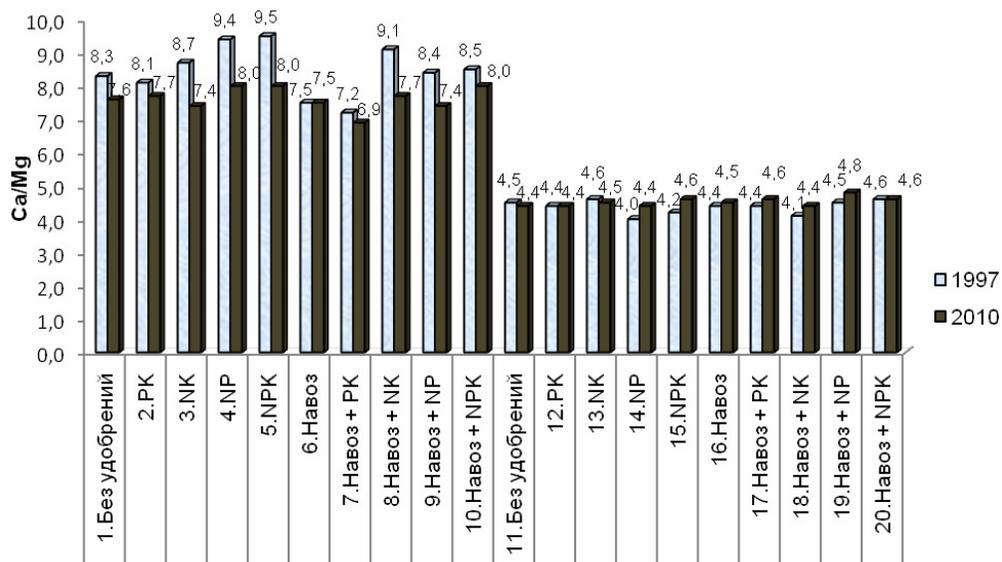


Рис. 1. Изменение соотношения Ca/Mg в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на разных фонах кислотности при различных системах удобрения за три ротации севооборота

Известкование, как уже отмечалось, способствовало повышению содержания в почве, как кальция, так и магния, при этом соотношение между этими двумя элементами было практически в два раза меньше, чем на известкованном фоне. В начале ротации данный показатель находился в пределах оптимального значения – 4,0–4,6. Через 13 лет это соотношение изменилось незначительно, но можно отметить, что в вариантах с внесением органических удобрений соотношение Ca/Mg или осталось на том же уровне (вариант навоз + NPK), или имело тенденцию к повышению на 0,1–0,3. В вариантах с минеральным питанием на известкованном фоне наблюдалась как тенденция увеличения, так и уменьшения соотношения Ca/Mg.

Таким образом, на известкованном и неизвесткованном фонах изучаемые системы удобрения не одинаково влияли на изменение агрохимических свойств почвы. Можно отметить положительное влияние органических удобрений на неиз-

весткованном фоне, что также подтверждается и данными по долевному участию различных факторов в формировании урожая на разных по уровню кислотности фонах (рис. 2).

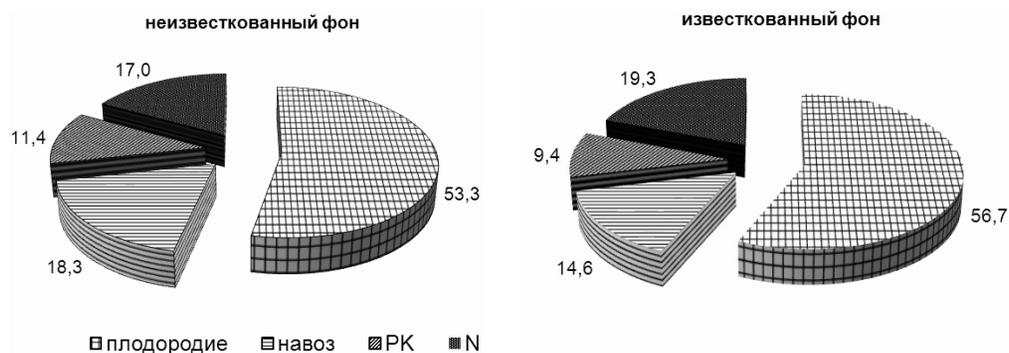


Рис.2. Долевое участие различных факторов в формировании продуктивности севооборотов в варианте навоз + NPK на различных фонах кислотности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы

Анализ участия отдельных факторов в формировании продуктивности трех ротаций севооборотов показывает, что основная роль принадлежит почвенному плодородию. При этом на известкованном фоне на долю данного фактора приходится 56,7%, а на неизвесткованном его роль снижается до 53,3%. Доля минеральных удобрений на обоих фонах приблизительно одинакова – 28,4% на неизвесткованном фоне и 28,7% на известкованном, но на неизвесткованном фоне влияние азотных удобрений (17,0%) ниже, чем на известкованном фоне (19,3%), а действие фосфорно-калийных удобрений возрастает до 11,4%, в то время как на известкованном фоне оно составляет 9,4%. Как уже отмечалось, влияние органических удобрений на агрохимические свойства почвы и на формирование продуктивности выше на неизвесткованном фоне – 18,3%, на известкованном на долю органики приходится 14,6% урожая.

ВЫВОДЫ

Действие органической, органо-минеральной и минеральной систем удобрения на изменение агрохимических свойств почвы зависело от фона кислотности.

Значения pH_{KCl} на известкованном фоне снизились на 0,35–0,51 ед., вне зависимости от систем удобрения. На неизвесткованном фоне при органической системе удобрения кислотность снизилась на 0,08 ед., при минеральной и органо-минеральной системах удобрения повысилась на 0,06–0,14 ед.

В содержании гумуса на известкованном фоне не наблюдалось статистически достоверных изменений за 13 лет. На неизвесткованном фоне наибольшие темпы снижения количества гумуса наблюдались при минеральной системе питания (–0,07 – –0,20%), при органической и органо-минеральной системах удобрения достоверное снижение количества гумуса было не во всех вариантах.

Более благоприятный для роста и развития растений фосфатный режим был характерен для участка с реакцией среды близкой к нейтральной. За 13 лет в

почве с сильнокислой реакцией среды среднее по участку количество подвижного фосфора снизилось на 14 мг/кг почвы, в то время как в среднем по участку с нейтральной реакцией среды оно уменьшилось на 1 мг/кг почвы.

На известкованном участке внесение минеральных фосфорных туков на фоне органических удобрений достоверно повышало содержание усвояемых фосфатов по отношению к аналогичным вариантам на фоне без органических удобрений. На неизвесткованном фоне внесение органических удобрений достоверно не повышало содержание подвижного фосфора по отношению к аналогичным вариантам без внесения навоза.

Количество подвижного калия в почве зависело от внесения минеральных калийных и органических удобрений, влияние уровня кислотности почвы на данный показатель не отмечалось.

Содержание окиси кальция на известкованном фоне по истечении трех ротаций в 1,8–2,5 раза превышало его содержание на неизвесткованном, количество магния на известкованном фоне было выше в 2,8–5,1 раза. Соотношение Ca/Mg на известкованном фоне в конце 3 ротации составило 6,9–8,0, на известкованном было в пределах оптимальных значений – 4,4–4,8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клебанович, Н.В. Известкование почв Беларуси / Н.В. Клебанович, Г.В. Васильюк. – Минск.: БГУ, 2003. – 322 с.
2. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – М.: Колос, 1977. – 416 с.
3. Авдонин, Н.С. Повышение плодородия кислых почв / Н.С. Авдонин. – М., 1969. – 304 с.
4. Томпсон, Л.М. Почвы и их плодородие / Л.М. Томпсон, Ф.Р. Трой. – М., 1982. – С. 175–200.
5. Кондрыко, В.Д. Рациональное использование удобрений и урожай / В.Д. Кондрыко. – Минск: Ураджай, 1984. – 55 с.
6. Жукова, Л.М. Изменение свойств основных типов почв и превращение в них калия при длительном применении удобрений / Л.М. Жукова // Агрохимия. – 1967. – № 7. – С. 13–18.
7. Использование органических удобрений и биоресурсов в современном земледелии; под ред. А.И. Еськова, М.Н. Новикова. – М.: РАСХН–ВНИИПТИОУ, 2002. – 382 с.
8. Попов, П.Д. Органические удобрения / П.Д. Попов, В.И. Хохлов, А.А. Егоров. – М.: Агропромиздат, 1988. – 207 с.
9. Vanek, V. Einfluß der Kalkung und die organischen und mineralischen Düngung auf den pH-Wert des Bodens und den Pflanzenertrag / V. Vanek, J. Balik, P. Tlustos // Dauerfeldversuche als Forschungsbasis für nachhaltige Landwirtschaft. – Berlin, 1997. – S. 31.
10. Эффективность известкования пахотных земель Республики Беларусь за 1965–2005 гг. / Т.М. Германович [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – № 2 (41). – С.110.
11. Возбуцкая, А.Е. Химия почвы / А.Е. Возбуцкая; под ред. Д.Л. Аскинази. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1968. – 427 с.

12. Вильдфлуш, И.Р. Фосфор в почвах и земледелии Беларуси / И.Р. Вильдфлуш, А.Р. Цыганов, В.В. Лапа. – Минск: Бел. изд. тов-во «Хата», 1999. – 196 с.

13. Митрофанова, Е.М. Роль известкования в улучшении плодородия дерново-подзолистых почв Предуралья и повышении продуктивности пашни / Е.М. Митрофанова // Теоретические и технологические основы воспроизводства плодородия почв и урожайность сельскохозяйственных культур: материалы междунар. науч.-практ. конф. / РГАУ–МСХА; отв. за выпуск Н.С. Матюк. – М., 2012. – С. 61–70.

ROLE OF SOIL ACIDITY LEVEL AND FOOD CONDITIONS IN CHANGE OF AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL

V.V. Lapa, O.G. Kulesh

Summary

Research results of long various fertilizer systems application influence on the calcareous less and calcareous basic on sod-podzolic light loamy soil agrochemical indicators are given. Distinctions of various fertilizer systems when in use on agrochemical soil properties depending on soil acidity are established.

Поступила 28.04.15

УДК 631.841.8

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ БЕЗВОДНОГО АММИАКА И АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ В ЗВЕНЕ ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА

Н.Н. Мирошниченко, А.В. Ревтье, Е.Ю. Гладких, Е.В. Панасенко

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

ВВЕДЕНИЕ

Украина имеет значительный природно-ресурсный потенциал аграрного производства и способна обеспечить продовольствием не только себя, но и значительную часть населения стран Европы [1]. На сегодняшний день страна входит в десятку основных экспортеров зерна в мире. В агропромышленном комплексе страны задействовано 41,5 млн га земельных ресурсов, из которых в состав пашни входит 78% площади сельскохозяйственных угодий [2]. В связи с такой высокой распаханностью территории в интенсификации аграрного производства равноценное значение имеют две разновекторных задачи – сокращение затрат труда на единицу продукции и достижение оптимальных условий соответственно потребностям выращиваемых сельскохозяйственных культур. Одним из наиболее эффективных путей интенсификации производства явля-

ется улучшение обеспечения растений азотом, поскольку именно этот элемент чаще всего лимитирует урожайность. Установлено, что повышение урожайности культур на 30–50% определяется дозой внесенного азота. В связи с этим особую актуальность приобретают исследования по обоснованию выбора наиболее оптимальной формы азотных удобрений для обеспечения их эффективного и экологически безопасного применения в земледелии.

Постепенная переориентация на более дешевые формы азотных удобрений, такие как безводный аммиак и аммиачная вода – один из путей решения проблемы азота в земледелии. Преимущества применения жидких азотных удобрений в том, что производство и внесение их обходится значительно дешевле, чем твердых, а все мероприятия связанные с их использованием (погрузка, внесение в почву) полностью механизированы. К тому же, на почвах тяжелого гранулометрического состава безводный аммиак можно вносить с осени под урожай следующего года, что снижает напряженность весенне-полевых работ. Это полностью отвечает современному понятию эколого-экономической эффективности использования минеральных удобрений, состоящей в максимально возможном обеспечении общественных потребностей в продовольственных товарах, произведенных при оптимальных удельных затратах на производство и получении экологически чистых сельскохозяйственных продуктов с сохранением плодородия почв и восстановлением окружающей среды [3].

В последние годы в Украине перечень выращиваемых культур заметно сузился. В 2013 г. в структуре посевных площадей 23,2% занимала пшеница озимая, 18% приходилось на долю подсолнечника и на 17% площадей выращивали кукурузу на зерно.

Целью исследований – сравнение эффективности выращивания культур в звене севооборота, состоящим из этих распространенных культур, при условии применения разных форм азотных удобрений и способов основной обработки почв.

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в условиях временного полевого опыта, который был заложен в 2011 г. на базе демонстрационно-опытного поля ПрАТ кампании «Райз–Максимко» (Украина, Полтавская область, Лохвицкий район). Почвенный покров территории исследований представлен черноземом оподзоленным слабогумусным среднесуглинистым с такими характеристиками: содержание физической глины – 36,1%, степень насыщенности кальцием – 79%, общее содержание гумуса – 2,3%, рН солевой – 5,3, гидролитическая кислотность – 21 ммоль/кг почвы.

В опыте сравнивали эффективность разных форм азотных удобрений (безводный аммиак – локально в ленту, аммиачная селитра – вразброс) в дозе по 100 кг/га азота на фоне двух способов основной обработки почв (вспашка на глубину 20 см и дискование в 2 следа на глубину 12 см).

Исследования проводили в течение 2011–2014 гг. с ежегодным внесением удобрений осенью. В 2012 году выращивали разные по индексу ФАО гибриды кукурузы среднеранней группы спелости НС 251 – ФАО 250 и ДК 291 – ФАО 280 (внесение удобрений 29.11.2011 г., посев 12.05.2012 г.). На протяжении вегетаци-

онного периода 2012–2013 гг. выращивали пшеницу озимую сорта Богдана (внесение удобрений 26.09.2012 г., посев 02.10.2012 г), а в 2014 г. – подсолнечник сорта НС–Х–6046 (внесение удобрений 12.11.2013 г., посев 02.04.2014 г.).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенными исследованиями доказано, что действие безводного аммиака на урожаи сельскохозяйственных культур при условии внесения эквивалентных доз азота, равноценно действию твердых азотных удобрений (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность культур звена севооборота при применении разных форм азотных удобрений и способов обработки почвы, в т/га (2012–2014 гг.)

Способ обработки почвы	Форма удобрений	Урожайность, т/га			
		кукуруза		пшеница озимая	подсолнечник
		гибрид НС 251	гибрид ДК 291		
Контроль (вспашка)	Без удобрений	не определяли	не определяли	4,4	3,3
Дискование	Безводный аммиак	4,9	5,5	5,2	не определяли
	Аммиачная селитра	4,8	4,9	4,9	не определяли
Вспашка	Безводный аммиак	4,9	8,4	5,3	3,8
	Аммиачная селитра	4,6	5,2	4,9	4,6
НСР ₀₅		0,9	1,0	0,4	

В частности, при выращивании кукурузы самую высокую урожайность (8,4 т/га) получили при применении безводного аммиака под гибрид ДК 291 в условиях традиционной обработки почвы – вспашки, что прежде всего обусловлено биологическими потребностями этой культуры в глубокой обработке почвы. Наблюдается четкая зависимость прибавки урожая от формы удобрений и длительности периода вегетации. Так, для гибрида НС 251 с ФАО 250 существенной разницы между формами удобрений и способами обработки почвы не обнаружено. Увеличение периода вегетации гибрида ДК 291 на 30 дней позволяет раскрыть генетический потенциал культуры за счет более эффективного использования азота безводного аммиака при локальном внесении из-за ускоренной пролиферации (разветвления) корней кукурузы в зоне повышенной концентрации азота, что, соответственно, увеличивает процент поглощения удобрений.

Учет урожайности пшеницы озимой сорта Богдана показал практическую равнозначность действия внесенных форм удобрений при дисковании и существенное повышение уровня урожайности при внесении безводного аммиака после вспашки. Прирост урожая пшеницы озимой относительно контроля при применении безводного аммиака составил 0,8–0,9 т/га, что на 34–48% больше по сравнению с внесением аммиачной селитры. Соответственно и окупаемость 1 кг действующего вещества урожаем при применении безводного аммиака превышала окупаемость аммиачной селитры в 1,5–1,9 раза.

Подсолнечник выращивали при одном способе обработки почвы – вспашке. Внесение жидкого безводного аммиака в качестве азотных удобрений обеспе-

чило 15% прибавки урожая семечек в сравнении с контролем, а окупаемость 1 кг д.в. удобрений составляла 5 кг/га. Однако, самый высокий прирост урожая в почвенно-климатических условиях 2014 года получен при применении аммиачной селитры (1,3 т/га).

Таким образом, в звене севооборота наибольший эффект от применения жидкого безводного аммиака получен при выращивании пшеницы озимой, что скорее всего связано с экстремальными погодными условиями, которые сложились на протяжении вегетационного периода выращивания этой культуры. В 2013 году наблюдалось очень засушливое лето и была зафиксирована самая низкая годовая сумма осадков за период исследований – 398 мм, влажность почвы в пахотном слое часто была близка к влажности завядания. В таких условиях преимущество внесения безводного аммиака связано с лучшей позиционной доступностью внесенного ленточным способом азота, который локализуется ниже глубины высева семян в более влажной почве. В свою очередь, более весомая прибавка урожая подсолнечника от применения аммиачной селитры объясняется достаточным количеством осадков на протяжении всего периода вегетации в 2014 г., что обеспечивало равномерное перераспределение азота удобрений в корнеобитаемом слое и повысило его доступность растениям. Как известно, подсолнечник имеет стержневую довольно разветвленную корневую систему, образующую 2–3 яруса сплетенных боковых корней, что позволяет эффективно использовать влагу и питательные вещества из толщи почвы 50–100 см и нивелирует преимущества локализации азотных удобрений.

Сравнительную экономическую эффективность выращивания культур звена севооборота (кукуруза на зерно, пшеница озимая, подсолнечник) при применении безводного аммиака и традиционного гранулированного азотного удобрения (аммиачной селитры) определяли по показателям условно чистой прибыли и уровню рентабельности. Расчет условной прибыли при возделывании гибридов кукурузы выполнен с учетом всех затрат на получение зерна и стоимости полученного урожая (табл. 2); при возделывании пшеницы озимой и подсолнечника условная прибыль рассчитана с учетом затрат на приобретение и внесение азотных удобрений и стоимости прибавки урожая, полученной за счет удобрений (табл. 3).

Таблица 2

Экономическая эффективность выращивания гибридов кукурузы в 2012 г. с разными формами азотных удобрений и способами основной обработки почв

Показатели экономической эффективности	Вариант опыта			
	дискование в 2 следа		вспашка	
	безводный аммиак	аммиачная селитра	безводный аммиак	аммиачная селитра
Кукуруза гибрид НС 251 (2012 г.)				
Стоимость урожая, грн./га	7868	7568	7753	7267
Стоимость 100 кг д.в. удобрений, грн	543	910	543	910
Стоимость внесения удобрений, грн/га	624	1047	624	1047
Затраты на зерно без удобрений, грн/га	4753	4572	4696	4390
Условная прибыль (убыток), грн/га	2491	1949	2453	1830
Рентабельность (убыточность),%	46,3	34,7	46,1	33,7

Показатели экономической эффективности	Вариант опыта			
	дискование в 2 следа		вспашка	
	без- водный аммиак	аммиачная селитра	безводный аммиак	амми- ачная селитра
Кукуруза гибрид ДК 291 (2012 г.)				
Стоимость урожая, грн./га	8644	7868	13236	8233
Стоимость 100 кг д.в. удобрений, грн	543	910	543	910
Стоимость внесения удобрений, грн/га	624	1047	624	1047
Затраты на зерно без удобрений, грн/га	5222	4753	7995	4973
Условная прибыль (убыток), грн/га	2798	2068	4616	2212
Рентабельность (убыточность),%	47,9	35,7	53,5	36,7

По данным расчетов, экономическая эффективность выращивания обоих гибридов кукурузы, а также пшеницы озимой при применении безводного аммиака значительно выше (68–40% в зависимости от ценовой политики года), чем при внесении традиционной аммиачной селитры за счет повышения урожайности культур и низкой стоимости внесения удобрений (табл. 2, 3).

Таблица 3

Экономическая эффективность выращивания озимой пшеницы и подсолнечника с разными формами азотных удобрений и способами основной обработки почв

Показатели экономической эффективности	Вариант опыта			
	дискование в 2 следа		вспашка	
	безводный аммиак	аммиачная селитра	безводный аммиак	аммиачная селитра
Пшеница озимая сорт Богдана (2013 г.)				
Стоимость прироста урожая, грн./га	1269	840,7	1522,8	793,1
Стоимость 100 кг д.в. удобрений, грн	668	935	668	935
Полная стоимость внесения удобрений, грн/га	768	1075	768	1075
Условная дополнительная прибыль (убыток), грн/га	500	–234	754	–282
Рентабельность (убыточность),%	65,1	–21,8	98,1	–26,2
Подсолнечник сорт НС–Х–6046 (2014 г.)				
Стоимость прироста урожая, грн./га	–	–	1745,3	4517,3
Стоимость 100 кг д.в. удобрений, грн	–	–	1392	1864
Полная стоимость внесения удобрений, грн/га	–	–	1600	2144
Условная дополнительная прибыль (убыток), грн/га	–	–	142	2314
Рентабельность (убыточность),%	–	–	9,1	110,7

Условный чистый доход от применения безводного аммиака под гибриды кукурузы и пшеницы озимой в среднем на 20–25% был выше, чем при внесении аммиачной селитры, уровень рентабельности выращивания культур колебался в пределах от 46% до 110%. Как показывают расчеты, при таком соотношении цен на зерно и удобрения применение аммиачной селитры под озимую пшени-

цу может быть даже убыточным. И наоборот, при выращивании подсолнечника наивысшую экономическую эффективность получили от применения аммиачной селитры, что сопровождалось превышением условной дополнительной прибыли в 3,6 раза и уровня рентабельности в 2,6 раза по сравнению с внесением безводного аммиака. В целом же, дисперсионный анализ показывает преобладающее влияние удобрений в формировании урожая – в пределах 31–48%, при доле влияния способов обработки почвы только 8–16%.

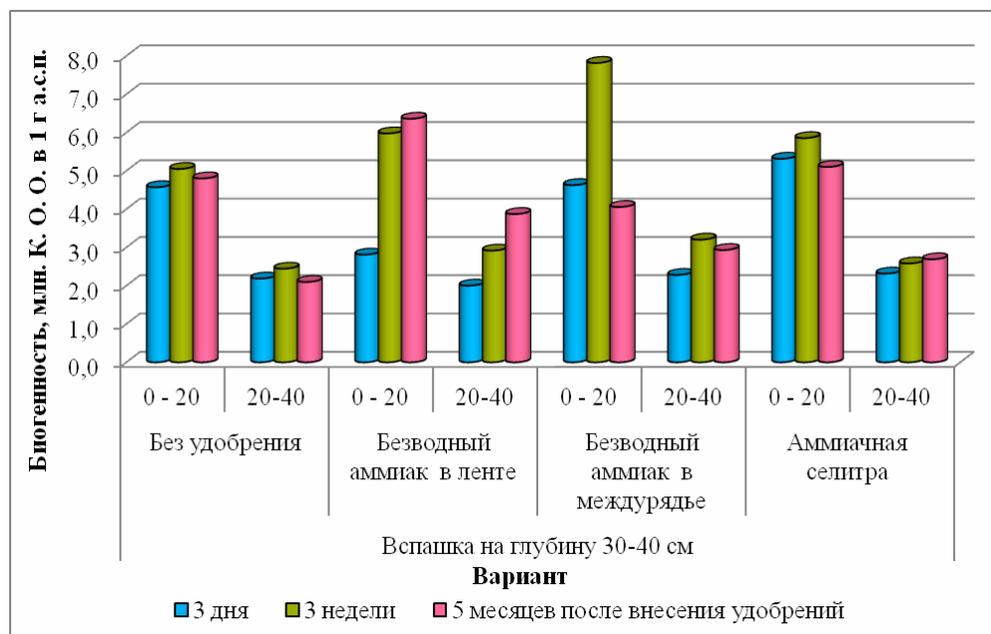
Таким образом, вследствие высокой агрономической и экономической эффективности применение безводного аммиака на оподзоленных черноземах Украины является альтернативой аммиачной селитры, особенно при выращивании озимой пшеницы и кукурузы на зерно. Это соответствует одной из главных задач интенсификации аграрного производства, которая заключается в сокращении затрат на себестоимость единицы продукции.

С другой стороны, внесение удобрений должно обеспечивать стабильное, эколого-направленное функционирование почвы. Принимая во внимание высокую агрессивность и токсичность безводного аммиака как синтетического химического вещества, с самого начала его применения в качестве удобрения возник вопрос относительно степени влияния на параметры почвенных свойств. В ряде исследований, проведенных в США, Канаде, Германии и других странах, где применение безводного аммиака имеет полувековой опыт, уже давно выявлены преимущества и негативные последствия его применения. В частности, некоторые исследователи утверждают, что систематическое применение безводного аммиака неизбежно приводит к подкислению почвы (до $pH < 5,5$), что значительно снижает урожайность культур [4–5]. В случае длительного применения безводного аммиака под зерновые и масличные культуры необходимо использовать научно обоснованный подход во время определения оптимальных доз азота с целью получения максимальных урожаев [6–7].

На территории Украины, России и Беларуси исследования в этом направлении немногочисленны, что связано с технологическими сложностями процесса внесения и энергетическим благополучием предшествующего периода. Однако в последнее время внесение данного вида азотного удобрения получает все большее распространение за счет выше рассмотренных преимуществ и вопросы изменения почвенно-экологических свойств под его воздействием весьма актуальны. С целью мониторинга для установления степени негативного воздействия на почвенно-экологические параметры, удобряемых безводным аммиаком площадей, нами было выбрано 15 показателей плодородия почвы, из которых лишь несколько могут быть рекомендованы для систематического контроля.

В первую очередь, токсическому воздействию безводного аммиака подвергается полезная микрофлора почвы, которая быстро реагирует на действие экзогенных факторов и поэтому является информативным индикатором экологического состояния почвенного покрова. Наши наблюдения показывают, что депрессия эколого-трофических групп микроорганизмов происходит в первые дни после внесения безводного аммиака непосредственно в зоне локализации удобрения. Это отображается в снижении уровня общей биогенности в 1,6 раз по сравнению с контролем и 1,9 раз относительно варианта с внесением аммиачной селитры (рис. 1). Прежде всего, происходит резкое уменьшение (в среднем на 50%) численности микроскопических грибов, актиномицетов, микроорганизмов, которые

ассимилируют минеральные и органические формы азота. Данная реакция микробиоценоза почвы говорит о частичном стерилизационном эффекте, который также был установлен В.П. Цюпкой [8]. Однако, стерилизующий эффект носит кратковременный характер и уже через три недели после внесения аммиака происходит восстановление активности микроорганизмов, сопровождающееся определенной перегруппировкой структуры микробиоценоза.



$НСР_{05} = 1,66$

Рис. 1. Динамика изменения уровня биогенности чернозема оподзоленного при внесении безводного аммиака

Не менее значимое направление мониторинга почвы при внесении безводного аммиака – это изменение реакции почвенной среды. Большинство исследований установлено подкисляющий эффект, который приобретает накопительный характер при постоянном многолетнем внесении. В нашем опыте фактически по всем срокам отбора образцов отмечено снижение обменной и повышение гидролитической кислотности по отношению к контрольному варианту, однако четкого тренда не установлено (рис. 2). Это, с одной стороны, можно объяснить высокой буферностью чернозема оподзоленного, а с другой тем, что наиболее кардинальные изменения локализованы в ленте по линии внесения аммиака. Следует заметить, что внесение аммиачной селитры вызывает аналогичные изменения показателей кислотности, однако их восстановление до исходного уровня протекает быстрее, чем после безводного аммиака.

Третье направление мониторинга почвы при внесении безводного аммиака – изменение гумусового состояния вследствие пептизирующего действия NH_4OH . Наши исследования показывают малоинформативность общего и водорастворимого гумуса для оценки неблагоприятного влияния безводного аммиака на органическое вещество почвы. Более отзывчивым показателем является содержание

лабильного органического углерода в почве, максимальное содержание которого отмечается в ленте в первые дни после внесения (рис. 3). С удалением от ленты содержание лабильного органического углерода снижается, и уже в междурядье не превышает значения этого показателя на варианте без внесения удобрений и при применении аммиачной селитры.

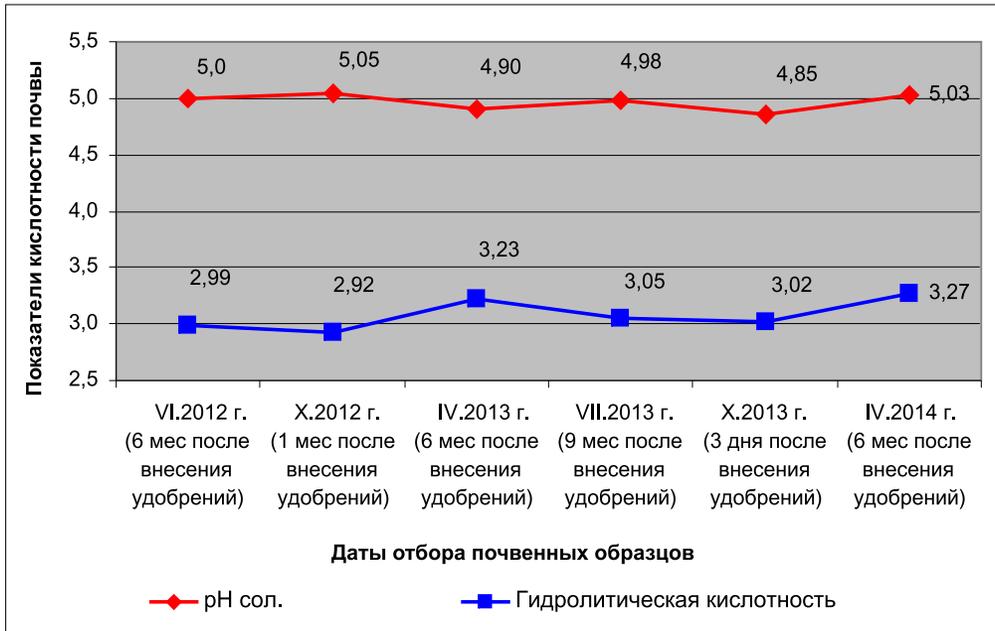


Рис. 2. Динамика изменений показателей кислотности чернозема оподзоленного в условиях трехлетнего применения безводного аммиака (в пахотном слое почвы)

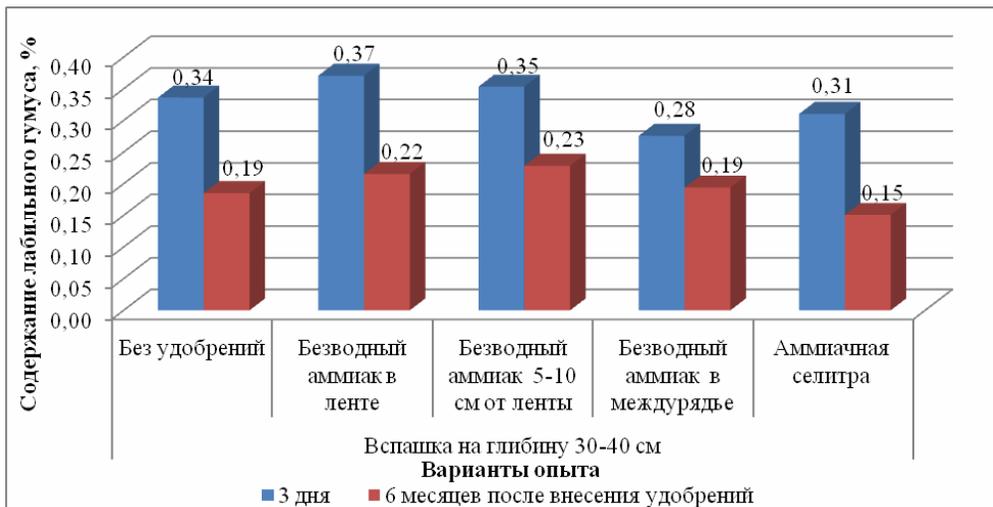


Рис. 3. Изменение содержания лабильного гумуса в зависимости от удаленности от ленты при внесении безводного аммиака

Содержание лабильных форм в составе общего гумуса через месяц после внесения безводного аммиака увеличилась до 17% по сравнению с 10% в варианте без удобрений, через 6–9 месяцев его доля сократилась до 12%. Переход органического вещества в подвижную форму связан с разрывом ионами водорода и аммония кальциевых связей между активным и пассивным гумусом, что сопровождается переходом коллоидальных гуминовых кислот в простые легкорастворимые соли, которые могут выщелачиваться. При этом существенное значение имеет степень насыщения почвенно-поглощительного комплекса аммонием, обладающего пептизирующим действием на почвенные коллоиды. При его содержании в ППК свыше 5,85% наблюдаются такие же негативные изменения, как и при 5% насыщении ППК натрием и калием. Достаточно тесная корреляция между содержанием обменного аммония и лабильного гумуса в почве ($r=0,75$) свидетельствует о взаимосвязанности этих показателей. В принципе, подкисление почвенного раствора и уменьшение насыщения почвы основаниями в большинстве случаев сопровождают длительное применение минеральной системы удобрений [9], поэтому при систематическом использовании безводного аммиака эти показатели должны в обязательном порядке контролироваться.

Физические свойства почвы оказались наиболее устойчивыми к действию безводного аммиака, трехлетнее применение которого не вызвало существенных изменений в устойчивости микроструктуры чернозема оподзоленного, сохраняющего при этом высокую потенциальную способность к оструктурированию и микроагрегированности. Более разрушительное действие на микроструктуру оказывает глубокая обработка почвы, а внесенные удобрения выступают незначительным катализатором дезагрегации микроагрегатов, что подтверждается исследованиями В.В. Медведева [10] и В.С. Зинченко [11].

Внесение в почву безводного аммиака – существенный фактор экологического риска, особенно на почвах легкого гранулометрического состава. Хотя ион аммония хорошо поглощается ППК, его внесение ленточным способом при благоприятных для нитрификации гидротермических условиях может привести к формированию очагов накопления нитратов и усилению их миграции в грунтовые воды. Как показали результаты наших исследований, на черноземах оподзоленных среднесуглинистых при применении безводного аммиака наблюдается перемещение нитратного азота на глубину 60–120 см и формирование там очага повышенной концентрации, вдвое превышающей соответствующие показатели при применении аммиачной селитры. Концентрация нитратного азота непосредственно под лентой внесения жидкого безводного аммиака на глубине 60–120 см в среднем на 1,7 раза выше, чем на аналогичной глубине в междурядье. Очевидно, что во избежание нитратного загрязнения при определении доз внесения безводного аммиака необходимо учитывать тип почвы, ее гранулометрический состав и ёмкость поглощения, количество осадков в осенне-весенний период и глубину залегания грунтовых вод.

Таким образом, для систематического контроля при применении безводного аммиака в земледелии в первую очередь можно рекомендовать такие показатели: обменная кислотность почвы, содержание лабильного гумуса и содержание обменного аммония в ППК. Изменения физических параметров определять ранее, чем через 5 лет нецелесообразно.

ВЫВОДЫ

Исследованиями доказано, что безводный аммиак может выступать альтернативой традиционной аммиачной селитре в обеспечении азотного питания полевых сельскохозяйственных культур. Эффективность безводного аммиака зависит от биологических особенностей культуры, продолжительности вегетации и погодных условий в этот период. Применение безводного аммиака позволяет снизить расходы на единицу продукции, тем самым повышая уровень рентабельности производства.

Вместе с тем применение безводного аммиака несет ряд экологических рисков, связанных с усиленным воздействием этого удобрения и технологии его внесения на качество почвы и природных вод. Во избежание ухудшения почвенного плодородия при применении безводного аммиака в земледелии рекомендуется контролировать обменную кислотность, содержание лабильного гумуса в почве и содержание обменного аммония в ППК. Для предотвращения нитратного загрязнения при определении доз внесения безводного аммиака необходимо учитывать тип почвы, ее гранулометрический состав и ёмкость поглощения, количество осадков в осенне-весенний период и глубину залегания грунтовых вод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фурдичко, О.І. Якість та безпечність сільськогосподарської продукції в контексті продовольчої безпеки України / О.І. Фурдичко, О.С. Дем'янюк // Агроекологічний журнал. – 2014. – № 1. – С. 7–12.
2. Сільське господарство України. Статистичний збірник за 2013 рік / Державна служба статистики України. – К., 2014. – 400 с.
3. Карпіщенко, О.І. Еколого-економічні проблеми використання мінеральних добрив / О.І. Карпіщенко, О.О. Карпіщенко // Вісник СумДУ. Серія «Економіка». – № 2. – 2013. – С.5–11.
4. Pintro J.C., Inoue T.T., Tormena C.A., Costa A.C.S. and Silva M.A.G. (2004). Mineral composition and dry mass production of corn plants affected by different phosphate sources and different soil aluminum saturation levels. – *J. Plant Nutr.* 27:2149–2158.
5. Kariuki S.K., H. Zhang J.L. Schroder J. Edwards, Payton M., Carver B.F., Raun W.R. and Krenzer E.G. (2007). Hard red winter wheat cultivar responses to pH and aluminum concentration gradients. – *Agron. J.* 99:88–98.
6. Schroder J.L., Zhang H., Girma K., Raun W.R., Penn C.J., Payton M.E. (2011). Soil Acidification from Long-Term Use of Nitrogen Fertilizers on Winter Wheat. – *Soil Sci. Soc. Am. J.* 75:957–964.
7. Ukrainetz H., Campbell C.A., Biederbeck V.O., Curtin D., and Bouman O.T. (1996). Yield and protein content of cereals and oilseed as influenced by long-term use of urea and anhydrous ammonia. – *Can. J. Plant Sci.* 76: 27–32.
8. Цюпка, В.П. Микрофлора и биохимические процессы в черноземе выщелоченном при систематическом применении жидкого аммиака в качестве азотного удобрения: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 03.00.07 / В.П. Цюпка. – Ленинград, 1991. – 16 с.
9. Веремеенко, С.И. Изменение агрохимических свойств темно-серой почвы западной Лесостепи Украины под влиянием длительного сельскохозяйственно-

го использования / С.И. Веремеенко, О.А. Фурманец // Почвоведение. – 2014. – № 5. – С. 602–610.

10. Медведев, В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов / В.В. Медведев. – М.: Агропромиздат, 1988. – 160 с.

11. Зинченко, В.С. Оценка экологического состояния серой лесной почвы в агроэкосистемах в зависимости от приемов основной обработки почвы: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08, 03.02.13 / В.С. Зинченко. – Владимир, 2011. – 22 с.

COMPARATIVE EFFECTIVENESS OF ANHYDROUS AMMONIA AND AMMONIUM NITRATE IN A LINK OF FIELD ROTATION

N.N. Miroshnichenko, A.V. Revt'e, E.Yu. Gladkikh, E.V. Panasenko

Summary

In the article is presents the economic substantiation of application of anhydrous ammonia in agriculture, is installed degree of its negative impact on soil and environmental parameters. Investigations were carried out in the short and long-term dynamics for three years in a field experiment. Results of investigations are demonstrated the influence of particular anhydrous ammonia on the physical and chemical and microbiological parameters of chernozem podzolic, productivity of element crop rotation (wheat, corn, sunflower). The advantage introducing anhydrous ammonia before sowing in comparison with traditional ammonium nitrate was established.

Поступила 20.03.15

УДК 631.8:631.445.2

ВЛИЯНИЕ САПРОПЕЛЕЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА СЕВООБОРОТА И ПЛОДОРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

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

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

ВВЕДЕНИЕ

Стабильное наращивание темпов производства сельскохозяйственной продукции в условиях Республики Беларусь, где в структуре посевных площадей доминируют генетически малопродуктивные дерново-подзолистые почвы, возможно при условии комплексного и экономически обоснованного подхода к решению конкретных задач [1, 2].

Традиционно, окультуривание дерново-подзолистых почв велось на основе применения органических удобрений, которые оказывают существенное положительное влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур, оптимизируют агрофизические и микробиологические характеристики почвы, воздействуют на процессы накопления, минерализации и трансформации почвенного гумуса [3–5].

Наряду с применением традиционных органических удобрений – различных видов навоза, целесообразно использовать иные возможные источники органического вещества и элементов питания растений. В качестве самостоятельного удобрения, в сочетании с минеральными удобрениями, а также для производства компостов применимы, в частности, сапропели – вещества биогенного происхождения, образующиеся на дне пресноводных озер из растительных и животных остатков в результате микробиологических процессов, протекающих при недостатке кислорода [6–9].

Цель исследований – установить влияние органо-известковистого и кремнеземистого сапропелей на продуктивность сельскохозяйственных культур и плодородие 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 почве, развивающейся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 80 см моренным суглинком. Испытания проводили в звене севооборота кукуруза – яровой рапс – озимое тритикале. Опыт развернут в двух полях, в четырехкратной повторности вариантов. Общая площадь делянки – 20 м² (4 м × 5 м). Пахотный слой исследуемой почвы перед закладкой опыта характеризовался следующими агрохимическими показателями: рН_{KCl} 5,5–5,6; содержание гумуса – 2,21–2,41%, P₂O₅ (0,2 МНCl) – 155–205 мг/кг, K₂O (0,2 МНCl) – 227–246 мг/кг почвы.

Исследуемые культуры: кукуруза Дельфин (2010–2011 гг.), яровой рапс Антей (2011–2012 гг.), озимое тритикале Вольтарио (2012–2013 гг.). Дозы минеральных удобрений: под кукурузу – N₉₀₊₆₀P₆₀K₁₄₀, яровой рапс – N₈₀₊₃₀P₆₀K₁₂₀, озимое тритикале – N₇₀₊₃₀₊₄₀P₆₀K₁₂₀.

При расчете продуктивности культур звена севооборота использовали следующие коэффициенты перевода в кормовые единицы: зеленая масса кукурузы – 0,27; семена рапса – 1,42; солома рапса – 0,1; зерно озимого тритикале – 1,19; солома озимого тритикале – 0,21 [10].

Фосфорные (аммонизированный суперфосфат) и калийные (хлористый калий) удобрения вносили весной в основное внесение, азотные (карбамид) – в предпосевную культивацию и подкормки согласно схеме опыта. Органические удобрения внесены под первую культуру звена севооборота (кукурузу) под вспашку. Дозы сапропелей выровнены по азоту, внесенному с подстилочным навозом КРС в дозе 60 т/га. Основные показатели органических удобрений представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные показатели изучаемых органических удобрений

Вид удобрения	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	C	Влажность, %	рН _{KCl}
	% в расчете на естественную влажность							
Подстилочный навоз КРС	0,43	0,26	0,33	0,13	0,06	9,6	77	7,87
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

В почвенных образцах обменную кислотность pH_{KCl} определяли по ГОСТ 26483–85, содержание органического вещества – по ГОСТ 26213–91; подвижных форм фосфора и калия – по ГОСТ 26207–91; фракционно-групповой состав гумуса – по методу Тюрина в модификации Пономаревой и Плотниковой [11]. Баланс элементов питания рассчитан согласно методике [12].

Статистическую обработку результатов осуществляли согласно методике полевого опыта Б.А. Доспехова [13] с использованием MS Excel 2010.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В исследованиях установлено положительное влияние применяемых минеральных и органических удобрений на урожайность культур звена севооборота кукуруза – яровой рапс – озимое тритикале. За счет плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы при соблюдении технологии возделывания кукурузы в среднем за два года получено зеленой массы 371 ц/га (табл. 2). Прибавка от внесения $N_{90+60}P_{60}K_{140}$ составила 179 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 51 кг зеленой массы. Прибавка урожайности кукурузы от совместного действия подстилочного навоза КРС и минеральных удобрений была на уровне 287 ц/га, при этом за счет действия навоза получено 108 ц/га или 180 кг зеленой массы на 1 т. Внесение минеральных удобрений на фоне органо-известковистого и кремнеземистого сапропелей способствовало повышению урожайности кукурузы относительно неудобренного варианта на 265–267 ц/га, при этом за счет сапропелей получено 86–88 ц/га или 191 кг зеленой массы на 1 т кремнеземистого и 220 кг/т органо-известковистого сапропеля.

Таблица 2

Влияние удобрений на продуктивность звена севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве за 2010–2013 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га			Продуктивность звена севооборота	Прибавка		Окупаемость, к.ед.	
	кукуруза на з.м.	рапс яровой	тритикале озимое		к контролю	от орг. уд.	1 т орг. уд.	1 кг NPK орг. уд.
				ц к.ед./га				
Без удобрений	371	9,4	45,4	174,9	–	–	–	–
$N_{400}P_{180}K_{380}$	550	19,7	74,2	278,6	103,7	–	–	7,6
Подстилочный навоз КРС, 60 т/га + $N_{400}P_{180}K_{380}$	658	22,4	76,8	315,4	140,5	36,8	61,3	6,0
Сапропель кремнеземистый, 45 т/га + $N_{400}P_{180}K_{380}$	636	22,4	78,3	311,8	136,9	33,2	73,7	5,5
Сапропель органоизвестковистый, 40 т/га + $N_{400}P_{180}K_{380}$	638	20,7	77,7	308,2	133,3	29,6	74,0	5,1
$НСР_{05}$	22	1,32	2,3	11,3				

Результаты исследований показали, что сапропели и подстилочный навоз, внесенные в эквивалентных по азоту дозах, по влиянию на урожайность зеленой массы кукурузы были равноценны. Разница в урожайности находится в пределах $НСР_{05}$.

Урожайность ярового рапса в неудобренном варианте в среднем за два года составила 9,4 ц/га или 29 кг на 1 балло-гектар. Внесение минеральных удобрений

способствовало дополнительному сбору 10,4 ц/га семян при окупаемости 1 кг NPK 3,6 кг семян рапса. Исследования подтвердили положительное влияние последействия подстилочного навоза KPC на урожайность семян ярового рапса. При этом установлено, что влияние сапропеля кремнеземистого было на уровне действия подстилочного навоза и прибавка семян составила 2,7 ц/га. Прибавка семян за счет последействия органо-известковистого сапропеля была не достоверной.

В среднем за два года в варианте без удобрений, при выполнении всех элементов технологии возделывания озимого тритикале, урожайность зерна составила 45,4 ц/га (табл. 2). Внесение минеральных удобрений $N_{70+30+40}P_{60}K_{120}$ обеспечило дополнительный сбор зерна на уровне 28,8 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 9,0 кг зерна. Последействие (2-й год) подстилочного навоза KPC, оказало достоверное положительное влияние на рост урожайности зерна озимого тритикале, обеспечив прибавку на уровне 2,6 ц/га относительно минерального фона. Последействие сапропелей обеспечило получение 3,5 и 4,1 ц/га зерна.

В целом продуктивность звена севооборота при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве в варианте без применения удобрений составила 174,9 ц к.ед./га (табл. 2). Применение минеральной системы удобрения обеспечило дополнительный сбор 103,7 ц к.ед./га, при окупаемости 1 кг NPK 7,6 к.ед. Внесение $N_{400}P_{180}K_{380}$ на фоне подстилочного навоза KPC увеличило продуктивность на 140,5 ц к.ед./га по сравнению с неудобренным вариантом. При этом за счет подстилочного навоза получено всего 36,8 ц к.ед./га или 61 к.ед./т: 80% относительно суммарной прибавки за звено севооборота – от прямого действия, 1-й год последействия обеспечил 11%, 2-й – 9%.

Применение $N_{400}P_{180}K_{380}$ на фоне кремнеземистого и органо-известковистого сапропелей обеспечило по сравнению с вариантом без удобрений дополнительный сбор 136,9 и 133,2 ц к.ед./га соответственно, при этом за счет сапропелей получено 33,2 и 29,6 ц к.ед./га, или 74 к.ед./т. В год действия сапропели обеспечили 70 и 80% прибавки, в 1-й год последействия – 13 и 5%, во 2-й год последействия – 17 и 15% прибавки продуктивности, относительно суммарной за звено севооборота. Оценка сравнительного действия основных элементов питания, содержащихся в навозе и сапропелях показала, что 1 кг NPK подстилочного навоза обеспечил сбор 6,0 к.ед. за звено севооборота, окупаемость 1 кг NPK сапропелей была несколько ниже и составила: кремнеземистого – 5,5 к.ед., органо-известковистого – 5,1 к.ед.

Оценка общего выноса элементов минерального питания, объединяющая показатели урожайности и содержание питательных элементов в сельскохозяйственной продукции, является объективной и результирующей величиной. Однако хозяйственный вынос питательных элементов сильно варьирует у одних и тех же культур и зависит от урожайности, сорта, применяемых удобрений, плодородия почвы, погодных условий и т. д. [1].

Удельный вынос элементов питания – величина более постоянная, рассчитывается на 1 т основной продукции при соответствующем количестве побочной.

Расчеты показали, что минимальный общий вынос элементов питания за звено севооборота был в варианте без удобрений (табл. 3). Внесение минеральных удобрений увеличило общий вынос азота на 197 кг/га, фосфора – на 76 кг/га, калия – на 220 кг/га, кальция – на 23 кг/га, магния – на 22 кг/га, что в среднем по элементам питания за звено севооборота составило 81%.

Вынос элементов питания культурами звена севооборота в зависимости от применяемых удобрений (среднее за 2012–2013 гг.)

Вариант	Общий (хозяйственный) вынос, кг/га					Удельный вынос с 1 т к. ед., кг				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Без удобрений	226	114	261	31	30	12,9	6,5	14,9	1,8	1,7
N ₄₀₀ P ₁₈₀ K ₃₈₀	423	190	481	54	52	15,2	6,8	17,3	1,9	1,9
Подстилочный навоз КРС, 60 т/га + N ₄₀₀ P ₁₈₀ K ₃₈₀	495	230	568	67	57	15,7	7,3	18,0	2,1	1,8
Сапропель кремнеземистый, 45 т/га + N ₄₀₀ P ₁₈₀ K ₃₈₀	489	216	583	71	59	15,7	6,9	18,7	2,3	1,9
Сапропель органо-известковистый, 40 т/га + N ₄₀₀ P ₁₈₀ K ₃₈₀	473	215	539	69	59	15,4	7,0	17,5	2,2	1,9
Среднее по удобренным вариантам	421	193	486	58	51	15,0	6,9	17,3	2,1	1,8

Применение 45 т/га кремнеземистого и 40 т/га органо–известковистого сапропелей увеличивало относительно фонового варианта (N₄₀₀P₁₈₀K₃₈₀) общий вынос азота в среднем на 14%, фосфора – на 13%, калия – на 17%, кальция – на 30% и магния – на 13%. Близкие показатели общего выноса получены при внесении подстилочного навоза КРС в дозе 60 т/га, вынос азота относительно минерального фона увеличился на 17%, фосфора – на 21%, калия – на 18%, кальция – на 24%, магния – на 10%.

Анализируя долевое участие каждой культуры в общем выносе элементов питания, установлено, что с зеленой массой кукурузы вынесено в среднем азота – 58%, фосфора – 54%, калия – 71%, кальция – 55%, магния – 62% от общего за звено севооборота (рис. 1). С семенами и соломой ярового рапса отчуждено 16% азота, 20% фосфора, 12% калия, 34% кальция, 22% магния; с урожаем озимого тритикале вынесено 26% азота, 26% фосфора, 17% калия, 11% кальция, 16% магния от общего выноса за звено севооборота.

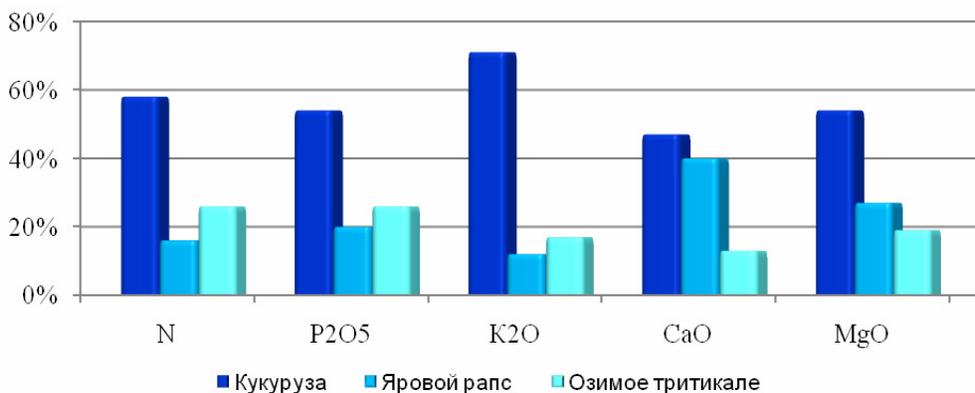


Рис. 1. Долевое участие культур севооборота в общем выносе элементов питания

Удельный вынос основных элементов питания мало зависел от применяемых удобрений. В среднем по удобренным вариантам опыта с 1 т к. ед. вынос азота составил 15,0 кг, фосфора – 6,9 кг, калия – 17,3 кг, кальция – 2,1 кг, магния – 1,8 кг.

При разработке систем удобрения, в частности расчете доз удобрений, необходимо учитывать коэффициенты использования элементов питания из различных удобрений растениями. В связи с этим уточнение коэффициентов использования основных элементов питания из сапропелей в действии и последствии представляет определенный научно-практический интерес.

Согласно расчетам при органо-минеральной системе удобрения коэффициент использования растениями азота органо-известковистого сапропеля был минимальным в опыте и составил 19% за звено севооборота (табл. 4). Более полно использовался азот кремнеземистого сапропеля – 26%. Коэффициент использования азота из подстилочного навоза КРС составил 28%.

Таблица 4

Коэффициенты использования элементов питания из органических удобрений культурами звена севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Коэффициенты использования элементов питания из органических удобрений, %											
	кукуруза на зел. массу			яровой рапс			озимое тритикале			за звено севооборота		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Подстилочный навоз КРС, 60 т/га + N ₄₀₀ P ₁₈₀ K ₃₈₀	19	19	35	4	6	3	4	1	6	28	26	44
Сапропель кремнеземистый, 45 т/га + N ₄₀₀ P ₁₈₀ K ₃₈₀	18	14	31	4	6	6	4	4	8	26	24	44
Сапропель органо-известковистый, 40 т/га + N ₄₀₀ P ₁₈₀ K ₃₈₀	15	11	25	2	2	3	2	3	9	19	16	37

Органо-известковистый сапропель (влажность 48%) характеризовался наиболее высоким содержанием фосфора (0,40%), и как следствие более низким коэффициентом его использования – 16% за звено севооборота. В сравнении с органо-известковистым сапропелем, фосфор кремнеземистого сапропеля использовался в 1,5 раза лучше. Коэффициент использования фосфора из подстилочного навоза КРС был самым высоким и составил 26%.

Наиболее доступным для растений был калий. Коэффициенты его использования из навоза и сапропелей за звено севооборота находились на уровне 37–44%, при этом на первую культуру звена севооборота приходилось от 25 до 35%.

Баланс элементов питания растений, отражающий пути превращения и расхода питательных элементов удобрений, а также оценка фактического изменения агрохимических показателей во времени, во многом определяют эффективность органических и минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур.

В результате оценки баланса элементов питания, установлено, что минеральная система удобрения не обеспечила бездефицитный баланс азота. При органо-минеральной системе удобрения во всех вариантах отмечен положительный

баланс азота, при этом наибольшая его интенсивность получена в варианте с применением органо-известковистого сапропеля в дозе 40 т/га – 108%. Внесение подстилочного навоза КРС в дозе 60 т/га и кремнеземистого сапропеля в дозе 45 т/га обеспечило аналогичные показатели интенсивности баланса азота – 104% (табл. 5).

Таблица 5

**Баланс элементов питания в дерново-подзолистой супесчаной почве
за звено севооборота, 2010–2013 гг.**

Вариант	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	баланс, ± кг/га	интен- сивность баланса, %	баланс, ± кг/га	интен- сивность баланса, %	баланс, ± кг/га	интен- сивность баланса, %
Без удобрений	-198	29	-109	5	-313	3
N ₄₀₀ P ₁₈₀ K ₃₈₀	-95	84	-5	98	-153	72
Подстилочный навоз КРС, 60 т/га + N ₄₀₀ P ₁₈₀ K ₃₈₀	27	104	111	148	-42	93
Сапропель кремнеземистый, 45 т/га + N ₄₀₀ P ₁₈₀ K ₃₈₀	32	104	82	138	-25	96
Сапропель органо-известковистый, 40 т/га + N ₄₀₀ P ₁₈₀ K ₃₈₀	53	108	130	161	-55	91

Более благоприятным в опыте был баланс фосфора. Богатый фосфором органо-известковистый сапропель обеспечил наибольшую интенсивность его баланса – 161%, в варианте с применением кремнеземистого сапропеля интенсивность баланса фосфора составила 138%, подстилочного навоза КРС – 148%. В варианте с минеральной системой удобрения баланс фосфора был близким к нулевому.

Баланс калия был отрицательным во всех вариантах опыта, даже при органо-минеральной системе удобрения вынос с урожаем и потери при выщелачивании превышали поступление калия в почву на 25–55 кг/га. При минеральной системе удобрения баланс калия был резко отрицательным (–153 кг/га).

Расчет баланса основных элементов питания растений позволяет прогнозировать изменения 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 в звене севооборота кукуруза – яровой рапс – озимое тритикале исходный уровень рН_{KCl} до закладки опыта колебался в пределах 5,61–5,72 (табл. 6). Применение минеральных удобрений оказало подкисляющее действие на почву. В результате уровень рН_{KCl} достоверно снизился до 5,46. Тенденция к подкислению на 0,11 обнаружена также при применении подстилочного навоза КРС на минеральном фоне. Внесение кремнеземистого сапропеля нивелировало отрицательное подкисляющее действие минеральных удобрений: отмечена тенденция к увеличению рН_{KCl}, а внесение органо-известковистого сапропеля на минеральном фоне достоверно увеличивало рН_{KCl} с 5,67 до 5,87.

Применение минеральных и органических удобрений достоверного влияния на содержание гумуса в пахотном слое дерново-подзолистой почвы не оказало. Наиболее выраженная тенденция к снижению содержания гумуса отмечена

в варианте без удобрений (на 0,11%). Совместное применение органических и минеральных удобрений позволило поддерживать содержание гумуса в почве на исходном уровне с некоторой тенденцией к увеличению (на 0,01 до 0,04%).

Динамика подвижных форм фосфора и калия согласуется с балансовыми расчетами. В результате исследований установлено снижение содержания P_2O_5 в варианте без удобрений на 21 мг/кг. Применение минеральных удобрений достоверного влияния на содержание фосфора не оказало. При органо-минеральной системе удобрения наиболее значительные положительные изменения обнаружены на фоне применения органо-известковистого сапропеля: содержание P_2O_5 увеличилось на 24 мг/кг. Применение подстилочного навоза КРС и кремнеземистого сапропеля увеличивало этот показатель на 21 и 16 мг/кг соответственно.

Таблица 6

Влияние удобрений на изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой супесчаной почвы

Вариант	рН _{KCl}			гумус, %			P ₂ O ₅ , мг/кг			K ₂ O, мг/кг		
	2010–2011 г.	2012–2013 г.	+	2010–2011 г.	2012–2013 г.	+	2010–2011 г.	2012–2013 г.	+	2010–2011 г.	2012–2013 г.	+
Без удобрений	5,68	5,51	-0,17	2,25	2,14	-0,11	131	110	-21	242	148	-94
N ₄₀₀ P ₁₈₀ K ₃₈₀	5,72	5,46	-0,26	2,41	2,36	-0,05	135	136	1	247	191	-56
Подстилочный навоз КРС, 60 т/га + N ₄₀₀ P ₁₈₀ K ₃₈₀	5,66	5,55	-0,11	2,38	2,39	0,01	129	150	21	230	203	-27
Сапропель кремнеземистый, 45 т/га + N ₄₀₀ P ₁₈₀ K ₃₈₀	5,61	5,70	0,09	2,60	2,63	0,03	130	146	16	229	188	-41
Сапропель органо-известковистый, 40 т/га + N ₄₀₀ P ₁₈₀ K ₃₈₀	5,67	5,87	0,20	2,62	2,66	0,04	133	157	24	229	202	-27
НСР ₀₅	0,21	0,18		0,15	0,13		12	14		22	15	

Содержание подвижных форм калия снизилось во всех вариантах опыта. В варианте без удобрений данный показатель снизился на 94 мг/кг. Внесение за звено севооборота 380 кг хлористого калия в составе минеральных удобрений оказалось недостаточным для поддержания подвижного калия в почве на исходном уровне: показатель снизился на 57 мг/кг. При органо-минеральной системе удобрения снижение калия также было существенным – на 27–41 мг/кг.

Доказано, что плодородие почв в значительной степени определяется содержанием, составом и свойствами гумусовых веществ. Для дерново-подзолистых почв исследования по изучению гумусного состояния представляют особый интерес, поскольку почвы формируются при постоянном участии элювиального почвообразовательного процесса, что отражается на их гумусовом режиме. Выяснение механизма трансформации гумусовых веществ в дерново-подзолистых почвах на фоне применения удобрения относится к числу наиболее значимых задач, что обусловлено влиянием удобрений на свойства и режимы почв, миграцию и аккумуляцию в них веществ и энергии [14, 15].

Оценка гумусного состояния дерново-подзолистой супесчаной почвы показала, что в варианте без удобрений в составе гумусовых веществ доминирующая роль принадлежала подвижным формам. В группе гуминовых кислот относительное содержание ГК-1 достигло 12,9% от $C_{\text{общ.}}$, что в долевым выражении составило 49% от суммы гуминовых кислот и согласно системе показателей гумусного состояния [16] оценивалось как среднее (табл. 7). Относительное суммарное количество подвижных фульвокислот (ФК-1а + ФК-1) было на уровне 22,1%, что в 1,7 раза превышало фракцию гуминовых кислот, свободных и связанных с полуторными оксидами. При этом доленое участие фракции ФК-1 составило 51% от суммы фульвокислот, «агрессивной» фракции ФК-1а – 18%.

Таблица 7

Изменение фракционно-группового состава гумуса дерново-подзолистой супесчаной почвы под влиянием органических и минеральных удобрений, % к общему углероду почвы ($C_{\text{общ.}}$)

Вариант	Собщ., % к массе почвы	Фракции гуминовых кислот				Фракции фульвокислот					$C_{\text{ГК}}/C_{\text{ФК}}$
		1	2	3	Σ ГК	1а	1	2	3	Σ ФК	
Без удобрений	1,28	12,9	4,6	8,8	26,3	5,7	16,4	6,5	3,5	32,1	0,82
$N_{400}P_{180}K_{380}$	1,39	15,5	4,1	9,0	28,6	6,3	18,7	5,8	3,7	34,5	0,83
Подстилочный навоз КРС, 60 т/га + $N_{400}P_{180}K_{380}$	1,39	16,2	5,1	9,0	30,3	5,7	20,9	6,4	3,5	36,5	0,83
Сапропель кремне- земистый, 45 т/га + $N_{400}P_{180}K_{380}$	1,51	14,6	5,6	8,9	29,1	5,4	18,3	7,5	3,7	34,9	0,84
Сапропель органо-из- вестковистый, 40 т/га + $N_{400}P_{180}K_{380}$	1,53	12,6	6,3	9,2	28,1	4,7	15,7	8,3	3,9	32,6	0,86

Наименьшей долей (всего 18%) в сумме гуминовых кислот характеризовалась 2-я фракция ГК, связанная с кальцием, которая в соответствии с градацией классифицировалась как очень низкая при высоком содержании ГК-3 (33% от суммы гуминовых кислот). Обогащенность гумуса фульватами кальция в 1,4 раза была выше по сравнению с ГК-2; количество ФК-3, наоборот, в 2,5 раза уступало по содержанию фракции ГК-3. В целом при изучении группового состава гумуса дерново-подзолистой супесчаной почвы установлено, что общее количество гуминовых кислот в варианте без удобрений было минимальным по опыту и находилось на уровне 26,3% от общего углерода почвы, содержание фульвокислот в сумме составило 32,1%, вследствие чего $C_{\text{ГК}}/C_{\text{ФК}}$ было равным 0,82, тип гумуса – гуматно-фульватный.

На фоне внесения минеральных удобрений отмечены некоторые негативные отклонения в качестве гумуса по сравнению с неудобренным вариантом. Наиболее чувствительными к воздействию минеральных удобрений были подвижные фракции гумусовых веществ и фракции, связанные с кальцием. При этом данные группы гумусовых веществ характеризовались разнонаправленностью протекающих процессов. Анализ полученного материала показал, что наблюдалась активизация в образовании подвижных гумусовых веществ: относительное содержание

ГК-1 увеличилось до 15,5% от $C_{\text{общ.}}$, ФК-1а – до 6,3% и ФК-1 – до 18,7%. Содержание фракций, связанных с кальцием, наоборот, уменьшалось, что, по-видимому, обусловлено перегруппировкой в этих группах гумусовых веществ. По мнению Л.Г. Бакиной [17], на известкованных дерново-подзолистых почвах происходит увеличение содержания фракций гумусовых кислот, связанных с кальцием, за счет уменьшения фракций, связанных с подвижными формами полуторных оксидов. На фоне минеральных удобрений из-за подкисления почвенного раствора, возможно, наблюдался обратный процесс, в результате которого доленое участие гуматов кальция в общей сумме гуминовых кислот уменьшилось до 14%, что указывает на ухудшение качества гумуса и явилось одним из характерных признаков деградационных изменений в гумусовой системе на уровне фракций гумусовых кислот [18, 19]. В целом суммарное содержание гуминовых кислот при минеральной системе удобрения составило 28,6% от $C_{\text{общ.}}$, фульвокислот – 34,5%, $C_{\text{ГК}}/C_{\text{ФК}}$ находилось на уровне этого показателя в варианте без удобрений и равнялось 0,83.

При изучении особенностей трансформации гумусовых веществ в дерново-подзолистой супесчаной почве за короткий промежуток времени особый интерес представляет совместное действие органических и минеральных удобрений. Определено, что органо-минеральная система удобрения, предусматривающая внесение подстилочного навоза КРС, обеспечила увеличение относительного содержания всех фракций гуминовых кислот по сравнению с минеральным фоном и неудобренным вариантом, в результате чего их сумма характеризовалась наиболее высоким по опыту показателем (30,3%). Однако применение этой системы удобрения сопровождалось также довольно интенсивной аккумуляцией ФК-1 при сохранении содержания остальных фракций фульвокислот на уровне неудобренного варианта. Отношение $C_{\text{ГК}}/C_{\text{ФК}}$, которое свидетельствует об общей направленности процесса гумусообразования, также не претерпело изменений, что свидетельствует об однонаправленности отклонений в составе гумуса: прирост в количестве гуминовых кислот сопровождался соразмерной прибавкой в общем содержании фульвокислот.

За изучаемый период в вариантах с внесением сапропелей совместно с минеральными удобрениями выявлена наиболее позитивная направленность изменения качественного состава гумуса, на что указывает отчетливо выраженное увеличение содержания ГК-2 – 5,6–6,3% от $C_{\text{общ.}}$. Расчет долевого участия этой фракции в общей сумме гуминовых кислот показал максимум их выхода по опыту (19–22%). На усиление признака гуматности гумуса на фоне применения сапропелей указывает также уменьшение содержания подвижных фракций фульвокислот. Определено, что доля (ФК-1а + ФК-1) в суммарном содержании фульвокислот составила 63–68% против 69–73% в остальных изучаемых вариантах. В вариантах, предусматривающих применение кремнеземистого и органо-известковистого сапропелей, в отличие от других опытных вариантов отмечено некоторое расширение отношения $C_{\text{ГК}}/C_{\text{ФК}}$ до 0,84–0,86.

В целом при оценке гумусного состояния дерново-подзолистой супесчаной почвы на основании анализа изменения отдельных компонентов гумусовой системы можно заключить, что через год после внесения органических удобрений в наибольшей степени усиление положительных качеств гумуса по опыту отмечено при органо-минеральной системе удобрения с внесением сапропелей при более доминирующем действии органо-известковистого сапропеля.

Наши исследования предполагали изучение влияния разных систем удобрения на показатели гумусовой системы в краткосрочный период, однако насколько устойчивы эти изменения покажут более продолжительные сроки наблюдения, превышающие период данных наблюдений.

ВЫВОДЫ

1. На дерново-подзолистой супесчаной почве в вариантах с органо-минеральной системой удобрения, внесение 40 т/га органо-известковистого и 45 т/га кремнеземистого сапропелей в звене севооборота кукуруза – яровой рапс – озимое тритикале по влиянию на урожайность было аналогично действию 60 т/га подстилочного навоза КРС и обеспечило рост продуктивности на 29,6 и 33,2 ц к.ед./га при этом на 1 т сапропеля получено 74,0 и 73,7 к.ед., 1 кг NPK, содержащийся в сапропелях, – 5,1 и 5,5 к.ед. соответственно.

За звено севооборота из органо-известковистого сапропеля усвоено растениями 19% азота, 16% фосфора и 37% калия; из кремнеземистого – 26% азота, 24% фосфора и 44% калия.

2. Внесение за звено севооборота $N_{400}P_{180}K_{380}$ было недостаточным для бездефицитного баланса основных элементов питания. В вариантах с применением минеральных удобрений на фоне подстилочного навоза КРС и сапропелей интенсивность баланса азота находилась в пределах 104–108%, фосфора – 148–161%, калия – 91–96%.

3. Внесение органо-известковистого (40 т/га) и кремнеземистого (45 т/га) сапропелей оказало благоприятное влияние на агрохимические показатели почвы: содержание подвижных форм фосфора увеличилось на 15 и 23 мг/кг по сравнению с минеральной системой удобрения, калия – на 15–29 мг/кг, показатель pH_{KCl} – на 0,46 и 0,35 ед., содержание гумуса в пахотном слое дерново-подзолистой супесчаной почвы имело выраженную тенденцию к увеличению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лапа, В.В. Плодородие почв и использование удобрений в Республике Беларусь / В.В. Лапа // Плодородие. – 2014. – № 6. – С. 19–20.
2. Агробиологические основы возделывания кукурузы на зерно и силос / Н.Ф. Надточаев [и др.]. – Минск: Техносервис, 2004. – 100 с.
3. Грейсман, Г. Влияние систем удобрений на агрохимические свойства и качественный состав гумуса дерново-подзолистой супесчаной почвы / Г. Грейсман, В. Янушене // Проблемы питания растений и использование удобрений в современных условиях : материалы межд. науч.-практ. конф., Жодино, 5–7 апр., 2000 г. / НПЦ по земледелию. Жодино, 2000 г. – С. 148–151.
4. Лозановская, И.Н. Теория и практика использования органических удобрений / И.Н. Лозановская, Д.С. Орлов, П.Д. Попов. – М: Агропромиздат, 1988. – 96с.
5. Просяпникова, О.И. Динамика гумуса: направленность, скорость, прогноз / О.И. Просяпникова // Плодородие. – 2006. – № 1(28). – С. 24–25.
6. Васильев, В.А. Справочник по органическим удобрениям / В.А. Васильев, Н.В. Филиппова. – Москва: Россельхозиздат, 1984. – 253с.
7. Курзо, Б.В. Генезис и ресурсы сапропелей Белоруссии / Б.В. Курзо, С.В. Богданов. – Минск: Наука и техника, 1986. – 176 с.

8. Курзо, Б.В. Сапропель / Б.В. Курзо // Полезные ископаемые Беларуси. – Минск, 2002. – С. 305–316.
9. Лопотко, М.З. Сапропели БССР, их добыча и использование / М.З. Лопотко. – Минск: Наука и техника, 1974. – 208 с.
10. Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая: монография / В.В. Лапа, В.Н. Босак. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, 2006. – 120 с.
11. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах (минеральных и торфяных) / В.В. Пономарева, Т.А. Плотникова; Центр. музей почвоведения им. В.В. Докучаева. – Л., 1975. – 105 с.
12. Методика расчета элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В.В. Лапа [и др.]; РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2007. – 26 с.
13. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
14. Савич, В.И. Интегральная оценка плодородия почв. / В.И. Савич, Д.С. Булгаков, Н.Г. Вуколов. – М., 2010. – 347 с.
15. Савич, В.И. Энергетическая оценка плодородия почв / В.И. Савич, В.Г. Сычев, А.Г. Замараев. – М., 2007. – 498 с.
16. Орлов, Д.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов / Д.С. Орлов, О.Н. Бирюкова, М.С. Розанова // Почвоведение. – 2004. – № 8. – С. 918–926.
17. Бакина, Л.Г. Роль фракций гумусовых веществ в почвенно-экологических процессах: автореф. дис. ... докт. биол. наук: 06.01.03 / Л.Г. Бакина. – СПб., 2012. – 50 с.
18. Минакова, О.А. Влияние длительного применения минеральных удобрений и навоза на гумусовое и азотное состояние чернозема выщелоченного в зерносвекловичном севообороте лесостепи ЦЧЗ / О.А. Минакова, Л.В. Тамбовцева, А.И. Громовик // Агрохимия. – 2011. – № 5. – С. 18–25.
19. Овчинникова, М.Ф. Особенности трансформации гумусовых веществ дерново-подзолистых почв при агрогенных воздействиях / М.Ф. Овчинникова // Вестник МГУ. – 2009. – № 1. – С. 12–18.

SAPROPEL INFLUENCE ON THE PRODUCTIVITY LEVEL OF CROP ROTATION LINK AND SOD-PODZOLIC SANDY LOAM SOIL FERTILITY

T.M. Seraya, E.N. Bogatyreva, O.M. Biryukova

Summary

Comparative effectiveness of application of organo-calcareous and siliceous sapropel and cattle manure in the crop rotation link maize – spring rape – winter triticale was studied at the sod-podzolic sandy loam soil. It was found that application of 40 t/ha of organo-calcareous and 45 t/ha siliceous sapropel in the crop rotation link on the yield effect was similar to the effect of 60 t/ha of cattle manure and provided productivity growth of 29.6 and 33.2 c feed units/ha in the variants with organic-mineral fertilizer system.

Поступила 27.04.15

ТРАНСФОРМАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД В ПРОЦЕССЕ БИОКОНВЕРСИИ

Е.В. Скрыльник, В.А. Гетманенко

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

ВВЕДЕНИЕ

Характерной особенностью современного земледелия в Украине является разомкнутость круговорота веществ, в том числе органических, что, наряду с последовательным усилением антропогенного влияния на почву, приводит к достаточно быстрой реализации ресурсов плодородия почвы, прежде всего гумуса. Среднегодовые темпы минерализации гумуса в пахотных почвах Украины составляют в почвах Полесья – 0,18 т/га, Лесостепи – 0,37 т/га, Степи – 0,31 т/га [1]. Восполнения этих потерь не происходит, прежде всего вследствие недостаточного внесения органических удобрений. В целом по Украине вносится около 0,5 т/га органических удобрений, в то время как рекомендуемые дозы – 8–14 т/га.

В таких условиях необходимо вовлекать в производство органических и органо-минеральных удобрений местные сырьевые ресурсы, одним из которых являются осадки городских сточных вод (ОСВ), которые имеют высокую питательную ценность, и регулярно в больших объемах образуются на очистных станциях коммунальных сточных вод. В Украине переработку ОСВ с полезным использованием компонентов почти не применяют, поэтому весь образующийся объем ОСВ (около 1,8 млн т сухого вещества в год [2]), бессистемно складировается. Площадки для хранения представляют собой низкоэффективные устаревшие конструкции и требуют постоянного расширения. Накопление ОСВ создает значительную экологическую и социальную напряженность на прилегающих территориях.

Высокое содержание органического вещества в ОСВ обуславливает его потенциал как мелиоранта для улучшения гумусного состояния почв.

Большинство авторов отмечают, что прямая утилизация ОСВ несет за собой большие экологические риски, принимая во внимание наличие микробиологического загрязнения и повышенных концентраций тяжелых металлов (ТМ) [3, 4]. Для решения этой проблемы необходимо внедрение технологических приемов, которые обеспечивали бы переработку этих отходов в высокоэффективные удобрения с благоприятными агрохимическими и санитарно-гигиеническими свойствами, одним из которых является биоконверсия. Применение технологии компостирования, по сравнению с другими видами обработки ОСВ, позволяет устранить их основные недостатки: увеличить содержание твердой фазы, стабилизировать органическую составляющую, уменьшить содержание ТМ и обеспечить максимальное обеззараживание.

Повышение эффективности производства и использования компостов требует углубления исследований, направленных на оптимизацию процесса компостирования и разработки научно-технологического обеспечения.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ

Наши исследования были направлены на изучение трансформации органического вещества ОСВ в процессе биоконверсии в аэробных и анаэробных условиях с различными материалами.

В опыте использовали ОСВ г. Харькова трехлетнего хранения, которые характеризуются следующими параметрами: содержание общих форм (на сухое вещество) углерода – 28,79%, азота – 2,41, фосфора – 2,86 и калия – 0,39%. Органическое вещество ОСВ содержит гумусовые кислоты; в процентном отношении преобладает фракция гуминовых кислот (9,3% от $C_{\text{общ}}$) по сравнению с фракцией фульвокислот (7,0% от $C_{\text{общ}}$). По показателю гумификации торфа ПГТ (по Т.А. Гореловой [5]), исследуемые ОСВ характеризуются низкой степенью гумификации.

Для создания пористой структуры, необходимой влажности и соотношения углерода к азоту компостирование ОСВ осуществляется с наполнителями. В качестве наполнителей использовали опилки, лиственный опад и солому, которые имеют значительный материально-энергетический потенциал и входят в структуру местных сырьевых ресурсов всех регионов. Производство компостов на основе этих отходов имеет большое природоохранное значение, поскольку позволяет безопасно утилизировать эти отходы и максимально привлечь в биологический круговорот отчуждаемые элементы питания. Схема модельного опыта по биоконверсии ОСВ приведена в таблице 1.

Таблица 1

Схема опыта по биоконверсии осадков сточных вод

Без обработки гуматом калия											
Наполнитель											
Солома				Листья				Опилки			
C:N											
15:1		25:1		15:1		25:1		15:1		25:1	
Влажность, %											
50	65	50	65	50	65	50	65	50	65	50	65
С обработкой гуматом калия											
Наполнитель											
Солома				Листья				Опилки			
C:N											
15:1		25:1		15:1		25:1		15:1		25:1	
Влажность, %											
50	65	50	65	50	65	50	65	50	65	50	65

Измельченные компоненты, в рассчитанном согласно схеме опыта соотношении, смешивали и помещали в пластиковые сосуды с крышкой и перфорированной трубкой с внешним выходом для обеспечения аэрации. Образцы доводили до заданной влажности. Каждый день сосуды продували грушей через трубку, влажность контролировали весовым методом. Для интенсификации процесса компостирования использовался микропрепарат – отдельно и совместно с гуматом калия.

Подготовка к закладке опыта для проведения анаэробной биоконверсии ОСВ была аналогичной. Для обеспечения анаэробных условий сосуды со смесями плотно паковали в полиэтиленовую пленку, помещали в термостат и в течение опыта поддерживали температурные условия на уровне 40–42 °С. Готовность компостов оценивали визуально и подтверждали контролем токсичности в условиях биотестирования.

Содержание органического вещества в ОСВ и компостах на их основе определяли методом Тюрина, групповой состав гумуса – методом Тюрина в модификации Кононовой и Бельчиковой, оптическую плотность – по Орлову. ИК-спектры снимались на спектрометре Agilent Technologies Cary 630 (приставка Diffuse Reflectance). Статистическая обработка результатов опыта проводилась с помощью пакета программ Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для осуществления направленной оптимизации гумусного состояния почв важную роль играет не только количество, но и качество органического вещества, поступающего в почву. Многие авторы отмечают, что органическое вещество зрелых компостов имеет особую ценность для потенциального синтеза гумуса в почвах, поскольку содержит устойчивые к разложению гумусовые вещества [6, 7].

Трансформация органических отходов в процессе компостирования – сложный динамический биохимический процесс, при котором происходит два противоположно направленных процесса трансформации органического вещества: минерализация с образованием простых химических соединений и гумификация. Специфика трансформации органического вещества в аэробных условиях заключается в преобладании процесса минерализации.

Полученные данные свидетельствуют о том, что вследствие сложных биохимических превращений в процессе биоконверсии полученные компосты по составу органического вещества отличаются от исходного сырья (табл. 2).

В компостах, приготовленных в аэробных условиях, содержание общего углерода уменьшилось примерно на 30% по сравнению с исходными смесями, что связано с деструкцией органических соединений до углекислого газа и его испарения. Более интенсивная минерализация органического вещества наблюдалась при соотношении углерода к азоту 15:1. Некоторое влияние на массовую часть углерода в компостах имела обработка гуминовым препаратом. При различном уровне увлажненности, существенной разницы между вариантами по этому показателю не выявлено. Содержание органического углерода было выше в компостах, приготовленных с опилками, что объясняется высоким исходным содержанием углерода в этом материале, и сравнительно высокой устойчивостью к минерализации.

Анализ группового состава органического вещества исследуемых образцов показал тенденцию к увеличению содержания гумусовых кислот в компостах по сравнению с ОСВ. Максимальный выход суммы фракций гуминовых кислот и фульвокислот в органическом веществе наблюдался при C:N = 25:1. Добавление гумата калия обеспечило повышение выхода гумусовых кислот примерно на 9%.

**Показатели качества органического вещества компостов
на основе осадков сточных вод**

Вариант	C _{общ} , %	C _{гк}	C _{фк}	C _{гк} +C _{фк}	C _{гк} :C _{фк}	ПГТ
		% от C _{общ}				
Компосты аэробно-ферментированные						
(C:N = 15:1, с гуматом калия, влажность 65%)						
ОСВ–солома	27,9	12,4	9,6	22,0	1,29	2,1
ОСВ–листья	27,7	14,2	9,6	23,8	1,48	2,4
ОСВ–опилки	28,1	12,4	10,2	22,6	1,22	2,0
(C:N = 25:1, с гуматом калия, влажность 65%)						
ОСВ–солома	27,9	14,1	10,2	24,3	1,38	2,4
ОСВ–листья	29,6	15,3	9,6	24,9	1,59	2,5
ОСВ–опилки	31,1	12,6	10,9	23,5	1,16	2,0
Компосты анаэробно-ферментированные						
(C:N = 15:1, с гуматом калия, влажность 65%)						
ОСВ–солома	31,5	14,8	11,8	26,6	1,25	2,4
ОСВ–листья	31,8	16,2	11,2	27,4	1,45	2,6
ОСВ–опилки	33,7	14,1	12,1	26,2	1,17	2,2
(C:N = 25:1, с гуматом калия, влажность 65%)						
ОСВ–солома	33,8	16,2	13,4	29,6	1,21	2,5
ОСВ–листья	34,8	19,6	12,1	31,7	1,60	2,8
ОСВ–опилки	36,0	15,4	12,6	28,0	1,22	2,2

Установлено, что уровень влажности во время компостирования влияет на образование гумусовых веществ: наибольший выход наблюдался при влажности компостированной смеси на уровне 65%. Это можно объяснить тем, что низкомолекулярные соединения более быстро трансформируются при увеличении влажности, в том числе с образованием гуминовых кислот. При компостировании ОСВ с листьями наблюдалось наибольшее накопление фракции гуминовых кислот, на вариантах с опилками и соломой отмечается более активное накопление фракции фульвокислот, что может быть связано с природой этих материалов и, соответственно, вызывает низкую степень их гумификации.

Для оценки степени гумификации органических веществ в процессе биоконверсии использовали уже упомянутый показатель гумификации торфа (по Т.А. Гореловой). Для компостов, приготовленных в аэробных условиях, этот показатель варьировал в пределах 1,9–2,5, что соответствует средней степени гумификации.

Растущая стоимость переработки отходов с помощью аэробного разложения и энергетический кризис, с одной стороны, и новые достижения микробиологии и технологий – с другой, возродили интерес к анаэробной переработке органических отходов.

Наши исследования показали, что в анаэробных условиях разложение органических веществ исходного материала проходит не так интенсивно, как в условиях аэрации. За счет искусственного, более длительного термофильного периода, в готовых компостах улучшались показатели качества органической составляющей. Доказано, что при применении анаэробной технологии переработки ОСВ повышается содержание органического углерода (до 25%) и выход гуминовых кислот (до 30%). По сравнению с ОСВ, которые характеризуются низким показателем гумификации,

в процессе биоконверсии образовались удобрения со средним (при аэробной ферментации) и высоким (при анаэробной ферментации) показателем гумификации.

Для оценки глубины биохимических превращений органического вещества в процессе биоконверсии были проанализированы инфракрасные спектры гуминовых кислот исходных ОСВ и компостов на их основе (рис.1, 2).

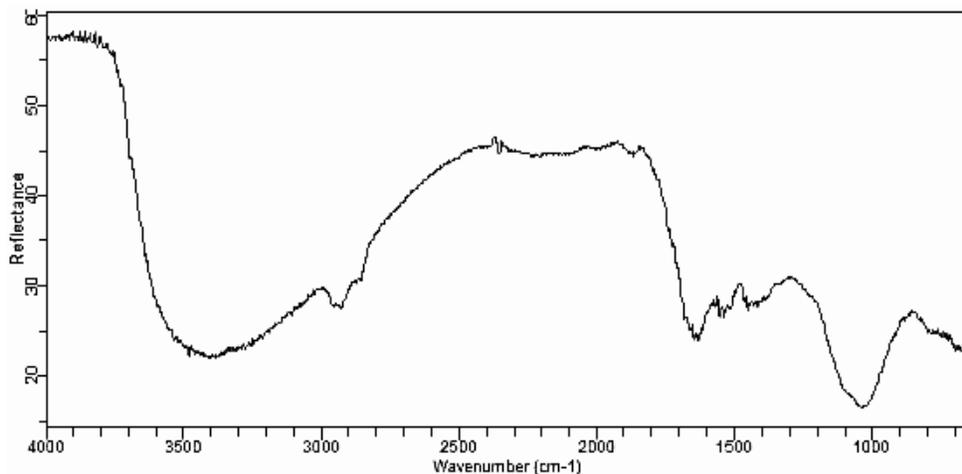


Рис. 1. ИК-спектр гуминовых кислот осадков сточных вод трехлетнего хранения

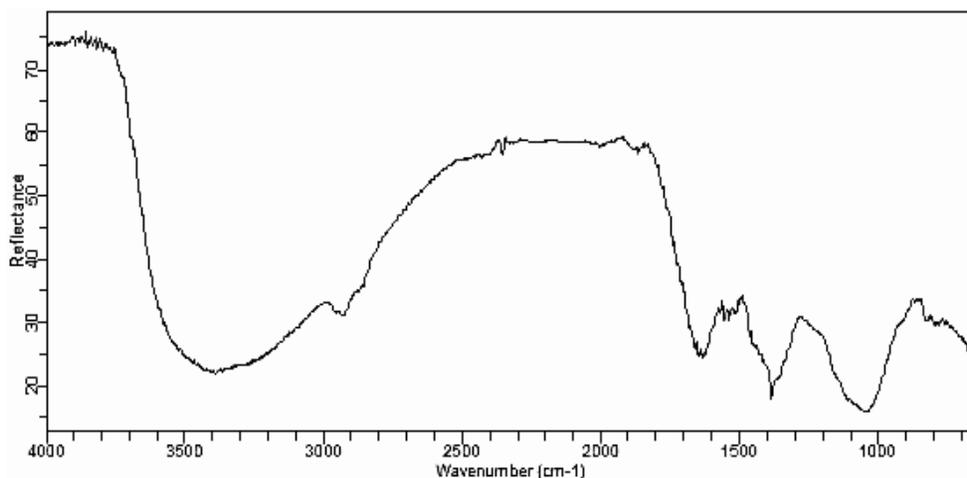


Рис. 2. ИК-спектр гуминовых кислот компоста на основе осадков сточных вод и листьев

Установлено, что гуминовые кислоты, выделенные из компостов на основе ОСВ, характеризуются схожими ИК-спектрами. В области 3300–3500 cm^{-1} проявляются валентные колебания ОН-групп, полосы метильных групп CH_3 проявляются при 2860 cm^{-1} . В области 1725–1700 cm^{-1} проявляются валентные колебания $\text{C} = \text{O}$ в карбоксильной группе.

Наибольшую интенсивность имеют полосы поглощения при 1040 cm^{-1} , что обусловлено полисахаридами, при 1650 cm^{-1} (амид 1), свидетельствующее об обогащенности ГК азотсодержащими группами. Судя по интенсивности полос

поглощения доминируют ароматические структуры, но при этом заметную роль играют и различные алифатические компоненты, обогащенные кислород- и азот-содержащими группировками.

В процессе биоконверсии гуминовые кислоты ОСВ претерпевают трансформацию: уменьшается интенсивность поглощения части алифатических структур и возрастает интенсивность полос поглощения, характеризующих основные структурные компоненты ГК – ароматическое ядро (1625 см⁻¹) и карбоксильные группы (1730–1240 см⁻¹) В целом, гуминовые кислоты компостов являются более зрелыми соединениями, с более разнообразной азотистой частью.

Для выявления зависимости показателей качества органического вещества полученных компостов от условий компостирования был проведен регрессионный анализ (табл. 3). Эта зависимость характеризовалась такими уравнениями (для аэробной биоконверсии):

$$C_{\text{общ}} = 24,03 + 0,15 (C:N_{\text{исх}}) + 0,15 (C_{\text{гумата калия}}) (R^2 = 0,92) \quad (1)$$

$$C_{\text{ГК}} = 8,35 + 0,17 (C:N_{\text{исх}}) + 0,36 (C_{\text{гумата калия}}) (R^2 = 0,87) \quad (2)$$

$$\text{ПГТ} = 1,4 + 0,03 (C:N_{\text{исх}}) + 0,06 (C_{\text{гумата калия}}) (R^2 = 0,68) \quad (3)$$

Уравнения регрессии показывают, что содержание общего углерода и углерода гуминовых кислот, а также показатель гумификации в готовых компостах находятся в прямой зависимости от исходного соотношения углерода к азоту в смесях и концентрации гумата калия.

Таблица 3

Зависимость показателей качества органического вещества компостов от параметров аэробной биоконверсии (n = 20, уровень значимости: p < 0,05)

X-Y	r	SE	Уравнение
C:N _{исх} – C _{общ}	0,87	0,53	Y = 24,6 + 0,15 X
C:N _{исх} – C _{ГК}	0,82	0,0	Y = 9,6 + 0,17 X
C:N _{исх} – C _{фк}	0,7	0,23	Y = 9, 1 + 0,05 X
C:N _{исх} – ПГТ	0,68	0,07	Y = 1,62 + 0,03 X
C _{гумата калия} – C _{ГК}	0,53	0,34	Y = 11,69 + 0,36 X
C _{гумата калия} – ПГТ	0,49	0,18	Y = 1,94 + 0,06 X

Зависимость показателей качества органического вещества компостов, приготовленных в анаэробных условиях, от параметров компостирования (табл. 4) характеризуется такими уравнениями:

$$C_{\text{общ}} = 25,22 + 0,31 (C:N_{\text{исх}}) + 0,19 (C_{\text{гумата калия}}) (R^2 = 0,91) \quad (4)$$

$$C_{\text{ГК}} = 10,91 + 0,17 (C:N_{\text{исх}}) + 0,35 (C_{\text{гумата калия}}) (R^2 = 0,76) \quad (5)$$

Значимой связи между другими показателями не выявлено.

Таблица 4

Зависимость показателей качества органического вещества компостов от параметров анаэробной биоконверсии (n = 20, уровень значимости: p < 0,05)

X-Y	r	SE	Уравнение
C:N _{исх} – C _{общ}	0,91	0,61	Y = 25,9 + 0,31 X
C:N _{исх} – C _{ГК}	0,83	0,22	Y = 12,12 + 0,18 X
C:N _{исх} – C _{фк}	0,85	0,17	Y = 9,91 + 0,16 X
C _{гумата калия} – C _{ГК}	0,48	0,11	Y = 14,47 + 0,35 X

Также как в аэробно-ферментированных компостах, содержание общего углерода и углерода гуминовых кислот в образцах, изготовленных в анаэробных условиях, находятся в прямой зависимости от исходного соотношения углерода к азоту в смесях и концентрации гумата калия. Статистически значимой корреляции между параметрами исходной смеси и показателем гумификации компостов при анаэробной биоконверсии не выявлено.

ВЫВОДЫ

1. В процессе биоконверсии ОСВ с различными отходами существенно изменяется состав органического вещества исходного сырья: в полученных компостах снижается содержание общего углерода (до 30%) на фоне накопления гумусовых веществ (до 94%).

2. При применении анаэробной технологии переработки ОСВ повышается содержание органического углерода (до 25%), выход гуминовых кислот (до 30%) и коэффициенты гумификации по сравнению с аэробной технологией. По сравнению с исходными ОСВ, которые характеризуются низким показателем гумификации, в процессе биоконверсии образовались удобрения со средним (при аэробной ферментации) и высоким (при анаэробной ферментации) показателем гумификации.

3. В процессе биоконверсии гуминовые кислоты становятся, в химическом смысле, более зрелыми соединениями вследствие общей ароматизации молекул и обогащения соединениями циклической природы.

4. Выявлено, что показатели качества органического вещества компостов имеют высокую степень корреляции и находятся в прямой зависимости с показателями соотношения углерода к азоту в исходной смеси и концентрацией гумата калия.

5. Наилучшие характеристики органической составляющей формировались при совместной переработке ОСВ с листьями при следующих параметрах смеси: соотношении углерода к азоту 25%, влажности 65% с применением обработки гуматом калия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скрильник, Є. Як отримати якісний перегній? / Є. Скрильник, Т. Кудлай // Пропозиція нова. – 2012. – С. 58–61.

2. Сало, Т.Л. Агроекологічні та технологічні аспекти застосування в сільському господарстві осадів стічних вод міських очисних споруд / Т.Л. Сало, В.С. Дишлюк, А.В. Чернокозинський // Агроекологічний журнал. – 2001. – № 2. – С. 38–43.

3. Sommers, L.E. Chemical composition of sewage sludge and analysis of their potential use as fertilizer / L.E. Sommers // J. Environ. Quality. – 1997. – № 6. – P. 225–232.

4. Влияние ОСВ на почву / В.А. Касатиков [и др.] // Химизация сельского хозяйства. – 1991. – № 2. – С. 45–47.

5. Горелова, Т.А. Особенности органического вещества торфяных, торфяно-глеевых и торфянисто-подзолисто-глеевых почв: дис. ... канд. биол. наук: 06.01.03 / Т.А. Горелова. – М., 1982. – 160 с.

6. Архипченко, И.А. Оптимизация процессов компостирования и влияние биокомпостов на урожай / И.А. Архипченко, О.В. Орлова // *Агрохимический вестник*. – 2001. – № 5. – С. 22–24.

7. Organic Matter Transformation and Humic Indices of Compost Maturity Stage During Composting of Municipal Solid Wastes / J. Drozd [et al] // *The role of Humic Substances in the ecosystems and in environmental protection*, Wroclaw: PTSH, 1997. – P. 855–863.

TRANSFORMATION OF ORGANIC MATTER IN BIOCONVERSION OF SEWAGE SLUDGE

E.V. Skryl'nik, V.A. Getmanenko

Summary

The parameters of transformation of sewage sludge organic matter in aerobic and anaerobic bioconversion with various organic wastes were analyzed. Relationships between quality parameters of organic component of composts and conditions of bioconversion were determined.

Поступила 10.03.15

УДК 632.116

ИНФИЛЬТРАЦИЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В ПАХОТНЫХ ПОЧВАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ (по данным лизиметрических исследований 1981–2012 гг.)

Г.В. Пироговская

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

ВВЕДЕНИЕ

Анализ характера изменения климата в глобальном и региональном масштабах и его влияние на инфильтрацию атмосферных осадков в пахотных и луговых почвах как в мировом масштабе, так и в Республике Беларусь, безусловно, актуален. Последствие изменения климата на инфильтрацию атмосферных осадков мало изучено. Имеются отдельные данные, касающиеся изменения климата и его последствий на окружающую среду [1–9].

В естественных экосистемах количество вымываемых веществ зависит от природных факторов – почвообразующей породы, гранулометрического состава почвы, растительности, гидротермического режима (количества атмосферных осадков и температуры воздуха) и т. д. Однако, в любой стране, часть территории занимают сельскохозяйственные земли, на которых для повышения урожайности сельскохозяйственных культур применяются различные агротехнические приемы, которые могут стимулировать величины стока химических элементов и отрицательно влиять на качество подземных вод и других водных источников [10–14].

Известно, что в последние три десятилетия имеются значительные отклонения гидротермического режима в мировом масштабе от климатической нормы (за 1961–1990 гг.), о чем свидетельствуют отдельные публикации [15–17]. Изменения климатических параметров влияет и на гидрологический режим почвы, на интенсивность фильтрации атмосферных осадков. Прогнозируется, что в XXI веке годовой сток рек увеличится, но уменьшатся весенние наводнения, и они будут начинаться раньше. Увеличение фильтрации может сопровождаться более интенсивным вымыванием химических элементов из сельхозземель и, соответственно, увеличением концентрации биогенных элементов в подземных водах и других водных источниках [18].

Объем фильтрации атмосферных осадков в почвах зависит не только от их количества и интенсивности, температурного режима, условий испарения, растительного покрова, но изменяется и в зависимости от типа и гранулометрического состава почв. Известно, например, что в почвенно-климатических условиях Литвы в почвах инфильтруется в год в среднем 36–53% выпавших осадков, больше – из песчаных, меньше – из лимноглюциальных глинистых почв. На супесчаных почвах инфильтруется в среднем 43% осадков [19]. На территории Беларуси (по данным на лизиметрической станции (г. Минск) в среднем за 2002–2005 гг.) инфильтрация выпавших атмосферных осадков из слоя 1,0–1,5 м дерново-подзолистых легкосуглинистых почв составляла в среднем за год 12,5%, связносупесчаных – 28,7 и рыхлосупесчаных – 30,2% [9], а в среднем за 1987–2007 гг. – из дерново-подзолистых связносупесчаных почв от 38,4 до 40,3%, а наибольшее ее количество – из дерново-подзолистых рыхлосупесчаных почв в раннесевенный период и составило 46–48% от годового количества лизата [15].

Цель исследований – оценить влияние изменяющихся климатических условий на фильтрацию атмосферных осадков из наиболее распространенных пахотных почв Республики Беларусь, и определить тенденцию ее изменения за длительный период (1981–2012 гг.), по десятилетиям (1981–1990, 1991–2000 и 2001–2010 гг.), сезонам года (весна, лето, осень и зима) и в различные по степени увлажнения годы (влажные, оптимальные, слабозасушливые, засушливые и очень засушливые) на основании данных длительных стационарных лизиметрических опытов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на лизиметрической станции РУП «Институт почвоведения и агрохимии», расположенной в южной части г. Минска (53°51′03″ N., 27°30′26″ E) Республики Беларусь. Станция введена в эксплуатацию с 1980 года, включает 48 насыпных лизиметров, цилиндрической формы из сборных железобетонных колец с глубиной 1,0 м (24 лизиметра) и 1,5 м (24 лизиметра). Колодцы лизиметров имеют внутренний диаметр 2,0 м, площадь – 3,14 м².

Во время исследований на лизиметрической станции регулярно (в течение всего года) проводился учет выпавших атмосферных осадков (осадкомером Третьякова) и учет количества профильтровавшихся атмосферных осадков (л/м²) из наиболее распространенных пахотных почв через почвенный слой 1,0 и 1,5 м.

Объекты исследований – дерново-подзолистые почвы разного гранулометрического состава и торфяные, атмосферные осадки.

Инфильтрация атмосферных осадков из пахотных почв (слоя 1,0–1,5 м) рассчитывалась за длительный период (1981–2012 г.), по десятилетиям (1981–1990, 1991–2000 и 2001–2010 г.), в различные по степени увлажнения годы (влажные, оптимальные, слабозасушливые, засушливые и очень засушливые) и по сезонам года (весна, лето, осень и зима). Инфильтрация атмосферных осадков для весеннего (март–май), летнего (июнь–август) и осеннего (сентябрь–ноябрь) периодов соответствовали календарному периоду каждого года. Расчет инфильтрации за зимний период проводился по подсчету инфильтрации за декабрь текущего года (n) и январь и февраль следующего года ($n+1$). Такой расчет обоснован температурным режимом в зимний период, так как при температуре ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ выпадают твердые осадки, которые в жидкую фазу переходят только при положительной температуре воздуха и инфильтрация может происходить значительно позже, чем их выпадение. В период исследований (1981–2012 г.) в лизиметрах в различных типах севооборотов возделывались пропашные, зерновые, крупяные и промежуточные культуры.

Повторность измерения инфильтрации в лизиметрах двух и четырехкратная (для песчаных почв). Методы исследований – визуальный, химический, системный и анализ экспериментальных данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные исследований по количеству выпадающих атмосферных осадков и их инфильтрации через слой 1,0–1,5 м наиболее распространенных почв Республики Беларусь за период 1981–2012 г. свидетельствуют, что показатели за указанный период изменялись в зависимости от года исследований, степени увлажнения и сезонности года, типа и гранулометрического состава почв.

Среднегодовое количество осадков (январь–декабрь) изменялось в широких пределах от 453,6 (1984 г.) до 828,1 (2009 г.) мм, при среднем за 32-х летний период – 597,6 мм. За указанный период, по сравнению с 1961–1990 г., в Центральной части Республики Беларусь количество атмосферных осадков уменьшилось в целом за год на 92 мм (на 13,2 %), за весенний период – на 21 мм, летний – 50, осенний – 18 и зимний – на 3 мм. В том числе за теплый период (IV–X месяц) – на 16,5%, за летний (VI–VIII) – на 19,7%, холодный (XI–III) – на 2%. При оценке количества выпадающих осадков наиболее важным является период (5–9 месяцы), осадки которого оказывают существенное влияние на рост и развитие сельскохозяйственных культур, а, следовательно, и их продуктивность. За этот период выпадало от 176,8 мм (36,1% от годового количества, 1983 г.) до 454,5 мм (59,2% от годового количества, 1998 г.), при среднем за 1981–2012 г. – 311,1 мм, среднемноголетнем (1961–1990 г.) – 374 мм [20, 26].

Установлено, что при одном и том же количестве выпадающих атмосферных осадков, температурном режиме, одинаковом уровне применения минеральных удобрений под культуры севооборотов, величина инфильтрации атмосферных осадков в большей степени изменялась в зависимости от типа и гранулометрического состава почв. Общий объем инфильтрации атмосферных осадков составил в среднем за год (1981–2012 г.): на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (лиз. 1, 2) – 90,9 л/м²; на той же легкосуглинистой, хорошо окультуренной почве (агрозем, лиз. 33, 34) – 83,7 л/м²; на почвообразующей породе, лессовидный суглинок взятый из глубины 1,5–3,0 м (лиз. 11, 12) – 115,2 л/м²; легкосуг-

линистой, подстилаемой с глубины 0,75 м моренным суглинком (лиз. 3, 4) – 143,4, на легкосуглинистой, подстилаемой с 0,50 м рыхлым песком (лиз. 5, 6) – 126,6 л/м²; на связносупесчаной, подстилаемой с глубины 0,7 м моренным суглинком с прослойкой песка на контакте (лиз. 7, 8) и рыхлосупесчаной, подстилаемой с глубины 0,3 м рыхлыми песками (лиз. 9, 10) – 146,3 л/м²; на песчаной (лиз. 13, 14, 15, 16) – 212,1 и торфяной (в севообороте, лиз 23, 24) – 82,1 л/м² (табл. 1).

Таблица 1

Изменение инфильтрации атмосферных осадков в пахотных наиболее распространенных почвах Республики Беларусь (слой почвы 1,0–1,5 м, среднее за 1981–2012 гг.)

Название почвы	Инфильтрация, л/м ²					% инфильтрации от суммы осадков	R ²
	1981–2012 гг.	1981–1990 гг.	1991–2000 гг.	2001–2010 гг.	+,- 2001–2010 г. к 1981–1990 гг.		
1. Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, лиз. 1,2	90,9	63,6	71,7	129,9	66,3	15,2	0,693
2. Дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке (агроем), лиз. 33, 34	83,7	57,6	80,1	128,5	70,9	14,0	0,572
3. Почвообразующая порода (лессовидный суглинок с глубины 1,5–3,0 м), лиз. 11,12	115,2	79,3	113,2	146,9	67,6	19,3	0,572
4. Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 0,75 м моренным суглинком, лиз. 3, 4	143,4	103,2	134,3	187,5	84,3	24,0	0,738
5. Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с 0,5 м рыхлым песком, лиз. 5, 6	126,6	82,6	108,9	182,4	99,8	21,2	0,689
6. Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на связной супеси, подстилаемой с глубины 0,7 м моренным суглинком с прослойкой песка на контакте, лиз. 7, 8	146,3	107,9	137,8	194,7	86,8	24,5	0,725
7. Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 0,3 м рыхлым песком, лиз. 9, 10	146,3	106,0	136,7	195,9	89,9	24,5	0,725
8. Дерново-подзолистая песчаная, развивающаяся на мощных песках, лиз. 13–16	212,1	192,1	204,6	249,1	57,0	35,5	0,682
9. Торфяная	82,1	57,1	77,5	156,7	99,6	13,7	0,327
Среднегодовое по всем почвам	127,4	94,4	118,3	174,6	80,2	–	
НСР _{0,5}	10,4	7,2	9,5	14,8	–	–	

При сравнении инфильтрации атмосферных осадков в почвах за три последних десятилетия, следует отметить, что за период 1981–1990 гг. она изменялась в зависимости от типа и гранулометрического состава почв в пределах от 57,1 л/м² (торфяная) до 192,1 л/м² (песчаная), соответственно за 1991–2000 гг. – от 71,7 (легкосуглинистая) до 204,6 л/м² (песчаная), за 2001–2010 гг. – от 128,5 (легкосуглинистая, агрозем) до 249,1 л/м² (песчаная). При этом следует отметить, что в течение двух последних десятилетий и, преимущественно, в последнее, инфильтрация атмосферных осадков увеличилась на 57,0–99,8 л/м² в зависимости от гранулометрического состава почв, по сравнению с 1981–1990 гг. (табл. 1). Связь инфильтрата с количеством атмосферных осадков в среднем за годы исследований (1981–2012 гг.) была следующей: на дерново–подзолистой легкосуглинистой почве – $R^2 = 0,693$; легкосуглинистой (агрозем) и почвообразующей породе – $R^2 = 0,572$; легкосуглинистой, подстилаемой с глубины 0,75 м моренным суглинком и легкосуглинистой, подстилаемой с 0,50 м рыхлым песком – $R^2 = 0,738$ и 0,689; связносупесчаной, подстилаемой с глубины 0,7 м моренным суглинком с прослойкой песка на контакте и рыхлосупесчаной, подстилаемой с глубины 0,3 м рыхлыми песками – $R^2 = 0,725$; песчаной – $R^2 = 0,682$ и торфяной – $R^2 = 0,327$ (табл. 1).

Если сравнивать объем инфильтрата в зависимости от гидротермических условий года, то объем фильтрации даже из одной и той же почвы различался в разы, например, в дерново–подзолистой легкосуглинистой изменялся от 9,0 л/м² в 1984 г. до 338,5 л/м² в 2009 г., то есть различия были более чем в 36,7 раза, соответственно на дерново–подзолистой песчаной почве – от 16 л/м² в 1984 г. до 306 л/м² в 2009 г. и различия были в 19,1 раза.

Экспериментальные данные свидетельствуют, что общий объем инфильтрации атмосферных осадков значительно различался и в зависимости от степени увлажнения года (табл. 2).

Таблица 2

Влияние степени увлажнения года на изменение инфильтрации атмосферных осадков (слой 1,0–1,5 м) в пахотных почвах (среднее за 1981–2012 гг.)

Название почвы	Инфильтрация, л/м ²				
	степень увлажнения года*				
	влаж-ные	опти-мальные	слабоза-сушли-вые	засуш-ливые	очень за-сушли-вые
1. Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, лиз. 1,2	135,0	79,2	77,0	59,0	86,0
2. Дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке (агрозем), лиз. 33, 34	109,3	67,8	70,7	51,9	97,8
3. Почвообразующая порода (лессовидный суглинок с глубины 1,5–3,0 м), лиз. 11,12	158,1	99,3	84,1	75,3	101,5
4. Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 0,75 м моренным суглинком, лиз. 3, 4	193,3	126,9	104,9	117,5	160,1

Название почвы	Инфильтрация, л/м ²				
	степень увлажнения года*				
	влаж- ные	опти- маль- ные	слабоза- сушли- вые	засуш- ливые	очень за- сушли- вые
5. Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с 0,5 м рыхлым песком, лиз. 5, 6	174,2	108,2	90,4	102,0	142,5
6. Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на связной супеси, подстилаемой с глубины 0,7 м моренным суглинком с прослойкой песка на контакте, лиз. 7, 8	208,5	127,2	120,8	118,4	131,1
7. Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 0,3 м рыхлым песком, лиз. 9, 10	198,5	125,6	110,6	132,0	132,5
8. Дерново-подзолистая песчаная, развивающаяся на мощных песках, лиз. 13–16	262,8	199,8	214,6	170,4	161,8
Торфяная	101,8	94,3	83,0	36,6	42,4
Среднегодовое по всем почвам	171,3	114,3	106,2	95,9	117,3
НСР _{0,5}	13,2	8,4	7,5	6,8	8,8

Примечание. * Влажные – 1982, 1985, 1990, 1993, 1998, 2006, 2008, 2009 гг.;
 Оптимальные – 1984, 1987, 1988, 1989, 1996, 2001, 2004, 2005, 2010 гг.;
 Слабозасушливые – 1981, 1986, 1991, 1994, 1997, 2003, 2007, 2011, 2012 гг.;
 Засушливые – 1983, 1992, 1995, 2000 гг.;
 Очень засушливые – 1999, 2002 гг.

Самый большой объем инфильтрации атмосферных осадков в изучаемых почвах наблюдался во влажные годы (8 лет из 32), с минимальными значениями в торфяной почве (101,8 л/м²) и максимальными в песчаной (262,8 л/м²). Среднегодовая инфильтрация осадков в эти годы во всех почвах была на уровне 171,3 л/м². Наблюдалось закономерное снижение инфильтрации атмосферных осадков во всех почвах в оптимальные по степени увлажнения годы (9 лет из 32) – минимальное значение данного показателя (67,8 л/м²) было в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (агрозем) и максимальное – в песчаной (199,8 л/м²), при среднегодовой инфильтрации осадков в среднем по всем почвам – 114,3 л/м²; в слабозасушливые (9 лет из 32) – 70,7 (легкосуглинистая), 214,6 (песчаная) и в среднем по почвам – 106,2 л/м²; в засушливые (4 года из 32) – 36,6 (торфяная), 170,4 (песчаная) и в среднем по почвам – 95,9 л/м². Что касается очень засушливых лет (2 года из 32), то дальнейшего снижения инфильтрации, даже в засушливые годы не наблюдалось, а на отдельных почвах отмечалось даже ее увеличение. Это объясняется, по-видимому, малым объемом выборки данных лет (табл. 2).

Корреляционный анализ связи величины инфильтрации с атмосферными осадками в различные по степени увлажнения годы свидетельствует, что наиболее тесная зависимость между этими показателями во всех почвах отмечалась во влажные и оптимальные по степени увлажнению годы (табл. 3).

Таблица 3

**Связь инфильтрата с количеством атмосферных осадков в пахотных почвах
в различные по степени увлажнения годы (среднее за 1981–2012 гг.)**

Название почвы	Коэффициент корреляции (R ²)			
	степень увлажнения года			
	влаж- ные	опти- мальные	слабоза- сушливые	засуш- ливые
1. Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, лиз. 1,2	0,772	0,792	0,623	0,469
2. Дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке (агрозем), лиз. 33, 34	0,637	0,743	0,301	0,375
3. Почвообразующая порода (лессовидный суглинок с глубины 1,5–3,0 м), лиз. 11,12	0,815	0,812	0,401	0,378
4. Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 0,75 м моренным суглинком, лиз. 3, 4	0,867	0,871	0,323	0,643
5. Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с 0,5 м рыхлым песком, лиз. 5, 6	0,782	0,883	0,223	0,528
6. Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на связной супеси, подстилаемой с глубины 0,7 м моренным суглинком с прослойкой песка на контакте, лиз. 7, 8	0,867	0,869	0,766	0,745
7. Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 0,3 м рыхлым песком, лиз. 9, 10	0,802	0,837	0,660	0,475
8. Дерново-подзолистая песчаная, развивающаяся на мощных песках, лиз. 13–16	0,731	0,788	0,635	0,359
Торфяная	0,566	0,262	0,644	–0,876
Среднегодовое по всем почвам	0,760	0,762	0,508	0,344

В почвенно-климатических условиях Центральной части Беларуси инфильтрация атмосферных осадков в годы исследований существенно различалась и по сезонам года. Количество инфильтрата за период 1981–2012 гг. в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (лиз. 1, 2) в весенний период составило 55,1 л/м², летний – 7,6 л/м², осенний – 11,2 и зимний – 16,0 л/м² соответственно; в почвообразующей породе (лиз. 11, 12) – в весенний – 57,9 л/м², летний – 15,5 л/м², осенний – 22,2 и зимний – 41,1 л/м², в легкосуглинистой, подстилаемой моренными суглинками (лиз. 3, 4) и рыхлыми песками (лиз. 5, 6) – в весенний 65,6–74,4 л/м², летний – 9,1–11,8 л/м², осенний – 16,5–20,3 и зимний – 28,8–40,8 л/м².

Эти показатели в дерново-подзолистых связносупесчаной, подстилаемой моренными суглинками (лиз. 7, 8) и рыхлосупесчаной, подстилаемой рыхлыми песками (лиз. 9, 10) были следующие: в весенний период – 74,3–75,5 л/м², летний – 10,4–23,4 л/м², осенний – 17,6–35,3 и зимний – 28,8–51,2 л/м².

Самая высокая инфильтрация атмосферных осадков наблюдалась в дерново-подзолистых песчаных почвах в весенний период – 97,1 л/м², в летний период она составила 11,0 л/м², осенний – 8,6 и зимний – 67,2 л/м².

В торфяной почве, при возделывании сельскохозяйственных культур в севооборотах, инфильтрация атмосферных осадков составила в весенний период 36,6 л/м², летний и осенний – 8,8–10,0 л/м² и зимний – 17,4 л/м².

Процент инфильтрации от суммы атмосферных осадков во всех исследуемых почвах был самый высокий в весенний период и находился в пределах от 43,0% (в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве) до 75,8% (дерново-подзолистой песчаной), далее в зимний период (от 13,1 до 54,9%), осенний – от 7,8 до 24,6% и летний – от 3,7 до 11,5% (табл. 4). Аналогичные закономерности отмечались и по десятилетиям (1981–1990, 1991–2000 и 2001–2010 гг.), а также в дерново-подзолистых связно-, рыхлосупесчаных почвах Литвы и Беларуси за 1987–1991 гг. и 2003–2007 гг. [15].

Таблица 4

**Инфильтрация от суммы атмосферных осадков по сезонам года
(среднее за 1981–2012 гг.)**

Название почвы	Процент инфильтрации от суммы осадков			
	по периодам			
	весенний	летний	осенний	зимний
1. Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, лиз. 1,2	43,0	3,7	7,8	13,1
2. Дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке (агрозем), лиз. 33, 34	45,2	7,6	15,5	33,6
3. Почвообразующая порода (лессовидный суглинок с глубины 1,5–3,0 м), лиз. 11, 12	45,2	7,6	15,5	33,6
4. Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 0,75 м моренным суглинком, лиз. 3, 4	58,1	4,5	11,5	23,5
5. Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с 0,5 м рыхлым песком, лиз. 5, 6	51,2	5,8	14,1	33,3
6. Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на связной супеси, подстилаемой с глубины 0,7 м моренным суглинком с прослойкой песка на контакте, лиз. 7, 8	58,9	5,1	12,3	23,5
7. Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 0,3 м рыхлым песком, лиз. 9, 10	58,0	11,5	24,6	41,8
8. Дерново-подзолистая песчаная, развивающаяся на мощных песках, лиз. 13–16	75,8	5,4	6,0	54,9
Торфяная	28,6	4,3	7,0	15,4

Приведенные данные (средние за 1981–2012 гг.) свидетельствуют, что в Центральной части Беларуси (г. Минск) в дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава и торфяной почве (слой 1,0–1,5 м) инфильтрация атмосферных осадков была максимальная в весенний период, затем – зимний, далее – осенний и летний периоды.

ВЫВОДЫ

Анализ изменения инфильтрации атмосферных осадков в период 1981–2012 гг. из слоя 1,0–1,5 м пахотных почв республики позволяет сделать следующие выводы.

1. При одном и том же количестве выпадающих атмосферных осадков, температурном режиме, одинаковом уровне применения минеральных удобрений под культуры севооборотов, величина инфильтрации атмосферных осадков в большей степени изменялась в зависимости от типа и гранулометрического состава почв: общий объем инфильтрации атмосферных осадков составил в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве – 90,9 л/м², легкосуглинистой, хорошо окультуренной (агрозем) – 83,7 л/м², на почвообразующей породе (лессовидный суглинок из глубины 1,5–3,0 м) – 115,2 л/м²; легкосуглинистой, подстилаемой с глубины 0,75 м моренным суглинком – 143,4; легкосуглинистой, подстилаемой с 0,50 м рыхлым песком – 126,6 л/м²; связно-супесчаной, подстилаемой с глубины 0,7 м моренным суглинком с прослойкой песка на контакте и рыхлосупесчаной, подстилаемой с глубины 0,3 м рыхлыми песками – 146,3 л/м², песчаной – 212,1 и торфяной (в севообороте) – 82,1 л/м².

2. Самый большой объем инфильтрации атмосферных осадков в изучаемых почв в лизиметрах наблюдался во влажные годы с минимальными значениями в торфяной почве (101,8 л/м²) и максимальными – в песчаной (262,8 л/м²), далее в оптимальные по степени увлажнения годы – с минимальными значениями в легкосуглинистой почве (67,8 л/м²) и максимальными – в песчаной (199,8 л/м²), соответственно в слабозасушливые – 70,7 л/м² (легкосуглинистая), 214,6 л/м² (песчаная) и в засушливые – 36,6 (торфяная), 170,4 л/м² (песчаная).

3. Процент инфильтрации от суммы атмосферных осадков во всех исследуемых почвах был самый высокий в весенний период и находился в пределах от 43,0% (в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве) до 75,8% (дерново-подзолистой песчаной), далее в зимний период от 13,1 до 54,9%, осенний – от 7,8 до 24,6% и летний – от 3,7 до 11,5%.

4. Связь инфильтрата с количеством атмосферных осадков в пахотных почвах Беларуси в среднем за годы исследований (1981–2012 гг.) находилась в пределах: на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах коэффициент корреляции (R^2) был на уровне от 0,572 до 0,738, связно-, рыхлосупесчаных почвах – 0,725, песчаной – 0,682 и торфяной – 0,327; в различные по степени увлажнения годы наиболее тесная зависимость между этими показателями по всем почвам отмечалась во влажные ($R^2 = 0,760$) и оптимальные по степени увлажнению годы ($R^2 = 0,762$), в слабозасушливые – 0,508 и в засушливые – 0,344.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматический справочник / Под ред. Н. А. Малишевской. – Минск: Ураджай, 1970. – 248 с.
2. Шкляр, А.Х. Климатические ресурсы Белоруссии и использование их в сельском хозяйстве / А.Х. Шкляр. – Минск, 1973. – 432 с.
3. Голченко, М.Г. Влагообеспеченность и орошение земель в Белоруссии / М.Г. Голченко. – Минск, 1976. – 192 с.

4. Калинин, Н.И. Принципиальная схема агрометеорологической оценки засух, засушливости территории и засухоустойчивости сельскохозяйственных культур: метод. указания / Н.И. Калинин. – Л., 1981.– 38 с.
5. Агроклиматические ресурсы Белорусской ССР. – Минск: Гидрометцентр БССР, 1985. – 451 с.
6. Голдберг, М.А. Опасные явления погоды и урожай / М.А. Голдберг, Г.В. Волобуева, А.А. Фалей. – Минск: Ураджай, 1988.– 120 с.
7. Климат Беларуси / под ред. В.Ф. Логинова. – Минск: Ин-т геологических наук НАН Беларуси. – 1996. – 360 с.
8. Логинов, В.Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия / В.Ф. Логинов. – Минск: ТетраСистемс, 2008. – 495 с.
9. Сазоненко, О.П. Состав и поступление химических веществ в почву с атмосферными осадками / О.П. Сазоненко, Г. В. Пироговская // Почвоведение и агрохимия. – 2006. – № 1. – С. 89–100.
10. Schoumans, O.P., Groenendijk, K P.2000. Modeling soil phosphorus levels and phosphorus leaching from agricultural land in the Netherlands, *Journal of Environmental Quality*, 29:111–116.
11. Kutra, G., Gaigalis, K., Smitiene, A. 2006 Land use influence on nitrogen leaching and options for pollution mitigation. *Zemdirbyste–Agriculture*, 93 (4): 119–129.
12. Strusevicius, Z., Kazakeviciene, J., Berankiene, L. 2009. Changes in river water quality downstream from the pig complex. *Vandens ukio inžinerija*, 35 (55):42–51 (in Lithuanian).
13. Adomaitis, T., Mazvila, J., Vaisvila, Z., Arbaciauskas, J., Antanaitis, A., Lubyte, J., Sumskis, D. 2010. The effect of long-term fertilization on anion leaching. *Zemdirbyste–Agriculture*, 97 (1): 119–171–82 (in Lithuanian).
14. Baigys, G. 2009. The influence of reduced soil tillage on drainage runoff and leaching of phosphates. *Vandens ukio inžinerija*, 36 (56): 33–40 (in Lithuanian).
15. Tripolskaja, I., Pirogovskaja, G. 2013. Impact of climate variability in Lithuania and Belarus on atmospheric precipitation infiltration: lysimetric study / *Klimato veiksmu variavimo Lietuvoje ir Baltarusijoje itaka atmosferos krituliui infiltracijai: lisimetrinis tyrimas. Zemdirbyste–Agriculture*, 100 (4): 376–382 (in Lithuanian).
16. Пироговская, Г.В. Миграция и баланс азота в дерново-подзолистых почвах при разных уровнях применения азотных удобрений (по данным лизиметрических исследований РУП «Институт почвоведения и агрохимии») / Г.В. Пироговская, О.П. Сазоненко // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 2(47). – С. 149–164.
17. Ларионова, А.М. Впитывание воды в почву при дождевании / А.М. Ларионова // Современные проблемы сельскохозяйственной мелиорации: доклады международной научно-практической конференции. – Минск, 2001. – С. 114–118.
18. Kilkus, K., Staras, E., Rimkus, E., Valiuskevici, G 2006. Gchanges in water balance structure of Lithuanian rivers under different climate change scenarios. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba*, 36 (2). 3–10.
19. Tyla, A., Rimselis, J., Sleiny, R. 1997 Augaly maisto medžiagu isplovimas. *Vilnius*, 26 p. (in Lithuanian).

INFILTRATION OF PRECIPITATION IN THE MOST COMMON SOILS OF THE REPUBLIC OF BELARUS DURING LONG-TERM AGRICULTURAL USE (ACCORDING TO LYSIMETRIC RESEARCH IN 1981-2012)

G.V. Pirogovskaya

Summary

The article presents data on infiltration of precipitation in the Republic of Belarus in the most common arable soils (from 1,0–1,5 meter layer) over a long-term period (1981–2012), by decades (1981–1990, 1991–2000 and 2001–2010), seasons of a year (spring, summer, autumn and winter) and years with a different degree of soil moistening (wet, optimal, slightly rainless, dry, and very dry years).

It was found out that in the conditions of the equal amount of precipitation, temperature regime, the same level of mineral fertilizer application under crop rotation in arable soils of the republic the value of precipitation infiltration to a greater degree varied depending on the type and particle-size composition of soil. Its maximum value was in the sod-podzolic sandy soil (212.1 l/m²) and minimal one was stated for sod-podzolic highly cultivated soil (83.7 l/m²).

In all sod-podzolic soils of different particle-size distribution and peat the value of infiltration of precipitation was higher in wet periods and ranged from 101.8 l/m² (peat) or 109.3 l/m² (loamy) up to 262.8 l/m² (sandy soil) with the maximum infiltration in spring, then in winter, and after that in autumn and summer.

Табл. 4. Библиогр. 19.

УДК 631.82:631.445.2:633.853.494

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ЯРОВОЙ РАПС НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ЛЕГКОСУГЛИНИСТЫХ ПОЧВАХ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ЭРОДИРОВАННОСТИ

Н.Н. Цыбулько¹, С.С. Пунченко²

¹Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, г. Минск, Беларусь

²Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Азотное питание растений является ведущим фактором в интенсификации продукционного процесса сельскохозяйственных культур. Дерново-подзолистые почвы характеризуются низким содержанием органического вещества и азота. Кроме этого, только незначительная часть почвенного азота (1–3%) непосредственно доступна растениям [1]. Поэтому основным источником возмещения дефицита элемента является применение азотных удобрений, которые обеспечивают

повышение урожайности зерновых культур на 20–40% и более, увеличивают содержание белка в зерне на 2–3%.

В этой связи одна из задач современной агрономической химии состоит в разработке приемов рационального использования азотного фонда почв при одновременном сохранении их плодородия и эффективном применении азотных удобрений.

Изучение эффективности азотных удобрений на эродированных почвах является актуальным, поскольку отрицательное влияние эрозии наиболее сильно проявляется на содержании гумуса и азота. Так, по обобщенным данным на почвах, подверженных водной эрозии среднегодовые потери азота в результате эрозии составляют 8–10 кг/га, а в отдельные годы достигают 35–40 кг/га [2–4].

С повышением эродированности почв, с одной стороны, существенно снижаются в них запасы общего и минерального азота, а с другой – увеличиваются потери его с процессами эрозии, что приводит к необходимости применения повышенных доз азотных удобрений.

Существующие в настоящее время рекомендации по применению азотных удобрений на эродированных почвах базируются на том, что для получения близкой по величине или одинаковой урожайности с неэродированными почвами, требуется вносить большее количество удобрений. Для расчета дополнительных доз азота и других элементов питания на смытых почвах в нашей республике [5, 6] и странах СНГ [7–9] разработаны специальные формулы, согласно которых с повышением степени эродированности почвы соответственно увеличивается и доза удобрений. Данные положения вступают в противоречие с усилением потерь азота удобрений в результате смыва.

В сложных эрозионных ландшафтах требуется весьма гибкая система удобрений, учитывающая разнообразие элементов рельефа, их морфологических характеристик и степени смывости почвы, с тем, чтобы не допустить потерь элементов питания.

Цель работы – оценить эффективность применения дифференцированных доз азотных, фосфорных и калийных удобрений под яровой рапс на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве разной степени эродированности.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили на стационаре «Стоковые площадки» Института почвоведения агрохимии НАН Беларуси, расположенном на выпуклом склоне южной экспозиции крутизной 5–7°. Постоянные стоковые площадки расположены по геоморфологическому профилю от водораздельной равнины до подножья склона. Длина каждой площадки (длина линии стока) – 60 м, ширина – 12 м, общая площадь одной площадки – 720 м².

Объектом исследований являлись дерново-палево-подзолистые легкосуглинистые несмытая, средне-, сильносмытая и намытая почвы на легких лессовидных суглинках. Агрохимические показатели почв приведены в таблице 1.

Возделывали яровой рапс на семена сорта Прамень. Технология возделывания соответствовала принятому отраслевому регламенту. Фосфорные (суперфосфат аммонизированный) и калийные удобрения (калий хлористый) вносили перед посевом, азотные удобрения (карбамид) – перед посевом и в подкормку в фазу растягивания растений.

Таблица 1

Агрохимические показатели почв (Ап) разной степени смытости

Степень смытости почвы	рН _{KCl}	Гумус	N _{общ}	P ₂ O ₅	K ₂ O
		%		мг/кг почвы	
Несмытая	*5,60	1,84	967	351,5	285,7
	5,32–5,76	1,76–1,98		249,4–412,0	281,6–291,7
Среднесмытая	5,38	1,66	689	332,3	239,3
	4,41–6,00	1,42–1,86		257,9–388,5	187,8–271,0
Сильносмытая	5,25	1,15	661	327,1	224,8
	4,32–5,87	1,11–1,18		220,8–390,4	193,0–242,3
Намытая	5,73	1,57	800	405,9	292,6
	5,38–6,08	1,56–1,60		261,9–520,5	247,2–346,5

<*> Над чертой – среднее значение за годы исследований, под чертой – колебание по годам исследований.

Схема опыта предусматривала изучение дифференцированных доз минеральных удобрений на почвах разной степени эродированности. Дозы азотных удобрений: N₁ – доза средняя рекомендуемая под культуру без учета степени эродированности почвы; N₂ – доза, дифференцированная для незэродированной и эродированных почв. Дозы фосфорных и калийных удобрений: P₁K₁ – дозы, рассчитанные на бездефицитный баланс фосфора и калия в почве с учетом обеспеченности почв подвижными формами элементов; P₂K₂ – дозы, рассчитанные на положительный баланс фосфора и калия в почве (табл. 2).

Таблица 2

Схема полевого опыта с применением разных доз минеральных удобрений

Степень смытости почвы	Варианты опыта	
	NPK	Дозы и сроки применения удобрений, кг/га
Несмытая	1. P ₁ K ₁	P ₃₀ K ₆₀
	2. N ₁ P ₁ K ₁	N ₁₁₀ (90 перед посевом + 20 в фазу растягивания растений) P ₃₀ K ₆₀
	3. N ₂ P ₁ K ₁	N ₁₀₀ (80 перед посевом + 20 в фазу растягивания растений) P ₃₀ K ₆₀
	4. N ₂ P ₂ K ₂	N ₁₁₀ (90 перед посевом + 20 в фазу растягивания растений) P ₃₀ K ₄₀
Среднесмытая	1. P ₁ K ₁	P ₃₀ K ₆₀
	2. N ₁ P ₁ K ₁	N ₁₁₀ (90 перед посевом + 20 в фазу растягивания растений) P ₃₀ K ₆₀
	3. N ₂ P ₁ K ₁	N ₁₂₀ (90 перед посевом + 30 в фазу растягивания растений) P ₃₀ K ₆₀
	4. N ₂ P ₂ K ₂	N ₁₂₀ (90 перед посевом + 30 в фазу растягивания растений) P ₄₀ K ₇₀
Сильносмытая	1. P ₁ K ₁	P ₃₀ K ₆₀
	2. N ₁ P ₁ K ₁	N ₁₁₀ (90 перед посевом + 20 в фазу растягивания растений) P ₃₀ K ₆₀
	3. N ₂ P ₁ K ₁	N ₁₃₀ (90 перед посевом + 40 в фазу растягивания растений) P ₃₀ K ₆₀
	4. N ₂ P ₂ K ₂	N ₁₃₀ (90 перед посевом + 40 в фазу растягивания растений) P ₅₀ K ₈₀
Намытая	1. P ₁ K ₁	P ₃₀ K ₆₀
	3. N ₂ P ₁ K ₁	N ₁₀₀ (80 перед посевом + 20 в фазу растягивания растений) P ₃₀ K ₆₀

Повторность вариантов в опыте – четырехкратная. Учет урожая производился поделяночно.

Агрохимические показатели почв определяли по следующим методикам: органическое вещество – по Тюрину в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26212–91 [10]; рН_(KCl) – потенциметрическим методом по ГОСТ 26483–85 [11]; подвижные формы фосфора и калия – по ГОСТ 26207–91 [12].

Полученные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [13] с использованием стандартного компьютерного программного обеспечения (Excel 7.0, Statistic 7.0).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

За годы исследований метеорологические условия вегетационных периодов различались. По степени увлажнения 2012 г. характеризовались избыточным увлажнением с ГТК 2,04, а 2013 и 2014 годы отличались хорошей увлажненностью с ГТК соответственно 1,52 и 1,50.

С увеличением степени эродированности почвы наблюдалось снижение урожайности. Так, в среднем за 3 года исследований на фосфорно-калийном фоне ($P_{30}K_{60}$) на несмытой почве она составила 21,4 ц/га, а на средне- и сильносмытой почве была ниже соответственно на 2,9 и 5,4 ц/га, или на 14 и 25%. На намытой почве снижение было несущественным (табл. 3).

Продуктивность ярового рапса и эффективность минеральных удобрений по годам исследований зависела от метеорологических условий вегетационных периодов, степени эродированности почвы и уровней применения удобрений. Урожайность по вариантам опыта колебалась в 2012 г. от 24,5 до 45,8 ц/га, в 2013 г. – от 13,1 до 29,7 и в 2014 г. – от 10,5 до 28,5 ц/га.

В исследованиях были использованы разные подходы расчета и применения доз азотных, фосфорных и калийных удобрений на почвах разной степени эродированности.

В варианте 2, где азот удобрений применяли по всем элементам склона в средней дозе 110 кг/га (N_{90} перед посевом + N_{20} в фазу растягивания растений), а фосфорные и калийные удобрения в дозах $P_{30}K_{60}$, рассчитанных на бездефицитный баланс элементов в почве, сформирована урожайность семян ярового рапса в среднем за 3 года на несмытой почве 34,0 ц/га, на средне- и сильносмытой почве соответственно 27,6 и 23,8 ц/га. Снижение ее на почвах, подверженных эрозии, составило 6,4 и 10,2 ц/га, или 19 и 30% соответственно. Прибавки урожайности от азотных удобрений к фосфорно-калийному фону ($P_{30}K_{60}$) получены на несмытой, средне- и сильносмытой почвах 12,6, 9,1 и 7,8 ц/га семян соответственно.

В варианте 3 фосфорные и калийные удобрения применяли в дозах, рассчитанных на бездефицитный баланс элементов в почве, а дозы азотных удобрений дифференцировали по элементам склона в зависимости от смывости почвы. На несмытой почве плакора и на намытой почве применяли дозу азота N_{100} (80 кг/га перед посевом и 20 кг/га в фазу растягивания растений), рекомендуемую на планируемую урожайность ярового рапса 30–35 ц/га [14]. На средне- и сильносмытой почвах дозы азотных удобрений были увеличены соответственно на 20 и 30% согласно рекомендациям. Урожайность семян в этом варианте получена на несмытой, средне-, сильносмытой и намытой почвах соответственно 31,6, 29,6, 26,1 и 29,8 ц/га. Прибавки к фону $P_{30}K_{60}$ составили 10,1–11,1 ц/га. Как показывают данные, на несмытой почве наблюдалось существенное (на 2,4 ц/га) снижение урожайности по отношению к варианту 2 в результате уменьшения на 10 кг/га дозы предпосевного внесения азота. На средне- и сильносмытой почвах повышение дозы азотной подкормки в фазу растягивания растений с 20 до 30–40 кг/га привело к ее увеличению на 2,0 и 2,3 ц/га семян соответственно.

Таблица 3
Влияние дифференцированных доз минеральных удобрений на урожайность ярового рапса и окулаемость удобрений

Степень смытости почвы	Вариант опыта	Урожайность, ц/га семян			Снижение на смытых почвах		Прибавка к РК, ц/га	Окулаемость удобрений прибавкой урожая, кг	
		2012 г.	2013 г.	2014 г.	среднее значение	ц/га		%	N
Несмытая	1. P ₃₀ K ₆₀	30,7	17,0	16,4	21,4	–	–	–	–
	2. N ₁₁₀ P ₃₀ K ₆₀	45,8	29,7	26,5	34,0	–	12,6	11,4	6,3
	3. N ₁₀₀ P ₃₀ K ₆₀	44,3	25,8	24,6	31,6	–	10,2	10,2	5,4
	4. N ₁₁₀ P ₃₀ K ₄₀	44,1	28,4	25,4	32,6	–	11,2	–	6,2
Среднесмытая	1. P ₃₀ K ₆₀	28,4	16,0	11,1	18,5	2,9	13,6	–	–
	2. N ₁₁₀ P ₃₀ K ₆₀	39,8	23,9	19,1	27,6	6,4	18,8	8,3	4,5
	3. N ₁₂₀ P ₃₀ K ₆₀	41,9	25,3	21,6	29,6	–	–	11,1	5,3
	4. N ₁₂₀ P ₄₀ K ₇₀	42,8	25,8	24,6	31,1	–	–	12,6	5,5
Сильносмытая	1. P ₃₀ K ₆₀	24,5	13,1	10,5	16,0	5,4	25,2	–	–
	2. N ₁₁₀ P ₃₀ K ₆₀	35,2	20,0	16,2	23,8	10,2	30,0	7,1	3,9
	3. N ₁₃₀ P ₃₀ K ₆₀	36,4	21,8	20,0	26,1	–	–	7,8	4,6
	4. N ₁₃₀ P ₅₀ K ₈₀	38,0	22,6	21,4	27,3	–	–	11,3	4,3
Намытая	1. P ₃₀ K ₆₀	30,8	16,0	14,3	20,4	1,0	4,7	–	–
	3. N ₁₀₀ P ₃₀ K ₆₀	43,7	26,1	19,6	29,8	0,8	2,6	9,4	4,9
НСР ₀₅ Фактор А Фактор Б		2,20	2,30	2,00	2,17				
		2,20	2,30	2,00	2,17				

Фактор А – степень смытости почвы;
Фактор Б – дозы вносимых удобрений.

В варианте 4 фосфорные и калийные удобрения применяли в дозах, рассчитанных на положительный баланс элементов в зависимости от их содержания в почвах разной степени смытости. Дозы азотных удобрений дифференцировали по элементам склона и смытости почвы аналогично варианту 3. В среднем за 3 года исследований урожайность ярового рапса в этом варианте получена на несмытой, средне- и сильносмытой почве – 32,6, 31,1 и 27,3 ц/га соответственно. Прибавки семян рапса к фону $P_{30}K_{60}$ составили 11,2–12,6 ц/га. На несмытой почве наблюдалось незначительное (на 1,4 ц/га) снижение урожайности по отношению к варианту 2 в результате уменьшения на 20 кг/га дозы калия. На средне- и сильносмытой почве при повышении доз фосфорных и калийных удобрений не наблюдалось достоверного роста урожайности по сравнению с вариантом 3 (прибавки 1,2–1,5 ц/га), однако она существенно увеличилась по отношению к варианту 2 – на средне- и сильносмытой почве на 3,5 ц/га семян.

Одним из показателей агрохимической эффективности удобрений является окупаемость их прибавками урожая. В производственных условиях средний норматив окупаемости минеральных удобрений (NPK) прибавкой семян рапса равен 3,2 кг [15].

В наших исследованиях окупаемость удобрений зависела от уровней их применения и степени эродированности почвы. На несмытой почве при внесении $N_{110}P_{30}K_{60}$ (вариант 2) она составила 6,3 кг семян, а на средне- и сильносмытой почве снизилась до 4,5 и 3,9 кг соответственно. Окупаемость только азотных удобрений в этом варианте получена на несмытой, средне- и сильносмытой почве – 11,4, 8,3 и 7,1 кг семян рапса соответственно.

На несмытой почве уменьшение доз азота (вариант 3) и калия (вариант 4) привело к снижению оплаты NPK прибавками урожая. На средне- и сильносмытой почве повышение доз азота соответственно до 120 и 130 кг/га способствовало росту окупаемости как азотных, так и в целом минеральных удобрений, тогда как увеличение доз фосфора и калия не обеспечило повышения эффективности NPK.

По результатам полевого опыта на основе данных стоимости прибавки урожая, действующих закупочных цен на семена рапса, расходов на приобретение и внесение удобрений, уборку, перевозку и доработку прибавки урожая проведены расчеты экономической эффективности применения минеральных удобрений на почвах разной эродированности [16].

Данные, представленные в таблице 4, показывают, что эффективность внесения минеральных удобрений под яровой рапс зависела от их доз и эродированности почвы.

На несмытой почве наибольший чистый доход 3298 тыс. рублей на 1 га и рентабельность 165% получены в варианте с применением $N_{110}P_{30}K_{60}$. Уменьшение на этой почве дозы азотной подкормки на 10 кг/га (вариант 3), а также дозы предпосевного применения калия на 20 кг/га (вариант 4) приводило к увеличению затрат на 1 ц семян, снижению величины чистого дохода и рентабельности производства.

На почвах, подверженных эрозионным процессам, экономическая эффективность минеральных удобрений была ниже по сравнению с неэродированной почвой. Так, в варианте 2 с применением $N_{110}P_{30}K_{60}$ на средне- и сильносмытой

почве затраты на 1 ц семян возросли на 39 и 56%, величина чистого дохода уменьшилась на 1478 и 1944 тыс. руб./га, а рентабельность производства сократилась с 165% до 91 и 70% соответственно. Увеличение доз удобрений способствовало повышению их эффективности. На среднесмытой почве наиболее эффективным было внесение $N_{120}P_{40}K_{70}$ (дозы фосфора и калия рассчитаны на положительный баланс элементов в почве). Чистый доход составил 3017 тыс. руб. на 1 га, а рентабельность – 132%. На сильносмытой почве наибольший чистый доход (2275 тыс. руб./га) получен в варианте с $N_{130}P_{50}K_{80}$, тогда как рентабельность применения удобрений самой высокой была в варианте $N_{130}P_{30}K_{60}$.

Таблица 4

Экономическая эффективность применения дифференцированных доз минеральных удобрений под яровой рапс на почвах разной степени эродированности

Вариант опыта	Стоимость прибавки урожая, тыс. руб. на 1 га	Затраты, тыс. руб. на 1 га			Затраты на 1 ц семян, тыс. руб.	Чистый доход тыс. рублей на 1 га	Рентабельность, %
		всего	в том числе				
			на приобретение и внесение удобрений	на уборку, перевозку, доработку прибавки урожая			
Несмытая почва							
1. $P_{30}K_{60}$	–	–	–	–	–	–	–
2. $N_{110}P_{30}K_{60}$	5 292	1 994	1 806	188	158,3	3 298	165
3. $N_{100}P_{30}K_{60}$	4 284	1 847	1 695	152	181,1	2 437	132
4. $N_{110}P_{30}K_{40}$	4 704	1 959	1 792	167	174,9	2 745	140
Среднесмытая почва							
1. $P_{30}K_{60}$	–	–	–	–	–	–	–
2. $N_{110}P_{30}K_{60}$	3 822	2002	1 867	135	220,0	1 820	91
3. $N_{120}P_{30}K_{60}$	4 662	2 083	1 917	165	187,7	2 579	124
4. $N_{120}P_{40}K_{70}$	5 292	2 275	2 087	188	180,6	3 017	132
Сильносмытая почва							
1. $P_{30}K_{60}$	–	–	–	–	–	–	–
2. $N_{110}P_{30}K_{60}$	3 276	1 922	1 806	116	246,4	1 354	70
3. $N_{130}P_{30}K_{60}$	4 242	2 179	2 029	151	215,7	2 063	95
4. $N_{130}P_{50}K_{80}$	4 746	2 471	2 302	168	218,7	2 275	92
Намытая почва							
1. $P_{30}K_{60}$	–	–	–	–	–	–	–
3. $N_{100}P_{30}K_{60}$	3 948	1 835	1 695	140	195,2	2 113	115

Формирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия проводится для определенных агроэкологических типов и групп земель, характеризующихся однородными условиями для возделывания культуры или групп культур. В свою очередь построение агроэкологических типов и групп земель осуществляет-

ся из первичных элементов агроландшафта. В качестве первичного элемента агроландшафта рассматривается элементарный ареал агроландшафта, под которым понимается земельный участок на элементе мезорельефа, ограниченный элементарным почвенным ареалом или элементарной почвенной структурой [17].

Почвенные катены в условиях эрозионных агроландшафтов могут иметь различные соотношения площадей почв разной степени смытости в зависимости от крутизны, длины и экспозиции склона. Поэтому в производственных условиях представляется технологически сложным обеспечить внесение удобрений под сельскохозяйственную культуру, дифференцируя их дозы по элементам рельефа, то есть по степени смытости почвы.

На основе экспериментальных данных, полученных на разных частях склонового агроландшафта (на плакоре, в верхней, средней и нижней частях склона), определены средневзвешенные значения урожайности и показатели эффективности применения разных доз минеральных удобрений в целом по почвенной катене. Условно были приняты земельные массивы (поля, рабочие участки), представленные короткими склонами с преобладанием плакорной части над склоновой (соотношение плакора к склоновой части 75%:25%), со средней длиной склона (соотношение плакора к склоновой части 50%:50%) и с длинными склонами с преобладанием склоновой части (соотношение плакора к склоновой части 25%:75%). Результаты расчетов представлены в таблице 5.

В эрозионном агроландшафте с дерново-подзолистыми легкосуглинистыми почвами при высокой (261 мг/кг) обеспеченности P_2O_5 и повышенной (230 мг/кг) обеспеченности K_2O несмытой почвы на плакоре, повышенной (230–237 мг/кг) обеспеченности P_2O_5 и средней (170–190 мг/кг) обеспеченности K_2O средне- и сильносмытой почвы на склоне, наиболее эффективным вариантом удобрения в системе почвенной катены с преобладанием плакорной части над склоновой было применение азота в средней рекомендуемой дозе под культуру без учета степени эродированности почвы, а фосфора и калия в дозах, рассчитанных на бездефицитный баланс фосфора и калия в почве (N110P30K60).

В этом варианте получена наиболее высокая средневзвешенная урожайность, которая составила 31,9 ц/га семян, окупаемость удобрений – 5,8 кг, чистый доход – 2852,1 тыс. руб./га и рентабельность – 144%.

Внесение азотных удобрений в возрастающих дозах, дифференцированных для незэродированной и эродированных почв, фосфорных и калийных удобрений, рассчитанных на бездефицитный и положительный баланс этих макроэлементов в почве, приводило к снижению чистого дохода и уровня рентабельности.

В эрозионных ландшафтных массивах при равном соотношении плакорной и склоновой частей, а также при преобладании склоновой части над плакорной наиболее эффективным является применение азотных удобрений дифференцировано с учетом степени смытости почвы, фосфорных и калийных удобрений в дозах, рассчитанных на положительный баланс P_2O_5 и K_2O в зависимости от обеспеченности этими макроэлементами почв разной степени эродированности. В этом варианте обеспечивается наиболее высокая средневзвешенная урожайность 30,0–30,9 ц/га семян, окупаемость удобрений – 5,1–5,5 кг, чистый доход – 2658,0–2715,0 тыс. руб./га и рентабельность – 18–126%.

Таблица 5

Эффективность применения минеральных удобрений под яровой рапс в системе почвенно-эрозивной катены

Вариант опыта	Средневзвешенные дозы удобрений	Урожайность семян, ц/га	Прибавка урожая, ц/га	Окупаемость удобрений прибавкой урожая, кг	Стоимость прибавки семян, тыс. руб.	Затраты, тыс. руб.		Чистый доход тыс. руб. на 1 га	Рентабельность, %
						на 1 га	на 1 ц семян		
Агроладшафты с короткими склонами (соотношение плакорной и склоновой части 75% : 25%)									
P ₁ K ₁	P ₃₀ K ₆₀	20,4	–	–	–	–	–	–	–
N ₁ P ₁ K ₁	N ₁₁₀ P ₃₀ K ₆₀	31,9	11,5	5,8	4830,0	1977,9	172,0	2852,1	144
N ₂ P ₁ K ₁	N ₁₀₆ P ₃₀ K ₆₀	30,6	10,2	5,2	4284,0	1918,0	188,0	2366,0	123
N ₂ P ₂ K ₂	N ₁₁₄ P ₃₄ K ₄₉	31,7	11,3	5,7	4746,0	2058,0	182,1	2688,0	131
Агроладшафты со склонами средней длины (соотношение плакорной и склоновой части 50% : 50%)									
P ₁ K ₁	P ₃₀ K ₆₀	19,3	–	–	–	–	–	–	–
N ₁ P ₁ K ₁	N ₁₁₀ P ₃₀ K ₆₀	29,8	10,5	5,2	4410,0	1961,7	186,8	2448,3	125
N ₂ P ₁ K ₁	N ₁₁₃ P ₃₀ K ₆₀	29,7	10,4	5,1	4368,0	1989,0	191,2	2379,0	120
N ₂ P ₂ K ₂	N ₁₁₃ P ₃₈ K ₅₈	30,9	11,6	5,5	4872,0	2157,0	185,9	2715,0	126
Агроладшафты с длинными склонами (соотношение плакорной и склоновой части 25% : 75%)									
P ₁ K ₁	P ₃₀ K ₆₀	18,3	–	–	–	–	–	–	–
N ₁ P ₁ K ₁	N ₁₁₀ P ₃₀ K ₆₀	27,8	9,5	4,7	3990,0	1945,6	204,8	2044,4	105
N ₂ P ₁ K ₁	N ₁₁₉ P ₃₀ K ₆₀	28,8	10,5	5,0	4410,0	2131,0	202,9	2279,0	107
N ₂ P ₂ K ₂	N ₁₂₁ P ₄₁ K ₆₆	30,0	11,7	5,1	4914,0	2256,0	192,8	2658,0	118

ВЫВОДЫ

1. На средне- и сильносмытой почве по сравнению с полнопрофильной несмытой почвой урожайность ярового рапса уменьшается на 14–19 и 25–30% соответственно, а окупаемость минеральных (NPK) удобрений с 6,3 до 3,9–4,5 кг семян.

2. Эффективность применения разных доз минеральных удобрений зависит от эродированности почвы. На несмытой почве наибольший чистый доход 3298 тыс. руб./га и рентабельность 165% обеспечивает применение $N_{110}P_{30}K_{60}$. Уменьшение на этой почве дозы азотной подкормки приводит к снижению эффективности удобрений. На почвах, подверженных эрозии, экономическая эффективность минеральных удобрений ниже по сравнению с незэродированной почвой. На среднесмытой почве наиболее эффективно внесение $N_{120}P_{40}K_{70}$ (дозы фосфора и калия рассчитаны на положительный баланс элементов в почве) – чистый доход составляет 3017 тыс. руб./га, а рентабельность – 132%. На сильносмытой почве наибольший чистый доход (2275 тыс. руб./га) обеспечивают дозы $N_{130}P_{50}K_{80}$, тогда как рентабельность применения удобрений самая высокая при дозах $N_{130}P_{30}K_{60}$.

3. При разработке технологий применения минеральных удобрений в эрозионных агроландшафтах следует принимать во внимание их геоморфологические особенности. В агроландшафтах с короткими склонами и преобладанием плакорной части над склоновой частью наиболее целесообразно вносить минеральные удобрения в средней рекомендуемой дозе под культуру без учета элементов рельефа или степени эродированности почвы. В ландшафтных массивах с длинными и средними по длине склонами, равном соотношении плакорной и склоновой частей, а также при преобладании склоновой части над плакорной более эффективно применение дифференцированных по степени смытости почв доз азотных удобрений, а применение фосфорных и калийных удобрений в дозах, рассчитанных на положительный баланс этих макроэлементов в зависимости от обеспеченности ими почв разной степени эродированности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семененко, Н.Н. Азот в земледелии Беларуси / Н.Н. Семененко, Н.В. Невмержицкий. – Минск: БИТ «Хата», 1997. – 196 с.
2. Жукова, И.И. Развитие эрозионных процессов на дерново-подзолистых пылевато-суглинистых почвах центральной провинции Беларуси при возделывании различных сельскохозяйственных культур: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / И.И. Жукова. – Минск, 2001. – 18 с.
3. Потери гумуса и макроэлементов, вызываемые водной эрозией, из дерново-палево-подзолистых почв Белоруссии / В.В. Жилко [и др.] // Агрохимия. – 1999. – № 10. – С. 41–46.
4. Цыбулько, Н.Н. Потери гумуса и элементов питания из дерново-палево-подзолистых почв при водной эрозии / Н.Н. Цыбулько, И.И. Жукова, В.В. Жилко // Почвоведение. – 2004. – № 6. – С. 759–765.
5. Жилко, В.В. Особенности применения удобрений на эродированных почвах. / В.В. Жилко, О.В. Чистик, К.И. Довбан. – Минск, 1990. – 34 с.

6. Чистик, О.В. Агрохимические свойства дерново-подзолистых пылевато-суглинистых эродированных почв и особенности применения удобрений: дис. ... д-ра с.-х. наук / О.В. Чистик. – Минск, 1992. – 458 с.
7. Явтушенко, В.Е. Агрэколагічнае абасноўванне сістэм удобраення на почвах склонаў: дис. ... д-ра с.-х. наук / В.Е. Явтушенко. – М., 1991. – 442 с.
8. Каштанов, А.Н. Агрэкалогія почв склонаў / А.Н. Каштанов, В.Е. Явтушенко. – М.: Колос, 1997. – С. 5–20.
9. Модель адаптыўна-ландшафтнага земледзеля Владимирскага Ополя / Под редакцыяй акадэмікаў РАСХН В.И. Кірыюшына і А.Л. Іванова. – М.: Агроконсалт, 2004. – 456 с.
10. Почвы. Определение органического вещества в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26212–91. – Введ. 1993.07.01. – Минск: Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.
11. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение рН по методу ЦИНАО: ГОСТ 26483–85. – Введ. 07.01.86. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1987. – 4 с.
12. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26207–91. – Введ. 07.01.93. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1992. – 6 с.
13. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
14. Организацияно-техналагічныя нарматывы возделывания сельскахозяйсвенных культур: зборнік атраслевых регламентаў / Ін-т аграр. эканомікі НАН Беларусі; рук. разраб. В.Г. Гусакоў [і др.]. – Мінск: Бел. навука, 2005. – 460 с.
15. Справочник агрохіміка / В.В. Лапа [і др.]; под. ред. В.В. Лапа. – Мінск: Беларус. навука, 2007. – 390 с.
16. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [і др.] / Ін-т почваведання і агрохіміі. – Мінск, 2010. – 24 с.
17. Кірыюшын, В.И. Теорыя адаптыўна-ландшафтнага земледзеля і праектравання аэроландшафтаў / В.И. Кірыюшын. – М.: КолосС, 2011. – 443 с.

EFFICIENCY OF APPLICATION OF GRADED RATES OF MINERAL FERTILIZERS FOR SPRING RAPE ON SOD-PODZOLIC LOW LOAMY SOILS WITH DIFFERENT DEGREE OF EROSION

N.N. Tsybul'ko, S.S. Punchenko

Summary

On cespitose and podzolic sandy loam soils of different degree of erodibility application of the differentiated doses of nitric, phosphoric and potash fertilizers under a summer colza is studied. It is established that on not washed away soil the greatest net income of 3298 thousands of Belarusian rub/ha and profitability of 165% provides application of $N_{110}P_{30}K_{60}$. It has been found that on non-eroded soil the greatest net is 3 298 thousands of Belarusian rub/ha and application of $N_{110}P_{30}K_{60}$ provides 165% profitability. Economic efficiency of chemical fertilizers on erodible soils is lower than on non-erodible soils. On middle-eroded soil $N_{120}P_{40}K_{70}$ application is the most ef-

ficient – net income is 3017 thousands of Belarusian rub/ha and the profitability is 132%. On highly-eroded soil the doses of $N_{130}P_{50}K_{80}$ provide the greatest net income (2275 thousand rub/ha), while $N_{130}P_{30}K_{60}$ doses provide the highest profitability.

In agricultural landscapes with short slopes and the preponderance of the upland part over the slope it is reasonable to apply mineral fertilizers in an average recommended dose for culture without considering relief elements or degree of soil erosion. In the landscaped massifs with long and medium-long slope and parity of upland and slope parts, as well as the preponderance of the slope over the upland, it is more efficiently an application of differentiated according to the degree of soil erosion doses of nitrogen fertilizer, but phosphate and potash fertilizers – in doses, calculated on the positive balance of macronutrients, depending on the availability of soil varying degrees of erosion.

Поступила 14.05.15

УДК 631.81.095.337:633.15

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКИХ ХЕЛАТНЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ МИКРОСТИМ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ

М.В. Рак, С.А. Титова, Т.Г. Николаева, В.А. Муковозчик

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Приоритетной задачей сельскохозяйственного производства республики является создание прочной кормовой базы для животноводства, увеличение объема производства и заготовки высококачественных кормов. Большое значение в решении этой проблемы имеет кукуруза – одна из наиболее продуктивных и технологичных культур. Высокая потенциальная урожайность и сравнительно небольшие затраты при производстве обуславливает ее широкое распространение [1, 2].

Важным условием в получении высоких и устойчивых урожаев кукурузы, является дифференцированное обеспечение ее всеми необходимыми макро- и микроэлементами в зависимости от условий возделывания. Внесение микроудобрений в процессе роста и развития кукурузы необходимо для сбалансированного питания культуры, повышения урожайности и улучшения качества. При этом научно обоснованное применение удобрений позволяет регулировать процессы обогащения продукции определенными элементами, необходимыми для нормальной жизнедеятельности человека и животного [3, 4].

Исходя из биологических особенностей, наибольшее значение при возделывании кукурузы из микроэлементов имеют цинк и медь. Цинк принимает участие в процессах обмена веществ и синтезе протеинов у кукурузы. Повышенное содержание фосфора в почве приводит к недостатку цинка. При недостатке цинка у кукурузы наблюдается невысокий рост растений, характерные бело-желтые пояса с обеих сторон между жилок листьев, а также желтая или белая окраска всей поверхности молодых листьев. У кукурузы медь увеличивает содержание растворимых сахаров, аскорбиновой кислоты, белкового азота, хлорофилла и

медьсодержащих ферментов. Недостаток меди часто совпадает с недостатком цинка [5, 6].

В последние годы ведется работа по разработке новых, более экономичных, технологичных и универсальных по назначению хелатных форм микроудобрений. Эти микроудобрения обладают высокой биологической активностью, быстро включаются в физиолого-биохимические процессы в растениях, хорошо растворяются в воде и отличаются низкой токсичностью [7]. Нами разработаны и зарегистрированы различные марки жидких микроудобрений с биостимулятором МикроСтим [8].

Цель исследований заключалась в изучении эффективности новых жидких хелатных микроудобрений МикроСтим при возделывании кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по эффективности новых жидких хелатных микроудобрений МикроСтим при возделывании кукурузы проводили в 2012–2014 гг. в полевых опытах ГП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области на дерново-подзолистой супесчаной почве. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы опытных участков: pH_{KCl} – 5,8–6,11, содержание гумуса – 1,93–2,4%, P_2O_5 – 147–210, K_2O – 240–302, Cu – 1,6–1,8, B – 0,33–1,22, Mn обм. – 0,48–1,2, Zn – 2,22–2,80 мг/кг почвы. Площадь делянки – 28 м², повторность опыта – 3-кратная.

Технология возделывания кукурузы общепринятая для республики. В полевых опытах возделывалась кукуруза Дельфин. Предшественник – люпин узколистый. Норма высева семян – 1 п.ед./га. Семена обработаны препаратом максим XL (1 л/т). Исследования проводили на фоне 40 т/га навоза и $N_{130}P_{70}K_{120}$ минеральных удобрений, которые внесены в виде карбамида, КАС, суперфосфата аммонизированного и хлористого калия. На посевах кукурузы применяли гербицид Примэкстра Голд TZ (4,0 л/га).

Погодные условия в период проведения исследований были различными. Так, вегетационный период 2012 года характеризовался избыточным увлажнением на фоне высокой температуры воздуха в середине вегетации, что способствовало получению высоких урожаев. ГТК за вегетационный период (апрель–сентябрь) составил 1,67 при среднемноголетнем ГТК 1,45. 2013 год был более засушливым, чем 2012 г. и характеризовался более высокими температурами (ГТК 1,31). Количество осадков за вегетационный период по месяцам было на уровне или выше среднемноголетних показателей, что положительно влияло на растения. Погодные условия в 2014 г. были менее благоприятными для роста и развития растений (ГТК 1,37), что обусловлено неравномерностью распределения атмосферных осадков при высоких температурах воздуха за вегетацию. Особенно резкий недостаток влаги и высокая температура воздуха были отмечены в июне и июле (ГТК 1,01 и ГТК 0,43), что отрицательно сказалось на урожайности кукурузы.

Для совершенствования ассортимента жидких минеральных удобрений при возделывании кормовых культур в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» разработаны новые марки микроудобрений МикроСтим (ТУ BY 100079183.006–2008, изменение № 025389/05 от 18.03.2015). МикроСтим – водорастворимые концентраты, изготовленные на основе хелатов металлоэлементов цинка и меди,

и представляют собой светло-желтую и темно-синию однородную непрозрачную жидкость со специфическим запахом. Микроудобрение МикроСтим–Цинк содержит цинк (50 г/л) и общий азот (100 г/л), МикроСтим–Цинк,Медь – цинк (50 г/л), медь (50 г/л) и общий азот (75 г/л).

В полевых опытах микроудобрения МикроСтим–Цинк и МикроСтим–Цинк,Медь, в возрастающих дозах использовались для некорневой подкормки вегетирующих растений кукурузы, которую проводили в фазу 6–8 листьев. Рабочий раствор приготавливался непосредственно перед проведением обработки посевов путем разведения концентрата удобрения водой. Расход рабочего раствора 200 л/га.

Исследования проводили в соответствии с методическими указаниями по закладке полевых опытов. Статистическая обработка результатов исследований проведена методом дисперсионного анализа. Экономическая эффективность применения новых микроудобрений в некорневую подкормку кукурузы рассчитывалась по методике разработанной Институтом почвоведения и агрохимии [9]. Схема опытов, дозы микроудобрений и фоны минеральных удобрений представлены далее в таблицах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований показали, что при возделывании кукурузы на фоне органических и минеральных удобрений применение новых жидких хелатных микроудобрений МикроСтим в некорневую подкормку в фазу 6–8 листьев способствует повышению урожайности зеленой массы и зерна. Уровень прибавок урожая зависел от марок и доз вносимых микроудобрений. Так, в среднем за три года исследований некорневая подкормка микроудобрениями МикроСтим способствовала повышению урожайности зеленой массы на 37–84 ц/га при урожайности в фоновом варианте 588 ц/га (табл. 1). При внесении микроудобрения МикроСтим–Цинк в дозе 1,3 л/га прибавка урожайности зеленой массы 60 ц/га, а микроудобрения МикроСтим–Цинк,Медь в дозе 2,0 л/га – 84 ц/га. Дальнейшее повышение доз микроудобрений не приводило к существенному увеличению урожайности зеленой массы кукурузы. Такая закономерность эффективности новых микроудобрений МикроСтим наблюдалась и по годам, где более высокие прибавки урожайности обеспечивали средние и повышенные дозы. За период исследования, прибавки урожая зеленой массы были на 5–16% выше по сравнению с фоновым вариантом.

Таблица 1

Влияние микроудобрений МикроСтим на урожайность зеленой массы кукурузы

Вариант	Урожайность, ц/га				Прибавка к фону, ц/га
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	среднее	
1. Навоз 40 т/га + N ₁₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀ – фон	707	647	410	588	–
2. Фон + МикроСтим–Цинк (1,0 л/га)	745	679	450	625	37
3. Фон + МикроСтим–Цинк (1,3 л/га)	786	702	456	648	60
4. Фон + МикроСтим–Цинк (1,6 л/га)	753	709	464	642	54
5. Фон + МикроСтим–Цинк,Медь (1,5 л/га)	802	699	456	652	64
6. Фон + МикроСтим–Цинк,Медь (2,0 л/га)	825	727	463	672	84
7. Фон + МикроСтим–Цинк,Медь (2,5 л/га)	807	734	474	672	84
НСР ₀₅	20	18	33		30

При возделывании кукурузы на зерно, применение новых жидких микроудобрений МикроСтим в зависимости от марки и доз также способствовало повышению урожайности. В среднем за три года исследований некорневая подкормка микроудобрениями МикроСтим способствовала повышению урожайности зерна на 5,5–9,2 ц/га при урожайности в фоновом варианте 70,0 ц/га (табл. 2). Наибольшие прибавки урожая зерна (8,9–9,2 ц/га) получены при применении микроудобрения МикроСтим–Цинк,Медь в средней и в повышенной дозах. При внесении микроудобрения МикроСтим–Цинк наибольшая прибавка урожайности зерна 6,5 ц/га получена при средней дозе. Дальнейшее повышение доз микроудобрений не приводило к существенному увеличению урожайности зерна кукурузы. По годам наблюдалась такая же закономерность действия исследуемых микроудобрений.

Таблица 2

Влияние микроудобрений МикроСтим на урожайность зерна кукурузы

Вариант	Урожайность, ц/га				Прибавка к фону, ц/га
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	среднее	
1. Навоз 40 т/га + N ₁₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀ – фон	61,5	82,4	66,2	70,0	–
2. Фон + МикроСтим–Цинк (1,0 л/га)	65,7	88,4	72,5	75,5	5,5
3. Фон + МикроСтим–Цинк (1,3 л/га)	65,4	90,5	73,7	76,5	6,5
4. Фон + МикроСтим–Цинк (1,6 л/га)	63,3	92,1	72,7	76,0	6,0
5. Фон + МикроСтим–Цинк,Медь (1,5 л/га)	69,7	89,4	72,8	77,3	7,3
6. Фон + МикроСтим–Цинк,Медь (2,0 л/га)	69,6	92,9	74,2	78,9	8,9
7. Фон + МикроСтим–Цинк,Медь (2,5 л/га)	68,4	94,3	74,8	79,2	9,2
НСР ₀₅	3,2	4,0	3,6		3,8

При возделывании кукурузы наряду с показателями урожайности немаловажное значение имеет качество продукции. Установлено, что применение новых жидких хелатных микроудобрений МикроСтим позволило повысить содержание и сбор сырого протеина в зеленой массе (табл. 3). Так, в среднем за два года исследований в сравнении с фоновым вариантом некорневая подкормка микроудобрением МикроСтим–Цинк увеличивала в зеленой массе содержание сырого протеина на 2,4–3,5% и сбор сырого протеина – на 6,2–8,8 ц/га, а микроудобрением МикроСтим–Цинк,Медь – на 3,0–3,3% и 7,9–9,3 ц/га соответственно. При возделывании кукурузы на зерно отмечалась тенденция повышения содержания сырого протеина в зерне.

Таблица 3

Влияние некорневой подкормки кукурузы микроудобрениями МикроСтим на содержание и сбор сырого протеина (среднее 2012–2013 гг.)

Вариант	Сырой протеин			
	содержание, %	сбор, ц/га	содержание, %	сбор, ц/га
	зеленая масса		зерно	
1. Навоз 40 т/га + N ₁₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀ – фон	7,7	12,5	8,6	5,3
2. Фон + МикроСтим–Цинк (1,0 л/га)	10,1	18,7	8,1	5,4
3. Фон + МикроСтим–Цинк (1,3 л/га)	11,2	21,3	7,5	5,0

Вариант	Сырой протеин			
	содержание, %	сбор, ц/га	содержание, %	сбор, ц/га
	зеленая масса		зерно	
4. Фон + МикроСтим–Цинк (1,6 л/га)	11,2	20,5	9,4	6,3
5. Фон + МикроСтим–Цинк,Медь (1,5 л/га)	10,7	20,4	9,0	6,1
6. Фон + МикроСтим–Цинк,Медь (2,0 л/га)	11,0	21,8	8,8	6,1
7. Фон + МикроСтим–Цинк,Медь (2,5 л/га)	11,0	20,8	8,1	5,6

Следует отметить, что внесение микроудобрения МикроСтим–Цинк в различных дозах в некорневую подкормку кукурузы способствовало снижению содержания нитратов в зеленой массе с 316 до 234–302 мг/кг сырой массы (табл. 4). При внесении микроудобрения МикроСтим–Цинк,Медь содержание нитратов в зеленой массе составляло 219–263 мг/кг сырой массы, что на 97–53 мг/кг ниже чем в фоновом варианте. Применение микроудобрений МикроСтим–Цинк и МикроСтим–Цинк,Медь не оказало существенного влияния на содержание крахмала и жира в зерне кукурузы.

Таблица 4

**Влияние микроудобрений МикроСтим на качество зеленой массы
и зерна кукурузы**

Вариант	Содержание нитратов в зеленой массе, мг/кг сырой массы	Содержание в зерне	
		крахмал	жир
		% сухой массы	
1. Навоз 40 т/га + N ₁₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀ – фон	316	67,4	5,6
2. Фон + МикроСтим–Цинк (1,0 л/га)	302	68,4	5,7
3. Фон + МикроСтим–Цинк (1,3 л/га)	234	69,1	5,9
4. Фон + МикроСтим–Цинк (1,6 л/га)	267	68,6	5,7
5. Фон + МикроСтим–Цинк,Медь (1,5 л/га)	219	67,6	5,8
6. Фон + МикроСтим–Цинк,Медь (2,0 л/га)	255	68,4	5,9
7. Фон + МикроСтим–Цинк,Медь (2,5 л/га)	263	69,1	6,4

Как известно, что научно обоснованное применение микроудобрений позволяет регулировать процессы обогащения продукции определенными элементами, необходимыми для нормальной жизнедеятельности человека и животных. В наших исследованиях установлено, что внесение в некорневую подкормку кукурузы микроудобрений МикроСтим способствовало повышению содержания цинка и меди в зеленой массе и зерне в сравнении с фоновым вариантом (табл. 5). В среднем за три года исследований применение микроудобрения МикроСтим–Цинк способствовало увеличению в зеленой массе содержания цинка на 3,9–4,3 мг/кг, в зерне – на 1,1–1,8 мг/кг сухой массы. Применение микроудобрений МикроСтим–Цинк,Медь в некорневую подкормку повышало содержание цинка в зеленой массе на 4,0–7,7 мг/кг, в зерне – до 1,0 мг/кг, меди – на 1,1–1,2 мг/кг и на 0,9–2,3 мг/кг сухой массы соответственно. Однако содержание данных микроэлементов в продукции не достигало нижней границы оптимальных концентраций микроэлемента для кормов (цинка – 20 мг/кг сухой массы, меди – 3–5 мг/кг сухой массы).

Таблица 5

Влияние микроудобрений МикроСтим на содержание цинка и меди в зеленой массе и зерне кукурузы, мг/кг сухой массы (среднее 2012–2014 гг.)

Вариант	Зеленая масса		Зерно	
	цинк	медь	цинк	медь
1. Навоз 40 т/га + N ₁₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀ – фон	9,2	3,1	13,1	2,7
2. Фон + МикроСтим–Цинк (1,0 л/га)	13,1	–	14,5	–
3. Фон + МикроСтим–Цинк (1,3 л/га)	13,3	–	14,2	–
4. Фон + МикроСтим–Цинк (1,6 л/га)	13,5	–	14,9	–
5. Фон + МикроСтим–Цинк,Медь (1,5 л/га)	13,5	4,3	14,1	3,6
6. Фон + МикроСтим–Цинк,Медь (2,0 л/га)	16,9	4,2	13,3	3,6
7. Фон + МикроСтим–Цинк,Медь (2,5 л/га)	13,2	4,2	13,2	5,0

Для оценки экономической эффективности применения новых жидких хелатных микроудобрений МикроСтим в некорневую подкормку кукурузы был рассчитан чистый доход и рентабельность. Расчет по средним трехлетним экспериментальным данным показал, что применение микроудобрений МикроСтим обеспечивало, получение прибыли и было, рентабельным (табл. 6). При возделывании кукурузы на зеленую массу чистый доход от применения микроудобрения МикроСтим–Цинк составил 27–49 USD/га при рентабельности 40–47%, МикроСтим–Цинк,Медь – 53–71 USD/га и 47–49% соответственно. При возделывании кукурузы на зерно некорневая подкормка микроудобрением МикроСтим–Цинк, в возрастающих дозах, позволила получить чистый доход 80–95 USD/га при рентабельности 248–278%, МикроСтим–Цинк,Медь – 107–134 USD/га и 275–291% соответственно. Следует отметить, что наиболее эффективны новые жидкие микроудобрения при внесении их в средних дозах.

Таблица 6

Экономическая эффективность применения в некорневую подкормку микроудобрений МикроСтим–Цинк и МикроСтим–Цинк,Медь при возделывании кукурузы (в расчете на 1 га)

Вариант	Прибавка урожая, ц/га	Стоимость прибавки, USD	Затраты, USD	Чистый доход, USD	Рентабельность, %
Зеленая масса					
1. Навоз 40 т/га + N ₁₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀ – фон	–	–	–	–	–
2. Фон + МикроСтим–Цинк (1,0 л/га)	37	95,5	68,2	27	40
3. Фон + МикроСтим–Цинк (1,3 л/га)	60	154,8	105,6	49	47
4. Фон + МикроСтим–Цинк (1,6 л/га)	54	139,3	98,1	41	42
5. Фон + МикроСтим–Цинк,Медь (1,5 л/га)	64	165,1	112,4	53	47
6. Фон + МикроСтим–Цинк,Медь (2,0 л/га)	84	216,7	145,9	71	49
7. Фон + МикроСтим–Цинк,Медь (2,5 л/га)	84	216,7	148,4	68	46
Зерно					
1. Навоз 40 т/га + N ₁₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀ – фон	–	–	–	–	–
2. Фон + МикроСтим–Цинк (1,0 л/га)	5,5	95,5	29,0	80	275
3. Фон + МикроСтим–Цинк (1,3 л/га)	6,5	154,8	34,0	95	278

Вариант	Прибавка урожая, ц/га	Стоимость прибавки, USD	Затраты, USD	Чистый доход, USD	Рентабельность, %
4. Фон + МикроСтим–Цинк (1,6 л/га)	6,0	139,3	34,2	85	248
5. Фон + МикроСтим–Цинк,Медь (1,5 л/га)	7,3	165,1	37,3	107	288
6. Фон + МикроСтим–Цинк,Медь (2,0 л/га)	8,9	216,7	45,0	131	291
7. Фон + МикроСтим–Цинк,Медь (2,5 л/га)	9,2	216,7	48,5	134	275

ВЫВОДЫ

1. На дерново–подзолистой супесчаной почве некорневая подкормка кукурузы в фазу 6–8 листьев жидкими микроудобрениями МикроСтим–Цинк и МикроСтим–Цинк,Медь в дозе 0,1 кг/га д.в. на фоне органических и минеральных удобрений способствовала повышению урожайности зеленой массы соответственно на 60 и 84 ц/га, при чистом доходе 49 и 71 USD/га, рентабельности 47 и 49%. Отмечается повышение содержания сырого протеина и снижение нитратов в зеленой массе. Некорневая подкормка микроудобрениями МикроСтим увеличивала накопление цинка в зеленой массе с 9,2 мг/кг до 13,1–16,9 мг/кг сухой массы.

2. При возделывании кукурузы на зерно некорневая подкормка в фазу 6–8 листьев микроудобрением МикроСтим–Цинк и МикроСтим–Цинк,Медь в дозе 0,1 кг/га д.в. повышала урожайность зерна соответственно на 6,5 и 8,9 ц/га при чистом доходе 95 и 131 USD/га, рентабельности 278 и 291%. Некорневая подкормка кукурузы микроудобрениями МикроСтим не оказывала существенного влияния на качественные показатели зерна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Надточаев, Н.Ф. Кукуруза на полях Беларуси / Н.Ф. Надточаев; НПЦ НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 442 с.
- Кукуруза / Д. Шпаар [и др.]. – Минск: ФУВинформ, 1999. – 192 с.
- Шлапунов, В. Важнейшие вопросы эффективного выращивания кукурузы в Беларуси / В.Шлапунов, В.Щербаков, Д.Шпаар // Земледелие и растениеводство. – 1999. – № 3. – С. 15–20.
- Агрохимия: учебник / И.Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И.Р. Вильдфлуш. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 704 с.
- Анспок, П.И. Микроудобрения: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 272 с.
- Справочник агрохимика / В.В.Лапа [и др.]; под ред. В.В.Лапа. – Минск: Белорус. наука, 2007. – 390 с.
- Сургучева, М.П. Комплексоны и комплексопаты микроэлементов и их применение в земледелии / М.П. Сургучева, А.Ю. Киреева, З.К. Благовещенская. – М.: ВНИИТЭИагропром, 1993. – 46 с.
- Микроудобрения с биостимулятором «МикроСтим»: ТУ ВУ 100079183.006–2008. – Введ. 06.11.2008. – Минск: РУП «Институт почвоведения и агрохимии», 2008. – 15 с.

9. Методика определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2010. – 24 с.

THE EFFECTIVENESS OF LIQUID CHELATED MICROFERTILIZERS MIKROSTIM IN CORN CULTIVATION

M.V. Rak, S.A. Titova, T.G. Nikolaeva, V.A. Mukovozchik

Summary

On sod-podzolic sandy loam soil in field experiment with corn the effectiveness of different brands of liquid chelated microfertilizers MikroStim is studied.

Поступила 28.04.15

УДК 631.81.095.337

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЧЕРНОЗЕМАХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ И ИХ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТЕ

А.И. Фатеев¹, В.И. Чабан², О.Ю. Подобед²

¹*Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского,
г. Харьков, Украина*

²*Институт сельского хозяйства степной зоны,
г. Днепропетровск, Украина*

ВВЕДЕНИЕ

Содержание питательных веществ в почве является одним из критериев оценки агроэкологических условий при выращивании сельскохозяйственных культур [1]. Наряду с макроэлементами, большое значение в питании растений принадлежит микроэлементам (МЭ). Обеспеченность почв МЭ обусловлена факторами почвообразования, гранулометрическим составом почвообразующих пород и самой почвы, содержанием органического вещества, а в промышленных регионах – и воздействием техногенной нагрузки [2].

Современное земледелие характеризуется интенсивным использованием почвенного покрова и сопровождается изменениями водного, воздушного, питательного режимов, мобилизацией почвенных ресурсов, что приводит к нарушению природного кругооборота биофильных веществ. Установлено, что с традиционными удобрениями в почву поступает незначительное количество МЕ. В этой связи, их влияние на микроэлементный состав почвы осуществляется не столько за счет привнесения МЭ с туками, сколько от изменения агрохимических свойств почвы: реакции почвенного раствора, содержания гумуса, соотношения элементов в ППК [3–9]. Поэтому изучение трансформации элементного состава почв является важным условием оценки состояния, прогноза изменений и поиска путей их улучшения.

Цель исследования – установить изменения микроэлементного фонда черноземов степной зоны Украины при длительном применении удобрений в севообороте.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследований – черноземы северной Степи Украины. Исследования проводили в стационарных опытах лаборатории почвенного плодородия (Красноградская опытная станция, Харьковская обл.), а также лаборатории севооборотов и природоохранных систем обработки почвы (Эрастовская опытная станция, Днепропетровская обл.) Института сельского хозяйства степной зоны НААН Украины. Почвенный покров, соответственно объектов исследований – чернозем типичный тяжелосуглинистый на лессе с содержанием гумуса 4,8–5,0%, валовых азота – 0,28–0,30%, фосфора – 0,13–0,14%, калия – 2,1–2,2%; чернозем обыкновенный малогумусный тяжелосуглинистый на лессе с содержанием гумуса 4,0–4,2%, валовых азота – 0,21–0,23%, фосфора – 0,11–0,12%, калия – 2,0–2,2%. Реакция почвенного раствора близкая к нейтральной (рН 6,5–6,9).

На Красноградской опытной станции опыт заложен в 1984 г. и представляет собой пятипольный зерновой севооборот: горох, озимая пшеница, кукуруза на зерно, кукуруза на зерно, ячмень. Из 18 вариантов различного насыщения севооборота удобрениями для обсуждения выбраны: без удобрений (контроль); навоз 12 т/га; $N_{48}P_{48}K_{48}$; навоз 6 т/га + $N_{24}P_{24}K_{24}$; навоз 6 т/га + $N_{48}P_{48}K_{48}$; навоз 6 т/га + $N_{72}P_{72}K_{72}$; навоз 6 т/га + $N_{96}P_{96}K_{96}$. На Эрастовской опытной станции опыт заложен в 1991 г. Севооборот восьмипольный зерно–паро–пропашной: черный пар, озимая пшеница, кукуруза на зерно, ячмень, кукуруза на зерно, горох, озимая пшеница, подсолнечник. В опыте изучались следующие системы удобрений: без удобрений (контроль); органическая (навоз, 12,5 т/га); биологическая (заделка побочной продукции зерновых колосовых культур); органо-минеральная (навоз 7 т/га + $N_{34}P_{38}K_{26}$); минеральная ($N_{68}P_{48}K_{48}$); минеральная ($N_{68}P_{48}K_{48}$) на фоне заделки побочной продукции.

Удобрения применяли согласно схем опытов и использовали: органические – полуперепревший подстилочный навоз КРС, солому зерновых колосовых культур, минеральные – N_{aa} , $P_{сг}$, $K_{кc}$. Навоз вносили механизировано (РОУ–6), минеральные – вручную с последующей заделкой под основную обработку почвы. Размещение вариантов опытов систематическое. Площадь деланки в стационаре на Красноградской опытной станции: посевной – 315, учетной – 100 м² при 3-кратной повторности; на Эрастовской – соответственно 105 и 56 м² при 4-кратной повторности. Агротехника выращивания сельскохозяйственных культур в опытах – рекомендованная для зоны.

Почвенные образцы отбирали в заключительных полях севооборотов по окончании III ротации на Красноградской и I ротации на Эрастовской опытных станциях из пахотного и подпахотных слоев. В почве определяли содержание валовых форм (последовательное кипячение с азотной кислотой, обработкой концентрированным пероксидом водорода по методике ЦИНАО), прочносвязанных форм (вытяжка 1 н HCl по МВВ 31–497058–015) и подвижных форм (вы-

тяжка ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8 по ДСТУ4770.1–9) Zn, Mn, Cu, Co, Ni, Pb, Cd. Содержание микроэлементов определяли атомно-абсорбционным методом в пламени ацетилен–воздух на спектрофотометре С–115М1.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Систематическое внесение органических и минеральных удобрений, при различном уровне насыщения севооборота, практически не оказывало влияния на валовое содержание Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd в почве. Это в одинаковой мере относится, как к пахотному, так и подпахотному слоям. Их значения на контроле и удобренных вариантах были близкими и находились в пределах ошибки опыта. Так, после завершения I ротации севооборота, в черноземе обыкновенном колебания в содержании МЭ по вариантам опыта составляли: марганца – 374–386; цинка – 39,3–42,5; меди – 14,3–15,2; кобальта – 8,00–8,60; никеля – 19,7–21,0; свинца – 11,0–12,5 мг/кг почвы (табл. 1).

Таблица 1

Содержание валовых форм микроэлементов в черноземе обыкновенном в зависимости от системы удобрений, мг/кг

Система удобрений	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb
1. Без удобрений	384	41,7	14,4	8,00	19,8	12,0
	365	39,7	15,0	8,18	19,7	11,0
2. Органическая (навоз 12,5 т/га)	380	42,5	15,2	8,15	20,1	11,9
	375	42,0	14,0	8,18	21,0	12,3
3. Биологическая (заделка соломы)	381	42,4	14,6	8,15	21,0	12,3
	386	41,1	14,0	8,35	21,0	12,0
4. Органо-минеральная (7,5 т/га + N ₃₄ P ₃₈ K ₂₆)	374	41,0	15,0	8,23	20,3	12,5
	373	41,0	14,2	8,43	20,0	12,4
5. Минеральная (N ₆₄ P ₆₈ K ₄₉)	385	39,7	14,3	8,35	20,0	11,9
	378	39,3	14,3	8,50	19,9	11,4
6. Минеральная + биологическая (N ₆₄ P ₆₈ K ₄₉ + солома)	381	40,6	14,5	8,35	19,9	12,1
	386	39,5	14,0	8,60	19,7	11,4
ПДК	1500	100	55	–	85	30

Примечание. Над чертой – содержание МЭ в пахотном слое, под чертой – в подпахотном.

В то же время, на черноземе типичном, при более длительном периоде применения удобрений, отмечается большее варьирование содержания отдельных МЭ (табл. 2). В конце III ротации зернового севооборота на удобренных вариантах проявлялась устойчивая тенденция к увеличению количества валовых форм Mn, в сравнении с контролем: в пахотном слое на 5–11%, в подпахотном – на 4–13%. Более заметные изменения (9–11%) его содержания зафиксированы в вариантах с отдельным использованием минеральных удобрений (N₄₈P₄₈K₄₈) и органических (навоз, 12 т/га). Также, отмечена тенденция увеличения на 7–20% содержания валовых форм Zn в подпахотном слое во всех удобренных вариантах. Данный факт, объясняется более активным поступлением данных элементов в почву с пожнивно-корневыми остатками.

**Содержание валовых форм микроэлементов в черноземе типичном
в зависимости от насыщения севооборота удобрениями, мг/кг**

Вариант	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Без удобрений	311*	31,7	14,5	8,9	21,5	15,3	0,45
	303	24,8	13,9	8,5	20,3	14,8	0,44
Навоз 12 т/га	340	30,6	14,7	8,9	22,3	16,3	0,46
	334	26,1	14,4	8,9	22,0	15,4	0,48
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	344	31,2	14,4	9,0	21,9	15,9	0,46
	337	28,9	14,4	9,1	22,0	15,7	0,46
Навоз 6т/га + N ₂₄ P ₂₄ K ₂₄	327	29,9	14,7	9,1	22,5	16,1	0,48
	342	30,2	14,2	9,0	22,0	15,3	0,48
Навоз 6т/га + N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	341	32,0	14,6	9,3	22,3	15,8	0,48
	320	28,7	14,0	8,6	21,6	14,9	0,46
Навоз 6т/га + N ₇₂ P ₇₂ K ₇₂	333	27,3	14,7	8,9	21,5	15,8	0,47
	326	26,1	13,9	8,7	21,5	15,2	0,47
Навоз 6т/га + N ₉₆ P ₉₆ K ₉₆	338	28,0	14,7	8,7	22,1	14,8	0,46
	316	25,5	13,9	8,6	20,5	15,2	0,44
ПДК	1500	100	55	—	85	30	—

Примечание. Над чертой – содержание МЭ в пахотном слое, под чертой – в подпахотном.

Следует отметить, что даже при длительном насыщении севооборота повышенными и максимальными нормами туков (N₇₂₋₉₆P₇₂₋₉₆K₇₂₋₉₆) на фоне навоза (6 т/га), превышения ПДК валовых количеств Mn, Zn, Cu, Ni, Pb в пахотном и подпахотном слоях чернозема типичного не зафиксировано.

Отсутствие существенных различий содержания валовых форм МЭ в черноземах региона под воздействием удобрений подтверждает количественную стабильность данных показателей и отражает границы их природного варьирования.

Обеспеченность почв микроэлементами оценивается и по содержанию их прочносвязанных форм (вытяжка 1 н HCl). Их доля, от валового содержания элементов в черноземе типичном, довольно высокая и составляет: до 20% для Zn; до 50% для Cu, Ni, Co, Pb; до 70% для Mn. Оценка уровня их содержания в почве в вариантах опыта свидетельствует, что концентрации Mn, Zn, Cu, Co, Ni, Cd и Pb, несмотря на превышение регионального фона, соответствуют средним показателям для черноземов и находятся в пределах естественных колебаний, свойственных данному типу почв.

Длительное применение удобрений в севообороте оказывало некоторое влияние на количественные показатели соответствующих форм МЭ (табл. 3). Полученные данные свидетельствуют, что содержание большинства кислоторастворимых форм МЭ в черноземе типичном в вариантах опыта находилось в близких пределах и составляло: Mn – 186–232; Zn – 5,10–6,57; Cu – 4,83–5,78; Co – 3,19–3,70; Ni – 8,43–9,20; Pb – 6,49–7,71; Cd – 0,159–0,175 мг/кг почвы. Вместе с тем, достаточно четко проявлялись тенденции изменения содержания потенциально доступных Mn и Zn в пахотном и подпахотном слоях.

Таблица 3

Содержание кислоторастворимых (вытяжка 1 н HCl) форм микроэлементов в черноземе типичном в зависимости от насыщения севооборота удобрениями, мг/кг

Вариант	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Без удобрений	216	6,17	5,23	3,45	8,43	7,37	0,167
	206	5,45	5,24	3,70	8,88	6,97	0,175
Навоз 12 т/га	233	6,39	5,15	3,69	8,48	7,26	0,174
	214	5,71	4,94	3,59	8,57	6,69	0,170
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	210	6,26	5,79	3,33	8,96	7,21	0,165
	186	5,16	5,28	3,19	8,95	6,49	0,163
Навоз 6т/га + N ₂₄ P ₂₄ K ₂₄	217	6,57	5,70	3,40	9,00	7,56	0,161
	193	5,74	5,56	3,35	9,20	6,69	0,159
Навоз 6т/га + N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	212	6,42	5,76	3,28	8,72	7,27	0,164
	201	5,36	5,62	3,25	8,56	7,00	0,167
Навоз 6т/га + N ₇₂ P ₇₂ K ₇₂	221	5,79	5,29	3,48	8,80	7,71	0,166
	194	4,90	5,04	3,34	8,51	6,75	0,174
Навоз 6т/га + N ₉₆ P ₉₆ K ₉₆	232	5,57	5,19	3,55	8,57	7,38	0,166
	211	5,10	4,83	3,45	8,78	6,73	0,172
Региональный фон	125	8,0	3,0	2,0	5,0	5,0	0,5

Примечание. Над чертой – содержание МЭ в пахотном слое, под чертой – в подпахотном.

Так, наблюдается незначительное (на 7–8%), по сравнению с контролем, накопление кислоторастворимого Mn в пахотном слое в вариантах с максимальным насыщением севооборота минеральными удобрениями (N₉₆P₉₆K₉₆) на фоне 6 т/га навоза и с внесением органических удобрений (12 т/га). В то же время, при использовании умеренных доз минеральных удобрений (N₄₈P₄₈K₄₈) для подпахотного слоя проявлялась обратная зависимость – снижение его содержания до 186 мг/кг при 206 мг/кг на контроле, т.е. на 10%.

Обращает на себя внимание и тенденция к снижению на 5–10% количества кислоторастворимых форм Zn в обоих слоях почвы на вариантах с насыщением минеральными удобрениями в пределах 72–96 кг/га д.в. азота, фосфора и калия на фоне навоза. Аналогичная закономерность для подпахотного слоя почвы проявляется и при внесении N₄₈P₄₈K₄₈.

При повышенном и высоком насыщении севооборота минеральными удобрениями (N_{72–96}P_{72–96}K_{72–96}), также прослеживается тенденция к снижению кислоторастворимых форм меди и кобальта в нижнем горизонте почвы на 5–10% относительно не удобренного варианта. Факт уменьшения содержания Mn, Zn, Cu и Co в подпахотном слое почвы связан с процессом перехода элементов в подвижные формы, что повышает его доступность растениям и, следовательно, вынос урожаями.

Содержание подвижных форм МЭ в почве подвержено более существенным колебаниям в зависимости от использования удобрений, микробиологической активности, величины поглощения элементов растениями в процессе вегетации и т.д.

Полученные нами результаты показали, что несмотря на довольно высокие значения валовых и кислоторастворимых форм элементов, количество их подвижных соединений незначительное, а их доля от валового содержания составляет:

Cu, Zn – 1,1–1,5%; Ni – 3,0–4,0%, Mn, Co, Pb, Cd – 6,5–9,5%. Согласно градаций Важенина (экстрагент ААБ рН 4,8) чернозем типичный характеризовался высокой обеспеченностью Mn и Co, средней – Cu, низкой – Zn для культур невысокого выноса ME. Недостаток меди и цинка может сказываться на развитии растений и формирование полноценного урожая.

Систематическое применение удобрений в севообороте вызывали определенные изменения физико–химических свойств чернозема типичного и прежде всего реакции почвенного раствора, что отразилось на содержании, прежде всего подвижного Mn (табл. 4). Так, во всех вариантах, где согласно схемы опыта предусматривалось внесение минеральных удобрений, установлено достоверное его увеличение в пахотном слое почвы. По мере нарастания насыщения севооборотной площади туками с 24 до 96 кг/га содержание Mn поступательно увеличивалось: 27,1 – 28,3 – 30,6 – 32,7 мг/кг почвы, при 20,6 мг/кг на контроле. Увеличение концентрации Mn в первую очередь связано с подкислением почвенного раствора в удобренных вариантах, что подтверждается наличием тесной корреляционной связи между подвижностью элемента и рН почвенного раствора ($r = -0,86$). При снижении показателя рН на 0,35–0,46 единицы, количество подвижного Mn увеличивалось в 1,5–1,6 раза.

Таблица 4

Влияние длительного применения удобрений в севообороте на содержание подвижных форм микроэлементов (ААБ рН 4,8) в черноземе типичном, мг/кг

Вариант	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Без удобрений	20,6	0,45	0,16	0,66	0,73	1,03	0,039
	20,6	0,32	0,16	0,73	0,73	1,00	0,041
Навоз 12 т/га	21,9	0,43	0,17	0,74	0,65	1,02	0,036
	20,6	0,35	0,16	0,70	0,81	1,07	0,046
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	29,9	0,53	0,15	0,67	0,68	0,97	0,041
	21,8	0,35	0,14	0,68	0,74	1,00	0,036
Навоз 6т/га + N ₂₄ P ₂₄ K ₂₄	27,1	0,48	0,20	0,62	0,78	1,02	0,040
	22,4	0,38	0,19	0,67	0,73	0,97	0,046
Навоз 6т/га + N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	28,3	0,48	0,17	0,68	0,74	1,02	0,036
	21,7	0,46	0,15	0,67	0,71	0,95	0,043
Навоз 6т/га + N ₇₂ P ₇₂ K ₇₂	30,6	0,47	0,20	0,69	0,74	1,05	0,043
	24,5	0,34	0,18	0,77	0,90	1,06	0,046
Навоз 6т/га + N ₉₆ P ₉₆ K ₉₆	32,7	0,46	0,19	0,64	0,77	1,08	0,042
	26,3	0,37	0,15	0,66	0,74	0,99	0,047
ПДК	100	23	3,0	5,0	4,0	6,0	–

Примечание. Над чертой – содержание МЭ в пахотном слое, под чертой – в подпахотном.

В то же время длительное применение органических и минеральных удобрений не приводило к существенному изменению содержания подвижных форм Zn, Cu, Co, Ni, Pb – различия между вариантами опыта были незначительными. И только в вариантах с усиленным минеральным питанием (N_{72–96}P_{72–96}K_{72–96}) на фоне органики, проявлялась тенденция увеличения подвижности Cd в пахотном и подпахотном слоях почвы на 10–14% в сравнении с контролем. Отсутствие четкой зависимости между уровнем использования удобрений и содержанием подвижных форм меди, кобальта, никеля связано с химическими свойствами данных

элементов, сравнительно небольшим количеством их в удобрениях в качестве примесей, а также с высокой буферной способностью черноземов.

С экологической и природоохранной точки зрения концентрации элементов первой группы опасности (цинк, свинец, кадмий) в черноземе типичном отвечают санитарно-гигиеническим нормам и значительно ниже ПДК.

Содержание подвижных форм Zn, Mn, Cu в черноземе обыкновенном Эрастовской опытной станции почти в два раза выше по сравнению с черноземом типичным, и наоборот, подвижных форм Ni и Cd – в два раза ниже. При этом на одном уровне находится содержание Co и Pb (табл. 5). Результаты исследований свидетельствуют, что в буферный раствор ААБ pH 4,8 переходит 2–3% Zn, Cu; 8–10% – Co, Ni, Pb, Cd; 15–17% Mn от их валового содержания.

Установлено, что на удобренных вариантах наблюдалось снижение подвижности таких биогенных элементов, как Zn, Mn и Cu. В зависимости от системы применения удобрения степень ее проявления разная. Так, содержания марганца в пахотном и подпахотном слоях почвы наиболее существенно (на 20–29%) снижалось относительно контроля в вариантах, где система питания базировалась на минеральных удобрениях либо присутствовали туки (вар. 4, 5, 6). Снижение подвижности Mn на удобренных вариантах можно объяснить более высокой продуктивностью культур севооборота в этих вариантах и, естественно, и большей потребностью растений в элементе, а также стабильностью pH почвенного раствора.

Таблица 5

Влияние длительного применения удобрений в севообороте на содержание подвижных форм микроэлементов (ААБ pH 4,8) в черноземе обыкновенном, мг/кг

Система удобрений	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
1. Без удобрений	58,6	0,87	0,35	0,68	1,49	0,98	0,023
	58,6	0,61	0,25	0,53	1,54	0,78	0,018
2. Органическая, (навоз 12,5 т/га)	50,9	0,76	0,26	0,80	1,53	1,22	0,055
	47,7	0,67	0,19	0,62	1,36	0,92	0,046
3. Биологическая (заделка соломы)	57,2	0,52	0,24	0,82	1,51	1,30	0,064
	53,9	0,43	0,16	0,68	1,38	0,98	0,030
4. Органо-минеральная, (7,5 т/га + N ₃₄ P ₃₈ K ₂₆)	47,1	0,59	0,31	0,81	1,53	1,36	0,069
	46,2	0,44	0,14	0,68	1,44	1,02	0,016
5. Минеральная, (N ₆₄ P ₆₈ K ₄₉)	41,5	0,82	0,31	0,91	1,55	1,57	0,031
	43,7	0,53	0,17	0,68	1,40	1,13	0,019
6. Минеральная + биологическая (N ₆₄ P ₆₈ K ₄₉ + солома)	46,3	0,53	0,22	1,00	1,82	1,49	0,068
	42,5	0,39	0,23	0,74	1,38	0,91	0,049
ПДК	100	23	3,0	5,0	4,0	6,0	–

Примечание. Над чертой – содержание МЭ в пахотном слое, под чертой – в подпахотном

Для цинка и меди проявлялось заметное уменьшение (на 30–40%) их концентраций в вариантах предусматривающих заделку нетоварной части урожая зерновых культур сплошного посева (вар. 3, 6). Установленная закономерность связана с тем, что поступление значительного количества растительных остатков в почву в большей степени способствует увеличению ее микробиологической активности. В связи с чем, количественное снижение элементов происходит за счет активного их поглощения микрофлорой чернозема.

Концентрации токсичных элементов (Pb, Cd) в почве, хотя и возрастали на удобренных вариантах в 1,5–3 раза, но их значения находятся значительно ниже ПДК, что позволяет констатировать отсутствие угрозы избыточного их накопления в черноземе обыкновенном.

ВЫВОДЫ

На основании полученных результатов исследований можно сделать следующие выводы:

1. Содержания валовых и кислоторастворимых форм МЭ в черноземах региона характеризуется стабильностью показателей и в большей степени отражают границы их природного варьирования.

2. При более длительном применении удобрений на черноземе типичном проявлялась тенденция к увеличению на 5–13% валовых форм Mn в пахотном и подпахотном слоях почвы и на 7–20% – валового Zn, в подпахотном. Для содержания кислоторастворимых форм Zn, Cu, Co, Ni, Pb была характерна противоположная тенденция – снижение на 5–10% в подпахотном слое почвы при насыщении зернового севооборота, повышенными и высокими нормами минеральных удобрений на фоне навоза (6,0 т/га + N₇₂₋₉₆P₇₂₊₉₆K₇₂₋₉₆).

3. Установлено достоверное увеличение (в 1,5–1,6 раза) подвижности Mn в пахотном слое чернозема типичного при систематическом применении минеральных удобрений. В то же время, на черноземе обыкновенном, на удобренных вариантах подвижность биогенных элементов (Zn, Mn и Cu) снижалась. В большей степени это проявлялось в вариантах с запашкой соломы.

4. Не установлено превышения ПДК валовых и подвижных форм микроэлементов в черноземах региона при длительном насыщении севооборотов органическими и минеральными удобрениями. Вместе с тем, при использовании повышенных и высоких доз минеральных удобрений, сохраняется необходимость проведения мониторинга за содержанием МЭ даже на почвах, не подверженных интенсивной техногенной нагрузке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроэкологическая оценка земель Украины и размещение сельскохозяйственных культур / Под ред. В.В. Медведева. – К.: Аграрная наука, 1997. – 164 с.
2. Фоновое содержание микроэлементов в почвах Украины / Под ред. А.И. Фатеева, Я.В. Пащенко. – Харьков, 2003. – 120 с.
3. Ильин, В.Б. К оценке массопотока тяжелых металлов в системе почва–сельскохозяйственная культура / В.Б. Ильин // Агрохимия. – 2006. – № 3. – С. 52–59.
4. Кабата–Пендиас, А. Проблемы современной биогеохимии / А. Кабата–Пендиас, пер. з польсь. А. В. Пуховського // Рос. хим. ж. – 2005. – Т. XLIX, № 3. – С. 15–19.
5. Карпова, Е.А. Роль удобрений в циклах микроэлементов в агроэкосистемах / Е.А.Карпова // Рос. хим. ж. – 2005. – Т. XLIX, № 3. – С. 20–25.
6. Агроэкологические аспекты применения разных форм фосфорных удобрений, содержащих примеси тяжелых металлов и токсичных элементов / Ю.И. Касицкий [и др.] // Агрохимия. – 2002. – № 11. – С. 56–64.

7. Минеев, В.Г. Экологические функции агрохимии в современном земледелии / В.Г. Минеев // Агрохимия. – 2000. – № 5. – С. 5–13.

8. Мірошніченко, М.М. Агрогеохімія мікроелементів у ґрунтах України / М.М. Мірошніченко, А.І. Фатєєв // Агрохімія і ґрунтознавство. Спец. Вип. до VIII з'їзду УТГА. – Харків, 2010. – Кн. 1. – С. 98–107.

9. Никифорова, Е.М. Эколого–геохимическая оценка последствий химизации почв западного Подмосквья / Е.М. Никифорова, Л.И. Горбунова // Почвоведение. – 2001. – № 1. – С.105–117.

THE CONTENT OF MICROELEMENTS IN CHERNOZEM OF A STEPPE ZONE OF UKRAINE AND THEIR CHANGE AT THE PROLONGED USE OF FERTILIZERS IN A CROP ROTATION

A.I. Fateev, V.I. Chaban, O.Yu. Podobed

Summary

Change of the content of microelements in chernozem of a steppe zone of Ukraine at the prolonged use of fertilizers in crop rotations is studied. It is established that the gross and acid forms of microelements are characterized by stability of indexes, although trend is marked of increasing Mn in gross plowing and subarable soil layers and gross Zn – in subarable at the typical chernozem. The content of the acid soluble forms Zn, Cu, Co, Ni, Pb in a subarable layer of soil was decreased against the background of elevated and high doses of mineral fertilizers. The reliable increase of Mn mobility in the plowing layer of the typical chernozem was established. Mobility of Zn, Mn and Cu was decreased on the ordinary chernozem at plowing straw. MAC excess of total and mobile forms of microelements in chernozem of the region wasn't established.

Поступила 28.04.15

УДК 631.8:631.86:631.811.98

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СТИМУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ САПРОГУМ НА ПОСЕВАХ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОПОДЗОЛЕННОМ

Т.П. Бортник

*Восточноевропейский национальный университет имени Леси Украинки,
г. Луцк, Украина*

ВВЕДЕНИЕ

Сдерживающим фактором роста урожайности сельскохозяйственных культур является несбалансированно низкий уровень применения удобрений. При ежегодном росте цен на минеральные удобрения для многих сельхозпроизводителей не представляется возможным выдерживать технологию с высоким насыщением средствами химизации. В связи с этим весьма актуальной является разработка

приемов, направленных на обеспечение растений оптимальным количеством элементов питания за счет более полного использования их из почвы и удобрений [1, 2]. Поэтому, в мировой аграрной практике, важным направлением стало создание и разработка рекомендаций по практическому применению инновационных агрохимических препаратов на основе биологически активных соединений – регуляторов роста растений. Только на Украине по состоянию на 2014 г. разрешено к использованию 124 препарата стимуляторов роста растений, из которых около 33% – биостимуляторы. Среди последних основную часть составляют гуминовые препараты, изготовленные из природных сырьевых ресурсов (торф, уголь, сапропель) и органических материалов (навоз, компост, биогумус) [3].

Всемирная организация ЮНЕСКО рекомендовала расширить использование этих препаратов для увеличения мировых запасов продовольствия. Несмотря на положительные результаты научной проверки, низкую стоимость стимуляторов и высокую их эффективность, сомнения относительно целесообразности их практического применения остались, и поэтому они медленно внедряются в сельское производство. Одной из причин этого является то, что большинство специалистов агропромышленного комплекса не знакомы с механизмами влияния биостимулирующих препаратов на растительные организмы, поэтому им нелегко осознать, почему при капельных дозах стимуляторы способствуют повышению урожаев зерновых и других сельскохозяйственных культур. На самом же деле, сами биостимуляторы не повышают продуктивности посевов, а лишь активизируют биологические процессы растительных организмов и усиливают проницаемость межклеточных мембран, что способствует более полному раскрытию их биологического потенциала урожайности. Усиливаются процессы питания, дыхания и фотосинтеза, повышается на 20–30% использование удобрений. Полнее реализуется генетический потенциал растений, созданный природой и селекционной работой [2, 4].

Анализ литературных источников относительно физиологической активности гумусовых кислот указывает на то, что они не всегда согласуются между собой, что в значительной степени связано с различным химическим составом и физико–химическими свойствами гуминовых препаратов, а также методами их оценки. Однако стимулирующее влияние этих веществ подтверждено результатами лабораторных, вегетационных и полевых опытов на различных сельскохозяйственных культурах и в различных почвенно–климатических условиях, а также производственными проверками в результате их широкого внедрения в практику сельскохозяйственного производства.

Биологическое воздействие препаратов проявляется на ранних стадиях развития растений: повышается энергия прорастания (1–57%) и всхожесть семян (3–15%), интенсифицируется корнеобразование (30–148%) и фотосинтез, ускоряется рост и развитие надземной массы (28–41%) [3]. У растений, посевной материал которых обрабатывается препаратами, раньше появляются всходы, сокращаются сроки подготовки рассады к пикировке. При последующей обработке растений препаратами в течение периода вегетации наблюдается интенсивное цветение, что способствует формированию более высокого урожая основной продукции [5].

Наиболее эффективным мероприятием для зерновых культур является предпосевная обработка семян гуминовыми препаратами. Например, предпо-

севная обработка кукурузы раствором гумата обеспечивает прибавку урожая 15% на богарных землях и 13% на орошаемых. Предпосевная обработка кукурузы препаратом в сочетании с полусухим протравливанием ядохимикатами повышает урожай зерна кукурузы в среднем на 3,2 ц/га, силосной массы – на 20 ц/га; пшеницы озимой – 2,6 ц/га; ячменя и овса – 2,7 ц/га. Распространенное некорневое опрыскивание вегетирующих растений пшеницы озимой мочевиной, в фазе налива зерна, способствует повышению в нем содержания белка и клейковины. Более эффективным является сочетание мочевины с гуминовыми препаратами, что обеспечивает прибавку урожая пшеницы озимой на 7,3%, в сравнении с вариантом, где проводилась обработка только мочевиной [6].

Установлено также, что под влиянием гуминовых препаратов изменяется характер фосфорного обмена в листьях растений: увеличивается уровень общего фосфора за счет более интенсивного усвоения минерального фосфора, ускоряются реакции фосфорилирования, что приводит к увеличению количества фосфорорганических соединений, в том числе и нуклеиновых кислот. Гуматы активизируют синтез белка в растительной клетке и тем самым интенсифицируют рост и развитие растений. В результате целенаправленного регулирования биохимических процессов гуминовыми препаратами, в клетках растений происходит формирование продукции с улучшенными качественными показателями: в клубнях картофеля повышается содержание крахмала; у льна – качество волокна и количество масла в семенах; в плодах овощных культур – содержание витамина С; в зерне злаковых – протеина; в корнеплодах сахарной свеклы – содержание сахара [7].

Благодаря малым дозам внесения и низким ценам на закупку, современные биостимуляторы характеризуются чрезвычайно высоким уровнем окупаемости. Поэтому, на сегодняшний день практически ни одно из известных агромероприятий, по окупаемости, не способно превзойти применения биостимуляторов [1].

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования проводились в течение 2011 г. в условиях Ровенской области на черноземе оподзоленном ($pH_{\text{сол.}} - 6,5$, $N-NO_3 - 22,9$ мг/кг, $N-NH_4 - 30,1$ мг/кг, $P_2O_5 - 241,3$ мг/кг, $K_2O - 185,6$ мг/кг, гумус – 1,81%) по следующей схеме:

1. Контроль (обработка водой);
2. 0,1% раствор препарата Сапрогум;
3. 0,05% раствор препарата Сапрогум;
4. 0,01% раствор препарата Сапрогум;
5. 0,005% раствор препарата Сапрогум;
6. 0,001% раствор препарата Сапрогум;
7. 0,0005% раствор препарата Сапрогум;
8. 0,0001% раствор препарата Сапрогум.

Сапрогум – это гуминовый препарат, изготовлен путем диспергации отложенных пресноводных озер (сапропеля). Агрохимическая характеристика гуминового препарата Сапрогум приведена в таблице 1.

Агрохимический состав препарата Сапрогум на сух. вещ.

Показатель	Содержание
Кислотность, (рН)	10,0
Азот общий, %	1,3
Фосфор общий, %	0,6
Калий общий, %	11,7
Общий углерод гумусовых кислот, %	10,0
Кальций (CaCO ₃), %	6,4
Медь, мг/л	6,2
Марганец, мг/л	100,0
Цинк, мг/л	2,4

Концентрация препарата рассчитывалась по содержанию углерода гумусовых кислот. Размещение вариантов – рендомизованое. Повторность опыта – 3-кратная. Культура выращивания – пшеница озимая Мироновская 68. Площадь опытного участка – 42 м². Препарат вносили: 1–й раз – в фазе кушения – начала выхода в трубку; 2–й – в фазе цветения – начало молочной спелости.

Агротехника выращивания общепринятая для данной зоны.

Высота растений определялась путем измерения, площадь листа – с помощью планиметра, содержание клейковины – отмыванием (ГОСТ 13496–91).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Важным условием повышения урожайности и улучшения качественных показателей сельскохозяйственных культур является оптимизация образования в растениях органического вещества и обеспечения нормальных условий для его дальнейшей трансформации. Основным процессом, который определяет продуктивность растений, является фотосинтез, в процессе которого из простых веществ образуются богатые энергией сложные и разнообразные по химическому составу органические соединения. Как известно, интенсивность накопления органического вещества зависит от величины листовой поверхности, которая определяется биометрическими параметрами растений и в значительной мере зависит от режима их питания, а также длительности активной деятельности листьев. Мощность ассимиляционного аппарата и продолжительность его работы является решающим фактором продуктивности фотосинтеза, который обуславливает количественные и качественные показатели урожая [8].

Общеизвестно, что высота растений также влияет на особенности воздушного, водного и светового режимов, которые определяют условия в течение вегетации и формирования уровня их производительности.

Учитывая эти факты, в наших исследованиях, мы проводили определение таких показателей как площадь листовой поверхности и высота растений.

Результаты проведенных измерений свидетельствуют, что использование препарата Сапрогум в концентрациях от 0,05 до 0,0001% положительно влияет на биометрические показатели пшеницы озимой (табл. 2). Так, при внесении препарата в концентрациях от 0,05 до 0,005% наблюдается рост показателей высоты растения от 65,0 до 77,3 см и площади листового аппарата от 24,3 до

25,7 тыс. м²/га, тогда как на контроле эти показатели составили 64,7 см и 25,7 тыс. м²/га.

Самые высокие показатели высоты растений и площади листового аппарата отмечены в вариантах с внесением препарата в концентрациях 0,005 и 0,0001%, где растения имели высоту 77,3 и 78,8 см и площадь листовой поверхности – 25,7 и 26,0 тыс. м²/га.

Таблица 2

Биометрические показатели растений пшеницы озимой Мироновская 68

Вариант опыта	Высота растений, см	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га
Контроль (обработка водой)	64,7	23,5
0,1% раствор препарата Сапрогум	62,2	23,4
0,05% раствор препарата Сапрогум	65,0	24,3
0,01% раствор препарата Сапрогум	72,1	25,1
0,005% раствор препарата Сапрогум	77,3	25,7
0,001% раствор препарата Сапрогум	75,0	25,4
0,0005% раствор препарата Сапрогум	75,2	25,5
0,0001% раствор препарата Сапрогум	78,8	26,0

Примечание. Биометрические измерения проводились в фазе массового колошения.

Применение препарата Сапрогум в концентрациях 0,001–0,0005% было менее эффективным. В этих вариантах растения имели высоту 75,0–75,2 см и листовой аппарат с площадью 25,4–25,5 тыс. м²/га. При снижении концентрации препарата до 0,0001% отмечено повышение биометрических показателей (высоты растений – до 78,8 см и площади листовой поверхности растений до 26,0 тыс. м²/га) в сравнении с предыдущими вариантами.

Следует отметить, что использование препарата в концентрации 0,1% имело негативное влияние. В этом варианте зафиксирована наиболее низкая высота растений (62,2 см) и наименьшая площадь листового аппарата (23,5 тыс. м²/га).

Данные, полученные в результате проведенных исследований по изучению влияния различных доз внесения гуминового препарата Сапрогум на урожай зерна пшеницы озимой, свидетельствуют о положительном их эффекте во всех вариантах опыта (табл. 3).

При анализе данных, относительно формирования количества продуктивных стеблей отмечено, что уменьшение концентрации препарата от 0,1 до 0,0001% способствовало росту их количества от 10 до 23 шт./м² по сравнению с контролем, где этот показатель составил 434 шт./м². Следует отметить, что при уменьшении концентраций препарата от 0,1 до 0,005% наблюдалось увеличение прироста продуктивных стеблей на 1 м² – от 10 до 23 шт. Дальнейшее снижение дозы внесения препарата Сапрогум практически не оказало влияния на этот показатель.

Относительно показателя массы 1000 зерен отмечена несколько иная закономерность. Так, при использовании препарата в концентрациях от 0,1 до 0,005% зафиксирован рост этого показателя, что обеспечило прирост относительно контроля, от 0,2 до 6,0 г. На контрольном варианте вес 1000 зерен составлял 43,7 г.

Урожайность пшеницы озимой Мироновская 68

Вариант опыта	Количество продуктивных стеблей на 1 м ²		Масса 1000 зерен		Урожайность		
	шт.	прирост к контролю, шт.	г	прирост к контролю, г	ц/га	прирост к контролю	
						ц/га	%
Контроль (обработка водой)	464	–	43,7	–	50,0	–	–
0,1% раствор препарата Сапрогум	474	10	43,9	0,2	50,4	0,4	0,8
0,05% раствор препарата Сапрогум	480	16	45,7	2,0	52,5	2,5	5,0
0,01% раствор препарата Сапрогум	483	19	47,1	3,4	53,6	3,6	7,2
0,005% раствор препарата Сапрогум	487	23	49,7	6,0	56,0	6,0	12,0
0,001% раствор препарата Сапрогум	487	23	47,3	3,6	53,0	3,0	6,0
0,0005% раствор препарата Сапрогум	486	22	48,0	4,3	53,8	3,8	7,6
0,0001% раствор препарата Сапрогум	487	23	49,2	5,5	55,7	5,7	11,4
НСР ₀₅	2,0						

Снижение концентрации гумата до 0,001% несколько снизило массу 1000 зерен и соответственно обеспечило получение прироста на уровне 3,6 г. Следующее уменьшение дозы внесения препарата, т.е. при концентрациях от 0,0005 до 0,0001%, способствовало снова восстановлению эффективности препарата и обеспечило прирост на уровне 4,3–5,5 г.

Такое позитивное влияние препарата Сапрогум на образование продуктивных стеблей пшеницы и формирование массы 1000 зерен, в конечном итоге обеспечило повышение урожая зерна. В данном случае прослеживалась аналогичная тенденция, как и в отношении влияния препарата на массу 1000 зерен. То есть, при концентрациях 0,1–0,005% наблюдался рост прироста урожая от 0,4 до 6,0 ц/га в сравнении с контролем (50,0 ц/га). При внесении препарата в концентрации 0,001% отмечено снижение прироста урожая зерна до 3,0 ц/га, а дальнейшее уменьшение концентрации от 0,0005 до 0,0001% способствовало увеличению – от 3,8 до 5,7 ц/га.

Одним из показателей качества, который характеризует физические свойства зерна (упругость, эластичность, растяжимость, вязкость, способность сохранять эти свойства в процессе выпекания хлеба) есть клейковина. В общем, ее содержание повышает пищевую ценность, хлебопекарные свойства, товарный вид хлеба. От клейковины зависит газодерживающая способность теста и объемный выход хлеба, отношение высоты хлеба к его диаметру, пористость, характерный цвет, вкус и аромат. Клейковина пшеницы содержит 70–75% воды. В состав ее сухого вещества входит 80–88% белков, 6,7% связанного крахмала, 2–2,1% жиров, 1–1,2% сахаров, 0,8–1,0% золы [9].

При оценке влияния препарата на содержание клейковины установлено, что на всех вариантах опыта прослеживается улучшение качества зерна пшеницы озимой (табл. 4).

Таблица 4

Содержание клейковины в зерне пшеницы озимой Мироновская 68

Вариант опыта	Содержание клейковины	
	%	прирост к контролю, %
Контроль (обработка водой)	26,5	–
0,1% раствор препарата Сапрогум	26,8	0,3
0,05% раствор препарата Сапрогум	26,8	0,3
0,01% раствор препарата Сапрогум	27,6	1,1
0,005% раствор препарата Сапрогум	28,5	2,0
0,001% раствор препарата Сапрогум	28,0	1,5
0,0005% раствор препарата Сапрогум	28,4	1,9
0,0001% раствор препарата Сапрогум	28,6	2,1

Полученные данные свидетельствуют, что внесение препарата в концентрациях от 0,1 до 0,005% обеспечивает рост содержания клейковины по сравнению с контролем на 0,3–1,1%. На контрольном варианте этот показатель составил 26,5%.

При внесении гумата в концентрации 0,001 зафиксировано снижение содержания клейковины до 28,0%. Дальнейшее уменьшение дозы препарата до концентраций 0,0005–0,0001% способствует повышению эффективности препарата – увеличению содержания клейковины от 28,4% до 28,6%, т. е. прирост составил 1,9–2,3%.

Следует отметить, что самое высокое содержание клейковины в зерне пшеницы озимой отмечено в вариантах с внесением препарата Сапрогум в концентрациях 0,005% (28,5%) и 0,0001% (28,6%).

ВЫВОДЫ

На основании выше приведенных данных можно сделать вывод, что препарат Сапрогум имеет два порога максимальной эффективности. Поэтому для получения высоких и качественных урожаев зерна пшеницы озимой наиболее эффективным является использование гуминового препарата в концентрациях 0,005 и 0,0001%, что обеспечивают по сравнению с контролем:

1. Увеличение площади листовой поверхности на 2,2–2,5 тыс. м²/га и высоты растений – на 12,6–14,1 см.
2. Повышение урожая зерна на 11,4–12,0 относительных процента.
3. Повышение содержания клейковины в зерне на 2,0–2,1 абсолютных процента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панасин, В.И. Действие органо-минерального удобрения гумат «Плодородие» на урожай и качество озимой пшеницы / В.И. Панасин, Д.А. Рымаренко // Известия КГТУ. – 2012. – № 27. – С. 186–192.
2. Биологические активные вещества в растениеводстве / З.М. Грищенко [и др.] – К.: НИЧЛАВА, 2008. – 352 с.

3. Переиздание официального Перечня пестицидов и агрохимикатов разрешенных к использованию в Украине. – К.: Юные вест Медиа, 2014. – С. 510–530.
4. Влияние гуматсодержащих препаратов на проращивание семян в лабораторных условиях / А.Л. Антонова. – ГНТБ Украины 16.02.95, № 386 – Ук. 95. – 8 с.
5. Влияние физиологической активности гуматов аммония на развитие растений / А.Л. Антонова. – ГНТБ Украины 15.03. 96, № 851 – Ук. 96. – 12 с.
6. Сучек, М.М. Биологическая эффективность использования стимулятора роста и микроудобрения на посевах озимой пшеницы в условиях Западной Лесостепи Украины / М.М. Сучек, Т.В. Степанчук // Вестник Житомирского национального агроэкологического университета . – 2013. – № 2(1). – С. 37–44.
7. Дидковская, Т.П. Технологические основы производства и применения гуматов под овощные культуры: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Т.П. Дидковская. – Харьков, 2009. – С. 23–24.
8. Алехина, Н.Д. Взаимосвязь процесса усвоения азота и фотосинтеза в клетке листа СЗ–растений / Н.Д. Алехина, Т.Е. Кренделева, О.Г. Полесская // Физиология растений.–1996. – 43. – № 1. – С. 136–148.
9. Толстоусов, В.П. Удобрение и качество урожая / В.П. Толстоусов. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 5–9.

EFFICIENCY OF APPLICATION OF PLANT GROWTH STIMULANT SAPROGUM ON WINTER WHEAT CROPS ON PODZOLIZED CHERNOZEM

T.P. Bortnik

Summary

The results of studies of the effect of foliar application of sapropel humate on biometrics and grain yield of wheat are given. Optimal doses of entering of preparation, which increased plant height, leaf area, quantities of productive stem, mass of 1000 grains are set, that as a result will lead to the production of a high quality and safe-health man harvests of culture.

Поступила 11.03.15

ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ РЕМОНТАННОЙ МАЛИНЫ В УСЛОВИЯХ EX VITRO

А.П. Рундя

*Институт плодоводства, аг. Самохваловичи,
Минский район, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Возможность укоренения плодовых и ягодных культур в условиях ex vitro вызывает большой интерес в области сельскохозяйственной биотехнологии. Он связан с ускорением процесса микроразмножения и снижением затрат при получении оздоровленного посадочного материала. Гибриды сложного межвидового происхождения резко отличаются по реакции на условия культивирования in vitro [1]. Поэтому для новых селекционных форм требуется индивидуальный подбор условий на всех этапах микроклонального размножения.

Процесс размножения растений in vitro состоит из следующих этапов: 1) введение в культуру in vitro; 2) размножение методом культуры тканей в асептических условиях; 3) укоренение растений в условиях in vitro; 4) адаптация растений в условиях ex vitro.

Высадка размноженных растений с последующей адаптацией их к нестерильным условиям является заключительным и наиболее ответственным этапом, который определяет значительную часть успеха размножения растений in vitro [2]. Эффективность адаптации растений в условиях ex vitro в значительной степени определяется правильным выбором питательного субстрата. В связи с рядом особенностей пробирочных растений, такими как слабое функционирование устьичного аппарата, отсутствие кутикулярного слоя и корневых волосков, могут наблюдаться значительные потери высаженного в субстрат материала, поэтому состав субстрата необходимо подбирать для каждого вида и сорта растений [3].

Ремонтантные формы малины – уникальные ягодные растения, способные в отличие от обычных растений малины плодоносить на однолетних побегах. Ряд ремонтантных сортообразцов малины сложного межвидового происхождения отличаются низкими коэффициентами размножения, а отдельные из них и вовсе не образуют корневой поросли. Эта биологическая особенность затрудняет размножение таких генотипов традиционными способами и, таким образом, значительно удлиняет период полевого размножения, и, как следствие, удлиняет процесс перехода элитных форм к сортоиспытанию и препятствует распространению новых перспективных сортов. У трудно размножаемых в обычных условиях видов растений при использовании данного способа размножения имеется реальная возможность производить в больших количествах генетически идентичное вегетативное потомство [4]. Положительное влияние на рост и развитие растений также может оказывать оздоровление полученных in vitro растений. Применительно к сортам ремонтантной малины, характеризующихся низкой порослеобразовательной способностью, это свойство выращивания в условиях in vitro имеет большое значение при закладке маточников этой культуры [5].

Полученные в результате оздоровления и адаптированные к условиям окружающей среды растения ремонтантной малины являются посадочным материалом класса А, предназначенным для закладки суперэлитных маточников, являющихся основой для производства сертифицированного посадочного материала. Однако вопросы адаптации оздоровленных растений как к нестерильным условиям, так и к условиям открытого грунта изучены недостаточно и являются актуальными в настоящее время.

Цель данных исследований – изучить особенности адаптации растений ремонтантной малины *in vitro* к нестерильным условиям на разных субстратах, с целью повышения выживаемости пробирочных растений, увеличения конечного выхода посадочного материала и получения полноценных маточных растений.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований являлись ремонтантные сорта малины *Poranna Rosa* и *Heritage*.

Heritage – высокоурожайный сорт красноплодной ремонтантной малины американской селекции. Сорт достаточно неприхотлив в уходе и нетребователен к грунту. Обладает невысокой способностью к побегообразованию. Ягоды средних размеров, массой около 3,0–3,7 г, с сочной мякотью, плотные, транспортабельные, имеют универсальное назначение. Проявляет устойчивость к корневой гнили, мучнистой росе и толерантен к ряду вирусных болезней.

Poranna Rosa – ремонтантный сорт польской селекции. Характеризуется низкой побегообразовательной способностью как в полевых условиях, так и при размножении *in vitro*. *Poranna Rosa* – крупноплодный сорт с желто-оранжевыми плодами. Плотные транспортабельные ягоды достигают массы 4,0–8,0 г, плоды способны сохранять товарный вид длительное время, проявляет устойчивость к грибковым заболеваниям садовых культур.

Для культивирования растений малины использовали минеральный состав питательной среды Мурасиге и Скуга (MS) с дополнениями, обеспечивающими размножение и ризогенез эксплантов [6–9].

Стерильные растения вынимали из пробирок пинцетом, проводили обработку 1%-ным раствором марганцевокислого калия и высаживали в наполненные предварительно увлажненным субстратом минипарнички для рассады с прозрачной крышкой. Для сорта *Poranna Rosa* исследовались 2 группы растений-регенерантов: с длиной и стебля и корня при высадке более 1 см (первая группа) и менее 1 см (вторая группа), для сорта *Heritage* исследовались саженцы с длиной побега и корня более 1 см.

Растения высаживались в минитеплички с интервалом не менее 3 см. В качестве субстрата использовались: смесь торфа с перлитом в соотношении 5:1; ионообменный субстрат БИОНА-111; смесь перлита и БИОНА-111 в соотношении 4:1.

Субстрат БИОНА-111 был разработан и получен в Институте физико-органической химии НАН Беларуси и представляет собой ионообменный субстрат в виде гранул оранжевого и желтого цвета размером 0,5–2,5 мм. Основа субстратов БИОНА – синтетические (КУ-2, ЭДЭ-10П, АН-2Ф, волокнистые иониты ФИБАН и др.) и природные (клиноптилолит) иониты, насыщенные биогенными макроэлементами:

K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Fe^{3+} , NO_3^- , SO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$, и микроэлементами: Mn^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , MoO_4^{2-} , $B_4O_7^{2-}$, Co_2^+ , Na^+ , Cl^- , pH водной взвеси 6,0–7,0.

Перлит (зернистый) – продукт измельчения и термической обработки горной породы вулканического происхождения. Перлит хорошо удерживает кислород и имеет хорошее продольно-капиллярное распределение влаги, но имеет низкую поглотительную способность, поэтому при выращивании растений на перлите или субстрате, в котором, он доминирует, субстрату необходимо частое увлажнение. Главный недостаток перлита – это его легкость, он смывается водой, и растению тяжело удерживаться корнями.

Торф торговой марки «Флорабел» представляет собой субстрат, насыщенный следующими элементами: азот (N) – 130 ± 40 , фосфор (P_2O_5) – 130 ± 40 , калий (K_2O) – 170 ± 50 мг/100 г. Значение pH водной вытяжки из торфяного субстрата – 7,7.

Адаптация растений производилась в условиях культуральной комнаты при освещенности – 2,5–3 тыс. люкс, температуре – 21–23°C и фотопериоде – 16/8 часов. Ежедневно осуществлялось опрыскивание растений и полив по мере необходимости. Период адаптации составлял 45 дней, после чего адаптированные растения распикировывались в отдельные горшки.

Опыты проводили в 3-кратной повторности. Статистическую обработку проводили, используя ANOVA (однофакторный дисперсионный анализ), критерий Дункана при $p = 0,05$ для сравнения средних величин, в программе *Statistica 6.0*, а также *Microsoft Office Excel*.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований была проведена оценка размножения и адаптации двух ремонтантных сортов малины в отделе биотехнологии РУП «Институт плодородия».

Установлено, что сорт и тип адаптационного субстрата значительно влияли ($p < 0,05$) на длину побега оцениваемых растений (рис. 1). Реакция растений разных сортов на адаптацию с использованием одного типа субстратов значительно отличалась. Так статистически значимых отличий в длине побега при культивировании на выбранных субстратах растений сорта Heritage обнаружено не было (9,21 см – на торфе; 8,34 см – на смеси БИОНА-111 с перлитом и 8,41 см – на торфо-перлитной смеси), в то время как длина побегов сорта Poranna Rosa значительно отличалась как при посадке исходных растений с длиной побега больше 1 см, так и при меньше 1 см.

Такой субстрат, как БИОНА-111 показал худший результат по размеру побегов при адаптации растений сорта Poranna Rosa. При адаптации на ионообменном субстрате ключевым моментом был размер исходного растения. Использование более длинных побегов обеспечивало получение значительно ($p < 0,05$) лучшего результата средних значений длины побега (4,51 и 2,88 см для эксплантов длиной более и менее 1 см соответственно) в конце периода адаптации. Стоит отметить, что при выращивании на смеси торфа с перлитом, на которой были получены самые высокие для данного сорта значения длины стебля, и смеси БИОНА-111 с перлитом после одинакового периода культивирования статистически значимой зависимости длины побега от длины исходного растения сорта Poranna Rosa не выявлено (7,93 и 7,8 см; 7,48 и 6,65 см для эксплантов с исходной длиной побега более и менее 1 см соответственно).

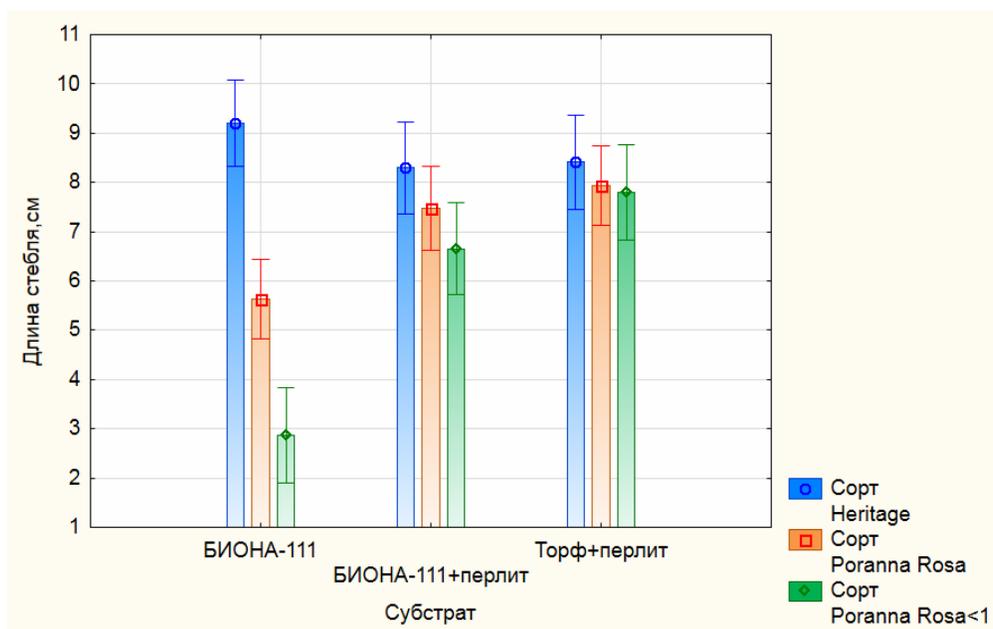


Рис. 1. Средняя длина побега в зависимости от сорта и питательного субстрата

Также отмечено статистически значимое влияние ($p < 0,05$) как сорта, так и типа адаптационного субстрата на развитие корневой системы исследуемых растений (рис. 2).

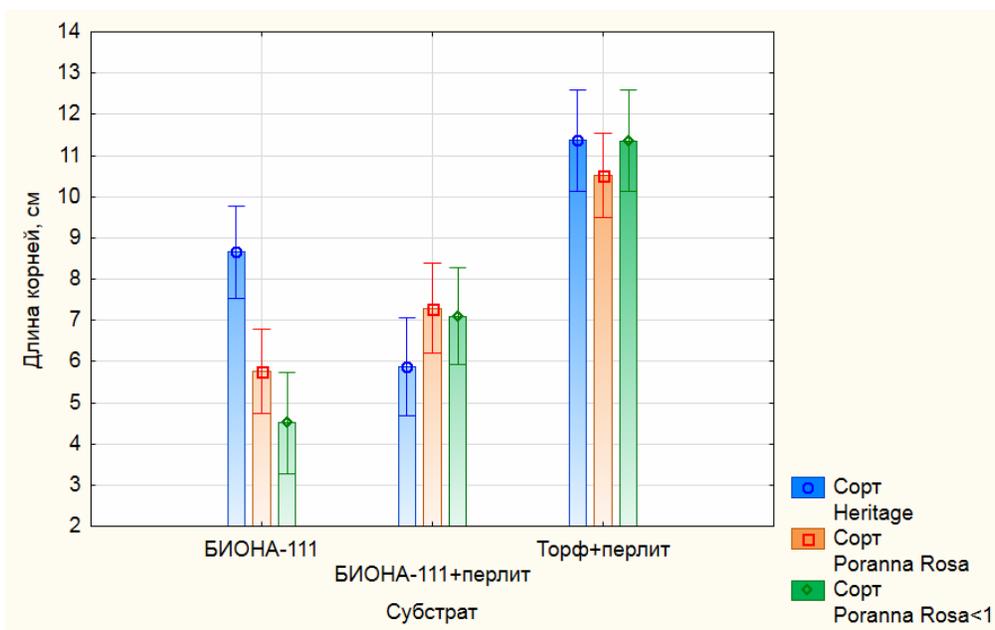


Рис. 2. Средняя длина корней в зависимости от сорта и питательного субстрата

Длина корневой системы растений сорта Heritage значительно отличалась ($p < 0,05$) во всех вариантах в зависимости от используемого субстрата. Наибольшая длина корневой системы отмечена при использовании в качестве субстрата смеси торфа с перлитом (11,37 см). Такой субстрат, как смесь БИОНА-111 с перлитом, обеспечивавший хорошие результаты развития побегов, показал низкий результат в развитии корней (5,88 см). Выращивание на чистом ионообменном субстрате БИОНА-111 показало средний результат (8,65 см) по такому показателю как длина корней саженцев.

Растения сорта Poranna Rosa статистически значительно отличались ($p < 0,05$) по развитию корневой системы на апробируемых субстратах. Самые высокие результаты получены при использовании смеси торфа с перлитом (10,53 и 11,36 см для растений с исходной длиной корней более 1 см и менее 1 см соответственно), самые низкие – при использовании БИОНА-111 (5,76 и 4,51 см для растений с исходной длиной корней более 1 см и менее 1 см соответственно).

Следует отметить, что длина корней исходных растений сорта Poranna Rosa значительно не влияла на развитие корневой системы при использовании разных типов адаптационных субстратов. Полученные значения длины корневой системы зависели только от типа используемого субстрата (5,76 и 4,51 см на БИОНА-111; 7,3 и 7,1 см на смеси БИОНА-111 и перлита; 10,53 и 11,36 см на смеси торфа с перлитом для растений с исходной длиной корней более 1 см и менее 1 см соответственно).

На этапе адаптации растений ремонтантной малины после укоренения *in vitro* было отмечено, что все исследуемые адаптационные субстраты обеспечивали высокую приживаемость растений в нестерильных условиях (рис. 3).

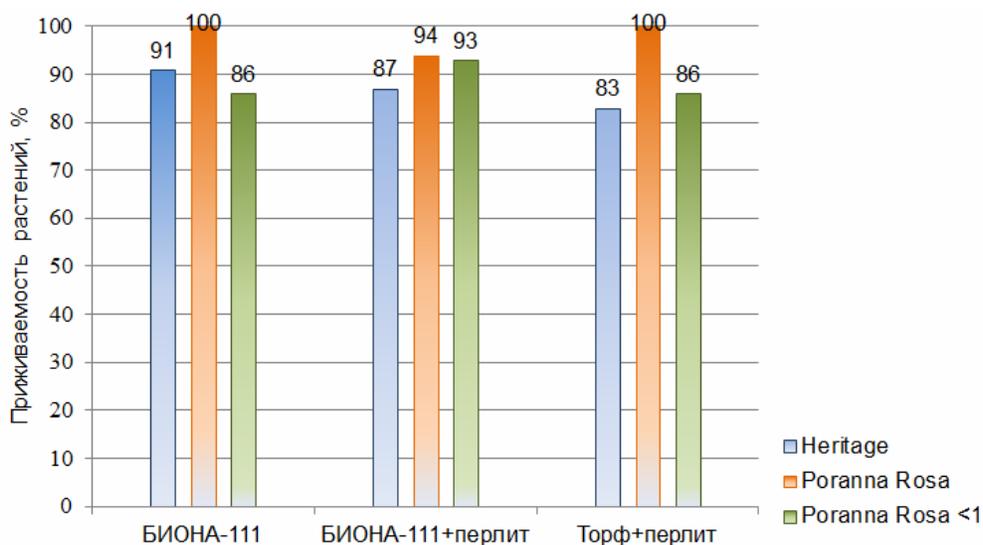


Рис. 3. Приживаемость (%) на разных субстратах при адаптации растений ремонтантной малины после укоренения *in vitro*

Максимальное количество прижившихся растений ремонтантной малины сорта Heritage (91,05) было получено на ионообменном субстрате БИОНА-111, такие

субстраты, как смесь БИОНА-111 с перлитом и смесь торфа с перлитом, показали чуть меньший результат (87,05 и 83,05 соответственно). Для растений сорта Poranna Rosa максимальный результат (100,05) был получен для исходных саженцев с длиной побега и корней более 1 см на ионообменном субстрате БИОНА-111 и торфо-перлитной смеси. Для данного сорта растений более низкий уровень приживаемости (94,05) получен при использовании ионно-перлитной смеси. В то время как для исходных растений с длиной побега и корней менее 1 см максимальное количество прижившихся растений (93,05) было отмечено при адаптации на смеси БИОНА-111 с перлитом, приживаемость растений при использовании БИОНА-111 или торфа составила 86,05.

Полученные данные параметров развития растений при адаптации к условиям *ex vitro* на разных питательных субстратах показали, что наиболее подходящим субстратом для развития побегов и корневой системы растений исследуемых ремонтантных сортов малины при любых размерах исходных растений является смесь торфа с перлитом.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований было установлено статистически значимое влияние генотипа (на примере двух сортов ремонтантной малины Heritage и Poranna Rosa) и типа адаптационного субстрата (БИОНА-111, смесь БИОНА-111 с перлитом и смесь торфа с перлитом) на эффективность адаптации растений после культивирования и укоренения *in vitro*.

Все три вида исследованных субстратов обеспечили высокую приживаемость (83–100%) у предварительно укорененных *in vitro* растений-регенерантов. Сравнительный анализ результатов развития корней и побегов растений при адаптации к условиям *ex vitro* на разных субстратах показал, что оптимальным субстратом для адаптации растений исследуемых ремонтантных сортов малины является смесь торфа с перлитом, при использовании которого длина стебля и корней для сорта Heritage составила 9,21 и 11,37 см соответственно, для сорта Poranna Rosa и Poranna Rosa <1 составила 7,93 и 10,57 см и 7,8 и 11,36 см соответственно. При этом на длину корней и побегов значимо влиял как сорт, так и тип субстрата для адаптации.

При исследовании биометрических особенностей растений сорта Poranna Rosa выявлены закономерности развития и адаптации на исследованных субстратах в зависимости от размера, исходного предварительно укорененного растения-регенеранта. Использование при адаптации на ионообменном субстрате БИОНА-111 более длинных исходных побегов обеспечивало получение значительно лучшего результата средних значений длины побега (4,51 и 2,88 см для эксплантов длиной более и менее 1 см соответственно).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казаков, И.В. Малина ремонтантная / И.В. Казаков, С.Н. Евдокименко. – М.: ГНУ ВСТИСП, 2007. – 288 с.

2. Turk, B.A. Adventitious shoot regeneration in vitro–cultured leaves of Rubus genotypes / B.A. Turk, H.J. Swartz, R.H. Zimmerman // *Plant Cell. Tiss. Org. Cult.* – 1994. – Vol. 38. – P. 11–17.
3. Pierik, R.L.M. In vitro culture of higher plants / R.L.M. Pierik. – Dordrecht etc., Martinus Nijhoff Publishers, 1987. – 344 p.
4. *Plant Breeding Reviews* / H. Hall [et al.] // *Raspberry Breeding and Genetics.* – 2009. – Vol. 32. – P. 39–382.
5. Адаптация регенерантов ex vitro / Н.В. Кухарчик [и др.] // *Плодоводство: науч. тр. / Ин-т плодводства; редкол.: В.А. Матвеев (гл. ред.) [и др.].* – Самохваловичи, 2006. – Т. 18, ч. 2. – С. 174–181.
6. Размножение ежевики (*Rubus fruticosus* L.) в культуре in vitro / Н.В. Кухарчик [и др.] // *Плодоводство: науч. тр. / Ин-т плодводства Нац. акад. наук Беларуси; редкол.: В.А. Самусь (гл. ред.) [и др.].* – Самохваловичи, 2002. – Т. 14. – С. 95–98.
7. Litz, R.E. Regeneration of Fruit and Ornamental Trees via Cell and Tissue Culture / R.E. Litz // *Encyclopedia of Applied Plant Sciences* / ed. B. Thomas, D.J. Murphy, V.G. Murray. – Amsterdam, 2003. – Vol. 3. – P. 1408–1417.
8. Казаков, И.В. Оптимизация метода клонального микроразмножения для ускоренной селекции ремонтантных форм малины / И.В. Казаков, В.В. Заякин, И.Я. Нам // *Использование биотехнологических методов для решения генетико–селекционных проблем: сб. докл. и сообщ. XVIII Мичурин. чтений, 27–29 окт. 1997 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т генетики и селекции плодовых растений им. И.В. Мичурина; редкол.: Н.И. Савельев(гл. ред.) [и др.].* – Мичуринск, 1998. – С.16–19.
9. Рундя, А.П. Особенности размножения малины в культуре in vitro / А.П. Рундя, Н.Н. Волосевич // *Теория и практика современного ягодоводства: от сорта до продукта: матер. междунар. науч. конф., аг. Самохваловичи, 16–18 июля 2014 г. / РУП «Ин-т плодводства»; редкол.: В.А. Самусь (гл. ред.) [и др.].* – Самохваловичи, 2014. – С. 123–127.

THE PECULIARITIES OF PRIMOCANE RASPBERRY ADAPTATION UNDER EX VITRO CONDITIONS

A.P. Ryndya

Summary

The aim of the present investigation was to study the peculiarities of primocane raspberry plants adaptation to non-sterile conditions in different substrates.

For ex vitro adaptation of two varieties of primocane raspberry (Poranna Rosa and Heritage) the following substrates were used: a mixture of peat and perlite (5:1); ion-exchange substrate BIONA-111; a mixture of perlite and BIONA-111 (4:1). Due to special characteristics of the plant variety Poranna Rosa 2 groups of seedlings were studied.

The results of the study allowed identifying patterns of plants development and adaptation at the investigated substrates that depend on the size of the original pre-rooted plantlets of the variety Poranna Rosa.

It was found that all three types of investigated substrates provide high survival rate of regenerated plants of both varieties, as well as good development of seedlings during adaptation to non-sterile conditions. At the same time the length of the roots and shoots significantly affect both the variety and type of substrate for adaptation.

The mixture of peat with perlite is recommended as the most optimized substrate for adaptation of primocane raspberry varieties.

Поступила 12.01.15

УДК 631.879

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СБРОЖЕННОГО ОТХОДА БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ В КАЧЕСТВЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

Л.Н. Иовик

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

Биогазовые технологии являются относительным новшеством для Беларуси. В их основе лежит процесс анаэробного биоразложения органического вещества с образованием биогаза и сброженного осадка (отхода производства). При сжигании биогаза получают тепловую и электрическую энергию, а осадок используют как органическое удобрение [1, 2].

В настоящее время в республике функционируют 6 биогазовых установок (БГУ) по утилизации сельскохозяйственных отходов: на КСУП СГЦ «Западный» (Брестский район), РУП ППЗ «Белорусский» (Минский район), ОАО «Гомельская птицефабрика», СПК «Агрокомбинат «Снов» ОАО «Лань-Несвиж» (Несвижский район), СПК «Рассвет» (Кировский район).

В БГУ, расположенной на территории РУП «Селекционно-гибридный центр «Западный» Брестского района брожению подвергаются 4 вида отходов: навозные стоки (30%), твердая фракция отсепарированных на дуговых ситах навозных стоков с примесью отходов бойни (30%), отходы рыбного производства (20%), зерноотходы (10%) и жидкие ферментированные отходы (10%).

Следует отметить, что общепринятого единого названия у сброженного осадка нет. В отечественной и зарубежной литературе его обозначают различными терминами: эффлюент [3, 4], биоудобрение [5, 6], дигестат [7, 8], биогазовый осадок [9, 10], бишлам [11] и др.

При сепарировании эффлюента образуются твердая (шлам) и жидкая (фугат) фракции. Жидкая фракция содержит менее 5% сухого вещества и основное количество азота и калия [7]. Ее разбрызгивают на полях, либо отправляют на повторную загрузку анаэробного реактора, смешав с твердым сырьем [12]. Твердую фракцию компостируют с другими органическими отходами [7] либо смешивают с сорбентами: торфом, древесными опилками, землей и т.п. [5]. В таком виде шлам более удобен для хранения и транспортировки. После предварительного обезвоживания на центрифугах твердый отход применяют для разрыхления и мульчирования почвы, а также для приготовления почвогрунтов.

В западноевропейских странах твердую фракцию используют в производстве композиционных материалов и для получения энергии путем непосредственного сжигания [12].

Биогазовый эффлюент представляет собой органическую массу (влажностью 87–98% [9] и pH 7,3–9,0 [7]) улучшенного состава и практически лишенную неприятного запаха [13]. Ценность такой массы заключается в том, что азот в ней сохраняется в аммонийной (до 24% от общего количества N [1], по другим данным – до 50–75% [14], по третьим – до 60–80% [7]) и органической формах. Фосфор находится в основном в форме фосфатов и нуклеопротеидов, а калий – в виде усвояемых солей (что обеспечивает их лучшую усвояемость растениями). Причем в процессе ферментации содержание фосфора и калия практически не изменяется [1, 6, 13], однако количество усваиваемого фосфора удваивается [2, 7]. Некоторые исследователи, наоборот, считают, что эффлюент беден фосфором. Этот дефицит они рекомендуют восполнять минеральными удобрениями (например, суперфосфатом) [15]. Из других макроэлементов также присутствуют кальций (1,0–2,3%), магний (0,3–0,7%), сера (0,2–0,4%). Кроме того, сброженный осадок содержит микроэлементы, низкие концентрации тяжелых металлов [8, 9, 14], а также аминокислоты, ферменты гидролиза, нуклеиновые, гуминовые и органические кислоты (фульвокислоты), моносахариды, фитогормоны (гиберрилин, ауксин, цитокинины), витамины группы B, некоторые антибиотики и другие биологически активные вещества [1]. Таким образом, биогазовый осадок является источником легкоусвояемых для растений питательных веществ.

Как упоминалось ранее, осадок БГУ образуется в процессе анаэробного брожения биомассы (отходов сельскохозяйственного производства), которая изначально содержит микробную флору, яйца и личинки гельминтов, семена сорных растений. При мезо- (36 °C) и термофильном (54 °C) режиме сбраживания субстрат внутри реактора разогревается, что в свою очередь содействует гибели паразитов и сорняков [12, 16].

Исходя из вышесказанного, применение эффлюента в качестве удобрения должно способствовать увеличению урожайности сельскохозяйственных культур и улучшению качественных показателей почвы. Тем не менее, у ученых нет единого мнения по данным вопросам ввиду отсутствия достаточного количества сведений.

Исследования большинства ученых по влиянию на урожайность культур основываются на сравнении эффлюента с другими органическими и минеральными удобрениями.

По оценкам белорусских исследователей, органические удобрения на выходе БГУ способны повысить урожайность сельскохозяйственных культур по сравнению с традиционным навозом на 10–20% [17] (по другим данным на 20–30% [1, 2]), а в некоторых случаях даже до 100% [5]. Так, опыты со сброженным осадком, проведенные Институтом энергетики АПК НАН Беларуси, установили увеличение урожайности картофеля на 30%, многолетних злаковых газонных трав – в 3 раза, рассады капусты и томатов – на 12–15%, биомассы в целом – на 30–50% [1]. Эффективность эффлюента авторы объясняют биосинтезом биологических стимуляторов роста класса ауксинов, ускоряющих фиксацию CO₂ и, как следствие, более стремительным наращиванием зеленой массы и дополнительным запасанием солнечной энергии. По мнению других ученых действие осадка БГУ

равнозначно по сравнению с обычным навозом и эквивалентными по азоту дозами минеральных удобрений [18].

Российские ученые в своих исследованиях определили повышение урожайности кукурузы [4], клубней картофеля на 18%, злаковых газонных трав в 1,3 раза, рассады капусты и томатов на 12–15% [13].

Зарубежными учеными (Д.Я. Костенберг, G. Kocar, M.H. Chantigny, D.A. Angers, G. Belanger, P. Rochette, N. Eriksen–Hamel, S. Bittman и др.) также было выявлено возрастание урожайности и качества возделываемых культур по сравнению с традиционными органическими и минеральными удобрениями [19]: сафлора [21], сои [7], лука-порея [22], кукурузы [20], зерновых (пшеницы, ярового ячменя, овса) [7, 23], в том числе зерна [15]. Наблюдаемые изменения ученые связывают не только с доступностью питательных элементов, но и уменьшением плотности почвы, увеличением ее влагоудерживающей способности под воздействием сброженного осадка. Опыты итальянских исследователей [24] также свидетельствуют о возрастании урожайности овощных культур на 6–20%. Некоторые авторы рекомендуют использовать эффлюент для удобрения культур, имеющих короткий период развития, во время которого из почвы интенсивно поглощается азот (что позволяет свести к минимуму его потери) [15].

Другие ученые (P.P. Визла, Г.Е. Мерзлая, F. Montemurro, S. Canali, G. Convertini, D. Ferri, F. Tittarelli, C. Vitti и др.) в целом отмечают равноценное влияние на урожайность культур биогазового осадка и эквивалентных по азоту доз минеральных удобрений [10, 25, 26]. Однако при удобрении отдельных культур эффлюент действует более эффективно (например, для ежи сборной) [27].

Помимо питательных веществ, на величину урожая косвенным образом влияют свойства почвы и ее микробиологическая активность. Так как микробная биомасса является живым элементом, она наиболее чутко реагирует на происходящие почвенные изменения.

Результаты опытов А.И. Еськова и С.И. Тарасова (ВНИПТИОУ Россельхозакадемии) в условиях дерново–подзолистых, дерново-карбонатных, супесчаных и суглинистых почв Центра России, Латвии и Эстонии свидетельствуют о том, что действие биогазового эффлюента на физические, агрохимические, биологические и токсикологические свойства почвы не отличается от влияния нативного навоза [28, 29]. Они также не отмечают негативного воздействия на интенсивность дыхания, целлюлозоразрушающую и протеазную активность почвы.

Ряд зарубежных исследователей (S.O. Petersen, M. Odlare, M. Pell, K. Svensson и др.) утверждают, что применение сброженного осадка стимулирует рост почвенных микроорганизмов и их метаболическую деятельность (ввиду значительного количества содержащегося минерального и органического азота) [7, 15]. Как следствие, наблюдается возрастание скорости окисления аммиака, общей минерализации азота и денитрификации. Однако, по сравнению с влиянием минеральных удобрений, это увеличение несущественно. Как и российские ученые, эти авторы также не наблюдали негативного влияния эффлюента на почвенные процессы.

Другие зарубежные авторы (G. Ernst, A. Muller, H. Gohler, C. Emmerling и др.) наоборот отмечают незначительное содержание легкодоступных питательных элементов в сброженном осадке по сравнению с обычным навозом, что в свою очередь обуславливает снижение микробной активности и количества дождевых

червей [30]. Кроме того, исследования показывают уменьшение количества микроорганизмов, интенсивности нитрификации и базального дыхания.

При изучении влияния биогазового осадка на рН почвы как однолетние, так и многолетние исследования не выявили существенных изменений [15]. Несмотря на щелочной рН эффлюента, присутствующие в нем кислотные соединения (например, галловая кислота) взаимодействуют с почвенными коллоидами, трансформируются, в результате чего уменьшение кислотности практически не происходит.

Ввиду того, что в Беларуси биогазовые технологии внедрены относительно недавно (с 2008 г.), имеется недостаточно данных по влиянию эффлюента на физические, агрохимические, биологические и токсикологические свойства почвы в почвенно-климатических условиях республики. Следовательно, существует необходимость проведения дальнейшего исследования этих показателей.

Анаэробная переработка в метантенках БГУ влияет не только на доступность питательных элементов сбраживаемого сырья, но и на другие качественные показатели образующегося эффлюента.

Как упоминалось ранее, биогазовый осадок содержит значительно меньшее количество патогенов, а также личинок и яиц глистов [2, 13], по сравнению с традиционным навозом. Установлено, что обеззараживающий эффект тем выше, чем больше температура и время пребывания субстрата в реакторе. Таким образом, гибель болезнетворной микрофлоры и паразитов начинается уже при мезофильном режиме брожения (33–38 °С) и достигает максимума при термофильном (53–55 °С) [7].

Исследования белорусских ученых (Н.Ф. Капустина, С.Н. Поникарпчик, А.Н. Босаревского, Т.В. Старченко) подтверждают гибель яиц стронгилят и амбарных клещей, более чем в 2 раза уменьшение количества цист блантидий и практически полное отсутствие ооцист эймерий [16]. Результаты паразитологического анализа сброженной массы, проведенного в Полесском аграрно-экологическом институте, показали отсутствие жизнеспособных личинок стронгилят, яиц неоскарисов и трихоцефал, а также снижение яиц стронгилят на 65% [31].

А.В. Каминский, С.С. Липницкий и М.П. Кучинский (Институт экспериментальной ветеринарии) отмечают уменьшение общего количества микробного загрязнения примерно на 50–65% [32]. Наличие поливирусов снижается на 98,5%, индекс *E. coli* – с 10^8 до 10^5 – 10^4 и яиц паразитов – на 90–100% [13]. Данные санитарно-бактериологического анализа Полесского аграрно-экологического института свидетельствуют о гибели патогенной микрофлоры, причем уровень загрязнения колиформами и клостридиумом находится в пределах нормы [31].

Зарубежные исследования также констатируют гибель 90% патогенов животных в анаэробной системе (Bendixen, 1994), значительное или полное уничтожение патогенов растений уже в мезофильных условиях (Zetterstrom, 2008; Lukehurst, 2010; Harnaldsson, 2008; Zetterstrom, 2008; Van Overbeek & Runia, 2011 и др.), а также отсутствие яиц гельминтов [8, 12].

Как видно, анаэробное сбраживание в метантенках БГУ позволяет снизить численность и распространение болезнетворных микроорганизмов и, как следствие, заболеваемость сельскохозяйственных животных.

Отходы сельскохозяйственного производства зачастую содержат большое количество семян сорняков. Например, в навоз они поступают с остатками корма,

сохраняя свою жизнеспособность даже после прохождения по пищеварительному тракту животных. Это обстоятельство значительно сокращает эффективность вносимых органических удобрений.

В нашей республике проводились исследования по влиянию анаэробной обработки на наличие жизнеспособных *семян сорных растений* в биогазовом осадке. Опыты В.С. Терещук (Институт защиты растений) показали, что со сброженным в БГУ навозом на поля поступает до 31% жизнеспособных семян сорняков (для сравнения, при обычном хранении навоза в течение 6 суток – 57% и 30 суток – 44%) [33]. Согласно исследованиям Н.Ф. Капустина (НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства) и других ученых, при мезофильном режиме брожения в течение 50–80 дней полностью гибнут семена сорняков [16].

Некоторые российские авторы также констатируют полное уничтожение семян в метантенках БГУ [13].

Последние исследования ученых Дании (Johansen и др., 2011) показывают, что анаэробное сбраживание в мезофильных условиях эффективно снижает всхожесть семян сорняков (*Brassica napus*, *Avena fatua*, *Sinapsis arvensis*, *Fallopia convolvulus*, *Amzincikia micranta*, *Chenopodium album*, *Solidago canadensis*) и обеспечивает их полную гибель на 11 день брожения [12]. Установлено, что в термофильных условиях гибель наступает быстрее, чем в мезофильных.

ВЫВОДЫ

На основании литературных данных следует, что сброженный отход биогазовых установок представляет собой жидкое органическое удобрение с высоким количеством питательных веществ в легкодоступной для растений форме, значительно очищенное от возбудителей заболеваний и сорняков. Применение эффлюента способствует снижению фитопатогенной нагрузки на почву, частичной замене применения дорогостоящих минеральных удобрений.

Ввиду активного строительства биогазовых установок в последние годы в Республике Беларусь, а, следовательно, увеличению количества образуемых сброженных отходов биогазового производства, существует необходимость дальнейшего изучения влияния эффлюента на свойства почвы, урожайность и качество возделываемых культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гудкова, Л.К. Получение органических удобрений путем анаэробного сбраживания отходов сельскохозяйственного производства / Л.К. Гудкова, В.Ф. Пуляев, Т.В. Старченко // Аграрная энергетика в XXI столетии: материалы 3-й Междунар. научно-технич. конф., Минск, 21–23 ноября 2005 г. / НАН Беларуси, Ин-т энергетики АПК НАН Беларуси; редкол.: В.И. Русан [и др.]. – Минск, 2005. – С. 255–258.
2. Самосюк, В.Г. Биогазовые технологии в Беларуси: состояние и перспективы / В.Г. Самосюк, Н.Ф. Капустин, А.Н. Басаревский // Мех-ция и электр-ция сельск. хоз-ва: межведомст. тематич. сб. / НАН Беларуси, Научно-практич. центр НАН Беларуси по мех-ции сельск. хоз-ва. – Минск, 2011. – Вып. 45. – С. 234–240.

3. Balasubramanian, P.R. Biogas plant effluent as an organic fertilizer in monosex, monoculture of fish (*Oreochromis mossambicus*) / P.R. Balasubramanian // *Bioresource technology*. – 1996. – Vol. 55 (2). – P. 119–124.

4. Грицина, В.Г. Влияние органического биоудобрения КРС (эффлюента) на урожайность кукурузы на силос в Белгородской области / В.Г. Грицина // Молодежь и инновации – 2011: материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Горки, 25–27 мая 2011г. / Белорус. гос. сельс.-хоз. Академия; редкол.: Курдеко А.П. [и др.]. – Горки, 2011. – Ч.1. – С. 148–150.

5. Использование биогазовых энергетических установок в АПК / В.А. Занкевич [и др.] // Инновационные технологии в производстве и переработке сельскохоз. продукции: доклады Междунар. науч.-практич. конф., 14–15 апреля 2011 г.: в 2 ч. / Мин-во сельск. хоз-ва и продовольствия Республики Беларусь, Белор. гос. аграр. технич. ун-т, БРФФИ. – Минск, 2011. – Ч. 1. – С. 91–93.

6. Баран, А.Н. Биогазовые установки как средство улучшения экологии и получения энергии / А.Н. Баран, Е.А. Семенихина // Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК: материалы Междунар. науч.-технич. конф., Минск, 23–24 октября 2009 г.: в 2 ч. / Мин-во сельск. хоз-ва и продовольствия Республики Беларусь, Белорус. гос. аграрный тех. ун-т. – Минск, 2009. – Ч. 1. – С. 80–81.

7. Macadi, M. Digestate: A New Nutrient Source – Review / M. Macadi // *Biogas*; ed. By S. Kumar. – Croatia: InTech, 2012. – P. 295–310.

8. What is digestate? / A. Schievano [et al.] // *Anaerobic Digestion: Opportunities for Agriculture and Anvironment*, Milano, January 24–25, 2008 / Regione Lombardia, Universita Degli studi di Milano: Ed. by F. Adani, A. Schievano, G. Bossalie. – Italy, 2009. – P. 7–18.

9. Arthurson, V. Closing the global energy and nutrient cycles through application of biogas residue to agricultural land – potential benefits and drawbacks / V. Arthurson // *Energies*. – 2009. – Vol. 2. – P. 226–242.

10. Abubaker, J. Biogas residues as fertilisers – effects on wheat growth and soil microbial activities / J. Abubaker // *Applied Energy*. – 2012. – Vol. 99. – P. 126–134.

11. Tiwari, V.N. Effect of crop residues and biogas slurry incorporation in wheat on yield and soil fertility / V.N. Tiwari, K.N. Tiwari, R.M. Upadhyay // *J. Indian Soc. Soil Sci.* – 2000. – Vol. 48. – P. 515–520.

12. Al Seadi, T. Quality management of digestate from biogas plants used as fertilizer // T. Al Seadi, C.T. Lukehurst. – IEA Bioenergy, 2012. – 38 p.

13. Чернышов, А.А. Совершенствование биогазовых установок для производства удобрений из навоза КРС: автореф. ... дис. канд. технич. наук: 05.20.01 / А.А. Чернышов; ГНУ ВИЭСХ. – М., 2004. – 27 с.

14. Kirchmann, H. Composition of fresh, aerobic and anaerobic farm animal dungs / H. Kirchmann, E. Witter // *Bioresour. Technol.* – 1992. – Vol. 40. – P. 137–142.

15. Svensson, K. The fertilizing effect of compost and biogas residues from source separated household waste / K. Svensson, M. Odlare, M. Pell // *J. Agric. Sci.* – 2004. – Vol. 142. – P. 461–467.

16. Качественные изменения экологических показателей навозных стоков в результате анаэробного сбраживания / Н.Ф. Капустин [и др.] // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практич. конф., Минск, 21–22 октября 2009 г. / НАН Беларуси, Научно-практиче-

ский центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства. – Минск, 2009. – Т. 2. – С. 46–49.

17. Клочков, А.В. Европейский опыт производства и использования биогаза // А.В. Клочков, Д.В. Кацер / Наше сельское хозяйство. – 2011. – № 1. – С. 71–76.

18. Лапа, В.В. Эффективность внесения органических удобрений, получаемых на выходе действующих биогазовых установок при возделывании кукурузы на дерново-подзолистых почвах / В.В. Лапа, Т.М. Серая, Е.Н. Богатырева // Земляробства і ахова раслін. – 2011. – № 3 (76). – С. 24–27.

19. Агрохимическая характеристика и удобрительные свойства продуктов метанового брожения отходов животноводства / Д.Я. Костенберг [и др.] // Анаэробная биологическая обработка сточных вод: тез. докл. науч.-технич. конф. – Кишинев, 1988. – С. 158–159.

20. Rivard, C.J. Anaerobic digestion of municipal solid waste. Utility of process residues as a soil amendment / C.J. Rivard [et al.] // Rivard Appl. Biochem. Biotech. – 1995. – Vol. 51. – P.125–135.

21. Kocar, G. Anaerobic digesters: from waste to energy crops as an alternative energy source / G. Kocar // Energy Sour.t A: Recov. Util. Environ. Effects. – 2008. – Vol. 30. – P. 660–669.

22. Bath, B. Organic household wastes as a nitrogen source in leek production / B. Bath, B. Ramert // Acta. Agr. Scand. Sect. B–Soil Pl. – 2000. – Vol. 49. – P. 201–208.

23. Garg, R.N. Use of flyash and biogas slurry for improving wheat yield and physical properties of soil / R.N. Garg [et al.] // Environ. Monit. Assess. – 2005. – Vol. 107. – P. 1–9.

24. Marchain, U. Biogas process for sustainable development. In: FAO Agricultural Service Bulletin 9–5. Food and Agricultural Organization. – Rome, Italy. – 1992.

25. Визла, Р.Р. Эффективность действия сброженного навоза / Р.Р. Визла [и др.]. // Удобрение полевых культур в системе интенсивного земледелия. – Рига, 1990. – С. 43–59.

26. Мерзлая, Г.Е. Применение сброженного куриного помета в качестве удобрения / Г.Е. Мерзлая, Н.А. Слизовская // Анаэробная биологическая обработка сточных вод: тез. докл. научно-технич. конф. – Кишинев, 1988. – С. 159–160.

27. Montemurro, F. Anaerobic digestates application on fodder crops: effects on plant and soil / F. Montemurro [et al.] // Agrochemica. – 2008. – Vol. 52. – P. 297–312.

28. Еськов, А. И. Применения нативного и сброженного навоза (помета) / А.И. Еськов, С.И. Тарасов // Все об отходах на конференции «Сотрудничество для решения проблемы отходов» [электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа: <http://waste.ua/cooperation/2008/theses/eskov.html>. – Дата доступа: 30.01.2013.

29. Тарасов, С.И. Эффективность применения метангенерированного навоза / С.И. Тарасов // Управление продукционным процессом в агротехнологиях 21 века: реальность и перспективы: материалы науч.-практ. конф., Белгород, июль 2010 г. – Белгород: Отчий край, 2010. – С. 61–64.

30. Ernst, G. C and N turnover of fermented residues from biogas plants in soil in the presence of three different earthworm species (*Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea longa*, *Aporrectodea caliginosa*) / G. Ernst [et al.] // Soil Biol. Biochem. – 2008. – Vol. 40. – P. 1413–1420.

31. Иовик, Л.Н. Сравнительная оценка стоков свинокомплекса и жидких биоудобрений, полученных на выходе биогазового энергетического комплекса / Л.Н. Иовик, Е.А. Брыль // Научные стремления – 2011: материалы Междунар. науч.-практ. молодеж. конф., Минск, 14–18 ноября 2011 г.: в 2-х т. / Совет молодых ученых НАН Беларуси; ред. группа: К.С. Бредихина [и др.]. – Минск: Белорус. наука, 2011. – Т. 1. – С.56–59.

32. Каминский, А.В. Ветеринарно-гигиеническая оценка навоза, переработанного в биогазовой установке / А.В. Каминский, С.С. Липницкий, М.П. Кучинский // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. трудов / Гродненский гос. аграрный ун-т. – Гродно, 2004. – Т.3. – Ч. 3: Ветеринарные науки. – С. 102–104.

33. Терещук, В.С. Сохранение жизнеспособности семян сорных растений в навозе при анаэробной его ферментации / В.С. Терещук // Защита растений: сб. науч. трудов / Белорус. научно-исслед. ин-т защиты растений. – Минск, 1997. – Вып. 20. – С. 109–117.

APPLICATION OF BIOGAS RESIDUE AS ORGANIC FERTILIZER (THE LITERARY REVIEW)

L.N. Iovik

Summary

The ability to use of biogas residue as organic fertilizer is reviewed. The studies of different researchers showed the influence of biogas residue on crop's productivity and on soil agrochemical parameters. The fertilizer effect of biogas residue determines by available nutrients and other factors (e.g. weed seeds, helminthes and pathogens).

Поступила 22.04.15

ЮБИЛЕИ

ТАТЬЯНА АЛЕКСАНДРОВНА РОМАНОВА (к 90-летию со дня рождения)



13 апреля 2015 года – юбилей у одного из ведущих ученых Беларуси в области почвоведения, профессора, Заслуженного деятеля науки БССР, Лауреата Государственной премии БССР, доктора биологических наук, Почетного члена Всесоюзного и Докучаевского общества почвоведов, члена Белорусского общества почвоведов Татьяны Александровны Романовой.

Татьяна Александровна родилась в 1925 году в г. Невеле Псковской области в семье учителей. Невель расположен в приграничном районе с Беларусью и за годы советской власти несколько раз входил то в Витебскую область Беларуси, то в Псковскую обл. России. Предки Татьяны Александровны верой и правдой служили Отечеству. Ее дед по линии отца Никольский Александр Николаевич, после окончания Варшавского университета работал

одним из первых врачей в Минской губернии. Легенды о его чудодейственных методах лечения больных сохранились в поколениях жителей г. Дзержинска до сих пор. Дед по линии матери Серебреников Степан Сафронович, служил священником в Витебской губернии. Детские и юношеские годы ее прошли в основном в старинных русских городках, куда направляли на работу ее отца – Никольского Александра Александровича – выпускника Варшавского университета. В основном он работал преподавателем, завучем или директором техникумов. Несколько раз его арестовывали по подозрению в подготовке государственного переворота, но, к счастью, освобождали или ссылали в более глухие места за отсутствием доказательств. Мать Татьяны Александровны – Никольская Татьяна Степановна учительствовала в школе. После окончания 4 класса родители отвезли дочь к родственникам в Москву для получения более основательного образования. в 1941 году Татьяна Александровна приехала к родителям на каникулы в Смоленскую обл. г.п. Соболево, где их и застала война. После освобождения Смоленской области от фашистов Татьяна Александровна была призвана в Советскую Армию (воинская часть 83284). Затем работала учительницей в Монастырском районе Смоленской области и заочно училась в школе. После получения аттестата зрелости ей как дочке репрессированного не разрешили поступать в медицинский институт, и пришлось поступить на географический факультет МГУ. В 1949 г. по семейным обстоятельствам она переезжает в г. Минск, где продолжает учебу вме-

сте с мужем на заочном отделении географического факультета БГУ, который они оба окончили с красными дипломами в 1952 г. После получения диплома, Татьяна Александровна работает инженером-почвоведом отдела изысканий института Белгипроводхоз по обследованию болот и заболоченных земель территории Полесской низменности и составлению почвенно-мелиоративных и геоботанических карт. В 1955 г. она поступила в аспирантуру, а с 1958 г. по 2011 г. Татьяна Александровна трудилась в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» в разных должностях: сначала в должности младшего научного сотрудника, затем старшего научного сотрудника, с 1969 года – заведующей отделом генезиса и картографии почв, заведующей сектором генезиса почв и структуры почвенного покрова, а с 1988 г. – ведущего научного сотрудника.

В 60-е и 70-е годы Татьяна Александровна осуществляла методическое руководство крупномасштабными почвенными исследованиями на территории колхозов и совхозов Брестской, а периодически и других областей БССР. За этот период ею был собран большой материал и поставлены вопросы, решение которых осуществлялось в последующие годы. Это вопросы генезиса почв и закономерностей формирования почвенного покрова, а также мелиоративных особенностей Белорусского Полесья, поисков путей совершенствования мелиоративных систем и предупреждения негативных последствий осушения.

В 1962 году Татьяна Александровна защитила кандидатскую диссертацию по теме «Заболоченные почвы Белорусской ССР», и ей была присуждена ученая степень кандидата биологических наук. В последующие годы ее внимание приковано к изучению генезиса почв и выявлению закономерностей формирования почвенного покрова, форм его неоднородности и эволюции под влиянием природных и антропогенных факторов. При ее участии в республике совершенствуется система мелиорации земель Полесья, приемы рационального использования почв и прогнозирования влияния осушения на прилегающие территории. Татьяной Александровной установлены закономерности формирования почв в разных ландшафтах Белоруссии, получены параметризованные характеристики водного режима почв.

На основании обобщения данных многолетних исследований в 1978 г. Татьяна Александровна в Новосибирске успешно защитила докторскую диссертацию по теме «Почвы и почвенный покров как природная основа осушительной мелиорации: (на примере западной части Белорусского Полесья)».

Татьяну Александровну отличают широта научных интересов и нетрадиционный подход к решению научных проблем, глубокие знания не только в области почвоведения, но и в ряде смежных дисциплин – климатологии, ботанике, лесоводстве, сельском хозяйстве, а также охраны окружающей среды. Обладая феноменальной памятью и владея несколькими иностранными языками, она неизменно следит за литературой, всегда в курсе последних сообщений из области отечественного и мирового почвоведения и смежных дисциплин, что помогает ей вести исследования на современном уровне.

Большое внимание Татьяна Александровна уделяла подготовке кадров высшей квалификации. Она успешно руководила аспирантами. Общее число прошедших аспирантскую подготовку под ее руководством и успешно защитивших кандидатские диссертации составляет 17 человек. Это школа почвоведов, которых Татьяна Александровна научила не только основам знаний о почвах и почвенном покрове, но и преданности своему делу, беззаветному служению науке, которой она сама

отдавала и продолжает отдавать все свои интеллектуальные, организаторские и душевные силы. Десятки высококвалифицированных специалистов Республики Беларусь, работающих в разных областях знаний, с гордостью называют себя ее учениками. В 1989 году решением Высшей аттестационной комиссии при Совете Министров СССР Татьяне Александровне присвоено ученое звание профессора по специальности «почвоведение».

Широко известны энергия и работоспособность Татьяны Александровны. Долгие годы она была секретарем и заместителем председателя Совета Белорусского филиала Всесоюзного общества почвоведов (ВОП), членом Центрального Совета ВОП и членом Президиума Белорусского географического общества, членом Президиума Белорусского общества охраны природы и членом Научных Советов АН БССР по проблемам Полесья и биосферы; принимала участие в работе многочисленных научных съездов, конгрессов, конференций, симпозиумов, проводившихся в Советском Союзе и за рубежом; выступала с докладами и участвовала в дискуссиях.

Татьяна Александровна являлась членом Ученого и двух Специализированных Советов по защитах кандидатских и докторских диссертаций в области сельскохозяйственных и технических наук при институтах почвоведения и агрохимии, мелиорации и луговодства НАН Беларуси. В течение многих лет Татьяна Александровна являлась Председателем Государственной экзаменационной комиссии географического факультета БГУ.

Татьяна Александровна – участник Великой Отечественной войны. Ее научная и производственная деятельность отмечены рядом правительственных наград: орденами «Знак Почета» (1971) и «Отечественной войны III степени» (1985), медалями «За трудовую доблесть» (1966), «За доблестный труд в ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина» (1970), «40-летие победы в Великой Отечественной войне» (1985), а также бронзовой медалью ВДНХ СССР.

Татьяна Александровна, как выдающийся естествоиспытатель, географ и почвовед известна не только в нашей республике, но и далеко за ее пределами. Особенности таланта и творчества Татьяны Александровны заключаются в движении дискуссионных идей и проблем. Этим она стимулирует необходимость перемен и движение вперед и науки, и ее творцов. Она активно внедряет идеи и методы генетического почвоведения в географические, сельскохозяйственные и другие естественные науки. В 1976 г. ей присуждена Государственная премия БССР в области науки, а в 1981 г. присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Белорусской ССР».

Материалы исследований Татьяны Александровны регулярно публикуются в республиканской печати, а также в странах ближнего и дальнего зарубежья. Ею опубликовано более 300 научных работ, из которых большая часть посвящена проблемам генезиса и мелиорации почв, биоразнообразию и структуре почвенного покрова. Ее статьи всегда отличаются новизной постановки и решения научных проблем. Среди них такие проблемы, как роль пестроты почвенного покрова в жизни экосистем, актуальные аспекты биосферологии – самоочищение, устойчивость и сенсорность почв и др.

В 2004 г. Татьяна Александровна опубликовала капитальный труд, подводящий итоги изучения почв нашей страны «Диагностика и классификация почв Беларуси в международной системе (FAO, WRB)», который представляет собой, фунда-

ментальное теоретическое исследование почв. По спектру и полноте рассматриваемых вопросов эта работа существенно отличается от ранее выполнявшихся в Беларуси.

Татьяной Александровной систематизирован опыт картографирования и изучения генезиса почв за 50 лет научно-исследовательской работы в области почвоведения. В результате получены новые сведения о действии всех факторов почвообразования в условиях Беларуси. Установлено, что из составляющих климата ведущая роль принадлежит радиационному балансу. Рельеф, перераспределяющий влагу и тепло, действует в строгой совокупности с составом и строением почвообразующих пород. Сами породы являются лишь условием почвообразования и все их разнообразие в областях ледниковой аккумуляции может быть сведено к пяти, четко дифференцированным и легко распознаваемым, группам. Эволюция почв и растительности обеспечивает конструирование экологических рядов луговой и лесной растительности, тесно связанной с генетически определенными почвами. При этом установлена специфика экотонных (переходных зон), как группировок, не обладающих особой почвой, но обусловленных естественными флуктуациями климата.

Установлено, что время формирования профиля почвы в лесной зоне определяется периодом жизни одного-двух поколений древесных растений. Совокупность этих факторов, с учетом антропогенных изменений, составляет экологическую часть генетической характеристики почв.

Почва рассматривается как биокосное тело с его материальной, энергетической и информационной составляющими. Описано генетическое разнообразие почв с использованием полных комплектов аналитических данных (~8000 значений), микроморфологических описаний, электронномикроскопических снимков и рентгендифрактограмм минералогического состава почвенного ила. В задачу исследований не входило изучение механизма процессов почвообразования. Она заключалась в выявлении комплекса признаков, позволяющих четко разграничить почвы разных типов и подтипов на основе имеющейся информации, группируемой и интерпретируемой в соответствии с современным уровнем развития белорусского, российского и европейского почвоведения. При этом выделены типы почв, соответствующие классам системы ФАО-WRB для гумидных областей с установлением их аналогов в списке почв Беларуси. Установленные взаимоприемлемые границы, генетические особенности и диагностические признаки, которые обеспечивают однозначную идентификацию типов бурых лесных (камбисолей), палевых (лювисолей, или дерново-подзолистых), псевдоподзолистых (альбелювисолей, или дерново-подзолистых заболоченных), подзолистых (подзосолей, или дерново-подзолистых заболоченных с иллювиально-гумусовым горизонтом), дерновых заболоченных (глейсолей), торфяных (гистосолей) и пойменных (флювисолей) с выделением подтипов по параметрам увлажненности, дополняющим европейскую, а отчасти и российскую систему диагностики количественными характеристиками принятых в Беларуси пяти степеней гидроморфизма, по крайней мере, на основе эколого-морфологических и аналитических показателей, поскольку учтены реальные измерения влажности только на территории Беларуси.

При описании почв на первом этапе приоритет принадлежит их генезису с особенностями его проявления на разных почвообразующих породах. За очень малым исключением, охвачены все варианты как широко распространенных, так и

редко встречающихся почв. Отмечено хозяйственное значение и мелиоративные особенности почв, а характеристика антропогенно-преобразованных (окультуренных) почв дополнена опытом энергетической оценки их продукционной способности через количество энергии почвенного гумуса ($n \cdot 10^5$ ккал/м²), что является перспективной более совершенного и сопоставимого учета почвенно-земельных ресурсов. Выявленные генетические особенности почв на втором этапе подтверждаются с помощью катенарного подхода, который дает возможность показать всю последовательную смену почв на пяти вариантах почвообразующих пород, отраженную в морфологии почвенных профилей в виде натуральных зарисовок конкретных разрезов в авторском исполнении способом «гризайль». Собранные сведения превращаются в подлинные знания с помощью информационной обработки данных, которая состоит в выборе минимального количества наиболее информативных показателей. К числу таких отнесен состав и соотношение фракций гумуса, а также соотношение количества (%) минералов с расширяющейся решеткой к количеству гидрослюды – степень трансформации минералов илистой фракции. Гумусообразование и трансформация минералов, детерминированные водным режимом и увлажненностью почв, составляют основную сущность почвообразования. Формализация эмпирических данных с заменой их графическими и математическими моделями реализована в виде структурных моделей химической дифференциации почвенных профилей и кластерного анализа. Для полевого определения почв приведено описание диагностических признаков на основе их подразделения на: «собирабельные», разграничивающие автоморфные, полугидроморфные и гидроморфные почвы; «генеративные», содержащие основные признаки почвенных типов, и «вариативные», характеризующие подтипы. Все названия почв даны в трех вариантах: авторском, WRB и принятом в Беларуси. Не имеющая аналогов генетическая классификация почв, построенная в соответствии с канонами формальной логики, представляет организованное пространство признаков, среди которых ведущим принят водный режим почв в самом широком его смысле. Восемь таксономических уровней позволяют определить классификационное положение любой почвы с учетом ее естественных и антропогенных признаков, независимо от того, под каким названием она фигурирует, и насыщают ее разнообразной информацией природного и антропогенного происхождения.

К своему юбилею Татьяна Александровна подготовила новый фундаментальный труд «Водный режим почв Беларуси». В монографии отдельно учитывается собственно водный режим, как накопление и движение влаги в почвенном профиле, и режим влажности (увлажненность), как среднее многолетнее количество влаги, участвующей в формировании почвы, с разработкой параметров увлажненности почв на основе анализа более 1000000 ежегодных натуральных измерений влажности, проведенных Гидрометеослужбой БССР на 86 участках за 1952–1978 гг. и Республики Беларусь (1979–2013 гг.) Кроме того, разделение автоморфных, полугидроморфных и гидроморфных почв по совокупности химических показателей подтверждено статистическими методами. Найдено соответствие между химической дифференциацией профиля и типом водного режима (непромывного, промывного, застойного, выпотного). При этом установлено, что промывной режим не преобладает в почвах Беларуси и определяющим является не вертикальное движение влаги, а боковой поверхностный или внутрисочвен-

ный сток, с которым по большей части осуществляется вынос элементов питания из пахотных слоев.

Обладая огромной эрудицией, широким кругозором, высочайшей исследовательской культурой Татьяна Александровна уделяет большое внимание популяризации знаний о почвах и природе Беларуси не только по радио и телевидению, но и в школах г. Минска.

Татьяну Александровну отличают честность, принципиальность, высокая духовность и ответственность за порученное дело, глубокая человечность и исключительная скромность. Она блестящий оппонент, человек, охотно делящийся своими феноменальными знаниями, со всеми нуждающимися в них, ей удается поощрять смелые начинания, поддерживать сомневающихся и вселять надежду в тех, кто идет вперед трудной дорогой научных исследований, пользуется большим доверием у коллег и учеников. Именно к ней они идут за советом. Практически все встречи и беседы с ней посвящены обсуждению новых проблем и идей.

Широта ее знаний, общительность, умение быть всем нужной и полезной, делают ее своей в любом коллективе. При всем этом она всегда остается обаятельной и красивой женщиной, элегантно и жизнерадостно, окруженной атмосферой благожелательности. Татьяна Александровна не только прекрасный ученый с высоким чувством гражданской ответственности, но и разносторонне развитый, на редкость одаренный человек, любящий и пишущий стихи, музыку и живопись. Она постоянный посетитель выставок, музеев, театров и продолжает путешествовать по ближнему и дальнему зарубежью.

В настоящее время Татьяна Александровна с коллегами уже обсуждает работу над формированием сборника «Структура почвенного покрова Беларуси», где найдут отражение вопросы методики и результаты исследований, которые привели к выводу, что закономерно организованная почвенная комбинация, как совокупность биогеоценозов, представляет собой природную систему, или геосистему, насыщенную разнообразной информацией, извлечение которой обеспечивает возможность организации корректного учета природных ресурсов любой территории без пробелов и с наличием прогнозной составляющей, обеспечивающей организацию устойчивого неистощительного землепользования.

В год своего юбилея Татьяна Александровна полна сил и творческих замыслов, которые, без сомнения, будут осуществлены. Ученики, друзья и единомышленники не только в республике, но и далеко за ее пределами сердечно поздравляют Татьяну Александровну с Юбилеем! Желают ей – Человеку, Ученому и Учителю крепкого здоровья на долгие годы и дальнейших творческих успехов на благо науки!

Ученики

РЕФЕРАТЫ

1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 631.47

Черныш А.Ф., Устинова А.М., Цырибко В.Б. Диапазоны влажности пахотного горизонта в разной степени эродированных дерново-подзолистых почв Беларуси // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1(54). – С. 7.

В статье приведены результаты наблюдений за влажностью за 10-летний период на опытных стационарах «Стоковые площадки» и «Браслав». На основании полученных данных, установлены средние многолетние показатели влажности пахотного горизонта в разной степени эродированных дерново-подзолистых почв, развивающихся на лессовидных и моренных суглинках, а также диапазоны их отклонений. Влажность пахотного горизонта дерново-подзолистых почв на лессовидных суглинках в весенний период в более чем 70% случаев составляла 20–30% (уровень НВ), а в период уборки наиболее вероятные значения 15–20%, что соответствует ВРК. В начале вегетации влажность пахотного слоя дерново-подзолистых почв на моренных суглинках в 50–70% случаев ниже наименьшей влагоемкости (15–20%), а в конце вегетации в 43–71% случаев была на уровне ВРК (10–15%).

Табл. 5. Рис. 2. Библиогр. 7.

УДК 631.4

Молчанов Э.Н., Разумов В.В., Савин И.Ю. Социально-экономические аспекты воздействия деградационных и опасных природных процессов на почвенный покров сельскохозяйственных земель России // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1(54). – С. 16.

Представлены результаты систематизации и анализа официальной документации (государственные доклады о состоянии и использовании земель, об особенностях климата), а также литературные источники за период 2000–2013 гг., содержащие информацию о деградационных и опасных природных процессах, развитых на территории Российской Федерации. Эти процессы оказывают существенное негативное влияние на почвы земледельческих районов страны, наносят огромный экономический ущерб и определяют масштабность научной проблемы для сельскохозяйственных наук вообще и почвоведения в частности. Важность рассматриваемой научной проблемы для экономики и общества определяется сугубо прикладным характером результатов исследований, предназначенных к использованию не только АПК страны, но и природоохранительными организациями, страховыми, налоговыми, судебными и др. органами.

Рис. 8. Библиогр. 14.

УДК 631.4

Булгаков Д.С., Рухович Д.И., Шишконокова Е.А., Вильчевская Е.В. Об агроэкологическом потенциале пахотных земель России // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1(54). – С. 28.

В статье обсуждается вопрос агроэкологического потенциала пахотных угодий России с использованием почвенно-агроклиматического индекса (ПАКИ), разработанного под руководством и при участии чл.-корр. ВАСХНИЛ И.И. Карманова.

Агроклиматические (земледельческие) ареалы (64), выделенные на территории страны и характеризующие почвенно-агроэкологические условия для возделывания основных и сопутствующих им в севообороте сельскохозяйственных культур, дифференцированы на почвенно-агроэкологические районы (ПАЭР), включающие отдельные административные районы. ПАЭР более детально характеризуют почвенный покров и геоморфологические условия ареала для возделывания сельскохозяйственных культур и их оценки в баллах бонитета, вычисленных с применением ПАКИ.

Эта информация раскрывает третий уровень уточненного природно-сельскохозяйственного (почвенно-агроэкологического) районирования (агрорегионы, земледельческие ареалы, почвенно-агроэкологические районы).

Рис. 2. Библиогр. 12.

УДК 631.4:549.905.8

Алексеев В.Е., Чербарь В.В., Бургеля А.Н., Варламов Е.Б. Серые лесные почвы Кодр Молдовы: особенности минералогического состава и его трансформации // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1(54). – С. 35.

Изучен состав первичных и глинистых минералов бурых лесных почв Кодр Молдовы в сравнении с ксерофитно-лесными черноземами той же лесной экосистемы. На основании показателей выветривания установлено, что трансформация силикатной основы в бурых лесных почвах протекает интенсивнее, чем в ксерофитно-лесных черноземах, развивается по типу оподзоливания при участии оглеения и не сопровождается оглиниванием горизонтов В в результате оглинивания *in situ* или процесса лессиважа.

Табл. 4. Библиогр. 11.

УДК 631.4:549.905.8

Алексеев В.Е., Чербарь В.В., Бургеля А.Н., Варламов Е.Б. Серые лесные почвы Кодр Молдовы: баланс минералов // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1(54). – С. 47.

Различия в балансе минералов в серых лесных почвах Кодр Молдовы и ксерофитно-лесных черноземах связаны с неоднородностью пород и наличием процессов лессиважа и оподзоливания в серых лесных почвах. С учетом влияния

неоднородности пород совокупные потери первичных и глинистых минералов в них составили 8–25 кг, положительный баланс в иллювиальной части профиля – 3–82 кг/100 кг породы. Смысл расчета баланса минералов при неоднородности пород в оценке ее влияния на объемы изменений минералогии почв и возможности при этом диагностики протекающих в них процессов.

Табл. 4. Библиогр. 7.

УДК 631.4:549.905.8

Алексеев В.Е., Чербарь В.В., Бургеля А.Н., Варламов Е.Б. Серые лесные почвы Кодр Молдовы: природные резервы калия // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1(54). – С. 55.

Сравнительное исследование природных резервов калия в серых лесных почвах и ксерофитно-лесных черноземах показало, что общий резерв в первых весьма высок (1999–2968 мг/100 г почвы) и превышает таковой в лесных черноземах (2214–2474). Причина в потенциальном резерве и в нем аномально высоком содержании слюд, сопровождаемых проявлениями неоднородности почвообразующих пород. Непосредственный резерв калия в серых лесных почвах в 1,5–2 раза ниже (7–30 мг/100 г), а ближний резерв (620–1069 мг/100 г) соизмерим с таковым в ксерофитно-лесных черноземах. Характер распределения резервов К по профилю в серых лесных почвах определяется влиянием факторов почвенно-генетической и геологической природы.

Табл. 3. Библиогр. 13.

УДК 631.42:631.618(470.311-25)

Прохоров И.С. Мониторинг состояния почв города Москвы и предложения по их рекультивации // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1(54). – С. 61.

В статье описана созданная в течение последних 5 лет эффективная система мониторинга состояния почвенного покрова в г. Москве. Представлены основные методические аспекты исследования городских почв. Полученные результаты показывают, что за последние годы наметилась положительная тенденция улучшения качества почв в столь крупном и урбанизированном мегаполисе как Москва. Это происходит во много благодаря принятию Закона «О городских почвах» и внедрению инновационных методов рекультивации.

Тал. 2. Рис. Библиогр. 6

УДК 332.6:631.4

Плиско И.В. Усовершенствованные подходы к стоимостной оценке сельскохозяйственных почв // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1(54). – С. 69.

Изложены основные положения усовершенствованного методического подхода, разработанного в ННЦ «ИПА им. А.Н.Соколовского», к расчету фундаментальной

(базовой) денежной оценки сельскохозяйственных почв. На основе определения стоимости подвижного гумуса, доступных элементов питания и природного биологического потенциала продуктивных земель (биопродуктивности) рассчитана денежная оценка для основных типов пахотных почв, в том числе по административным областям Украины.

Табл. 3. Рис. 4. Библиогр. 17.

УДК 631.95:631.445.2

Габриель А.И., Олифир Ю.Н., Конык Г.С., Гаврышко О.С. Диагностические характеристики экологического состояния светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почвы в зависимости от антропогенного влияния // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1(54). – С. 82.

Приведены результаты исследований динамики лабильных органических веществ, эмиссии диоксида углерода и отдельных экологотрофных групп микроорганизмов в длительном стационарном опыте на светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почве под кукурузой на зеленую массу. Установлено, что содержание лабильных органических соединений, с которыми связывают процессы минерализации, выделение диоксида углерода и биологическую активность следует рассматривать в каждом конкретном случае лишь в контексте основных физико-химических свойств, в частности, кислотности почвенного раствора. Использование органо-минеральной системы удобрения на фоне известкования не только создает стабильное содержание лабильных органических веществ (0,55–0,52%) в течение всего периода вегетации кукурузы, но и обеспечивает благоприятные предпосылки для гумусонакопления, что в очередной раз подчеркивает исключительную роль известкования в улучшении режима питания и экологического качества кислой почвы.

Табл. Рис. 2. Библиогр. 9.

УДК 631.4

Романова Т.А., Капилевич Ж.А., Ивахненко Н.Н., Ефимова И.А. Механизм формирования водного режима почв мелиорированных территорий // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1(54). – С. 88.

В почвах, развитых на песках, промывной водный режим формируется только в дерново-подзолистых заболоченных с иллювиально-гумусовым горизонтом, в дерново-подзолистых (автоморфных) – непромывной.

Почвенно-грунтовые воды в песчаных отложениях накапливаются за счет внутрпочвенного стока из почв максимальной степени увлажнения. Разработана функциональная модель увлажненности почвенных комбинаций плоских низких водоразделов и глубоких депрессий на рыхлых породах.

Табл. 3. Рис. 4. Библиогр. 9.

УДК 631.452:631.6

Огородня А.И. Влияние фитомелиорантов на общие агрофизические показатели чернозема оподзоленного Левобережной Лесостепи Украины // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1(54). – С. 98.

На основе анализа литературных источников и собственных экспериментальных данных установлено влияние различных фитомелиорантов на агрофизические свойства чернозема оподзоленного (плотность сложения, плотность твердой фазы, пористость, структурно-агрегатный состав и водоупорная способность почвенных агрегатов). Установлено фитомелиоративное действие люцерны, эспарцета, люпина, сои, горчицы и суданской травы на черноземе оподзоленном тяжелосуглинистом на лессовидном суглинке. Доказано, что наибольшим фитомелиоративным эффектом обладают многолетние травы и бобовые культуры.

Табл. Рис. 3. Библиогр. 12.

УДК 631.461

Вильный Р.П. Влияние минимизации обработки чернозема типичного на его биологическое состояние // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1(54). – С. 104.

В статье приведены результаты трехлетних исследований по влиянию минимизации обработки почвы на микробный ценоз чернозема типичного и его активность. Полученные в ходе исследований результаты указывают на улучшение биологического состояния чернозема типичного при уменьшении механической нагрузки на почву. Установлено, что в вариантах культивации и нулевой обработки почвы сложились оптимальные условия для формирования и функционирования микробного ценоза чернозема типичного.

Табл. Рис. 4. Библиогр. 24.

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.582:631.445.2

Лапа В.В., Ивахненко Н.Н., Кулеш О.Г. Продуктивность зерноотравных севооборотов и баланс элементов питания при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых супесчаной и суглинистой почвах // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1(54). – С. 115.

Установлено, что при меньшем внесении фосфорных удобрений на 70 кг/га и калийных на 20 кг/га, среднегодовая продуктивность зерноотравного севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на 8,2–12,8 ц к.ед./га выше, чем на дерново-подзолистой супесчаной. Общий вынос элементов питания с урожаями культур увеличивался с повышением доз удобрений; наиболее значительным был вынос калия, затем в убывающем порядке идут азот, фосфор, кальций и

магний; обеднение дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы подвижными формами калия на 18–80 мг/кг и дерново-подзолистой супесчаной на 27–48 мг/кг наблюдалось во всех вариантах опыта; содержание гумуса изменялось в обеих почвах в пределах ошибки опыта.

Табл. 10. Библиогр. 15.

УДК 631.416.4:631.582:631.8

Господаренко Г.Н., Никитина О.В., Кривда Ю.И. Баланс калия в черноземе оподзоленном тяжелосуглинистом полевого севооборота при длительном применении удобрений // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1(54). – С. 134.

В статье рассмотрено влияние различных норм удобрений и систем удобрения в полевом 10-польном севообороте зерно-свекловичного типа на баланс калия и его интенсивность.

Установлено, что баланс калия в почве определялся уровнем применения удобрений и выносом калия культурами севооборота, особенно нетоварной частью урожая. При условии оставления нетоварной части урожая на поле на удобрение баланс калия в почве можно значительно улучшить, а норму внесения калийных удобрений в севообороте уменьшить вдвое.

Табл. 2. Библиогр. 6.

УДК 631.582:631.445.2

Лапа В.В., Кулеш О.Г. Роль уровня почвенной кислотности и условий питания в изменении агрохимических свойств дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – №1(54). – С. 140.

Приведены результаты исследований по изучению влияния длительного применения различных систем удобрения, на известкованном и неизвесткованном фонах, на основные агрохимические показатели дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы.

Установлены различия в действии различных систем удобрения на изменения агрохимических свойств почвы в зависимости от кислотности почвы.

Табл. 2. Рис. 2. Библиогр. 13.

УДК 631.841.8

Мирошниченко Н.Н., Ревтьев А.В., Гладких Е.Ю., Панасенко Е.В. Сравнительная эффективность безводного аммиака и аммиачной селитры в звене полевого севооборота // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1(54). – С. 150.

В статье представлено экономическое обоснование применения безводного аммиака в земледелии, установлена степень его негативного воздействия на почвенно-экологические параметры. Исследования проводились в краткосрочной и длительной динамике на протяжении трех лет в условиях производственного

полевого опыта. В результатах исследований продемонстрированы особенности влияния безводного аммиака на физико-химические и микробиологические показатели чернозема оподзоленного, урожайность культур звена севооборота (озимой пшеницы, кукурузы, подсолнечника). Установлено преимущество внесения безводного аммиака перед посевом в сравнении с традиционной аммиачной селитрой.

Табл. 3. Рис. 3. Библиогр. 13.

УДК 631.8:631.445.2

Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Бирюкова О.М. Влияние сапропелей на продуктивность звена севооборота и плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1(54). – С. 160.

На дерново-подзолистой супесчаной почве изучена сравнительная эффективность внесения органо-известковистого и кремнеземистого сапропелей и подстилочного навоза КРС в звене севооборота кукуруза – яровой рапс – озимое тритикале. Установлено, что в вариантах с органо-минеральной системой удобрения, внесение 40 т/га органо-известковистого и 45 т/га кремнеземистого сапропелей в звене севооборота по влиянию на урожайность было аналогично действию 60 т/га подстилочного навоза КРС и обеспечило рост продуктивности на 29,6 и 33,2 ц к.ед./га.

УДК 628.473.2:628.336

Скрыльник Е.В., Гетманенко В.А. Трансформация органического вещества осадков сточных вод в процессе биоконверсии // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – №1(54). – С. 172.

В статье проанализированы параметры трансформации органического вещества осадков сточных вод в процессе аэробной и анаэробной биоконверсии с различными органическими отходами. Определены зависимости показателей качества органической составляющей компостов от условий биоконверсии.

Табл. 4. Рис. 2. Библиогр. 6.

УДК 632.116

Пироговская Г.В. Инфильтрация атмосферных осадков в пахотных почвах Республики Беларусь при длительном сельскохозяйственном использовании (по данным лизиметрических исследований 1981–2012 гг.) // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1(54). – С. 179.

В статье приведены данные по инфильтрации атмосферных осадков в условиях Республики Беларусь в наиболее распространенных пахотных почвах (из слоя 1,0–1,5 м) за длительный период (1981–2012 гг.), по десятилетиям (1981–1990,

1991–2000 и 2001–2010 гг.), сезонам года (весна, лето, осень и зима) и в различные по степени увлажнения годы (влажные, оптимальные, слабозасушливые, засушливые и очень засушливые годы).

Установлено, что в лизиметрах, заполненных пахотными почвами республики при одном и том же количестве выпадающих атмосферных осадков, температурном режиме, одинаковом уровне применения минеральных удобрений под культуры севооборотов, величина инфильтрации атмосферных осадков в большей степени изменялась в зависимости от типа и гранулометрического состава почв и была максимальной из дерново-подзолистой песчаной почвы (212,1 л/м²) и минимальной – дерново-подзолистой легкосуглинистой хорошо окультуренной почвы (83,7 л/м²).

Во всех дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава и торфяной величина инфильтрации атмосферных осадков более высокая во влажные по степени увлажнения годы и составила от 101,8 л/м² (торфяная), 109,3 л/м² (легкосуглинистая) до 262,8 л/м² (песчаная), при максимальной инфильтрации в весенний период, затем – зимний, далее – осенний и летний.

Табл. 4. Библиогр. 19.

УДК 631.82:631.445.2:633.853.494

Цыбулько Н.Н., Пунченко С.С. Эффективность применения дифференцированных доз минеральных удобрений под яровой рапс на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах разной степени эродированности // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1(54). – С. 189.

На дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах разной степени эродированности изучено применение дифференцированных доз азотных, фосфорных и калийных удобрений под яровой рапс. Установлено, что на несмытой почве наибольший чистый доход 3298 тыс. руб./га и рентабельность 165% обеспечивает применение N₁₁₀P₃₀K₆₀. Уменьшение на этой почве дозы азотной подкормки приводит к снижению эффективности удобрений. На почвах, подверженных эрозии, экономическая эффективность минеральных удобрений ниже по сравнению с неэродированной почвой. На среднесмытой почве наиболее эффективно внесение N₁₂₀P₄₀K₇₀ – чистый доход составляет 3017 тыс. руб./га, а рентабельность – 132%. На сильносмытой почве наибольший чистый доход (2275 тыс. руб./га) обеспечивают дозы N₁₃₀P₅₀K₈₀, тогда как рентабельность применения удобрений самая высокая при дозах N₁₃₀P₃₀K₆₀.

В агроландшафтах с короткими склонами и преобладанием плакорной части над склоновой частью целесообразно вносить минеральные удобрения в средней рекомендуемой дозе под культуру без учета элементов рельефа или степени эродированности почвы. В ландшафтных массивах с длинными и средними по длине склонами, равном соотношении плакорной и склоновой частей, а также при преобладании склоновой части над плакорной эффективнее применение дифференцированных по степени смытости почв доз азотных удобрений, а фосфорных и калийных удобрений в дозах, рассчитанных на положительный баланс

этих макроэлементов в зависимости от обеспеченности ими почв разной степени эродированности.

Табл. 5. Библиогр. 17.

УДК 631.81.095.337:633.15

Рак М.В., Титова С.А., Николаева Т.Г., Муковозчик В.А. Эффективность применения жидких хелатных микроудобрений МикроСтим при возделывании кукурузы // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1(54). – С. 200.

В полевых опытах на дерново-подзолистой супесчаной почве с кукурузой изучена эффективность различных марок жидких хелатных микроудобрений МикроСтим.

Табл. 6. Библиогр. 9.

УДК 631.81.095.337

Фатеев А.И., Чабан В.И., Подобед О.Ю. Содержание микроэлементов в черноземах Степной зоны Украины и их изменения при длительном применении удобрений в севообороте // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1(54). – С. 207.

Изучено изменения содержания МЭ в черноземах степной зоны Украины при длительном применении удобрений в севооборотах. Установлено, что валовые и кислоторастворимые формы МЭ характеризуется стабильностью показателей, хотя на черноземе типичном отмечена тенденция увеличения валового Mn в пахотном и подпахотном слоях почвы и валового Zn – в подпахотном. На фоне повышенных и высоких норм минеральных удобрений содержание кислоторастворимых форм Zn, Cu, Co, Ni, Pb в подпахотном слое почвы снижалось. Установлено достоверное увеличение подвижности Mn в пахотном слое чернозема типичного. На черноземе обыкновенном при запашке соломы подвижность Zn, Mn и Cu снижалась. Не установлено превышения ПДК валовых и подвижных форм МЭ в черноземах региона.

Табл. 5. Библиогр. 9.

УДК 631.8:631.86:631.811.98

Бортник Т.П. Эффективность применения стимулятора роста растений Сапрогум на посевах пшеницы озимой на черноземе оподзоленном // Почвоведение и агрохимия. – 2015 – № 1(54). – С. 215.

Приведены результаты исследований влияния некорневой подкормки сапропелевого гумата на биометрические показатели и урожай зерна пшеницы. Установлены оптимальные дозы внесения препарата, обеспечивающие увеличение высоты растений, площади листовой поверхности, количества продуктивных стеблей, массы 1000 зерен, что в конечном результате приводит к получению высоких, качественных и безопасных для здоровья человека урожаев культуры.

Табл. 4. Библиогр. 9.

УДК 634.711:631.53:581.143.6:631.589:58.017.322

Рундя А.П. Особенности адаптации ремонтантной малины в условиях *ex vitro* // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – №1(54). – С. 223.

Цель данных исследований было изучить особенности адаптации растений ремонтантной малины к нестерильным условиям на разных субстратах.

При адаптации *ex vitro* двух ремонтантных сортов малины (Poranna Rosa и Heritage) в качестве субстрата использовались: смесь торфа с перлитом в соотношении 5:1; ионообменный субстрат БИОНА-111; смесь перлита и БИОНА-111 в соотношении 4:1. В связи с биометрическими особенностями для сорта Poranna Rosa исследовались 2 группы растений-регенерантов.

При исследовании биометрических особенностей растений сорта Poranna Rosa выявлены закономерности развития и адаптации на исследованных субстратах в зависимости от размера, исходного предварительно укорененного растения-регенеранта.

Установлено, что все три вида исследованных субстратов обеспечивают высокую приживаемость растений-регенерантов обоих сортов, а также хорошее развитие растений при адаптации к нестерильным условиям. При этом на длину корней и побегов значимо влиял как сорт, так и тип субстрата для адаптации.

В качестве наиболее оптимальной среды для адаптации растений исследуемых ремонтантных сортов малины рекомендуется смесь торфа с перлитом.

Рис. 3. Библиогр. 9.

УДК 631.879

Иовик Л.Н. Использование сброженного отхода биогазовой установки в качестве органического удобрения (аналитический обзор) // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1(54). – С. 230.

В статье рассмотрена возможность использования отхода биогазовой установки в качестве органического удобрения. Приведены данные отечественных и зарубежных авторов по его влиянию на урожайность возделываемых культур и свойства почвы. Показано, что удобрительная ценность биогазового эффлюента обусловлена наличием значительного количества питательных веществ в легкодоступной форме, а также сокращением содержания семян сорных растений, паразитов и патогенной микрофлоры.

Библиогр. 33.

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 А 4, 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*
Редактор *Т.Н. Самосюк*
Компьютерная верстка *Е.А. Титовой*

Подписано в печать 03.06.2015. Формат 70x100 1/16. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 20,80. Уч.-изд. л. 16,00. Тираж 120 экз. Заказ 216.

Республиканское унитарное предприятие
«Информационно-вычислительный центр Министерства финансов
Республики Беларусь»
ЛП № 02330/89 от 3.03.2014.
Ул. Кальварийская, 17, 220004, г. Минск.

ДЛЯ ЗАМЕТОК