

ISSN 0130-8475

Институт почвоведения и агрохимии

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

Научный журнал

Основан в 1961 г.

№ 1(44)

Январь–июнь 2010 г.

Минск
2010

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

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

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

Главный редактор *В.В. ЛАПА*

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

Н.Н. БАМБАЛОВ, И.М. БОГДЕВИЧ, И.Р. ВИЛЬДФЛУШ,
С.Е. ГОЛОВАТЫЙ, А.И. ГОРБЫЛЕВА, В.В. ЖИЛКО, С.А. КАСЬЯНЧИК,
Н.В. КЛЕБАНОВИЧ, Н.А. МИХАЙЛОВСКАЯ, Г.В. ПИРОГОВСКАЯ,
Т.А. РОМАНОВА, Т.М. СЕРАЯ, Г.М. САФРОНОВСКАЯ, Г.С. ЦЫТРОН

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

1(44)

Январь–июнь 2010 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

Ответственная за выпуск *Н.Ю. Жабровская*
Редактор и корректор *Т.Н. Самосюк, А.А. Гайдук*
Компьютерная верстка

Подписано в печать
Гарнитура Ариал

Формат 70x100 1/16
Усл. п.л.

Бумага офсетная
Тираж 150 экз. Заказ №

Отпечатано в Республиканском унитарном предприятии
«Информационно-вычислительный центр Министерства финансов Республики Беларусь»
ЛП № 02330/0056683 от 29.03 2004.
220004, г. Минск, ул. Кальварийская, 17

© Республиканское научное дочернее
унитарное предприятие «Институт почвоведения
и агрохимии», 2010

СОДЕРЖАНИЕ

Лапа В.В. Плодородие почв Республики Беларусь, проблемы и перспективы.....

1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Цытрон Г.С., Шибут Л.И., Матыченкова О.В. Пригодность почв Республики Беларусь для возделывания озимой пшеницы.....

Цытрон Г.С., Матыченков Д.В., Северцов В.В. Методология создания цифровых тематических почвенных карт.....

Семененко Н.Н., Каранкевич Е.В. Модели прогноза химического состава торфяных почв Полесья под влиянием антропогенных факторов.....

Черныш А.Ф., Устинова А.М., Михайловская Н.А., Радюк А.Э., Клус А.А. Сравнительная оценка свойств эродированных почв при бессменном возделывании галеги восточной и культур кормового севооборота.....

Дробыш С.В., Бубнова Т.В., Азарёнок Т.Н. Отражающая способность почв разной степени смывости.....

Афанасьев Н.И. Коэффициенты увлажнения почв Беларуси и урожайность сельскохозяйственных культур.....

Агеец В.Ю., Лозовая З.В. Использование естественного изотопа ^{40}K для определения содержания физической глины в дерново-подзолистых почвах.....

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

Лапа В.В., Ломонос М.М. Продуктивность зернотравяного севооборота и изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы.....

Клебанович Н.В. Определение оптимальных доз извести по комплексу показателей для дерново-подзолистых почв Беларуси.....

Царук И.А., Германович Т.М., Сафроновская Г.М. Действие различных форм известковых мелиорантов на агрохимические свойства дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы.....

Сатишур В.А., Германович Т.М., Поплетеева Р.Б., Чопчиц Г.С., Евсеенко Г.А. Влияние известкования на содержание форм калия в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.....

Богатырева Е.Н., Серая Т.М., Бирюков Р.Н., Бирюкова О.М., Туров В.В., Родина М.Э., Трипутина Т.П. Агроэкономическая эффективность органических и минеральных удобрений в звене севооборота на дерново-подзолистых легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почвах.....

Лапа В.В., Ивахненко Н.Н., Ломонос М.М., Кулеш О.Г., Грачева А.А. Эффективность комплексного применения минеральных удобрений и средств химизации при возделывании яровой пшеницы на дерново-подзолистых легкосуглинистой и супесчаной почвах.....

Таврыкина О.М., Богдевич И.М., Путятин Ю.В. Продуктивность различных сортов пшеницы и вынос ^{137}Cs на почвах, загрязненных радионуклидами.....

Головатый С.Е., Ковалевич З.С., Лукашенко Н.К. Влияние содержания натрия и хлора на урожайность яровых зерновых культур.....

Радовня О.С., Радовня В.А., Копылович В.Л. Использование фонов азотного питания в селекции озимой ржи.....

- Лапа В.В., Лопух М.С.** Качество зерна голозёрного овса в зависимости от системы применения минеральных удобрений.....
- Копылович В.Л., Радовня В.А.** Влияние пожнивных крестоцветных культур на урожайность зерна ярового тритикале.....
- Семененко Н.Н., Вага И.И.** Эффективность комплексного применения средств химизации при возделывании озимого тритикале на антропогенно-преобразованных торфяных почвах.....
- Царук И.А., Германович Т.М., Сафроновская Г.М.** Фотосинтетическая продуктивность и урожайность семян ярового рапса при известковании дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы.....
- Шлапунов В.Н., Радовня В.А., Аляпкин А.В.** Влияние агротехнических приемов на накопление послеуборочных остатков ярового рапса.....
- Марцуль О.Н.** Продуктивность и вынос элементов питания кукурузой на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.....
- Рак М.В., Барашкова Е.Н.** Влияние борных удобрений на урожайность и качество семян льна масличного в зависимости от обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы бором.....
- Рак М.В., Николаева Т.Г.** Влияние кобальтовых и марганцевых удобрений на кормовую ценность люпина узколистного.....
- Михайловская Н.А., Тарасюк Е.Г.** Влияние бактериального удобрения Калиплант на качество продукции зерновых культур на дерново-подзолистой супесчаной почве.....
- Степуро М.Ф., Ботько А.В.** Влияние доз удобрений, листовых подкормок и объёмов субстрата на рост и развитие рассады арбуза и дыни.....
- Пироговская Г.В., Хмелевский С.С.** Содержание натрия, хлоридов и сульфатов в почвах г. Минска.....
- Лисица В.Д., Бубнова Т.В., Шульгина С.В., Бубен И.И.** Формирование почв на литологически одночленных материнских породах и их деградация под влиянием природных агрогенных процессов.....

ЮБИЛЕИ

- Аношка В.С.** Акадэмік Іван Сцяпанавіч Лупіновіч (да 110-годдзя з дня нараджэння).....
- Рефераты**.....

CONTENTS

Lapa V.V. Soil fertility of the Republic of Belarus, problems and perspectives.....

1. SOIL RESOURCES AND THEIR RATIONAL USE

Tsytron G.S., Shibut, L.I., Matychenkova O.V. The suitability of soils of the Republic of Belarus for winter wheat cultivation

Tsytron G.S., Matychenkov D.V., Severtsov V.V. Methodology for creating of the digital thematic soil maps.....

Semenenko N.N., Karankevich E.V. Forecasting models of peat soils chemical composition in Polesye under the influence of anthropogenic factors.....

Chernysh A.F., Ustinova A.M., Mikhailovskaya N.A., Radyuk A.Eh., Klus A.A. Comparative estimation of eroded soil properties at unchangeable cultivation of east galega and crops of fodder crop rotation.....

Drobysch S.V., Bubnova T.V., Azarenok T.N. Reflective capacity of the degree of soil erosion.....

Afanas'ev N.Y. Coefficients of moisture of soils of Belarus and yields of agricultural cultures.....

Ageyets V.Y., Lozovaya Z.V. The new method for determination of content of physical clay in mineral soils with using of natural radio-activity of ^{40}K

2. SOIL FERTILITY AND FERTILIZATION

Lapa V.V., Lomonos M.M. Productivity of cereal-grass crop rotation as well as variation of agrochemical properties of luvisol light loamy soil.....

Klebanovich N.V. Definition of optimum doses of lime on a complex of parameters for sod-podzolic soils of Belarus.....

Tsaruk I.A., Germanovich T.M., Safronovskaya G.M. Effects of different forms of lime ameliorants on agrochemical properties of sod-podzolic light loamy slightly acid soil.....

Satishur V.A., Germanovich T.M., Popleteeva R.B., Chopchits G.S., Evseenko G.A. Influence of liming on a potash mode of sod-podzolic light loamy soils.....

Bogatyreva E.N., Seraya T.M., Biryukov R.N., Biryukova O.M., Turov V.V., Rodina M.Ed., Triputina T.P. The agroeconomic efficiency of organic and mineral fertilizers in a crop rotation link on sod-podzolic soils.....

Lapa V.V., Ivakhnenko N.N., Lomonos M.M., Kulesh O.H., Gracheva A.A. Efficiency of complex application of mineral fertilizers and chemicalization means at spring wheat cultivation on luvisol soils.....

Tavrykina O.M., Bogdevich I.M., Putyatin Yu.V. Yield of wheat varieties and removal of radionuclide ^{137}Cs on land contaminated with radionuclides.....

Golovatyj S.E., Kovalevitch Z.S., Lukashenko N.K. Effect of sodium and chlorine content in soil on summer grain crops productivity.....

Radovnya O.S., Radovnya V.A., Kapylovich V.L. Use a nitric nutrition backgrounds in winter rye selection.....

Kapylovich U.L., Radovnya U.A. Influence of postharvest sowing of cabbage crops on grain productivity of spring triticale.....

Semenenko N.N., Vaga I.I. Efficiency of complex application of means of chemicalization at winter triticale cultivation on the anthropologically-transformed peat soils.....

Tsaruk I.A., Germanovich T.M., Safronovskaya G.M. Photosynthetic efficiency and yield of spring rape seeds in the liming of sod-podzolic light loamy slightly acid soil

Shlapunov V.N., Radovnya V.A., Alyapkin A.V. Influence of agricultural methods on accumulation of the postharvest rests of a summer rape.....

Martsul' O.N. Productivity and nutrition elements removal under cultivation of maize on sod-podzolic light loamy soil.....

Rak M.V., Barashkova E.N. Influence of boric fertilizer on productivity and quality of oil flax seeds in relation to b-status of podzoluvisol loamy sand soil.....

Rak M.V., Nikolaeva T.G. Influence of cobalt and manganese fertilizers on feed value of blue lupine.....

Mikhajlovskaya N.A., Tarasyuk E.G. Effect of biofertilizer Kaliplant on quality of grain crops growing on luvisol loamy sand soil.....

Stepuro M.F., Bot'ko A.V. Influence of fertilizers doses, foliar applications and substrate volumes on watermelon and melon seedlings growth and development.....

Pirogovskaya G.V., Khmelevsky S.S. Content of exchange and water-soluble sodium, chlorides and sulphates in soils of Minsk.....

Lisitsa V.D., Bubnova T.V., Shul'gina S.V., Buben I.I. Formation of soils on litological monomial parent rocks and their degradation under the influence of natural and anthropogenic processes.....

OUR JUBILEES

Anoshka V. The academician **Ivan Stjapanavich Lupinovich** (to the 110-th birthday).....

Summaries

ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В.В. Лапа

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

Плодородие почв сельскохозяйственных угодий является основным фактором, обуславливающим ведение сельского хозяйства на современном уровне. Под современным уровнем ведения сельского хозяйства понимается использование агротехнологий, обеспечивающих получение растениеводческой продукции высокого качества с низкой себестоимостью и максимально возможным уровнем рентабельности при условии сохранения или повышения плодородия почв.

В структуре пахотных почв Республики Беларусь преобладают дерново-подзолистые и дерново-подзолистые заболоченные почвы, которые в целом занимают 87,5% (табл.1). По своему генезису эти почвы обладают достаточно низким потенциальным плодородием и получение высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур на них возможно только при условии внесения достаточных доз минеральных и органических удобрений, обеспечивающих положительный баланс основных элементов питания.

Таблица 1

**Динамика площадей пахотных земель Республики Беларусь по типам почвообразования
(по состоянию на 1964 и 2005 гг.)**

Тип почвы	2005 г.		± 2005 г. к 1964 г.	
	тыс. га	%	тыс. га	%
Общая площадь	5114,9		-737,0	
Дерново-карбонатные	2,8	0,1	-14,1	-0,2
Дерново-подзолистые	2402,1	47,0	-1592,6	-21,3
Дерново-подзолистые заболоченные	2071,9	40,5	765,2	18,2
Дерновые заболоченные	303,3	5,9	120,6	2,8
Торфяные	245,8	4,8	-105,0	-1,2
в т.ч. дегроторфяные	72,4	1,4	72,4	1,4

Таблица 2

Оценка плодородия почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь

Область	Плодородие почв в баллах по видам земель			
	сельскохозяйственные в целом	в том числе		
		пахотные	луговые улучшенные	луговые естественные
Брестская	29,5	31,9	27,6	17,5
Витебская	25,8	26,6	27,7	13,4
Гомельская	27,5	30,1	24,9	16,5
Гродненская	31,6	34,4	28,1	16,4
Минская	30,4	32,8	26,3	14,3
Могилевская	28,8	31,6	27,0	14,5
Беларусь	28,9	31,2	26,8	15,2

По кадастровой оценке пахотные почвы в целом по республике оцениваются в 31,2 баллов, почвы улучшенных сенокосов и пастбищ – 26,8, естественных луговых угодий – 15,2 баллов (табл.2). Пахотные земли, плодородие которых оценивается в 25-35 баллов, занимают 46,4 % пашни, на долю почв с баллом 20,1-25 приходится 16,3%, а с баллом 20 и ниже – 7,6% пашни (табл. 3).

Распределение площади пахотных земель Республики Беларусь по уровню плодородия рабочих участков (по данным кадастровой оценки)

Группы по уровню плодородия (в баллах)	Площадь	
	тыс. га	%
до 20	347,3	7,6
20,1 ... 25,0	744,8	16,3
25,1 ... 30,0	1055,6	23,1
30,1 ... 35,0	1064,7	23,3
35,1 ... 40,0	726,6	15,9
40,1 ... 45,0	374,7	8,2
более 45,0	255,9	5,6

Почвы, оцениваемые в 20,1-25 баллов и особенно в 20 баллов и ниже, необходимо рассматривать как объект для дальнейшей оптимизации землепользования, так как использование их под пашней экономически невыгодно.

Плодородие почв является одним из наиболее важных факторов, обуславливающих уровень урожайности сельскохозяйственных культур и одновременно позволяющих снизить зависимость растениеводческой отрасли сельского хозяйства от неблагоприятных погодных условий. В длительных полевых опытах на искусственно созданных агрохимических фонах, установлено, что чем выше содержание в почвах подвижных форм фосфора и калия, тем меньше подвергаются растения негативному влиянию таких отрицательных погодных явлений, как засуха, или весенние заморозки.

По нашему мнению, основным направлением в повышении продуктивности и устойчивости земледелия (всепогодное земледелие) должно быть повышение плодородия почв и отработка всех элементов технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Планирование объемов работ и осуществление почвоулучшающих мероприятий проводится из расчета достижения и поддержания оптимальных параметров основных агрохимических свойств почв. Так, для наиболее распространенных дерново-подзолистых супесчаных почв оптимальные значения показателя рН составляют 5,5-6,2, содержание фосфора – 200-250, калия – 170-250 мг/кг почвы, гумуса – 2,0-2,5%.

Под научно-методическим руководством Института почвоведения и агрохимии с 1970 года в республике проводится постоянный мониторинг за состоянием плодородия почв. Если в период с 1992 по 1997 гг. в результате снижения объемов внесения минеральных и органических удобрений произошел определенный спад по содержанию в почвах фосфора и калия, то в последние годы отмечаются устойчивые положительные тенденции, как в объемах применения удобрений, так и изменении агрохимических показателей плодородия почв. Тем не менее, следует отметить, что имеются и отдельные проблемы.

Пахотные почвы.

Кислотность почв. По состоянию на 01.01.2009 года средневзвешенный показатель кислотности (рН в КСl) составляет 5,90 (рис.1). Оптимальные значения показателя кислотности для пахотных почв дифференцируются в зависимости от гранулометрического состава почв и составляют в целом по республике рН 6,0-6,2. В почвах районов, загрязненных стронцием-90, где кальций является наиболее существенным антагонистом данного радионуклида, кислотность почв доведена до оптимальных значений. Можно считать, что в настоящее время достигнута нижняя граница оптимального показателя и задача состоит в том, чтобы поддерживать его на достигнутом уровне.

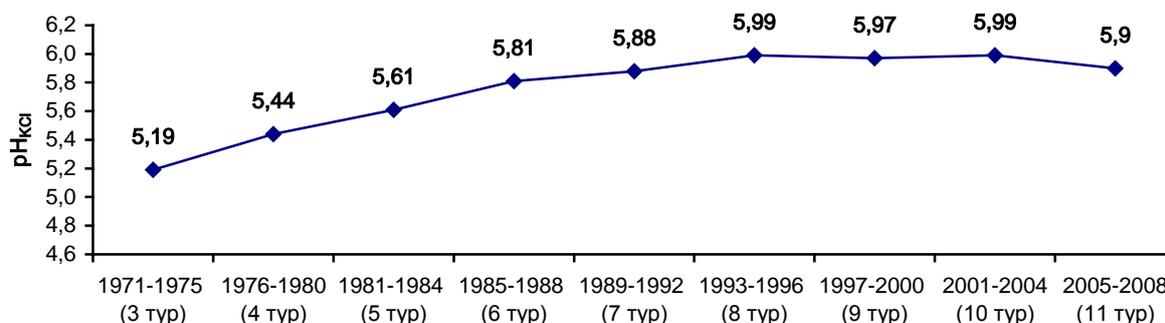


Рис. 1. Динамика изменения кислотности пахотных почв по турам агрохимического обследования

Проблемы. За последние 4 года в 70 районах произошло частичное подкисление почв пахотных земель, что явилось следствием снижения объемов известкования в результате снижения объемов финансирования, выделяемого на эти работы. Другой, не менее важной проблемой, в этом вопросе остается качество внесения доломитовой муки. Остающиеся на балансе РО «Белагросервис» машины АРУП-8 (310 ед. и РУП-8 (80 ед.) физически и морально устарели и по своим конструктивным параметрам не могут обеспечивать неравномерность распределения доломитовой муки на уровне ОСТа – 25%. Фактическая неравномерность внесения доломитовой муки при работе в хозяйствах составляет 60-90 и более процентов. Такая же неравномерность распределения (60-90%) отмечается и при использовании для известкования центральных машин МБУ-5, -8, -12 и МХА-7.

Решением вопроса может быть серийное производство машин для внесения пылевидной извести с распределителями штангового типа МХС-10, конструкции Института механизации сельского хозяйства, у которых неравномерность внесения доломитовой муки, как по ширине захвата, так и по ходу движения не превышает 15%.

В связи с вышеизложенным, для дальнейшей оптимизации состояния кислотности пахотных почв считаем целесообразным решение следующих вопросов:

1. Ежегодно на период до 2015 г. необходимо известковать 474 тыс. га, для чего необходимо 1,6-1,7 млн. т доломитовой муки в физическом весе и около 300 тыс. т дефеката.

2. Улучшить качество известкования кислых почв, для чего полностью заменить парк используемых машин АРУП-8, РУП-8 на новые машины отечественного производства МХС-10 с распределителями штангового типа. Потребность в машинах МХС-10 с учетом объемов известкования составляет 415 ед. (годовая производительность – 1144 га).

Содержание фосфора. Максимальное содержание подвижных форм фосфора (188 мг/кг почвы) было достигнуто в период соответствующий 7 туру крупномасштабного агрохимического обследования (1989-1992 гг.). В последующем отмечено постепенное снижение содержания его до 178 мг/кг почвы (2001-2004 гг.). Причиной этого явились низкие объемы применения фосфорных удобрений в период с 1994 по 2004 гг. (12-22 кг/га д.в.), что, несомненно, не могло не отразиться на урожайности сельскохозяйственных культур. Радикально ситуация начала меняться с 2005 г., когда объем применяемых удобрений в сельском хозяйстве превысил 1 млн. т д.в. Результаты последнего тура агрохимического обследования показали, что падение фосфора в почвах остановилось, отмечен даже небольшой его рост (+ 1 мг/кг). В настоящее время в пахотных почвах республики средневзвешенное содержание подвижного фосфора составляет 179 мг/кг (рис. 2).

Проблемы. На фоне повышения содержания фосфора в пахотных почвах в целом по республике, в 47 районах, в том числе 14 районах Гродненской области отмечена отрицательная тенденция. Поэтому, учитывая высокие прогнозные показатели Гродненской области по производству растениеводческой продукции, в отмеченных районах необходимо существенно увеличить объемы применения фосфорных удобрений.

К наиболее актуальным в предстоящей пятилетке следует отнести решение следующих вопросов:

1. Обеспечить применение фосфорных удобрений в объемах согласно технологической потребности 316 тыс. т д.в. в год, что позволит компенсировать ежегодный вынос этого элемента с урожаем (250 тыс. т д.в.) и дифференцированно повышать запасы его в пахотных почвах.

2. С целью повышения сбалансированности минерального питания и снижения энергозатрат на внесение минеральных удобрений, расширить на ОАО «Гомельский химический завод» производство комплексных удобрений из расчета полной потребности под сахарную свеклу (70 тыс. т ф.в.), пивоваренный ячмень (56 тыс. т ф.в.), картофель (30 тыс. т ф.в.), гречиху (5 тыс. т ф.в.), озимую и яровую пшеницу (260 тыс. т ф.в.).

Содержание калия. В пахотных почвах республики средневзвешенное содержание подвижных форм калия составляет 193 мг/кг почвы и за четыре последних года возросло на 3 мг/кг (рис. 2). На 56% пашни достигнут оптимальный уровень обеспеченности почв калием, хотя сохранилось 45 районов с отрицательным балансом его. В дальнейшем необходимо сохранить уровень внесения калийных удобрений в объемах, запланированных в Государственной программе возрождения и развития села (848 тыс. т д.в.). Это позволит достичь нижней границы оптимального показателя и в системе удобрения сельскохозяйственных культур перейти на дозы, компенсирующие вынос калия с планируемой урожайностью сельскохозяйственных культур.

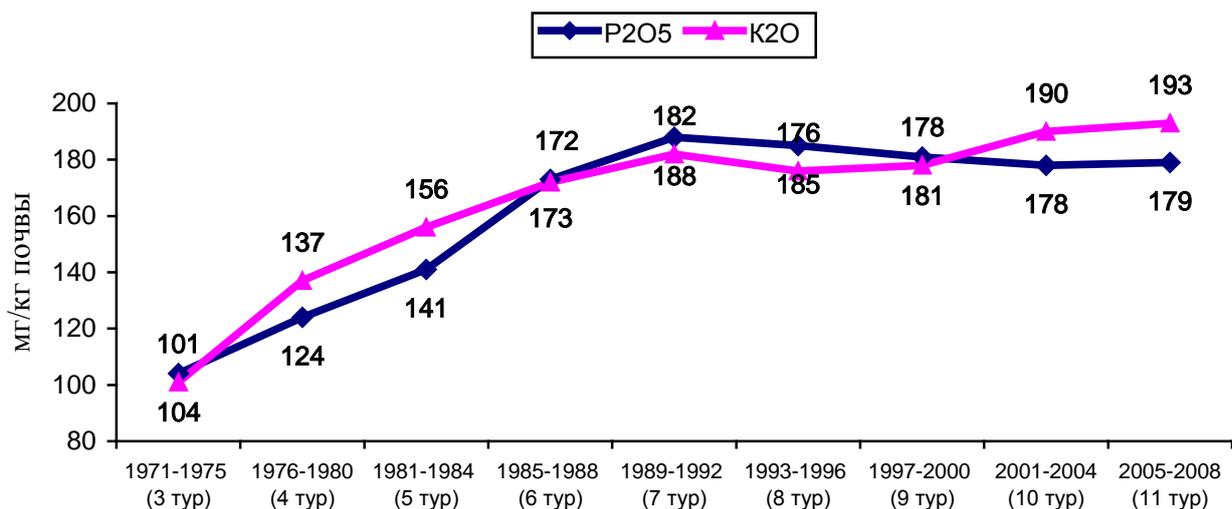


Рис. 2. Динамика изменения содержания подвижных форм фосфора и калия в пахотных почвах Республики Беларусь

Содержание гумуса. В настоящее время средневзвешенное содержание гумуса в почвах пахотных земель составляет 2,24% и по отношению к предыдущему туру обследования уменьшилось на 0,01% (2,25%). Снижение содержания гумуса в почвах является следствием недостаточных объемов применения органических удобрений, внесение которых в последние годы составляло 6,1-8,3 т/га.

С учетом существующей структуры посевных площадей для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в пахотных почвах республики потребность в органических удобрениях составляет 12,0 т/га или 55,7 млн. т. Для обеспечения положительного баланса гумуса в почвах нужно максимально использовать все возможные источники органического вещества – солому, торф, а также расширить посевы многолетних трав и промежуточных культур.

При использовании соломы на удобрение происходит обогащение почвы элементами питания и повышается содержание гумуса. С одной тонной соломы в почву возвращается в среднем 4,2 кг азота, 1,7 кг фосфора, 8,3 кг калия, 4,2 кг кальция, 0,7 кг магния и ряд микроэлементов, которые больше накапливаются в соломе, чем в зерне. Удобрение соломой повышает доступность фосфора и калия почвы, за счет растворяющего действия веществ кислой природы, образующихся при ее разложении. Это особенно важно при дефиците минеральных удобрений, имеющем место во многих хозяйствах республики. Запашка одной тонны соломы в сочетании с жидким навозом или минеральным азотом по своему действию равноценна 3,5-4,0 т/га соломистого навоза.

Проблемы. В структуре посевных площадей на пашне в настоящее время установилось неблагоприятное, с позиции гумусонакопления, соотношение между пропашными культурами и многолетними травами, которое составляет 0,75 (в 2004 г. – 1,4). Преобладание процессов минерализации гумуса над его синтезом приводит к увеличению потребности пахотных почв в органических удобрениях для поддержания бездефицитного баланса гумуса.

В республике ежегодно накапливается около 8 млн. т полужидкого навоза, для внесения которого в чистом виде в сельскохозяйственных организациях республики отсутствуют специальные сельхозмашины. Поэтому полужидкий навоз может применяться только в виде компостов. Для его компостирования ежегодная потребность в торфе составляет 2,8 млн. т (в 2009 г. для этих целей добыто всего 371 тыс. т торфа).

Традиционно сложившаяся практика использования основного количества органических удобрений в период посева яровых культур создает большое напряжение в весенне-полевых работах, отрицательно сказывается на качестве распределения по полю и заделке удобрений, приводит к переуплотнению почвы и затягиванию сроков сева. Внесение органических удобрений под сельскохозяйственные культуры весной не соответствует научно обоснованным рекомендациям и практике лучших хозяйств страны.

В связи с вышесказанным, в ближайшей перспективе необходимо решить следующие вопросы:

1. Для обеспечения положительного баланса гумуса в почвах нужно максимально использовать все возможные источники органического вещества – солому (не менее 3 млн. т в комплексе с внесением азотных удобрений из расчета 10 кг на одну тонну соломы, или с жидким навозом в количестве не менее 20 т/га), торф (2,8 млн. т), а также расширить посевы поукосных и промежуточных культур до 10% от посевных площадей.

2. Оптимизировать к 2015 г. соотношение между пропашными культурами и многолетними травами, т.е. изменить структуру посевных площадей таким образом, чтобы на 1 га пропашных приходи-

лось 1,5 га многолетних трав (в настоящее время на 1 га пропашных приходится 0,75 га многолетних трав).

3. Полностью перейти на внесение органических удобрений под кукурузу, сахарную свеклу, картофель, кормовые корнеплоды только осенью. Это позволит провести весенне-полевые работы в лучшие агротехнические сроки, избежать переуплотнения почв и, уменьшить затраты на вывозку и внесение органических удобрений за счет уменьшения их массы.

Содержание микроэлементов. Почвы пахотных угодий достаточно хорошо обеспечены микроэлементами – бором, медью и цинком. Средневзвешенное содержание бора в пахотных почвах составляет 0,62 мг/кг, что близко к оптимальному значению и мало различается как по турам обследования, так и по областям.

Средневзвешенное содержание меди в пахотных почвах республики составляет 1,83 мг/кг, с колебаниями от 1,49 в Гродненской до 2,19 мг/кг в Брестской областях. Около половины площади пашни характеризуется оптимальным содержанием подвижных форм меди.

Пахотные почвы характеризуются средним уровнем обеспеченности цинком. Средневзвешенное содержание цинка в пахотных почвах составляет 3,58 мг/кг и колеблется по областям от 2,60 мг/кг в Гродненской области до 3,82 мг/кг в Могилевской области, 66% пахотных почв относятся к первой (низкой) группе обеспеченности.

Данные по содержанию микроэлементов в почвах являются необходимым показателем для планирования потребности в микроудобрениях. Считаю нецелесообразным вносить микроудобрения в почву. Наиболее экономичным и экологически обоснованным способом применения микроудобрений являются некорневые подкормки сельскохозяйственных культур.

Объемы внесения минеральных удобрений на пахотные земли за последние годы постоянно возрастают и в 2009 г. превышен максимальный уровень, достигнутый в 1986-1993 гг. (рис. 3). В расчете на 1 га пашни в 2009 г. было внесено 288 кг NPK, в том числе 49 кг/га д.в. фосфорных удобрений.

Следует отметить, что интенсификация работ по использованию минеральных и органических удобрений, совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур явились одним из факторов роста их урожайности. В 2008-2009 гг. в целом по республике урожайность зерновых культур составила 35,2-33,2ц/га, сахарной свеклы – 439-450 ц/га, картофеля – 205-159 ц/га.

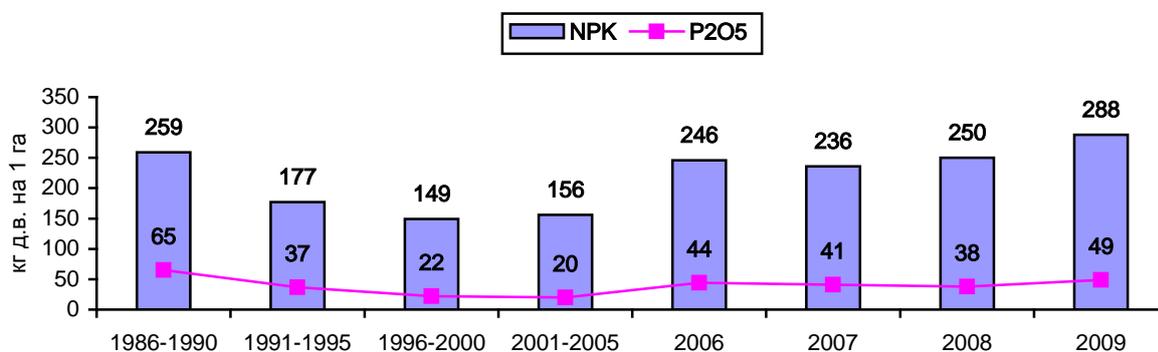


Рис.3. Динамика применения минеральных удобрений на пахотных землях Республики Беларусь

Почвы лугопастбищных угодий. Агрохимические свойства почв улучшенных сенокосов и пастбищ, за исключением показателя кислотности и содержания гумуса, традиционно низкие. Средневзвешенный показатель кислотности (рН) в настоящее время составляет 5,88 и по отношению к предыдущему туру обследования он уменьшился на 0,03. За период с 1985 г. содержание фосфора в почвах лугопастбищных угодий не оставалось практически на одном уровне – 108-110 мг/кг, содержание калия в период с 1985 по 2000 годы было на уровне 106-110 мг/кг, а начиная с 2001 г. по настоящее время возросло до 128 мг/кг почвы. Низкая обеспеченность элементами питания почв улучшенных сенокосов и пастбищ является следствием низких объемов применения органических и минеральных удобрений как при перезалужении или коренном улучшении, так и в период их использования. Вовлечение таких почв в состав пахотных угодий с этих позиций не имеет смысла, так как агрохимические показатели будут лимитировать урожайность возделываемых культур и потребуют больших затрат на удобрения в процессе их окультуривания.

Повышение плодородия почв лугопастбищных угодий в настоящее время является очень дорогостоящим мероприятием и при существующих травосмесях, будет экономически неоправданным. Считаю целесообразным повысить качество перезалужения или коренного улучшения сенокосов и пастбищ. Для этого необходимо использовать современные высокоинтенсивные травосмеси и применять рекомендуемые дозы органических и минеральных удобрений. В период эксплуатации луго-

пастбищных угодий обеспечить поверхностное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений в дозах, соответствующих технологическим регламентам.

Необходимо иметь в виду, что для обеспечения эффективности всех мероприятий по повышению плодородия почв, они должны сопровождаться соблюдением комплекса приемов, обеспечивающих получение окупаемости 1 кг NPK не менее 7-8 кг зерна.

К таким мероприятиям следует отнести:

- соблюдение доз и сроков внесения минеральных и органических удобрений с учетом состояния плодородия почв в соответствии с технологическими регламентами;
- комплексное применение азотных удобрений с регуляторами роста, микроудобрениями и средствами химической защиты растений от сорняков, болезней и вредителей;
- переход на широкое использование в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур комплексных макроудобрений со сбалансированным составом элементов питания;
- повышение точности дозирования и качества внесения минеральных удобрений за счет совершенствования технических средств.

ВЫВОДЫ

Таким образом, анализ состояния агрохимических свойств пахотных почв в Республике Беларусь показывает, что, в целом, благодаря мерам по увеличению объемов применения минеральных и органических удобрений, наметилась определенная положительная тенденция к их улучшению. Тем не менее в 70 районах республики отмечен процесс подкисления пахотных почв, в 47 районах произошло снижение запасов в почвах подвижных форм фосфора, в 45 районах – калия, в 69 районах – гумуса. Наиболее масштабно эти процессы происходят в Гродненской и Минской областях.

Эти процессы свидетельствуют о нарушениях в системе применения удобрений и выполнении планов известкования кислых почв. В дальнейшем эти процессы могут негативно отразиться на общей продуктивности пахотных почв и привести к значительному росту затрат на восстановление агрохимических показателей плодородия почв.

SOIL FERTILITY OF THE REPUBLIC OF BELARUS, PROBLEMS AND PERSPECTIVES

V.V. Lapa

Summary

The data on dynamic of agrochemical indicators of arable soil fertility of the Republic of Belarus, their cadastre assessment are given. It is found that more actual in planned further intensification of agricultural production there are the problems of conservation and increasing of organic matter and phosphorus supply in soils of arable lands.

Поступила 23 марта 2010 г.

ПРИГОДНОСТЬ ПОЧВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Г.С. Цытрон, Л.И. Шибут, О.В. Матыченкова
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Почвы, в силу своих генетических особенностей, а также свойств, измененных человеком, могут быть пригодными, малопригодными или вообще непригодными для возделывания той или иной сельскохозяйственной культуры. К тому же и культуры по-разному реагируют на определенные почвенные условия для своего развития и роста. Поэтому исследования по установлению пригодности почв для возделывания отдельных сельскохозяйственных культур, их агропроизводственная группировка по степени пригодности и сведения о наличии площадей почв, пригодных под определенные культуры, являются актуальными в целях экономической целесообразности их возделывания на территории республики.

Актуальность подобных исследований подтверждается также и принятием Советом Министров Республики Беларусь решения о проведении очередного тура кадастровых землеоценочных работ, основу которых составляет шкала оценочных баллов плодородия почв. Материалы же нового тура крупномасштабного почвенного картографирования сельскохозяйственных земель свидетельствуют о том, что за истекший с момента последней оценки период компонентный состав почвенного покрова претерпел существенные изменения, а это обусловило необходимость исследований по установлению степени пригодности всего современного разнообразия почв пашни для возделывания той или иной культуры, в том числе и озимой пшеницы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследований явилось все разнообразие почв пахотных земель республики по типовой принадлежности, степени увлажнения, гранулометрическому составу почвообразующих и подстилающих пород, характеру строения генетического профиля, а также возделываемая на них сельскохозяйственная культура – озимая пшеница, которая является одной из основных продовольственных зерновых культур в республике. Ее посевная площадь в последние годы составляет около 300 тыс. га.

Характеристика современного состояния почвенного покрова пахотных земель дана на основе обобщения материалов последнего тура почвенного картографирования [1] и крупномасштабного агрохимического обследования сельскохозяйственных земель [2], а также новой классификации почв, разработанной в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» в 2007 г. [3].

Изучение производительной способности почв в отношении озимой пшеницы проводилось методом полевых мелкоделяночных учетов ее урожайности в производственных посевах в сравнимых условиях агротехники, а также путем обобщения и анализа литературных и опытных данных. Учет урожайности проводился на делянках площадью 1 м² в 6-кратной повторности с отбором смешанных образцов для определения степени окультуренности почв и ее сравнения по учетным площадкам. Поля для учетных делянок подбирались таким образом, чтобы различия агрохимических свойств почв были незначительными.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования степени пригодности почв под различные культуры, проводимые в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» на протяжении многих лет, показали, что в условиях Беларуси производительная способность пахотных земель определяется, главным образом, типовыми различиями почв, степенью их увлажнения, гранулометрическим составом почвообразующих и подстилающих пород, строением генетического профиля [4].

Систематизация и анализ полученных результатов исследований, а также данных многочисленных литературных источников [5-10 и др.], позволили установить, что наиболее пригодными среди типов и подтипов почв для большинства культур, возделываемых в республике, в том числе и для озимой пшеницы, являются самые плодородные почвы республики – агродерново-карбонатные оглеенные внизу и на контакте легкосуглинистые, плодородие которых оценивается в 100 баллов (100%). На агродерново-подзолистых почвах того же гранулометрического состава получают урожаи на 25-30% ниже. Глееватые надподтипы агродерново-карбонатных заболачиваемых и агродерново-подзолистых заболачиваемых почв в неосушенном состоянии снижают урожайность пшеницы в срав-

нении с наиболее плодородными на 55-60% и 60-65% соответственно, что делает их практически непригодными для ее возделывания. В то же время производительная способность осушенных разновидностей приближается к автоморфным аналогам.

Для исследования влияния степени увлажнения почв на урожайность озимой пшеницы были взяты агродерново-подзолистые автоморфные и заболочиваемые почвы одного гранулометрического состава (легкосуглинистые). Сравнение слабogleеватых (временно избыточно увлажненных), глееватых и глеевых почв показывает, что почвы, отличающиеся непродолжительным периодом избыточного увлажнения (слабogleеватые), могут использоваться для возделывания озимой пшеницы, хотя снижение урожайности на них может достигать 10-15% в сравнении с автоморфными. На глееватых снижении урожайности составляет уже 50-55%, а на глеевых достигает 70%, по сравнению с почвами нормального увлажнения. Исходя из этого, неосушенные глееватые и глеевые почвы являются непригодными для возделывания озимой пшеницы. Осушение заболочиваемых почв повышает их плодородие. Причем это увеличение зависит от исходной степени увлажнения и гранулометрического состава. На остаточного-глееватых легкосуглинистых почвах оно составляет 40-45%, на остаточного-глеевых – 50-55% при нормальной работе гидромелиоративных систем.

Исследованиями также установлено, что в условиях Беларуси среди агродерново-подзолистых автоморфных почв наиболее высокие урожаи озимой пшеницы были получены на легкосуглинистых разновидностях. По мере перехода почв от суглинистого гранулометрического состава к супесчаному и песчаному урожайность озимой пшеницы заметно снижалась (до 60-65%). Исходя из этого можно заключить, что для возделывания озимой пшеницы агродерново-подзолистые почвы, развивающиеся на мощных песках, являются непригодными.

Продуктивность пшеницы в значительной мере зависит и от характера строения почвообразующих пород. Исследованиями доказано, что подстиление агродерново-подзолистых суглинистых и связносупесчаных почв песками на глубине до 1,0 м снижает ее урожайность до 30%, а подстиление рыхлосупесчаных и песчаных разновидностей суглинками на такой же глубине увеличивает урожайность на 15-20%.

На основании этих результатов исследований усовершенствована шкала оценочных баллов почв по их пригодности для возделывания озимой пшеницы, которая является составной частью общей шкалы баллов плодородия почв для очередного тура кадастровых землеоценочных работ в Беларуси. Фрагмент этой шкалы, включающий агродерново-карбонатные, агродерново-подзолистые, агродерново-подзолистые заболочиваемые, агродерново-карбонатные заболочиваемые и агродерновые заболочиваемые почвы, занимающие в составе пахотных земель 93,0% от их общей площади, представлен в табл. 1. Всего же шкала включает 332 почвенные разновидности, характеризующие современное разнообразие почвенного покрова республики.

Разнообразие почв по типам, степени увлажнения, гранулометрическому составу, характеру строения почвообразующих пород, степени окультуренности в различном их сочетании приводит к тому, что на территории хозяйств, а тем более районов, встречается большое количество почвенных разновидностей, характеризующихся различным плодородием и пригодностью для возделывания сельскохозяйственных культур. Поэтому для практического использования материалов почвенно-картографических и оценочных работ требуется объединение всего разнообразия почв в агропроизводственные группы, а также группировка их по степени пригодности под культуры.

Анализ почвенных группировок, существующих в Беларуси [11-13], странах дальнего и ближнего зарубежья [14-16] показывает, что все их можно представить в виде двух больших групп: общие и частные.

Общая (или комплексная) агропроизводственная группировка почв – это объединение почвенных классификационных выделов на основе комплекса сходных почвенных свойств или по общим растениеводческим качествам с целью разработки и проведения мероприятий по их использованию и улучшению.

Частная (или специализированная) группировка почв – это объединение почвенных классификационных единиц на основе характеристик, определяющих пригодность почв для возделывания конкретной сельскохозяйственной культуры (или группы культур). Одной из таких специализированных группировок является разработанная Н.И. Смяном [13] 4-уровневая группировка почв (от лучших к худшим): наиболее пригодные, пригодные, малопригодные, непригодные. Разделение почв на группы в этом случае проводится исходя из бонитировочного балла, рассчитанного на основе корреляционной зависимости между свойствами почв и урожайностью возделываемых на них сельскохозяйственных культур.

Существенная антропогенная трансформация почвенного покрова пахотных земель республики в последние годы и его современное агроэкологическое состояние, а также появление более требовательных к условиям произрастания сортов сельскохозяйственных культур, вызвали необходимость в пересмотре существующих групп почв по степени их пригодности под отдельные культуры, в том числе и под озимую пшеницу.

Таблица 1

**Шкала оценочных баллов агродерново-подзолистых, агродерново-карбонатных
и агродерновых различной степени увлажнения почв по их пригодности
под озимую пшеницу (фрагмент)**

Тип, гранулометрический состав почв	Увлажнение почв							
	Автоморфные (типичные)	Оглеенные внизу и на кон- такте	Слабо- глееватые		Глееватые		Глеевые	
			Осушен- ные	Неосу- шенные	Осушен- ные	Неосу- шенные	Осушен- ные	Неосу- шенные
Агродерново-карбонатные, агродерново-карбонатные заболочиваемые, агродерновые заболочиваемые								
<i>Средне- и легкосуглинистые:</i> мощные	81	100	94	70	74	42	68	25
подстилаемые песком	65	76	76	59	64	39	60	25
<i>Связносупесчаные:</i> подстилаемые суглинком	74	86	84	66	68	40	64	26
подстилаемые песком	54	59	58	56	58	33	52	26
<i>Рыхлосупесчаные:</i> подстилаемые суглинком	60	64	64	60	62	36	56	23
подстилаемые песком	43	46	46	45	46	30	41	22
<i>Связнопесчаные:</i> подстилаемые суглинком	46	49	48	47	47	33	44	21
мощные	29	33	31	31	31	28	30	20
Агродерново-подзолистые и агродерново-подзолистые заболочиваемые								
<i>Средне- и легкосуглинистые:</i> мощные	75	71	75	67	67	36	63	22
подстилаемые песком	54	53	54	52	56	35	54	22
<i>Связносупесчаные:</i> подстилаемые суглинком	70	66	69	62	63	36	60	23
подстилаемые песком	47	47	48	46	46	30	45	23
<i>Рыхлосупесчаные:</i> подстилаемые суглинком	52	50	53	50	50	31	48	20
подстилаемые песком	41	41	41	41	41	27	37	18
<i>Связнопесчаные:</i> подстилаемые суглинком	43	42	43	42	42	30	40	18
мощные	28	29	28	29	29	24	29	17

Исходя из новой шкалы оценочных баллов почв и современного состояния почвенного покрова (типовой принадлежности, степени увлажнения, гранулометрического состава почвообразующих и подстилающих пород, эродированности, завалуненности и показателя кислотности пахотного горизонта) разработана агропроизводственная группировка почв пахотных земель Беларуси по степени их пригодности под озимую пшеницу (табл. 2). Наиболее важное значение в этой группировке имеют первые две группы почв (наиболее пригодные и пригодные). Именно они определяют перечень почвенных разновидностей, на которых целесообразно возделывать ту или иную культуру.

Далее, на основании установленной степени пригодности почв (табл. 2) и новых материалов почвенного картографирования пахотных земель республики [1], определены площади пригодных почв для возделывания озимой пшеницы по административным районам, областям и республике.

При подсчете площадей почв, пригодных для возделывания озимой пшеницы, из их состава исключены:

- все песчаные независимо от подстилаяния, а также рыхлосупесчаные, подстилаемые песком, почвы;
- агродерново-карбонатные и агродерново-подзолистые глинистые и тяжелосуглинистые автоморфные и различной степени увлажнения (слабоглееватые, глееватые, глеевые);

Таблица 2

Группировка почв по их пригодности под озимую пшеницу

Степень пригодности	Тип почв	Степень увлажнения	Гранулометрический состав почво-образующих пород	Строение и гранулометрический состав подстилающих пород	Агроэкологическое состояние
1. Наиболее пригодные	Агродерново-карбонатные Агродерново-подзолистые Агродерново-подзолистые заболачиваемые	нормальное увлажнение оглеенные слабоглееватые осушенные	средне- и легкосуглинистые	мощные и подстилаемые песком с гл. до 1 м.	Эродированность и завалуненность отсутствует, рН 6,01-7,00
			связносупесчаные	мощные и подстилаемые суглинком с гл. до 1 м.	
2. Пригодные	Агродерново-карбонатные Агродерново-подзолистые Агродерново-подзолистые заболачиваемые	нормальное увлажнение оглеенные слабоглееватые осушенные и неосушенные слабоглееватые неосушенные	связносупесчаные	подстилаемые песком с гл. до 1 м.	Эродированность и завалуненность слабая, рН 5,81-6,00 7,01-7,50
			рыхлосупесчаные	подстилаемые суглинком с гл. до 1м.	
			средне- и легкосуглинистые связносупесчаные	разного подстилания	
	Агродерново-подзолистые заболачиваемые Агродерново-карбонатные заболач. и агродерн. заболач.	остаточно-глееватые	средне- и легкосуглинистые связносупесчаные	разного подстилания	
			рыхлосупесчаные	подстилаемые суглинком с гл. до 1м.	
Агроторфяные низинные			мощностью более 0,5 м		
3. Мало-пригодные	Агродерново-карбонатные Агродерново-подзолистые Агродерново-подзолистые заболачиваемые Агродерново-карбонатные заболач.и агродерн. заболач.	нормальное увлажнение оглеенные слабоглееватые остаточно-глееватые	глинистые и тяжелосуглинистые	разного подстилания	Эродированность и завалуненность средняя, рН 5,50-5,80 7,51-8,00
			рыхлосупесчаные	подстилаемые песком с гл. до 1 м.	
			связнопесчаные	подстилаемые суглинком с гл. до 1м.	
	Агроторфяные низинные			мощностью менее 0,5 м	
	Дегроторфоземы	торфяно-минеральные минеральные остаточно-торфяные	разного гранулометрического состава	разного подстилания	
4. Непригодные	Агродерново-карбонатные Агродерново-подзолистые Агродерново-подзолистые заболачиваемые	нормальное увлажнение оглеенные слабоглееватые остаточно-глееватые	связнопесчаные	подстилаемые песком с гл. до 1 м.	Эродированность и завалуненность сильная и очень сильная, рН < 5,50 > 8,00
			рыхлосупесчаные	на мощных песках и подстилаемых суглинком	
	Агродерново-подзолистые заболачиваемые Агродерново-карбонатные заболач. и агродерн.заболач.	глееватые глеевые и остаточно-глеевые	разного гранулометрического состава	разного подстилания	

- глеевые (осушенные и неосушенные) и глееватые неосушенные надподтипы всех типов и разного гранулометрического состава;
- агроаллювиальные дерновые заболочиваемые (осушенные и неосушенные) различного увлажнения и гранулометрического состава.

Озимая пшеница может возделываться и на агроторфяных почвах при условии нормального функционирования гидромелиоративных систем. Однако, ввиду того, что гидромелиоративные системы в настоящее время часто находятся в неудовлетворительном состоянии, эти почвы в состав пригодных также не включены.

При окончательном установлении площадей пригодных почв под данную культуру учитывались их эродированность и кислотность пахотного горизонта, которые также оказывают существенное влияние на ее урожайность. Наиболее благоприятная реакция почвенной среды для возделывания озимой пшеницы рН от 6,0 до 7,0 (допустимым является и рН 5,8). Поэтому при определении площадей почв, пригодных для ее возделывания, из общей площади пригодных почв исключены почвы I-III групп кислотности (с рН < 5,5), а также половина почв IV группы (с рН 5,5-6,0) [3]. Из пригодных почв также исключены средне- и сильносмытые почвы (табл. 3, рис. 1).

Таблица 3

Площади пригодных почв для возделывания озимой пшеницы

Области	Вся посевная площадь в сельскохозяйственных организациях в 2009 г., тыс. га	Площадь пригодных почв по типам, увлажнению и гранулометрическому составу, %	Площадь пригодных почв по кислотности (рН > 5,8), %	Площадь средне- и сильноэродированных почв, %	Всего пригодных почв, %	Возможная посевная площадь на пригодных почвах, %	Фактическая посевная площадь в 2009 г., % от общей посевной площади
Брестская	797,1	16,4	64,4	1,0	9,6	2,4	5,3
Витебская	812,5	72,7	74,9	4,3	50,1	12,5	11,0
Гомельская	767,3	16,2	74,7	0,1	12,0	3,0	3,5
Гродненская	721,7	63,2	63,2	2,8	37,1	9,3	7,0
Минская	1180,3	57,1	70,4	2,5	37,8	9,4	6,3
Могилевская	731,9	71,7	73,2	2,7	49,8	12,4	6,1
Республика Беларусь	5010,8	52,2	70,2	2,4	34,2	8,6	6,5

Согласно результатам исследований в республике под озимую пшеницу пригодны 34,2% площади пахотных земель (табл. 3). По областям их площадь колеблется от 9,6% в Брестской области до 50,1% в Витебской. По районам наблюдаются еще более значительные колебания (рис. 1): от практически полного отсутствия пригодных почв в составе пахотных земель (Петриковский, Светлогорский, Лельчицкий, Лунинецкий, Малоритский – 0,0-0,1%) до 65-75% их площади (Несвижский, Круглянский, Дубровенский, Шкловский). В 27 районах республики доля пригодных почв для возделывания озимой пшеницы менее 10,0%. Это, в основном, районы Брестской и Гомельской областей. В то же время в 24 районах доля пригодных почв составляет более 50,0% (4 района Минской области, 9 – Витебской, 11 – Могилевской).

К вышеизложенному следует добавить, что озимую пшеницу можно возделывать и на некоторых участках почв более легкого гранулометрического состава разной типовой принадлежности, при условии их высокой окультуренности.

В табл. 3 приведены также возможные посевные площади озимой пшеницы на пригодных почвах с учетом чередования культур в севооборотах и допустимых сроков возврата ее на прежнее поле по фитосанитарным условиям (не менее чем через три года), а также фактические посевные площади в 2009 г. Сравнение этих показателей показывает возможность расширения посевов озимой пшеницы, или необходимости их сокращения при недостатке пригодных почв в том или ином регионе.

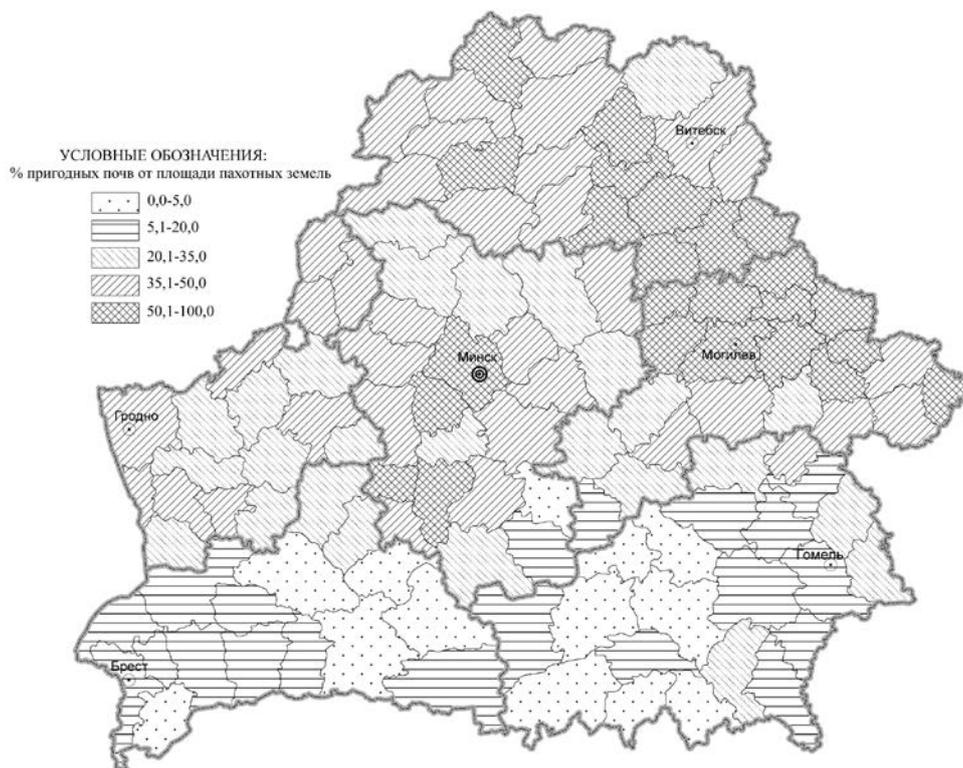


Рис. 1. Пригодность почв Республики Беларусь для возделывания озимой пшеницы

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований установлено, что:

– наиболее пригодными для озимой пшеницы являются агродерново-карбонатные оглеенные внизу и на контакте легкосуглинистые почвы, плодородие которых оценено в 100 баллов. На агродерново-подзолистых почвах того же гранулометрического состава урожайность озимой пшеницы снижается на 25-30%;

– агродерново-подзолистые слабogleеватые почвы могут использоваться для возделывания озимой пшеницы в неосушенном состоянии, хотя снижение урожайности на них может достигать 10-15% в сравнении с автоморфными. На глееватых надподтипах это снижение составляет 50-55%, а на глеевых достигает 70%;

– среди почв одного типа, наиболее высокой производительной способностью по отношению к озимой пшенице характеризуются легкосуглинистые разновидности. По мере перехода почв от суглинистого гранулометрического состава к песчаному продуктивность озимой пшеницы снижается более, чем наполовину.

2. Агропроизводственная группировка почв Беларуси по степени их пригодности под озимую пшеницу основывается на выделении 4 групп: наиболее пригодные, пригодные, малопригодные и непригодные, определяемых их балльной оценкой и предусматривающих учет типовой принадлежности почв, степени их увлажнения, строения генетического профиля, гранулометрического состава почвообразующих и подстилающих пород, отдельных характеристик их агроэкологического состояния (эродированности, кислотности).

3. Площадь пригодных почв под озимую пшеницу по республике составляет 34,2% от общей площади пахотных земель, изменяясь по областям от 9,6% в Брестской до 50,1% в Витебской и по районам – от 0,1% и менее в Петриковском, Светлогорском, Лельчицком, Лунинецком, Малоритском до 65-75% в Несвижском, Круглянском, Дубровенском, Шкловском.. Наглядное представление полученной информации дает картосхема распространения пригодных почв для возделывания озимой пшеницы, составленная в разрезе административных районов республики.

Полученные результаты исследований являются научной основой целесообразности использования тех или иных компонентов почвенного покрова пахотных земель республики для возделывания озимой пшеницы при размещении этой культуры по полям севооборотов, планировании посевных площадей по районам и областям, формировании оптимальной структуры ее посевных площадей по республике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практ. пособие / Под ред. Г.И. Кузнецова, Н.И. Смеяна. – Мн.: Оргстрой, 2001. – 432 с.
2. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь. – Мн.: РУП “Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси”, 2006. – 288 с.
3. Смеян, Н.И. Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси / Н.И. Смеян, Г.С. Цытрон; Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 220 с.
4. Шибут Л.И., Радченко Н.В. Роль различных факторов в оценке плодородия пахотных земель Беларуси // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 1(38). – С. 47-54.
5. Смеян, Н.И. Пригодность почв БССР под основные сельскохозяйственные культуры / Н.И. Смеян. – Мн.: Ураджай, 1980. – 175 с.
6. Справочник по зерновым культурам / Сост. М.П. Шкель; под ред. В.П. Самсонова, Н.Д. Мухина. – 2-е изд. перераб. и доп. – Мн.: Ураджай, 1986. – 304 с.
7. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отрасл. регламентов / Ин. аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В.Г. Гусаков [и др.]. – Мн.: Белорусская наука, 2005. – 460 с.
8. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов, 2-е изд., доп. и перераб. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.
9. Справочник агрохимика / В.В. Лапа и [др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
10. Калюк В.А. Влияние подтиповых различий агродерново-карбонатных почв на их производительную способность / В.А. Калюк, Л.И. Шибут. // Почва-удобрение-плодородие-урожай: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / редкол.: В.В. Лапа [и др.]. – Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2009. – С. 50-51.
11. Смеян, Н.И. Агропроизводственная группировка почв Белорусской ССР / Н.И. Смеян, И.Н. Соловей // Почвы Белорусской ССР; под ред. Т.Н. Кулаковской, П.П. Рогового, Н.И. Смеяна. – Мн.: Ураджай, 1974. – С. 230-233.
12. Смеян, Н.И. Агропроизводственная группировка и районирование почв БССР в соответствии с их пригодностью под основные сельскохозяйственные культуры: автореф. дис. ...доктора с.-х. наук. – Москва, 1980. – 39 с.
13. Смеян, Н.И. Почвы и структура посевных площадей / Н.И. Смеян. – Мн.: Ураджай, 1990. – 150 с.
14. Фридланд, В.М. Об агропроизводственной группировке почв и их роли в улучшении использования земельных фондов (к вопросу о прикладных толковательных группировках почв) / В.М. Фридланд // Учет и агропроизводственные группировки почв земельных ресурсов СССР. – М.: Наука, 1967. – С. 14-29.
15. Булгаков, Д.С. Агроэкологическая оценка пахотных почв / Д.С. Булгаков. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2002. – 252 с.
16. Медведев В.В. Агроэкологическая оценка земель Украины и размещение сельскохозяйственных культур / В.В. Медведев; под ред. В.В. Медведева. – Киев: Аграрная наука, 1997. – 162 с.

THE SUITABILITY OF SOILS OF THE REPUBLIC OF BELARUS FOR WINTER WHEAT CULTIVATION

G.S. Tsytron, L.I. Shibut, O.V. Matychenkova

Summary

The article presents the results of studies of differences in soil influence (the degree of moisture, grain size and the nature of the structure of parent rocks) on the productivity of winter wheat. We present refined scale of assessment scores, agroindustrial grouping of soils of arable lands in the degree of its suitability for cultivation (most suitable, suitable, little avail and unusable), areas of suitable soils and map of theirs district distribution.

Поступила 17 марта 2010 г.

МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕМАТИЧЕСКИХ ПОЧВЕННЫХ КАРТ

Г.С. Цытрон¹, Д.В. Матыченков¹, В.В. Северцов²

¹Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

²Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Картографический материал является одним из основных способов представления информации о почвенном покрове. Высокая информационная емкость, достигаемая за счет знаковой системы, наглядность, доступность восприятия, целевой охват территории и полнота, актуализация внимания на наиболее проблемных участках и явлениях, возможность обобщения информации, ее анализа, оценки и прогноза, делают его востребованным широким кругом пользователей. Поэтому в условиях увеличивающегося количества разносторонней информации о качественных и количественных характеристиках компонентного состава почвенного покрова, развития теоретических знаний о почвенных процессах, совершенствования классификации почв, необходимости в практическом их применении, требующей пространственного решения, все более возрастает роль тематического почвенного картографирования.

В настоящее время существует огромное количество теоретических работ по картоведению [1-7], методик по созданию отдельных почвенных карт [8-10], однако, отсутствует общая методология создания цифровых тематических почвенных материалов. Именно решению этого вопроса, то есть описанию процесса создания цифровой тематической почвенной карты от момента выбора цели до получения конечной продукции с набором методов и путей решения задачи, и посвящена данная публикация.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Одной из выходных форм создаваемой в республике информационной системы почвенного покрова является картографическая. Карта – это модель действительности в условных обозначениях, которая позволяет наглядно оценивать и анализировать информацию о почвах.

Картографический метод является необходимой составляющей эколого-географических и почвенных исследований, экспертной оценки, прогнозирования состояния почвенного покрова. Однако одновременно с увеличением информационной емкости почвенных карт снижается степень их читаемости и восприятия, что, в свою очередь, затрудняет их практическое использование. Несоответствие между техническими возможностями традиционной «бумажной» картографии и объемом почвенных данных, которые необходимо и можно инвентаризировать, может быть разрешено на основе современных компьютерных подходов.

Объектом исследования явилось все разнообразие почв пахотных земель Республики Беларусь согласно новой классификации почв [11]. В зависимости от уровня обобщения информации (республика – область – район – хозяйство – рабочий участок) использованы различные классификационные единицы (от типа до разновидности).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Создание разноуровневой информационной системы характеристики почвенного покрова Республики Беларусь начато нами в 2006 году. К настоящему времени разработана «Методика формирования почвенных баз данных Беларуси, их интерпретации и использования» [12], а также создана пространственная и атрибутивная базы данных о почвах и почвенном покрове на отдельные территории разных уровней [13]. В связи с этим, возникает необходимость в компактном и наглядном представлении имеющихся данных.

Множество существующих методик по созданию различных почвенных карт, в том числе и тематических, касаются отдельной конкретно поставленной перед исследователями задачи, описывают частные примеры почвенной картографии [8-10]. Поэтому перед нами стояла задача – выделить из общей теории картоведения принципы и методы, подходящие для картографирования почвенного покрова в целом и отдельных его характеристик на основе ГИС-технологий.

На основании проведенных исследований нами определены (рис. 1):

- а) основные требования, предъявляемые к цифровым тематическим почвенным картам;
- б) алгоритмы их создания;
- в) этапы создания;
- г) основные виды конечной продукции;
- д) функциональное назначение тематических почвенных карт.

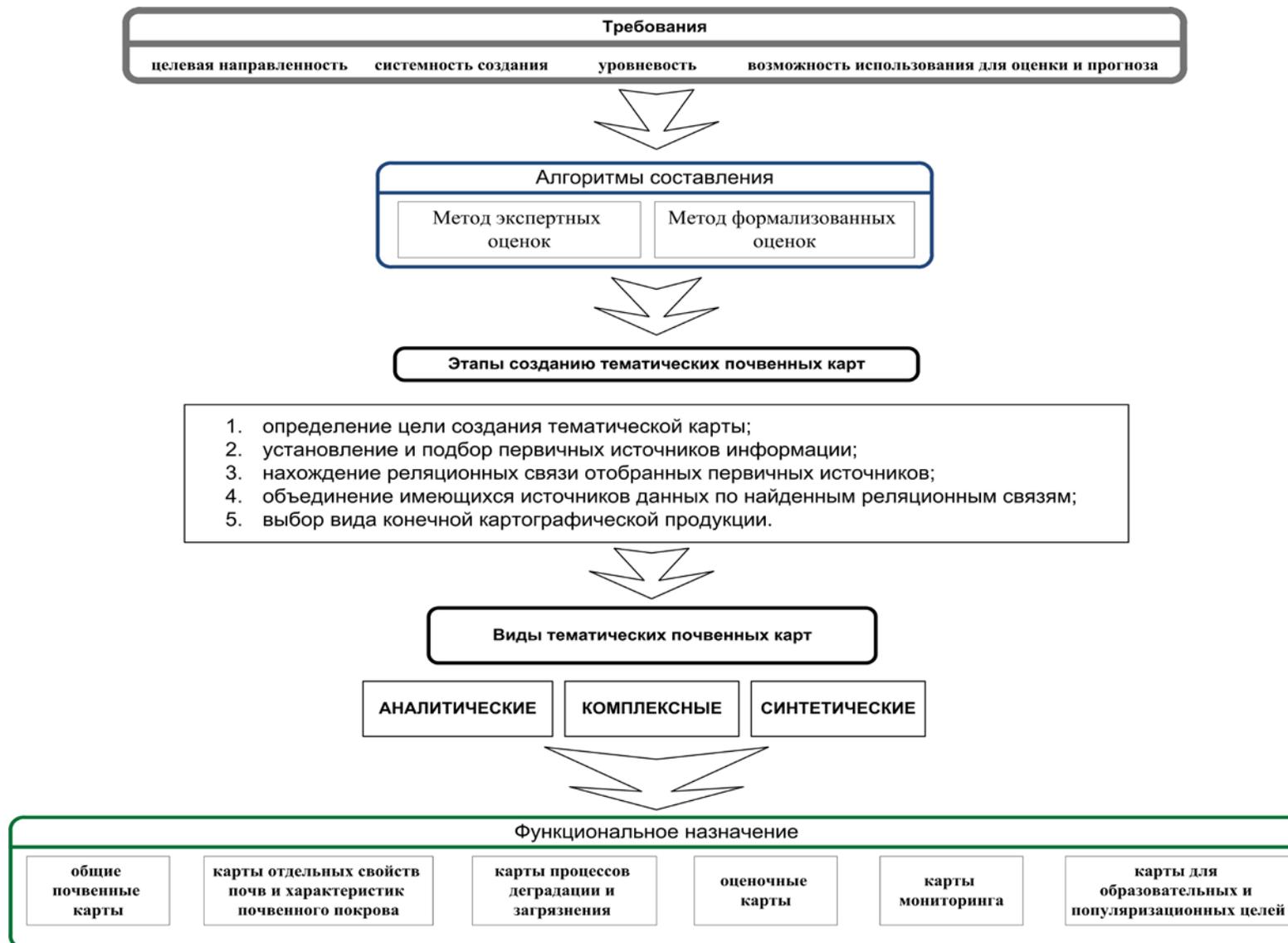


Рис. 1. Взаимосвязь предъявляемых требований к тематическим почвенным картам, алгоритмов составления, создания, их видов и функционального назначения

Необходимыми требованиями к тематическим почвенным картам являются:

- целевая направленность;
- системность создания (каждая тематическая почвенная карта несет отображение той или иной характеристики почв или почвенного покрова в целом, но с учетом факторов окружающей среды, необходимых для характеристики свойств почв или условий их образования);
- уровневость создания (тематические почвенные карты должны создаваться на основе уровневой организации информационной системы характеристики почвенного покрова Беларуси);
- возможность использования для оценки и прогноза.

Существуют два алгоритма составления почвенных тематических карт: при отсутствии необходимого количества данных и при достаточном информационном обеспечении. Оба алгоритма предполагают представление исходной информации в картографической форме в виде одномасштабных карт. В первом случае используются аналитические экспертные оценки, во втором – метод формализованных оценок.

Создание тематических почвенных карт является процессом сложным и требующим обобщения большого количества разносторонней информации. Их построение включает пространственную локализацию почвенного покрова исследуемой территории, определение степени генерализации и детализации информации о нем, установление перечня (набора) показателей, определение реляционной связи между основной почвенной картой и дополнительными материалами, определение комбинаций показателей почвенной карты и дополнительных материалов для соотнесения почвенных ареалов либо ареалов их свойств, необходимых для показа на получаемой в итоге тематической карте.

Первым этапом создания цифровых тематических почвенных карт является определение цели ее создания.

Второй этап предусматривает подбор первичных источников информации, на основе которых и будет проходить дальнейшее проектирование и разработка картографического материала. Основными источниками являются почвенные карты различного масштаба. На самом низком уровне такими являются отдельные крупномасштабные планы элементарных рабочих участков (масштаба 1:2000). Данный масштаб позволяет наиболее полно и точно отобразить состояние почвенного покрова, учесть всю его пестроту, обусловленную условиями почвообразования: рельефом местности, водным режимом, гранулометрическим составом и генезисом почвообразующих и подстилающих пород и т.д. Затруднение вызывает тот факт, что таких карт очень мало. Часто для решения определенных задач необходимо проводить дополнительную почвенную съемку исследуемого участка. На четвертом уровне обобщения (сельскохозяйственная организация) в основе лежат почвенные карты масштаба 1:10 000. В настоящее время завершается 3 тур крупномасштабных почвенных исследований, проводимый почвенной службой РУП «Проектный институт Белгипрозем» и его областных филиалов, включающий в себя и создание электронной почвенной карты, методика составления которой была разработана творческим коллективом под руководством Н.И. Смяяна в 2002 году и представлена рядом публикаций [14-15].

Карты на залесенную территорию (лесхозы) республики составляются соответствующей службой РУП «Белгослес» в масштабе 1:25 000.

Почвенные карты сельскохозяйственных организаций (М 1:10 000) и лесхозов (М 1:25 000) положены в основу создания почвенных карт административных районов масштаба 1:50 000 (3-й уровень обобщения), и являются базовыми для различных исследований и дальнейших обобщений (генерализации) информации о почвенном покрове. Используя почвенные карты административных районов, обобщая и формализуя информацию о почвах, создаются областные почвенные карты масштаба 1:200 000 (второй уровень обобщения), являющиеся основой для создания почвенной карты республики (масштаба 1:600 000, 1:1 000 000, 1:1 500 000). Таким образом формируется информационная картографическая основа для создания тематических почвенных карт различных уровней информационной системы.

Дополнительным и наиболее используемым источником информации при создании тематических карт являются карты административного деления Республики Беларусь, карты определяющие развитие почвенного покрова, и являющиеся по сути картами факторов почвообразования: физические, климатические, геологические, геоботанические. Сюда же можно отнести карты, определяющие антропогенную нагрузку на почвенный покров: освоенность территории, мелиоративное состояние, загрязнение территории, особенности сельскохозяйственного производства, урожайность сельскохозяйственных культур, балльная оценка и др.

Источником создания тематических почвенных карт является также и табличная информация, имеющая в структуре данных как территориальное, так и классификационное деление [15, 16]. Эти данные могут быть в различной степени статистически обработаны, либо представлять собой всю имеющуюся информацию, характеризующую тот или иной процесс или его проявление, как на отдельно взятой территории, так по всей республике.

Табличные данные могут включать в себя также ссылки на нетабличный материал: почвенные очерки, текстовые описания конкретного объекта, коллекции фотографий либо коллекции природных объектов (гербарии, образцы торфа, почвенные монолиты и т.д.) и др.

Следует учесть, что все вышеприведенные источники информации могут быть различной степени обобщения, масштаба, уровня прикладного использования и относится к различным уровням информационной системы почвенного покрова республики.

Третьим этапом создания тематической карты является нахождение реляционных связей отобранных первичных источников. Существует три основных способа связи информации:

- 1) географические координаты;
- 2) административная принадлежность;
- 3) классификационная принадлежность.

Географические координаты могут быть представлены в исходных данных различными способами: координаты полигона (почвенного, тематической карты), координаты точечного объекта (почвенного профиля, точки отбора образцов). Привязка к административной принадлежности является частным случаем привязки к географическим координатам, но отличается от нее меньшей точностью и является аппроксимацией на весь административный выдел (сельскохозяйственное предприятие, район, область). Для почвенной картографии большую роль играет привязка компонентов почвенного покрова к почвенной классификации.

Четвертый этап создания тематической карты – объединение имеющихся данных различных источников по найденным реляционным связям. Технически это может происходить несколькими путями:

- добавлением атрибутивных данных к информации о почвенном полигоне;
- добавлением атрибутивных данных к полигону административно-территориального деления;
- пересечением полигонов почвенных выделов с полигонами других карт с созданием новых полигонов, которые наследуют признаки от всех пересекаемых полигонов;
- комбинацией вышеперечисленных способов.

Исключение составляет создание тематических карт путем упрощения и вычленения меньшего количества признаков или аппроксимация определенных показателей из уже существующих карт-источников. Примером может служить создание карты распространения какого-либо типа почв (или почв определенного гранулометрического состава, увлажнения и т.д.) на основе почвенной карты, либо создание карты ранжирования того или иного процесса или явления, например, создание карто-схемы распространения торфяных почв на основе промера мощности органического горизонта (вместо конкретных цифр мощности горизонта – определенное ранжирование мощности по выбранным параметрам: маломощные – мощность торфяной залежи до 1,0 м, среднемощные – 1,0-2,0 м и мощные – >2,0 м).

Выбор вида конечной картографической продукции, масштаба и уровня детализации, отбор необходимых для демонстрации показателей, является последним **(пятым) этапом** создания тематических почвенных карт. Именно на этом этапе определяется конечный вид выходной продукции, становится ясным полный вид карты.

По характеру используемых данных, количеству показателей и т.д., весь спектр получаемых карт необходимо разделить на аналитические, комплексные и синтетические.

Аналитические карты являются наиболее простыми и имеют одну качественную либо количественную характеристику. Совмещающие несколько качественных и количественных характеристик карты являются комплексными. Синтетические карты отображают большое число показателей, их связи, отношения. Эти карты характеризуются многофакторным принципом выделения соответствующих явлений, признаков, оценки природных условий.

Все разнообразие тематических почвенных карт по функциональному назначению можно разделить на:

- общие почвенные карты, отражающие реальное состояние почвенного покрова на определенный момент и на определенном уровне обобщения информационной системы (от элементарного рабочего участка до республики в целом);
- почвенные карты, характеризующие только одно или несколько свойств почвенного покрова, созданные для решения конкретных задач;
- карты процессов деградации и загрязнения почвенного покрова;
- оценочные карты, необходимые для установления экспертной оценки почвенного покрова относительно какого-либо одного (или нескольких) фактора;
- карты мониторинга состояния почвенного покрова на различных уровнях обобщения; прогнозные и рекомендательные карты (для их составления необходима экспертная оценка и интерпретация исходных данных);
- карты для образовательных и популяризационных целей.

На основе вышеизложенной методологии создания цифровых тематических почвенных карт с использованием информации банка данных разноуровневой геоинформационной системы характе-

ристики почвенного покрова Беларуси нами создан целый ряд тематических почвенных материалов, фрагменты которых представлены на рис. 2-3.

Условные обозначения

Слабоглееватые	
Глееватые	
Глеевые	

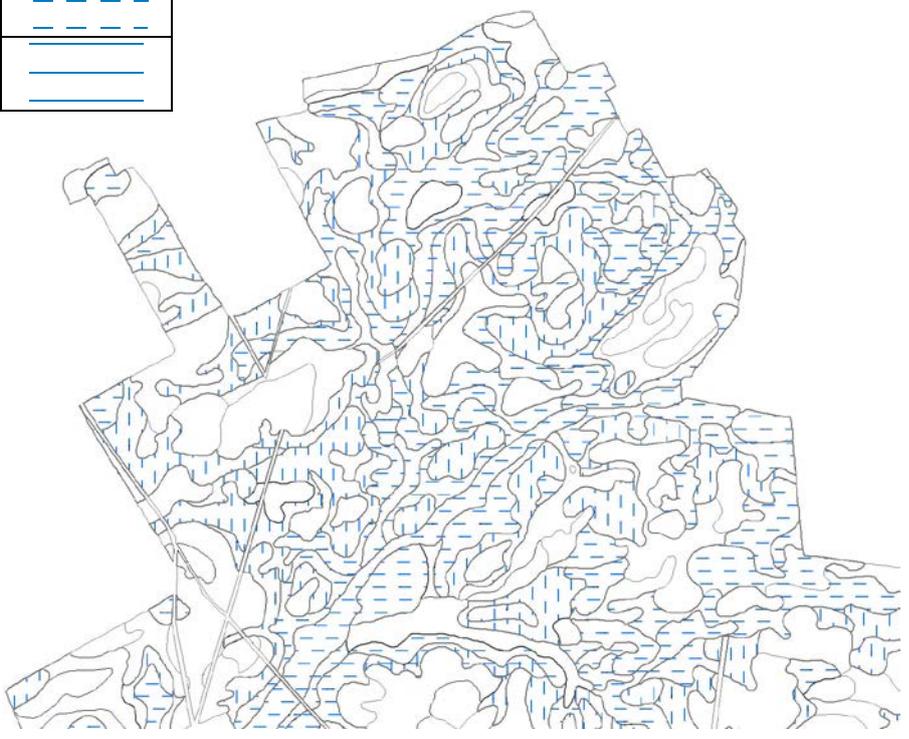
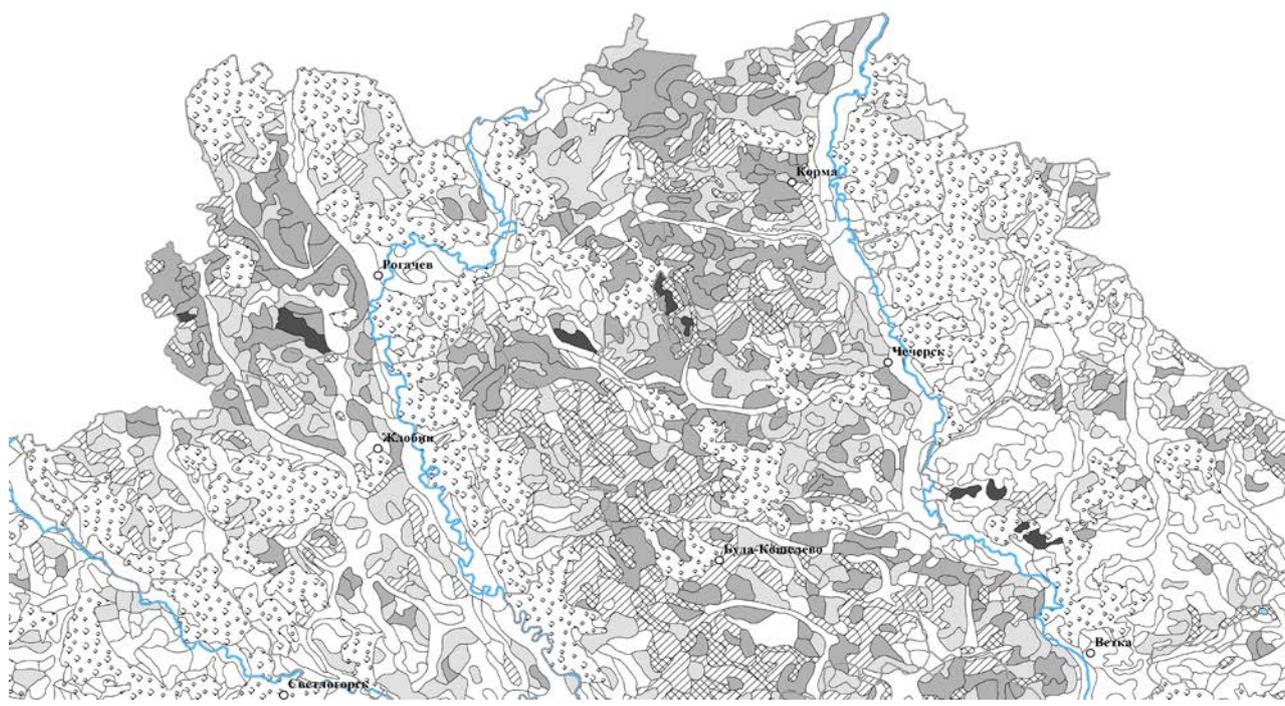


Рис. 2. Карта распространения минеральных почв Солигорского района различной степени увлажнения (фрагмент)



Условные обозначения

	непригодные
	малопригодные
	пригодные
	наиболее пригодные
	малопригодные неосушенные, пригодные осушенные
	непригодные неосушенные, пригодные осушенные
	непригодные неосушенные, малопригодные осушенные
	территория под лесом

Рис. 3. Карта пригодности почв Гомельской области для выращивания люцерны (фрагмент)

Таким образом, результаты исследований позволили нам разработать общую методологию создания цифровых почвенных материалов, то есть представить систему методов и путей создания цифровых почвенных карт от момента выбора цели до получения конечного вида продукции и создать целый ряд специализированных (тематических) почвенных карт на разных уровнях обобщения почвенно-информационной системы Беларуси.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований разработана научно обоснованная технология поэтапного создания цифровых тематических почвенных карт с использованием многоуровневой геоинформационной системы характеристики почвенного покрова Беларуси:

- определение цели создания тематической карты;
- выполнение подбора первичных источников информации;
- нахождение реляционных связей между отобранными первичными источниками;
- объединение имеющихся источников данных по найденным реляционным связям;
- выбор вида конечной картографической продукции,

На основе данной методологии создан ряд тематических почвенных карт на различных уровнях обобщения, в частности карта распространения минеральных почв Солигорского района различной степени увлажнения и карта пригодности почв Гомельской области для выращивания люцерны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берлянт, А.М. Образ пространства: карта и информация / А. М. Берлянт. – М., 1989. – 240 с.
2. Берлянт, А.М., Картоведение: учебник для вузов / А.М. Берлянт, А.В. Востокова, В.И. Кравцова. – М.: Аспект Пресс, 2003. – 476 с.
3. Лютый, А.А. Язык карты: сущность, система, функции / А.А. Лютый. – М.: ИГАН, 1988. – 292 с.
4. Майкл де Мерс Географические информационные системы / Майкл де Мерс. – М.: Дата+, 2000. – 136 с.
5. Тиори, Т. Проектирование структур баз данных / Т. Тиори, Дж.Фрай; в 2-х кн. – М.: Мир, 1985. – 287 с.
6. Фокина, Л.А. Картография с основами топографии / Л.А. Фокина – М.: Владос, 2005. – 280 с.
7. Востокова А.В. Оформление карт. Компьютерный дизайн / А.В. Востокова, С.М. Кошель, Л.А. Ушакова – М.: Аспект Пресс, 2002. – 288 с.
8. Дышлюк, С.С. Системный подход к оценке устойчивости природно-территориальных комплексов и ее картографирование (на примере объекта гидрографии) / С.С. Дышлюк // Геодезия и картография. – 2008. – №2 – С.25-27.
9. Левицкий, И.Ю. Атласное природоохранное картографирование: история, состояние, тенденции. АН СССР / И.Ю. Левицкий, В.А. Пересадько; Дальневост. науч. центр. Тихоокеан. ин-т географии. – Владивосток, 1986. – 17 с.
10. Информационные технологии рационального природо-пользования на орошаемых землях Поволжья / Н.А. Пронько [и др.] // Саратов: СГАУ им. Н.И. Вавилова, 2009. – 212 с.

11. Смяян, Н.И. Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси / Н.И. Смяян, Г.С. Цытрон // – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2007. – 220 с.
12. Методика сбора, ввода, обработки и интерпретации информации о почвах Беларуси (для создания геоинформационной системы характеристики почвенного покрова) / Г.С. Цытрон [и др.] – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2008. – 34 с.
13. Специализированные почвенные базы данных различных уровней информационной системы характеристики почвенного покрова Беларуси / Д.В. Матыченков [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2009 г. – № 1(42). – С. 21-28.
14. Технология отображения почвенного покрова в ЗИС / Н.И. Смяян [и др.] // Земля Беларуси. – 2003. – № 3. – С. 14-15.
15. Смяян, Н.И. Методические подходы к созданию цифровых крупномасштабных почвенных карт и баз данных о почвах Беларуси / Н.И. Смяян, Г.С. Цытрон, Д.В. Матыченков // Почвоведение и агрохимия. – 2006. – №1(36). – С. 49-54.

METHODOLOGY FOR CREATING OF THE DIGITAL THEMATIC SOIL MAPS

G.S. Tsytron, D.V. Matychenkov, V.V. Severtsov

Summary

For the first time for the republic conditions was generalized and applied experience in designing a thematic map products in relation to soil cover. Objectives and steps was defined for digital thematic soil maps and related materials creating.

Поступила 17 марта 2010 г.

МОДЕЛИ ПРОГНОЗА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

Н.Н. Семененко, Е.В. Каранкевич
Институт мелиорации, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Для более рационального использования торфяных почв, сохранения и повышения их плодородия необходимо знать закономерности развития и тенденции трансформации их свойств под влиянием антропогенных факторов, уметь воздействовать на эти изменения. Учет состояния генетического потенциала почв конкретного поля позволяет существенно снизить удельные затраты на получение растениеводческой продукции, сохранить и/или повысить их плодородие. Решение этой задачи особенно актуально при ведении земледелия на антропогенно-преобразованных торфяных почвенных комплексах Полесья.

После осушения и в результате сельскохозяйственного использования в торфяных почвах за счет их уплотнения, минерализации органического вещества и эрозии уменьшается мощность торфяного слоя, изменяются генетические свойства. Процесс трансформации этих почв протекает постоянно. По мере «сработки» торфяного слоя его мощность в почвенном профиле уменьшается, а затем начинает припахиваться торф подпахотного слоя. В результате дальнейшей минерализации и сельскохозяйственного использования мощность торфяного становится меньше мощности пахотного слоя и начинает вовлекаться в оборот (путем припашки) подстилаящая минеральная порода. На месте торфяных начинают формироваться почвы торфяно-минеральные, минеральные остаточно-торфяные и минеральные постторфяные [1-10]. В связи с этими процессами за последние 40-50 лет использования торфяных почв Беларуси произошла существенная трансформация их фонда. В настоящее время из 901 тыс. га бывших торфяных, используемых в сельском хозяйстве, образовалось около 200 тыс. га органо-минеральных почв разной степени эволюции [11]. По прогнозу в перспективе площади этих почв могут достигнуть 350-460 тыс. га [1,2,4 и др.].

Проведенные в Институте мелиорации исследования показывают [12,13 и др.], что генетический потенциал антропогенно-преобразованных торфяных почв в настоящее время реализуется недостаточно. Происходит это из-за не полного учета особенностей этих почв, прежде всего, при размещении посевов сельскохозяйственных культур в полях севооборотов и применении удобрений.

Анализ литературных источников показывает [1-10,12-16], что по мере «сработки» торфа наряду с трансформацией морфологического строения почвенного профиля торфяных почв также существенно снижается содержание в них органического вещества, изменяется его состав, ухудшаются водно-физические, химические и биологические свойства, плодородие и производительная способность [17]. В ряде литературных источников [1,10,12 и др.] представлены данные по реперным участкам изменения содержания некоторых показателей химического состава торфяных почвах разных стадий эволюции. Однако в этих и других работах не приводятся формализованные статистически доказанные закономерности зависимости изменения химического состава от минерализации и снижения содержания органического вещества в торфяных почвах, что имеет важное значение для прогноза трансформации плодородия этих почв разной стадии эволюции. Такие данные могут быть объективным критерием при разработке рекомендаций по более эффективному использованию антропогенно-преобразованных торфяных почвенных комплексов в земледелии и при применении удобрений, а также служить одним из диагностических признаков при идентификации этих почв. В связи с планируемым введением в сельскохозяйственный оборот вновь осваиваемых мелиоративных объектов результаты подобных исследований имеют научное и практическое значение.

Цель исследования – установить закономерности трансформации химического состава торфяных почв за длительный период влияния антропогенных факторов и на этой основе разработать модели его прогноза и диагностические критерии торфяных почв различных стадий эволюции,

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для выполнения поставленных целей важно, чтобы объекты исследования находились в одном природном массиве (однородный ботанический состав торфа и грунтовых вод, подстилаящей породой и др.). Методической основой проводимых исследований служит системный подход, сущность которого состоит в том, что изучаются не изолированные почвенные образования, а целый ряд почв, сформировавшихся в идентичных условиях. Для проведения наших исследований на болотном массиве «Хольче» Лунинецкого района Брестской области площадью более 25 тыс. га на землях ПОСМ-

Зил НАН Беларуси подобраны участки: неосушенный (заповедник) с мощностью торфа 75-85 см и осушенные бывшие маломощные торфяники, на месте которых в результате использования под пашней в течение почти 50 лет образовались комплексы с торфяными, торфяно-минеральными, минеральными остаточно-торфяными и минеральными постторфяными почвами с различным содержанием органического вещества. Исходное состояние мощности торфа этих почв в 1956 г. до осушения составляло 65-85 см., т.е. было аналогичным с заповедником. Объектами исследований также являются участки старопахотной (50 лет в культуре) агроторфяной почвы, исходное состояние их оценивалось как среднемощный торфяник. Все почвы подстилаются песком. Ботанический состав торфа – преимущественно осоковый. Подобранные объекты исследований, включающие в общей сложности 17 участков, охватывают широкий спектр почв, содержание органического вещества (ОВ) в которых колеблется от 84,6 до 4,8%. На объектах исследований отобрано 45 смешанных почвенных проб. Для достижения удовлетворительной представительности смешанной пробы каждая из них составлялась из 5 индивидуальных. Для более объективной оценки влияния антропогенного воздействия на эволюцию агроторфяных почв пробы отбирались из 2-х слоев – 0-20 и 21-40 см. Все анализы по определению химического состава почв выполнялись в 3-х кратной повторности после мокрого озаления (Гинзбург и др., 1971). При выполнении аналитических работ за основу взяты известные методические подходы определения валового химического состава [18] в модификации авторов статьи для торфяных почв. Корреляционно-регрессионный анализ полученных результатов исследований проводили с использованием компьютерной программы Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Приведенные в таблице 1 результаты исследований показывают, что торфяные почвы разной стадии эволюции (название почвам дано в соответствии с новой классификацией) [9] значительно различаются по количественному и качественному составу химических элементов в слое почвы 0-20 см и, особенно, 21-40 см. Так, в пахотном слое почвы (0-20 см) содержание общего азота колеблется в пределах от 3,60% (ОВ=82,5%) до 0,16% (ОВ=4,8%); P_2O_5 – 0,71-0,09; K_2O – 0,17-0,05; CaO – 1,49-0,01; MgO – 0,65-0,02; Na_2O – 0,076-0,015; Fe_2O_3 – 3,74-0,64%. В подпахотном слое (21-40 см) исследуемых почв содержание общего азота колеблется в пределах от 3,40% (ОВ=79,8%) до 0,07% (ОВ=4,4%); P_2O_5 – 0,52-0,05; K_2O – 0,14-0,05; CaO – 1,58-0,01; MgO – 0,63-0,03; Na_2O – 0,09-0,02; Fe_2O_3 – 3,60-0,57%. Химический состав торфяно-болотной неосушенной почвы (заповедник) отличается от агроторфяной почвы (ОВ=82,5%) более высоким содержанием азота и меньшим – фосфора, калия и магния. В целом с уменьшением содержания органического вещества в пахотном слое почв снижается содержание в них валовых форм азота, фосфора, калия, кальция, магния и железа.

Результаты корреляционно-регрессионного анализа зависимости изменений концентрации элементов питания в почве от содержания в ней органического вещества (ОВ) в слое 0-20 см показывают, что между азотом, калием, кальцием и содержанием ОВ в почве установлены тесные зависимости ($R^2=0,80-0,99$), описываемые соответствующими уравнениями регрессии. В целом более слабая связь между содержанием в почвах ОВ и концентрацией фосфора, магния и железа. В то же время в слое почвы 0-20 см связь этих показателей более тесная ($R^2=0,63-0,66$), чем для слоя 21-40 см ($R^2=0,46-0,66$). Изменение содержания этих элементов в слое 0-20 см, наряду с содержанием ОВ, существенно зависит от уровня применения удобрений, известкования почв доломитовой мукой по отдельным почвам и (важным для динамики железа) окислительно-восстановительным потенциалом. Концентрация оксида натрия как в слое 0-20, так и в 21-40 см, исчисляется сотыми долями процента и практически не зависит от содержания ОВ в почве ($R^2=0,02-0,15$).

На основании данных корреляционно-регрессионного анализа полученных зависимостей изменения показателей химического состава почвы от содержания в ней ОВ разработаны (табл. 2,3) модели прогноза химического состава торфяных почв разных стадий эволюции для пахотного (0-20) и подпахотного (21-40 см).

В настоящее время при почвенных исследованиях антропогенно-преобразованных торфяных почв используют преимущественно данные содержания органического вещества, их физические свойства и характеристики морфологического строения профиля [7-9]. По нашему мнению для более точной идентификации торфяных почв различных стадий эволюции целесообразно бы имеющиеся диагностические признаки этих почв дополнить данными химического состава. На основании приведенных и дополнительных результатов исследований рассчитаны в соответствии с новой классификацией [9] ориентировочные диагностические критерии химического состава торфяных почв разных стадий эволюции для слоя 0-20 см (табл. 4).

Таблица 1

Химический состав торфяных почв разных стадий эволюции

Почва	Выборка	Слой, см	Содержание, % на сухую массу*							
			ОВ	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃
1. Торфяно-болотная неосушенная (заповедник)	3	5-20	83,7	3,82	0,32	0,07	1,94	0,23	0,08	4,90
	3	21-40	88,5	3,37	0,17	0,04	2,24	0,23	0,03	2,88
2. Агроторфяная маломощная	15	0-20	82,5	3,60	0,54	0,17	1,49	0,53	0,04	3,74
	15	21-40	79,8	3,40	0,44	0,14	1,58	0,59	0,04	3,60
3. Агроторфяная маломощная	6	0-20	67,1	3,30	0,54	0,14	1,03	0,56	0,05	3,15
	6	21-40	52,6	2,32	0,52	0,12	0,69	0,46	0,02	3,40
4. Дегроторфозем торфяно-минеральный	3	0-20	39,8	1,90	0,71	0,12	0,76	0,65	0,08	3,42
	3	21-40	50,8	2,66	0,66	0,12	0,82	0,63	0,04	2,96
5. Дегроторфозем минеральный остаточно-торфяный	3	0-20	19,7	0,77	0,17	0,08	0,51	0,64	0,02	2,83
	3	21-40	19,3	0,91	0,21	0,07	0,22	0,21	0,03	2,91
6. Дегроторфозем минеральный остаточно-торфяный	3	0-20	15,1	0,71	0,14	0,06	0,18	0,20	0,02	2,48
	3	21-40	12,9	0,56	0,15	0,03	0,17	0,19	0,09	2,14
7. Дегроторфозем минеральный остаточно-торфяный	3	0-20	10,8	0,54	0,14	0,07	0,28	0,32	0,15	2,18
	3	21-40	11,2	0,38	0,10	0,04	0,15	0,20	0,09	1,59
8. Дегроторфозем минеральная постторфяный	3	0-20	4,8	0,16	0,09	0,05	0,01	0,02	0,04	0,64
	3	21-40	4,4	0,07	0,05	0,05	0,01	0,03	0,06	0,57

* – Среднее из выборки определений

Таблица 2

**Модели прогноза химического состава торфяных почв
разной стадии эволюции (слой 0-20 см)**

№ п/п	Показатели	Модели зависимости химического состава (y) от содержания органического вещества (x = 2,5 – 87,5%)	Коэффициент детерминации, R ²
1	Азот	$y = 0,046x - 0,02;$	0,98
2	P ₂ O ₅	$y = 0,007x + 0,10;$	0,64
3	K ₂ O	$y = 0,0015x + 0,05;$	0,97
4	CaO	$y = 0,017x + 0,03;$	0,95
5	MgO	$y = 0,19\ln(x) - 0,17;$	0,63
6	Fe ₂ O ₃	$y = 0,029x + 1,70$	0,66

Таблица 3

**Модели прогноза химического состава подпахотного слоя торфяных почв
разной стадии эволюции (слой 0-20 см)**

№ п/п	Показатели	Модели зависимости химического состава (y) от содержания органического вещества (x = 4,4 -88,5%)	Коэффициент детерминации, R ²
1	Азот	$y = 0,04x - 0,05;$	0,98
2	P ₂ O ₅	$y = 0,005x + 0,12;$	0,46
3	K ₂ O	$y = 0,0012x + 0,04;$	0,80
4	CaO	$y = 0,02x - 0,21;$	0,94
5	MgO	$y = 0,007x + 0,07;$	0,54
6	Fe ₂ O ₃	$y = - 0,0005x^2 + 0,069x + 1,09;$	0,66

Таблица 4

**Ориентировочные диагностические признаки химического состава торфяных почв
разных стадий эволюции (слой 0-20 см)**

Почвы	Содержание в сухой массе, %					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃
Агроторфяные (ОВ более 50,1, %)	2,51-4,10	0,51-0,75	0,13-0,18	0,91-1,60	0,61-0,75	3,20-4,10
Агроторфяно-минеральные (ОВ 50,0 – 20,1, %)	0,81-2,50	0,21-0,50	0,09-0,12	0,51-0,90	0,46-0,60	2,60-3,10
Дегроторфозем минеральный остаточно-торфяный (ОВ 20,0 – 5,1, %)	0,51-0,80	0,10-0,20	0,06-0,08	0,10-0,50	0,21-0,45	1,80-2,50
Дегроторфозем минеральный постторфяный (ОВ менее 5%)	0,10-0,50	0,05-0,09	0,03-0,05	0,01-0,09	0,01-0,20	0,50-1,70

ВЫВОДЫ

1. После осушения и сельскохозяйственного использования торфяно-болотной почвы в течение 50 лет на её месте образовались торфяные почвенные комплексы различных стадий эволюции, которые существенно различаются показателями химического состава в слое 0-20 и, особенно, 21-40 см.

2. В антропогенно-преобразованных торфяных почвах, используемых в сельском хозяйстве, в сравнении с торфяно-болотной (заповедник) снижается мощность органогенного слоя, содержание органического вещества и азота, возрастает содержание фосфора, калия, кальция и магния как в слое 0-20 см, так и в 21-40 см. Между содержанием ОВ в почвах и содержанием в них азота, калия и кальция установлены тесные связи (R²=0,80-0,99), описываемые соответствующими уравнениями

регрессии; слабее связь ($R^2=0,63-0,66$) с оксидами магния, фосфора и железа, изменения в содержании которых вероятно зависят от применения удобрений и внесения доломитовой муки.

3. На основании установленных зависимостей трансформации химического состава от содержания органического вещества разработаны модели прогноза и ориентировочные диагностические критерии химического состава торфяных почв разных стадий эволюции, которые можно использовать при проведении почвенных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зайко, С.М. Эволюция почв мелиорируемых территорий / С.М. Зайко, В.С. Аношко. – Минск: Университетское, 1990. – 288 с.
2. Зайко, С.М. Прогноз изменения осушенных торфяно-болотных почв республики / С.М. Зайко, П.Ф. Вашкевич, А.В. Горблюк // Современные проблемы сельскохозяйственной мелиорации: доклады Междунар. конф. – Минск: БелНИИМил, 2001. – С. 104 – 107.
3. Зайко, С.М. Изменение морфологии и водно-физических свойств осушенных торфяных почв / С.М. Зайко, П.Ф. Вашкевич // Почвенные исследования и применение удобрений: сб. науч. тр. – Минск, 2001. – Вып. 26 – С.45-57.
4. Бамбалов, Н.Н. Роль болот в биосфере / Н.Н. Бамбалов, В.А. Ракович. – Минск: Беларуская наука, 2005. – 285 с.
5. Трансформация торфяно-болотных почв юго-западной части Республики Беларусь под влиянием осушения и длительного сельскохозяйственного использования (на примере Брестской области) / Н.Н. Смяян [и др.] // Известия Академии аграрных наук РБ. – 2000. – №3. – С. 54-57.
6. Цытрон, Г.С. Антропогенно-преобразованные почвы Беларуси / Г.С. Цытрон. – Минск, 2004. – 124 с.
7. Методические указания по диагностике и классификации почв, образовавшихся после сработки торфа (для целей крупномасштабного картографирования) // Под ред. Н. И. Смяяна [и др.]. – Минск, 1991. – 8 с.
8. Методические указания по полевому исследованию и картографированию антропогенно-преобразованных почв Беларуси. – Минск, 2001. – 19 с.
9. Смяян, Н.И. Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси / Н.И. Смяян, Г.С. Цытрон. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2007. – 220 с.
10. Азаренок, Т.Н. Эволюция почв и почвенного покрова юга Слуцкой равнины и северной части полесской низменности под влиянием антропогенных факторов: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / Т.Н. Азаренок; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2008. – 21 с.
11. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь. – Минск, 2001. – 182 с.
12. Использование и охрана торфяных комплексов в Беларуси и Польше / В.И. Белковский [и др.]. – Минск: Хата, 2002. – 281с.
13. Лихацевич, А.П. Мелиорация земель в Беларуси / А.П. Лихацевич, А.С. Мееровский, Н.К. Вахонин. – Минск, 2001. – 308 с.
14. Петухова, Н.Н. Геохимия почв Белорусской ССР / Н.Н. Петухова. – Минск: Наука и техника, 1987. – 231 с.
15. Слагада, Р.Г. Изменение физических свойств и состава торфяных почв в процессе их сельскохозяйственного использования / Р.Г. Слагада // Мелиорация переувлажненных земель. – 2006. – №1 (53). – С.119-127.
16. Усачева, Л.Н. Оценка степени деградации осушенных торфяных почв по биологическому критерию / Л.Н. Усачева, Н.В. Шорох // Мелиорация переувлажненных земель. – 2006. – №1(55). – С.119-129.
17. Внутрихозяйственная качественная оценка (бонитировка) почв республики Беларусь по их пригодности для возделывания основных сельскохозяйственных культур: методические указания. – Минск, 1998. – 25 с.
18. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.

FORECASTING MODELS OF PEAT SOILS CHEMICAL COMPOSITION IN POLESYE UNDER THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC FACTORS

N.N. Semenenko, E.V. Karankevich

Summary

The results of investigations of peat soils transformation regularity in Polesye under the anthropogenic factors influence are presented in the article. Forecasting models of chemical composition and diagnostic signs of peat soils of different evolution stages were elaborated on this data.

Поступила 15 апреля 2010 г.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СВОЙСТВ ЭРОДИРОВАННЫХ ПОЧВ ПРИ БЕССМЕННОМ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ И КУЛЬТУР КОРМОВОГО СЕВООБОРОТА

А.Ф. Черныш, А.М. Устинова, Н.А. Михайловская, А.Э. Радюк, А.А. Клус
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Для оптимального построения севооборотов на эрозионноопасных почвах наряду с планируемой продуктивностью необходимо принимать во внимание почвозащитную роль сельскохозяйственных культур, а также хозяйственную целесообразность их возделывания. Растительность всех видов является мощным противоэрозионным фактором, который в наибольшей степени может регулироваться воздействием человека. Основной почвозащитный эффект оказывают наземные части растений.

По почвозащитной эффективности (способности) культуры разделены нами на три группы:

1. Высокой – многолетние травы, озимые зерновые, озимый рапс;
2. Средней – яровые зерновые, зернобобовые, однолетние травы, лен;
3. Низкой – пропашные культуры (картофель, сахарная и кормовая свекла, кукуруза) [1, 2].

Коэффициенты почвозащитной способности сельскохозяйственных культур изменяются от 0,15 для пропашных (картофель, сахарная свекла, корнеплоды) до 0,98 для многолетних трав второго, третьего года пользования [2].

Увеличение времени проективного покрытия почвы растениями увеличивает ее противоэрозионную устойчивость [3].

Цель исследований заключалась в оценке влияния бессменного возделывания галеги восточной (19 лет) и культур кормового севооборота на показатели противоэрозионной устойчивости эродированных дерново-подзолистых почв, сформированных на мощных лессовидных суглинках, их агрофизические и агрохимические свойства, а также биологическую активность и производительную способность.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальные исследования проводились в условиях центральной почвенно-экологической провинции Беларуси на стационаре «Стоковые площадки» (СПК «Щемяслица» Минского района). Полевой опыт заложен по геоморфологическому профилю (катене) от водораздельной равнины до подножья склона северной экспозиции крутизной 5-6°. Объектом исследований являлись в разной степени эродированные дерново-подзолистые почвы, сформированные на мощных лессовидных суглинках. На водораздельной равнине расположена неэродированная почва, в верхней части склона – слабоэродированная, в средней – среднеэродированная, в нижней – глееватая намытая почва.

В процессе исследований определялись: плотность почвы – методом «режущих колец»; пористость и пористость аэрации – расчетным методом; структурно-агрегатный состав – по методу Савинова; содержание подвижного фосфора и калия – по Кирсанову; рН в KCl – потенциометрическим методом; содержание гумуса – по Тюрину.

По данным структурно-агрегатного состава рассчитаны коэффициенты, характеризующие противоэрозионную устойчивость почв: коэффициент структурности (Кстр.), содержание водопрочных агрегатов >0,5 мм, средневзвешенный диаметр (dw), коэффициент нестабильности (Кнест.).

Урожайность сельскохозяйственных культур учитывали путем отбора пробного снопа в десятикратной повторности с последующим пересчетом на стандартную влажность.

В качестве интегрального микробиологического показателя для характеристики состояния микробных сообществ использована дегидрогеназная активность почвы, определение которой позволяет объективно оценивать уровень биогенности почвы (заселенности почвы микроорганизмами).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

Почвозащитная роль растений сводится к непосредственному прекращению или замедлению действия разрушающей силы водного потока. Этот эффект может быть достигнут благодаря улучшению агрофизического состояния почв, определяющих их впитывающую способность. Изучение физических свойств почв под культурами кормового севооборота и при бессменном возделывании галеги восточной (19 лет) показали преимущества последнего в восстановлении плодородия почв и защиты их от эрозии.

Перед началом эксперимента (2006 г.) плотность пахотного слоя под культурами кормового севооборота составляла 1,30-1,44 кг·м⁻³ (табл. 1). За четыре года она достоверно снизилась до 1,23-1,37 кг·м⁻³. В то же время во все годы исследований плотность пахотного слоя под галегой восточной была на 11-26% ниже, чем под культурами кормового севооборота. При возделывании галеги значения плотности пахотного слоя приблизились к оптимальным, что объясняется, в первую очередь, хорошо развитой корневой системой культуры и снижением уплотняющего действия от проходов сельскохозяйственной техники. Достоверного снижения плотности за годы исследований не отмечено.

Таблица 1

Агрофизические свойства пахотного слоя дерново-подзолистых легкосуглинистых почв на лессовидных суглинках в зависимости от типа севооборота

Культура	Степень эродированности	Плотность, кг·м ⁻³			Пористость, %		
		2006 г.	2009 г.	2006 г. + 2009 г.	2006 г.	2009 г.	2006 г. + 2009 г.
Галега восточная	неэродированная	1,09	1,03	-0,06	59	61	+2
	слабоэродированная	1,14	1,11	-0,03	57	58	+1
	среднеэродированная	1,18	1,19	+0,01	55	55	0
Кормовой севооборот*	неэродированная	1,30	1,23	-0,07	50	53	+3
	слабоэродированная	1,40	1,32	-0,08	47	50	+3
	среднеэродированная	1,44	1,37	-0,07	47	48	+1
НСР _{0,05} Фактор А (почва)				0,08			1
Фактор В (культура)				0,11			2

* – Кормовой севооборот: горохо-овсяная смесь на з/м; ячмень + травы; бобовые травы 1 г.п.; бобовые травы 2 г.п.

Эродированные разновидности имели более высокую плотность, чем неэродированные. При возделывании галеги увеличение плотности в 2006 г. составило 0,05-0,09 кг·м⁻³, в 2009 г. – 0,08-0,16 кг·м⁻³, в кормовом севообороте – 0,10-0,14 и 0,09-0,14 кг·м⁻³ соответственно.

Величина общей пористости связана с плотностью, ее снижение свидетельствует об ухудшении агрофизического состояния почв, что впоследствии сказывается на снижении продуктивности сельскохозяйственных культур. Под галегой восточной пористость пахотного слоя даже на эродированных разновидностях характеризовалась, как отличная. За годы эксперимента достоверного изменения данного показателя не наблюдалось.

В 2006 г. под культурами кормового севооборота пористость почвы составила 47-50% и характеризовалась как неудовлетворительная. За четыре года она увеличилась на 1-3%. Отметим, что только пористость среднеэродированной почвы осталась неудовлетворительной.

Независимо от возделываемых культур наблюдалось снижение общей пористости эродированных почв по сравнению с неэродированными – под галегой оно составило 2-6%, под культурами кормового севооборота – 3-5%.

За время проведения эксперимента при возделывании галеги восточной наблюдалось улучшение структурно-агрегатного состава и показателей, характеризующих противозерозионную устойчивость (рис. 1).

В кормовом севообороте коэффициент водоустойчивости в 1,2-1,9 раз ниже, чем под галегой, что указывает на преимущества бессеменного возделывания галеги. При обоих типах использования почв наблюдалось снижение данного показателя с увеличением степени эродированности.

Под галегой восточной значение коэффициента нестабильности составил 3,06-4,10, что в 1,4-1,9 раз ниже, чем в кормовом севообороте. Увеличение коэффициента нестабильности от неэродированной к среднеэродированной почве при возделывании галеги составило 1,04, под культурами кормового севооборота – 0,76.

Анализ содержания водопрочных агрегатов более 0,5 мм показал, что возделывание галеги восточной способствует повышению эрозионной устойчивости почв и уменьшению различий между неэродированными и эродированными разновидностями. На неэродированной почве содержалось 42,1% водопрочных агрегатов, на среднеэродированной – 39,4%, т.е. приближалось к показателям неэродированной. Под культурами кормового севооборота содержание водопрочных агрегатов в 1,4-1,9 раз меньше, чем под галегой, и уменьшалось от 26,1% на неэродированной до 20,3% на среднеэродированной почве.

Галега восточная способствовала также улучшению фильтрационной способности дерново-подзолистых почв, сформированных на лессовидных суглинках. Это во многом обусловлено более благоприятным состоянием агрофизических свойств и наличием мощной корневой системы.

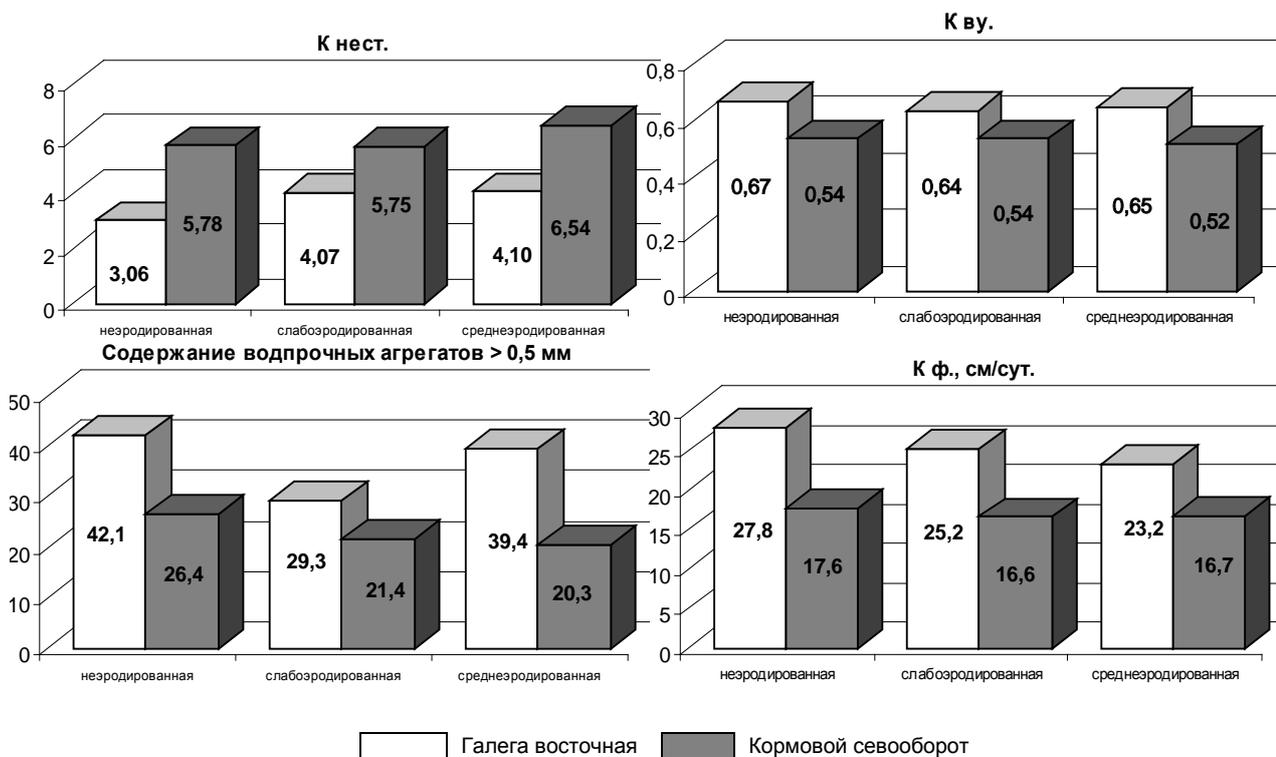


Рис. 1. Влияние возделываемых культур на показатели противоэрозионной устойчивости почв

Рассчитанный коэффициент фильтрации под галегой на 6,5-10,2 см/сут. выше, чем под культурами кормового севооборота. Он изменялся от 23,2 см/сут. на среднеэродированной почве до 27,8 см/сут. на незеродированной почве. Под культурами комоного севооборота менее выражено влияние эрозии на фильтрационную способность почв. С увеличением степени эродированности она снизилась лишь на 0,9-1,0 см/сут.

Основными источниками гумусовых веществ в почве являются органические остатки растений, в основном корневые, так как наземная часть травянистой, особенно культурной, растительности отчуждается и поэтому в процессах гумусообразования играет незначительную роль.

Также важен вид возделываемых сельскохозяйственных культур. Наиболее значительная масса корневых остатков поступает в почву при возделывании многолетних сеяных трав. В зависимости от урожайности и вида трав количество корневых остатков колеблется от 6-8 до 12-15 т/га [4].

Многолетние бобовые травы по сравнению с другими культурами в значительно большей степени обогащают почву органическим веществом, способствуют накоплению азота в почве и улучшают ее физические свойства. Галега восточная рассматривается как эффективный накопитель органического вещества и азота в почве. В исследованиях Пикуна П.Т. установлено, что за шестилетний период монокультуры галеги восточной в почве накапливается около 136 ц/га сухого вещества корневых остатков [4]. Согласно расчетам, содержание органического вещества в почве после шестилетнего возделывания культуры было эквивалентно 66 т/га навоза [5].

Показатели дегидрогеназной активности количественно характеризуют численность и активность микробных сообществ почвы. Установлено, что длительное возделывание галеги восточной способствовало повышению уровня биогенности по всей почвенно-эрозионной катене. Наиболее значимый эффект отмечен на слабо- и среднеэродированной почвах – уровень биогенности, по сравнению с кормовым севооборотом, повысился примерно в 2 раза (табл. 2).

По активности инвертазы можно судить об углеводном режиме почвы. В связи со значимой ролью микробных оксидаз в процессах гумификации и в цикле углерода в почве их активность является информативным показателем биологического состояния почвы. Высокая активность инвертазы способствует развитию микробной биомассы и поддерживает определенный уровень биогенности почвы. Длительное возделывание галеги восточной привело к значительному повышению инвертазной активности по катене: на незеродированной почве – в 1,6 раза; на эродированных разновидностях – в 1,5-1,8 раза.

Таблица 2

**Биологическое состояние дерново-подзолистых легкосуглинистых почв
на лессовидных суглинках в зависимости от типа севооборота**

Культура	Степень эродированности	Дегидрогеназа, мг ТФФ/ кг почвы	Полифенолоксидаза, мг хинона/ кг почвы	Пероксидаза, мг хинона/ кг почвы	Инвертаза, мг глюкозы/ кг почвы
Галега восточная	неэродированная	857	46,8	42,5	3358
	слабоэродированная	797	44,9	40,4	2895
	среднеэродированная	505	43,5	36,7	2557
Кормовой севооборот*	неэродированная	642	30,3	31,2	2099
	слабоэродированная	392	28,2	27,4	1948
	среднеэродированная	255	25,0	21,6	1420
НСР _{0,05} Фактор А (почва)		138	1,32	2,16	318
Фактор В (культура)		113	1,08	1,76	260

* – Кормовой севооборот: горохо-овсяная смесь на з/м; ячмень + травы; бобовые травы 1 г.п.; бобовые травы 2 г.п.

Полифенолоксидазы (ПФО) и пероксидазы катализируют окисление ароматических соединений, в том числе лигнинов, до хинонов, которые в соответствующих условиях конденсируются с аминокислотами и пептидами с образованием первичных молекул гуминовых кислот [6, 7]. Полифенолоксидазы осуществляют процессы окисления с помощью кислорода воздуха, пероксидазы – за счет O₂ перекиси водорода, образующейся в почве в процессе жизнедеятельности микроорганизмов и действия оксидаз. В проведенных исследованиях установлено статистически достоверное влияние монокультуры галеги восточной на полифенолоксидазную активность почвы. Активность ПФО при бессменном возделывании галеги восточной составила 43,5-46,8 мг хинона/ кг почвы, что в 1,5-1,7 раза выше, чем в кормовом севообороте. Влияние эрозии на данный показатель при бессменном возделывании галеги менее заметно. Снижение активности составило 4-7%, в то время как под культурами кормового севооборота – 7-21%. Пероксидазная активность при возделывании галеги в 1,4-1,7 раза выше, чем в кормовом севообороте и составила 36,7-42,5 мг хинона/ кг почвы. С увеличением степени эродированности она уменьшилась на 5-16%. В кормовом севообороте снижение активности эродированных почв было на уровне 14-44%.

Бессменное возделывание галеги восточной (19 лет) благоприятно сказывалось и на плодородии разной степени эродированных дерново-подзолистых легкосуглинистых почв на лессовидных суглинках (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние возделываемых культур на агрохимические показатели
дерново-подзолистых легкосуглинистых почв на лессовидных суглинках, 2009 г.**

Культура	Степень эродированности	Гумус, %	pH _{KCl}	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
Галега восточная	неэродированная	3,20	4,29	425	308
	слабоэродированная	2,68	4,32	405	256
	среднеэродированная	2,51	4,43	396	242
Кормовой севооборот*	неэродированная	2,05	4,93	371	264
	слабоэродированная	1,81	4,90	356	252
	среднеэродированная	1,60	4,90	290	242
НСР _{0,05} Фактор А (почва)					
Фактор В (культура)					

* – Кормовой севооборот: горохо-овсяная смесь на з/м; ячмень + травы; бобовые травы 1 г.п.; бобовые травы 2 г.п.

Так, содержание гумуса при возделывании галеги в соответствии с принятой в агрохимической службе градации высокое и очень высокое и составляет 2,51-3,20%. На эродированных разновидностях оно снизилось на 0,52-0,69%. Под культурами кормового севооборота в почве содержалось в 1,5 раза меньше гумуса – 1,60-2,05, т.е. содержание среднее и повышенное.

При изучаемых типах использования эродированных почв они относятся к одной группе по степени кислотности – среднекислые. Кислотность практически не изменяется по почвенно-эрозионной катене. Отметим, что под культурами кормового севооборота рН несколько выше, т.к. за 19 лет пользования галеги известкование почв не проводилось.

При возделывании галеги восточной содержание фосфора очень высокое (405-425 мг/кг почвы), а на среднеэродированной почве – высокое (396 мг/кг почвы). В кормовом севообороте оно снизилось по сравнению с галегой на 49-106 мг/кг почвы, или 12-27%. При том и другом типе использования наблюдается снижение содержания P_2O_5 на эродированных разновидностях по сравнению с неэродированными, но при бесменном возделывании галеги оно менее выражено – лишь 5-7%.

Исследуемые эродированные почвы имеют повышенное содержание подвижного калия. Только в неэродированной почве под галегой содержание K_2O высокое – 308 мг/кг почвы. Небольшая разница между культурами (4-44 мг/кг почв, или 2-14%) объясняется высоким выносом калия зеленой массой галеги восточной. По этой же причине и снижение содержания K_2O на эродированных почвах при возделывании галеги значительно выше – 17-21% против 5-8% под культурами кормового севооборота.

Данные, приведенные на рис. 2, свидетельствуют о том, что галега восточная не только повышает устойчивость почв к эрозии, но и является ценной и перспективной кормовой культурой при возделывании на эрозионноопасных землях. В среднем за четыре года ее продуктивность составила 81,3-107,1 ц/га к.ед., что на 14,7-17,6 ц/га к. ед. выше, чем в среднем в звене кормового севооборота.

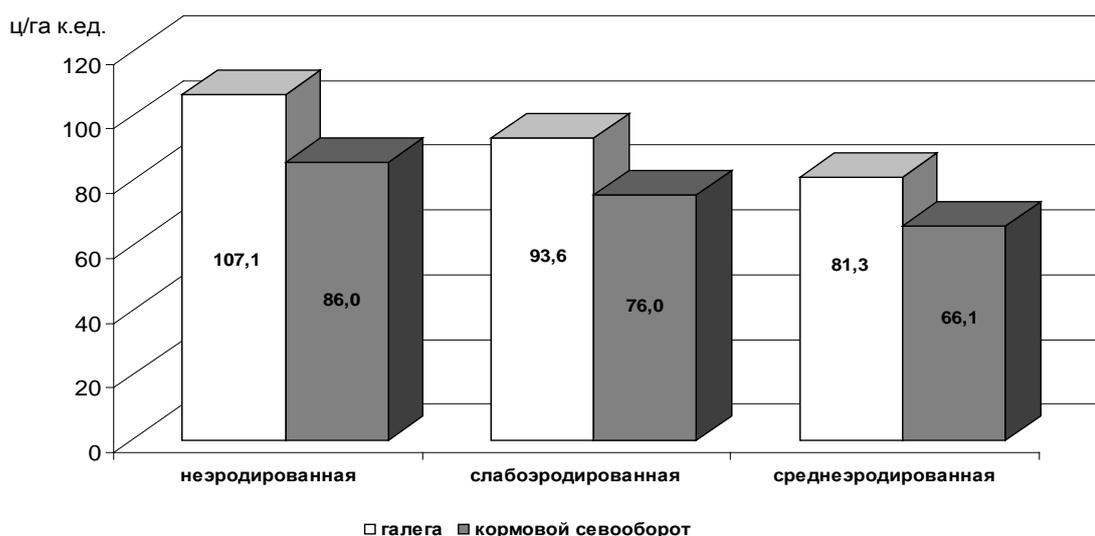


Рис. 2. Производительная способность почв при возделывании галеги восточной и культур кормового севооборота (в среднем за последние 4 года), ц/га к.ед.

Водно-эрозионные процессы оказали негативное влияние на производительную способность почв как при возделывании галеги восточной, так и культур кормового севооборота. Недобор на слабоэродированной почве составил соответственно 8 и 13%, на среднеэродированной – 24 и 30%.

ВЫВОДЫ

1. Бесменное возделывание галеги восточной (19 лет) обеспечило повышение противозерозионной устойчивости почв, которое выражается в снижении плотности до оптимальных пределов ($1,03-1,09 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ – на неэродированной и $1,18-1,19 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ – на среднеэродированной), увеличении водопроницаемости (на 6,5-10,2 см/сут.), улучшении структурно-агрегатного состава.

2. Длительное возделывание галеги восточной способствовало также значительному повышению уровня биогенности, интенсивности процессов гумификации растительных остатков и улучшению углеводного режима разной степени эродированных дерново-подзолистых легкосуглинистых почв на лессовидных суглинках. Наиболее значимый эффект отмечен на среднеэродированной почве.

3. Бесменное возделывание галеги восточной благоприятно сказалось и на агрохимическом состоянии эродированных почв. По сравнению с культурами кормового севооборота, содержание гумуса и основных элементов питания растений более высокое.

4. Галега восточная обеспечила высокую производительную способность почв (81,3-107,1 ц/га к.ед. в среднем за четыре года), при этом потери от эрозии значительно ниже, чем в звене кормового севооборота.

ЛИТЕРАТУРА

1. Першукевич, П.М Эффективность защиты почв от деградации и восстановление утраченного плодородия / П.М. Першукевич, А.В. Кряхтунов, А.К. Михальченко. – Новосибирск, 2000. – 145 с.
2. Проектирование противозерозионных комплексов и использование эрозионноопасных земель в разных ландшафтных зонах Беларуси: рекомендации; под общ. ред. А.Ф. Черныша / Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2005. – 45 с.
3. Руководство по экологически безопасному использованию земель на водосборах озер Национального парка «Браславские озера» и сопредельных территориях Белорусского Поозерья. – Минск, 2003. – 52 с.
4. Кормопроизводство: нетрадиционные культуры, проблемы и пути их решения / П.Т. Пикун [и др.]. – Мозырь, 2005. – 111 с.
5. Щербакова, Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества / Т.А. Щербаков. – Минск: Наука и техника, 1983. – 221 с.
6. Кононова, М.М. Органическое вещество почвы / М.М. Кононова. – М.: АН СССР, 1963. – 315 с.
7. Александрова, Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л.Н. Александрова. – Л.: Наука, 1980. – С. 122-133.

COMPARATIVE ESTIMATION OF ERODED SOIL PROPERTIES AT UNCHANGEABLE CULTIVATION OF EAST GALEGA AND CROPS OF FODDER CROP ROTATION

A.F. Chernysh, A.M. Ustinova, N.A. Mikhajlovskaya, A.Eh. Radyuk, A.A. Klus

Summary

The results of the comparative agroecological estimation of unchangeable cultivation of east galega and crops of fodder crop rotation are shown at the article. Optimum influence of east galega on agrophysical, agrochemical and biological properties and researched soil productivity in compare with crops of fodder crop rotation was determined.

Поступила 8 мая 2010 г.

ОТРАЖАТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ СМЫТОСТИ

С.В. Дробыш, Т.В. Бубнова, Т.Н. Азарёнок
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Смытые почвы образуются в результате нарушения рационального соотношения видов земель и агротехники при хозяйственном использовании эрозионноопасных территорий. Характерной особенностью смытых почв является полное или частичное разрушение верхних горизонтов, в результате чего на поверхность выходит сохранившийся в той или иной степени срединный горизонт, или горизонт переходный к почвообразующей (подстилающей) породе. При сельскохозяйственном использовании этих почв поверхностный агрогенно-преобразованный горизонт все же имеет окраску, характерную для исходного материала с серым оттенком, свидетельствующим о некотором накоплении гумуса [1,2]. К смытым почвам в новой классификации предлагается относить средне-, сильно- и очень сильноэродированные виды согласно номенклатурного списка почв [3]. По данным материалов крупномасштабного почвенного картографирования разной степени эродированные (смытые) почвы занимают 7,1% площади пахотных земель республики [4].

Для почв агродерново-подзолистого типа, по мнению ряда исследователей [5,6], одним из основных показателей степени смытости служит цвет агрогумусовых (пахотных) горизонтов. Цвет почв связан с составом и сложением почвы, и все его изменения являются отражением внутренних свойств почв, в первую очередь содержания гумуса, химического и минералогического составов. Цвет частично унаследуется от почвообразующей породы, частично приобретается в процессе естественного или антропогенного почвообразования. Степень эродированности почв Беларуси основана на следующих положениях: смытости определенной части их профиля; окраске агрогумусового горизонта, его мощности и запасах в нем гумуса [5].

Окраска верхнего горизонта при определении степени эродированности почв устанавливается визуально и достоверным признаком являться не может. Для определения степени смытости почв необходимо анализировать не только их верхний горизонт, а весь почвенный профиль, т.е. морфохроматические особенности всех горизонтов, его слагающих, с применением инструментальных методов определения цвета, одним из которых является спектрофотометрический.

В основе этого метода определения окраски лежит измерение прибором интенсивности и спектрального состава излучений, отраженных от объекта. Отраженный от природного образования свет позволяет получать более достоверную информацию о структуре его поверхностных слоев. Поэтому целью наших исследований являлось установление особенностей строения профилей почв различной степени смытости исходя из основных спектрофотометрических коэффициентов и вида кривых спектрального отражения.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований явились в различной степени смытые (эродированные) почвы, сформировавшиеся на моренных отложениях, суглинистого гранулометрического состава, представленные пятью разрезами, и несмытая агродерново-подзолистая почва (один разрез). Все разрезы заложены на пахотных землях СПК «Межаны» Браславского района:

- агродерново-подзолистая, развивающаяся на моренных отложениях, легкосуглинистая* (дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легких моренных суглинках**), разрез 1Э-09 заложен на выровненном участке на вершине холма;
- агродерново-подзолистая, развивающаяся на моренных отложениях, слабоэродированная легкосуглинистая (дерново-подзолистая слабоэродированная суглинистая, развивающаяся на легких моренных суглинках), разрез 3Э-09 заложен в верхней части склона;
- смытая типичная, развивающаяся на моренных отложениях, легкосуглинистая (дерново-подзолистая среднеэродированная суглинистая, развивающаяся на легких моренных суглинках), разрез 5Э-09 заложен в нижней части крутого склона;

* – номенклатура по новой классификации почв Беларуси [1]

** – номенклатура согласно «Полевому исследованию и картографированию почв Беларуси» [2]

- смытая типичная, развивающаяся на моренных отложениях, легкосуглинистая (дерново-подзолистая сильноэродированная суглинистая, развивающаяся на легких моренных суглинках), разрез 4Э-09 заложен в средней части крутого склона;

- смытая карбонатная, развивающаяся на моренных отложениях, среднесуглинистая (дерново-карбонатная сильноэродированная суглинистая, развивающаяся на средних моренных суглинках), разрез 6Э-09 заложен в средней части выпуклого склона;

- смытая карбонатная, развивающаяся на моренных отложениях, среднесуглинистая (дерново-карбонатная очень сильноэродированная суглинистая, развивающаяся на средних моренных суглинках), разрез 7Э-09 заложен в нижней части выпуклого склона.

Разрезы 1Э-09 – 5Э-09 заложены на одном рабочем участке, 6Э-09 и 7Э-09 – на другом. Характерной особенностью эродированных почв, развивающихся на моренных отложениях является небольшая мощность их профилей, что связано с меньшей продолжительностью почвообразовательного процесса на территории Белорусского Поозерья.

Спектральная отражательная способность почв определялась на спектрофотометре СФ-18. Кривые спектрального отражения почв регистрировались на спектрофотометре СФ-18. Изучались образцы почв воздушно-сухого состояния, слегка растертые и пропущенные через сито 0,25 мм. Прошедшую через сито 0,25 мм массу заправляли в прибор (спектрофотометр СФ-18) и отписывали спектрограмму, на основании которой с помощью специальных формул, предложенных И.И. Кармановым [7], рассчитывали величины коэффициентов: ЦУ (коэффициент цветности по оси У), КО (коэффициент спектрального отражения), ОПС (коэффициент относительного поглощения света), КД (коэффициент дифференциации профиля).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В большинстве случаев несмытые и в разной степени смытые почвы представляют собой компонентный состав почвенного покрова одного отдельно обрабатываемого участка пахотных земель, а обработка почв на всем участке производится на одну глубину, значит мощность агрогумусовых (пахотных) горизонтов в настоящее время не может являться диагностическим признаком степени смытости почв, так как она будет практически одинакова у тех и других. Примерно такая же картина будет наблюдаться и по содержанию гумуса. Цвет верхних горизонтов, установленный визуальным способом в полевых условиях и по шкале цветов Манселла, также не дает четкого представления о степени смытости почв (средне-, сильно- или очень сильно смытые).

Результаты же исследований спектральной отражательной способности почв разной степени смытости показали следующее (табл. 1).

Таблица 1

Количественные показатели смытых почв

Разрез	Цвет	Цвет по Манселлу (во влажном состоянии)	Индекс горизонта	Глубина отбора образца, см	ЦУ	КО	ОПС	КД	Гумус %	Мощность горизонта, см
1Э-09	Серый с буроватым оттенком	10YR ⁴ / ₂	P*(Ap)**	5-10	13,7	36,2	11,7	3,5	1,48	26,0
	Белесовато-желтый	10YR ⁶ / ₄	EB ₁ (A ₂ B ₁)	28-33	16,4	46,6	7,8	3,3		
	Красновато-бурый	5YR ⁴ / ₆	B ₂ (B ₂)	40-45	30,9	38,8	10,6	6,6		
	Красновато-бурый	5YR ⁴ / ₆	B ₃ C(B ₃ C)	95-105	30,2	37,5	11,0	7,1		
3Э-09	Серый с буроватым оттенком	10YR ⁴ / ₂	P(Aп)	5-10	15,2	35,8	11,8	3,8	1,88	28,0
	Буровато-желтый	10YR ⁵ / ₆	EB ₁ (A ₂ B ₁)	35-40	30,5	41,1	9,7	6,0		
	Красновато-бурый	5YR ⁴ / ₆	B ₂ (B ₂)	55-65	29,6	38,5	10,7	6,7		
	Красновато-бурый	5YR ⁴ / ₆	B ₃ C(B ₃ C)	100-110	31,3	36,8	11,4	7,2		
	Буровато-серый с крас-	5YR ⁴ / ₂	PB(Aп)	5-10	23,4	36,6	11,5	5,4	1,43	25,0

	новатым оттенком										
	Красновато-бурый	5YR ⁴ / ₆	B ₁ (B ₁)	25-30	30,2	38,0	10,9	6,3			
	Красновато-бурый	5YR ⁵ / ₆	B ₂ C(B ₂ C)	50-60	31,3	36,4	11,5	7,8			
	Красновато-бурый	5YR ⁴ / ₆	C(C)	95-105	31,5	36,2	11,7	7,3			
4Э-09	Серовато-бурый с красноватым оттенком	5YR ⁴ / ₃	PB(Aп)	5-10	23,5	35,1	12,2	5,4	1,38	23,0	
	Красновато-бурый	5YR ⁵ / ₆	B ₁ C(B ₁ C)	25-30	31,9	37,9	10,9	6,6			
	Красновато-бурый	5YR ⁴ / ₆	C(C)	50-60	30,1	37,7	11,0	6,8			
	Красновато-бурый	5YR ⁵ / ₆	C(C)	95-105	31,2	36,6	11,5	7,2			
6Э-09	Серовато-бурый с красноватым оттенком	5YR ⁴ / ₃	PB(Aп)	5-10	22,0	34,4	12,6	5,5	1,23	28,0	
	Красновато-бурый	5YR ⁴ / ₆	BC _k (BC _k)	25-30	31,8	37,3	11,2	6,8			
	Красновато-бурый	5YR ⁵ / ₆	C _k (C _k)	55-65	33,0	36,7	11,5	8,6			
	Красновато-бурый	5YR ⁴ / ₆	C _k (C _k)	95-105	32,1	36,4	11,6	7,5			
7Э-09	Темно-бурый с красноватым оттенком	5YR ³ / ₃	PB(Aп)	5-10	20,0	35,6	11,9	4,8	1,51	24,0	
	Красновато-Бурый	5YR ⁴ / ₆	BC _k (BC _k)	25-30	29,4	36,6	11,5	6,4			
	Красновато-бурый	5YR ⁵ / ₆	C _k (C _k)	55-65	32,0	36,0	11,4	8,3			
	Красновато-бурый	5YR ⁴ / ₆	C _k (C _k)	95-105	31,8	36,1	11,7	7,5			

Для агрогумусового (пахотного) горизонта несмытой агродерново-подзолистой, развивающейся на моренных отложениях, легкосуглинистой почвы (разрез 1Э-09) характерна невысокая насыщенность цвета (ЦУ – 13,7), интегральный коэффициент отражения (КО) равен 36,2, коэффициент относительного поглощения света (ОПС) составляет 11,7, коэффициент дифференциации профиля (КД) имеет низкое значение – 3,5. Кривая спектрального отражения медленно и плавно поднимается от коротких волн к длинным, то есть от 440 до 750 нм (рис. 1).

Верхний горизонт агродерново-подзолистой, развивающейся на моренных отложениях, слабоэродированной легкосуглинистой почвы (разрез 3Э-09) отличается от агрогумусового горизонта несмытой почвы более низкой интенсивностью отражения света (КО – 35,8), для этого горизонта характерна невысокая насыщенность цвета (ЦУ – 15,2) и невысокий коэффициент дифференциации профиля (КД – 3,8), величина коэффициента относительного поглощения света равна (ОПС – 11,8), То есть этот горизонт практически идентичен с агрогумусовым горизонтом несмытой почвы. Кривая спектрального отражения имеет плавное, однако более низкое расположение, чем кривая агрогумусового горизонта разреза 1Э-09 (рис. 1).

Постэрозионный пахотный горизонт смытой типичной, развивающейся на моренных отложениях, легкосуглинистой почвы (дерново-подзолистой среднеэродированной суглинистой, развивающейся на легких моренных суглинках) (разрез 5Э-09) имеет резкое повышение коэффициента цветности (ЦУ-23,4) и коэффициента дифференциации профиля (КД-5,4) в ряду от несмытых к среднесмытым почвам, достигая значений близких величинам коэффициентов иллювиальных горизонтов (В). Коэффициент интенсивности отражения света (КО) и коэффициент относительного поглощения света (ОПС) соответственно равны 36,6 и 11,5. Кривая спектрального отражения занимает уже некоторое промежуточное положение, то есть она имеет выраженный перегиб, который характерен для иллювиального горизонта (рис.1).

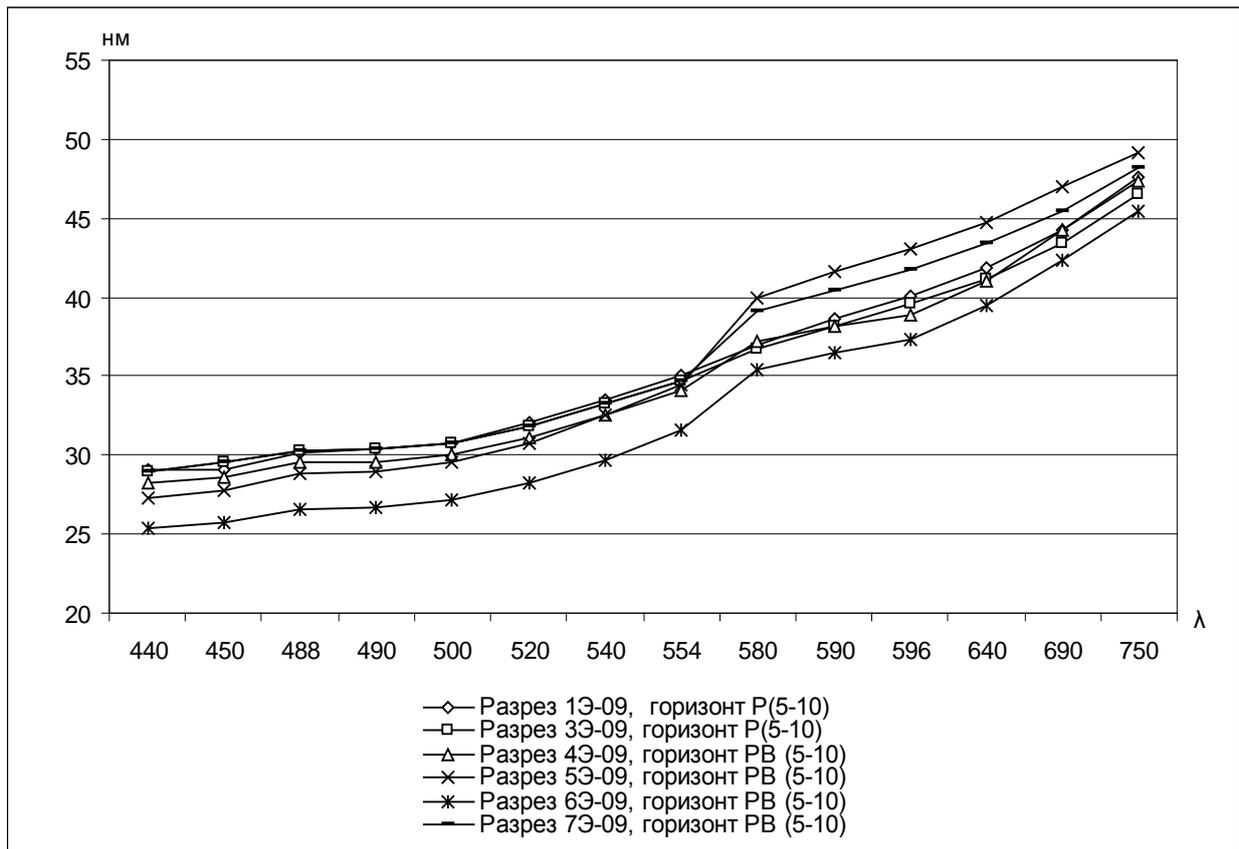


Рис. 1. Спектрофотометрические кривые агрогумусовых (пахотных) и постэрозионных горизонтов

В постэрозионных пахотных горизонтах смытой типичной, развивающейся на моренных отложениях, легкосуглинистой почвы (дерново-подзолистой сильноэродированной суглинистой, развивающейся на легких моренных суглинках) (разрез 4Э-09) и смытых карбонатных, развивающихся на моренных отложениях, среднесуглинистых почв (дерново-карбонатных сильно- и очень сильноэродированных суглинистых, развивающихся на средних моренных суглинках) (разрезы 6Э-09 и 7Э-09) наблюдается так же как и в разрезе 5Э-09, резкое повышение коэффициента цветности (ЦУ – 23,5; 22,0 и 20,0) и коэффициента дифференциации профиля (КД – 5,4; 5,5 и 4,8) за счет припашки материала иллювиальных горизонтов и горизонтов, переходящих в почвообразующую породу. Интегральный коэффициент отражения (КО) и коэффициент относительного поглощения света (ОПС) составляют в исследуемых разрезах (4Э-09; 6Э-09 и 7Э-09): КО – 35,1; 34,4 и 35,6, и соответственно ОПС – 12,2; 12,6 и 11,9. Кривые спектрального отражения имеют выраженный перегиб, характерный для иллювиальных горизонтов (рис.1).

Таким образом, спектрофотометрические коэффициент цветности (ЦУ) и коэффициент дифференциации (КД) и кривые спектрального отражения постэрозионных пахотных горизонтов смытых типичных и смытых карбонатных почв показывают, что под влиянием эрозионных процессов они приобретают черты иллювиальных горизонтов (рис. 1).

В несмытой агродерново-подзолистой, развивающейся на моренных отложениях, легкосуглинистой почве (разрез 1Э-09) ниже агрогумусового горизонта согласно полевой диагностике четко выделяется элювиальный горизонт EB_1 (A_2B_1). Этот горизонт характеризуется максимально высокой интенсивностью отражения света (КО – 46,6), невысокими значениями ЦУ – 16,4, самыми низкими величинами относительного поглощения света (ОПС – 7,8) и коэффициента дифференциации профиля (КД – 3,3). Кривая спектрального отражения довольно быстро поднимается от коротких волн к длинным (рис. 2).

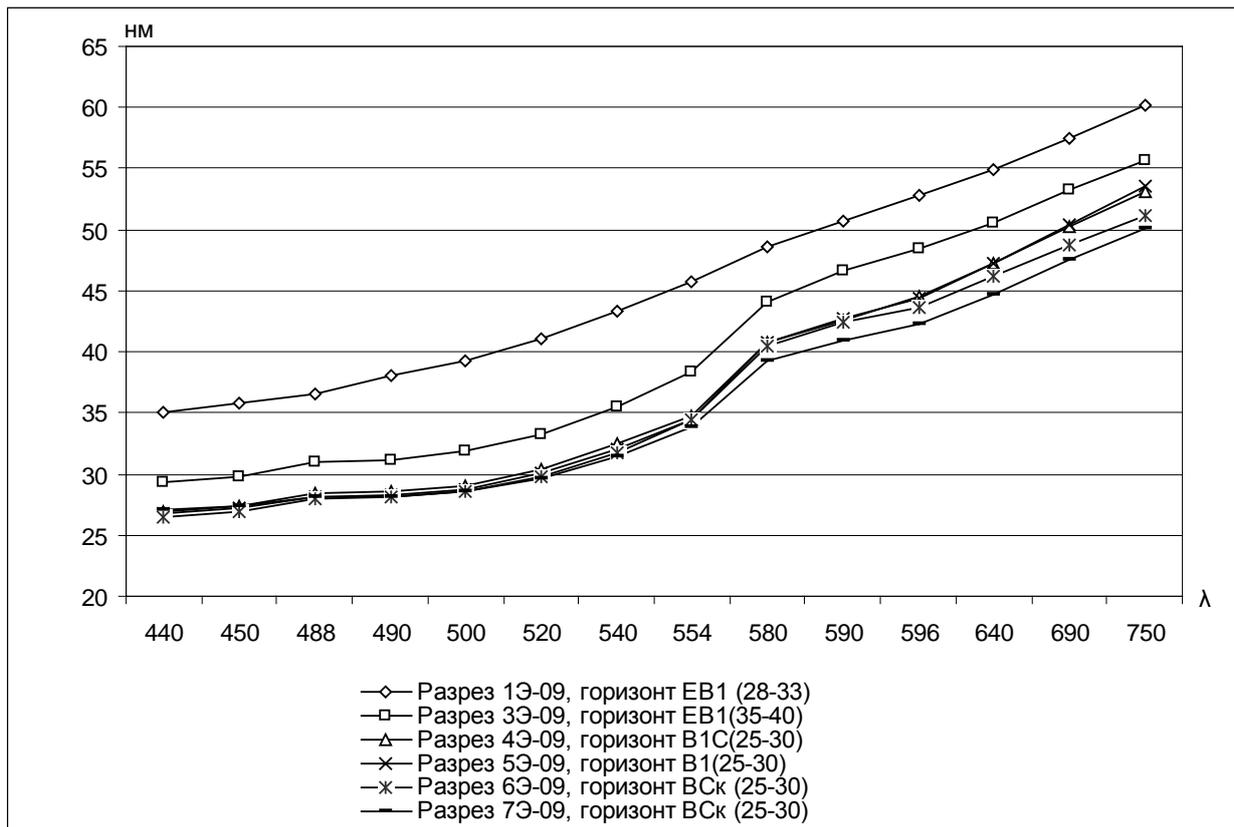


Рис. 2. Спектрофотометрические кривые элювиально-иллювиальных и иллювиальных горизонтов

По полевой морфологической диагностике под агрогумусовым горизонтом агродерново-подзолистой слабоэродированной почвы (разрез 3Э-09), также выделяется горизонт EB_1 (A_2B_1). Но в отличие от несмытой почвы спектрофотометрические коэффициенты этого горизонта в данном разрезе имеют другие значения, хотя еще характерны относительно высокие значения интегрального коэффициента отражения ($KO - 41,1$) и низкие значения коэффициента относительного поглощения света ($ОПС - 9,7$). Такие величины спектрофотометрических коэффициентов говорят об осветлении горизонта. Однако, уже коэффициент цветности ($ЦУ$) и коэффициент дифференциации профиля ($КД$) значительно увеличиваются и составляют здесь соответственно $30,5$ и $6,0$, что указывает на присутствие в элювиальном горизонте большого количества материала иллювиального горизонта. Таким образом, спектрофотометрические коэффициенты показывают, что здесь горизонт EB_1 выражен фрагментарно и для разреза 3Э-09 характерны черты слабосмытой почвы. У кривой уже прослеживается перегиб, характерный для иллювиальных горизонтов (рис. 2).

В смытой типичной, развивающейся на моренных отложениях, легкосуглинистой (среднеэродированной почве) (разрез 5Э-09) ниже постэрозионного горизонта диагностируется иллювиальный горизонт (B_1). Для этого горизонта характерны высокие значения коэффициента цветности ($ЦУ - 30,2$) и коэффициента дифференциации профиля ($КД - 6,3$). Коэффициент интегрального отражения в почве равен $38,0$, а относительного поглощения света - $10,9$. Кривая спектрального отражения имеют четко выраженный перегиб (рис. 2).

Горизонты B_1C смытой типичной, развивающейся на моренных отложениях, легкосуглинистой (сильноэродированной) почвы (разрез 4Э-09) и смытых карбонатных, развивающихся на моренных отложениях, среднесуглинистых (сильноэродированных) почв (разрезы 6Э-09 и 7Э-09), залегающие под постэрозионным горизонтом, характеризуются высокими значениями коэффициентов цветности соответственно ($ЦУ - 31,9; 31,8$ и $29,4$) и дифференциации профиля ($КД - 6,6; 6,8$ и $6,4$), что характерно для иллювиальных горизонтов, переходящих в почвообразующую породу. Интегральные коэффициенты отражения и относительного поглощения света соответственно равны $37,9; 37,3; 36,6$ и $10,9; 11,2; 11,5$. Кривые спектрального отражения также имеют четко выраженный перегиб (рис. 2). И как видно из рисунка, кривые горизонтов, залегающих под пахотным, в разрезах 4Э-09 - 7Э-09 совпадают, что указывает на одинаковое строение их профилей.

Коэффициенты спектральной отражательной способности нижележащих горизонтов исследуемых почв изменяются мало, независимо от степени смытости почв.

Таким образом, исходя из существующей морфологической диагностики [3], наличие горизонта EB (A_2B_1) характерно только для агродерново-подзолистых слабосмытых почв, в остальных видах (средне-, сильно- и очень сильно-) он отсутствует, что и подтверждается результатами исследований спектральной отражательной способности. То есть главного типодиагностического горизонта почв – дерново-подзолистого типа в указанных видах нет. Следовательно, морфологическое строение профиля таково, что по нему нельзя правильно установить исходную почву. Исходя из вышеизложенного эти почвы могут быть отнесены к одному типу.

ВЫВОДЫ

Результаты исследований позволили сделать следующие выводы:

1. Кривые спектрального отражения агрогумусовых горизонтов средне-, сильно- и очень сильно-смытых почв имеют выраженный перегиб, характерный для иллювиальных горизонтов, в то время как в несмытых и слабосмытых видах кривые плавно поднимаются вверх.

2. Кривые подагрогумусовых горизонтов также имеют свои диагностические признаки: в несмытой почве кривая спектрального отражения плавно поднимается вверх, в слабосмытой уже присутствует перегиб, характерный для иллювиальных горизонтов, а в средне-, сильно- и очень сильно-смытых почв кривые сливаются и имеют вид иллювиальных горизонтов.

3. Четкая дифференциация профиля на генетические горизонты (P-EB₁-B₂-BC) установлена только в несмытой и слабосмытой агродерново-подзолистой почве, а виды средне-, сильно- и очень сильно-смытых почв дерново-подзолистого и дерново-карбонатного типов имеют аналогичное строение профиля, постэрозионный горизонт PB залегает на срединном горизонте B.

Полученные данные по спектральной отражательной способности почв разной степени смытости, развивающихся на моренных отложениях, могут быть использованы в качестве диагностических признаков при картографировании этих почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смян, Н.И. Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси / Н.И. Смян, Г.С. Цытрон. – Минск, 2007. – 220с.
2. Цытрон, Г.С. Антропогенно-преобразованные почвы Беларуси / Г.С. Цытрон. – Минск, 2004. – 124 с.
3. Полевое исследование и картографирование почв БССР / Под ред. Смяна Н.И. – Минск: Ураджай. – 1990. – 221с.
4. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: Практ. пособие / под ред. Г.И. Кузнецова, Н.И. Смяна. – Минск: Оргстрой, 2001. – 432 с.
5. Жилко, В.В. Охрана почв от механического разрушения и рекультивация земель // Охрана сельскохозяйственных угодий и окружающей среды. – Минск: Ураджай, 1984. – С. 236-245.
6. Черныш, А.Ф. Морфология и основные свойства эродированных дерново-палево-подзолистых почв, развивающихся на лессовидных и лессовых суглинках (по результатам мониторинговых наблюдений) / А.Ф. Черныш [и др.] / Почвоведения и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 23-31.
7. Карманов, И.И. Спектральная отражательная способность и цвет почв как показатели их свойств / И.И. Карманов. – М.: Колос, 1974. – 351с.
8. Орлов, Д.С. Спектральная отражательная способность почв и их компонентов / Д.С. Орлов, Н.И. Суханова, М.С. Розанова. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 165 с.
9. Михайлова, Н.А. Оптические свойства почв и почвенных компонентов / Н.А. Михайлова, Д.С. Орлов. – М.: Наука, 1986. – 118 с.
10. Караванова, Е.И. Оценка содержания гумуса в почвах по их спектральной отражательной способности / Е.И. Караванова, Д.С. Орлов // Агрохимия. – 1996. – №1. – С. 3-9.

REFLECTIVE CAPACITY OF THE DEGREE OF SOIL EROSION

S.V. Drobysch, T.V. Bubnova, T.N. Azarenok

Summary

Values of reflective capacity for diagnostic the degree of erosion of sod-podzolic and sod-calcareous soils were attempted. The correctness a transfer of sod-podzolic and sod-calcareous soils of the different degree of erosion (moderately, strongly and very strongly) to the soil type "washed off" on the based on values of reflective capacity was showed.

Поступила 10 марта 2010 г.

КОЭФФИЦИЕНТЫ УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВ БЕЛАРУСИ И УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Н.И. Афанасьев

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Об увлажнении почв часто судят по количеству выпадающих осадков и по влажности почв. Ни то, ни другое не может характеризовать увлажнение почв, так как разные почвы имеют не одинаковые водные свойства, определяющие доступность влаги растениям. Влага может быть много в почве, но она недоступна растениям и наоборот – влаги мало, но она вся доступна. В земледелии есть только один критерий увлажнения почв – запасы доступной растениям влаги. От них зависит влагообеспеченность растений и урожайность. Определять влажность почв, не связывая ее с влагообеспеченностью растений, влажность ради влажности, бесполезно. Наиболее простой метод оценки увлажнения почв предложен институтом экспериментальной метеорологии [1]. Этим методом мы и воспользовались для оценки влагообеспеченности культур, что являлось главной целью исследований.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились на производственных посевах культур, возделываемых по принятой технологии. Определение влажности почв и их водных характеристик выполнено в лаборатории на почвенных образцах, взятых с рабочих участков, по общепринятым методикам [2]. Полученные коэффициенты увлажнения почв представляют собой отношение фактических запасов почвенной влаги к оптимальным запасам, равным 85% полевой влагоемкости в пахотном слое (слой активного влагооборота) за весь вегетационный период и за более короткие сроки. Биологическая урожайность культур определена нами метрочками в шестикратной повторности и приведена к 14% влажности. Дозы применяемых удобрений взяты из документов хозяйств, в которых проводилась работа – СПК "Родина" Бельничского района, э/б "Курасовщина" Минского района, СПК им. Свердлова Лидского района, СПК "Оборона Советов" Ельского района, э/б "Подолесье" Речицкого района, СПК "Чырвоная Змена" Любанского района. Расход влаги, в зависимости от доз удобрений, получен на собственном полевом опыте (э/б «Курасовщина»).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Институт экспериментальной метеорологии оценивает увлажненность географических районов по коэффициентам увлажнения почв (η). Градация увлажненности следующая:

- оптимально увлажненный район – $\eta = 0,9-1,1$;
- избыточно увлажненный район – $\eta = 1,5-1,3$;
- влажный район – $\eta = 1,3-1,1$;
- слабозасушливый район – $\eta = 0,9-0,7$;
- умеренно засушливый район – $\eta = 0,7$.

Такая градация увлажненности районов есть ни что иное, как агрономическая оценка водного режима почв, позволяющая характеризовать условия вегетационного периода неотвлеченными терминами, как, например, «засушливое лето», а конкретными численными выражениями, т.е. научно.

В таблице 1 приведены полученные данные, которые не нуждаются в особой интерпретации. Укажем только, как их читать. Например, выражение 0,6/0,3-0,9 указывает на то, что потребность культуры во влаге была удовлетворена на 60%, колебалась в течение вегетации от 30% до 90%. В подавляющем большинстве случаев коэффициент увлажнения равнялся 0,6-0,7, колебалась от 0,1 до 1,0, т. е. потребность растений во влаге составляла 60-70% с колебаниями от 10 до 100%. Эти коэффициенты могут быть полезными также при качественной оценке почв и при мониторинге почвенного плодородия.

Таблица 1

**Полевая влагоемкость(ПВ), влажность похотного слоя, средние за вегетацию культур
коэффициенты увлажнения почв, их колебания и урожайность**

ПВ, %	Влажность, %	Культура	Внесено удобрений, кг д.в. га	Коэффициент увлажнения	Урожайность, т/га
Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва на легком пылеватом суглинке, подстилаемым с глубины менее 1 м опесчаненной мореной. Содержание гумуса – 1,82%. СПК "Родина" Белыничский район					
28	6,4-21,5	Ячмень	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,6/0,3-0,9*	1,70
29	16,7-26,3	Ячмень	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,9/0,7-1,1	2,20
31	18,2-24,3	Картофель	50 т/га органических удобрений + N ₇₀ P ₇₀ K ₁₀₀	0,8/0,7-0,9	19,6
28	17,5-25,2	Картофель	50 т/га органических удобрений + N ₇₀ P ₇₀ K ₁₀₀	0,9/0,7-1,1	24,8
Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва на мощном лессовидном суглинке. Содержание гумуса – 2,05%. Э/б "Курасовщина" Минский район					
25	12,7-17,0	Ячмень	N ₇₀ P ₆₀ K ₆₀	0,7/0,6-0,8	2,2
25	16,5-23,6	Ячмень	N ₇₀ P ₆₀ K ₆₀	0,8/0,7-1,0	2,5
Дерново-подзолистая супесчаная почва на супеси рыхлой, подстилаемой с глубины 70-90 см моренным песком. Содержание гумуса – 1,27%. СПК им. Свердлова Лидский район					
19,3	8,2-12,9	Озимая рожь	20 т/га органических удобрений + N ₇₀ P ₈₀ K ₈₀	0.6/0.5-0.8	1.9
14,1	9,0-12,0	Озимая рожь	20 т/га органических удобрений + N ₇₀ P ₈₀ K ₈₀	0.9/0.8-1.0	2.5
19,3	3,9-12,1	Картофель	50 т/га органических удобрений + N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀ Mg ₄₀	0.5/0.2-0,7	16.8
19,3	13,1-16,0	Картофель	50 т/га органических удобрений + N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀ Mg ₄₀	0.9/0.8-1.0	27.9
Дерново-подзолистая почва на мощной пылеватой супеси. Содержание гумуса – 2,6%. СПК «Оборона Советов» Ельский район					
34,0	5,0-12,5	Ячмень	N ₄₀ P ₈₀ K ₄₅ + 5 т/га доломитовой муки	0,3/0,2-0,4	1,9
25,3	6,4-20,0	Ячмень	N ₄₀ P ₈₀ K ₄₅ + 5 т/га доломитовой муки	0,6/0,3-0,9	2,5
Дерново-глееватая супесчаная почва подстилаемая с глубины 30-40 см крупнопылеватым песком. Содержание гумуса – 4,1%. Э/б «Подолесье» Речицкий район					
41,4	14,0-38,0	Многолетние травы без полива (естественный выпас)	N ₁₂₀ P ₄₀ K ₁₄₀	0,7/0,4-1,1	12,7 (абс. сухое сено)
41,4	35,4-38,0	Многолетние травы с поливом (естественный выпас)	N ₁₂₀ P ₄₀ K ₁₂₀	1,0/1,0-1,1	15,7 (абс. сухое сено)
Торфяная почва. СПК «Чырвоная Змена» Любанский район					
292	124,1-250,2	Ячмень	P ₇₀ K ₉₀	0,7/0,5-1,0	2,0
292	138,1-193,1	Ячмень	P ₇₀ K ₉₀	0,6/0,5-0,8	1,9
292	223,4-225,4	Ячмень	P ₇₀ K ₉₀	0,9/0,9-0,9	4,5

* – в числителе средний коэффициент за вегетацию, в знаменателе – его колебания

Данные таблицы также свидетельствуют о том, что незначительное увеличение, коэффициентов увлажнения почв, т. е. улучшение влагообеспеченности растений заметно сказывается на их урожайности. Важна не только величина полевой влагоемкости, но и влажность почв, зависящая от количества осадков и их равномерного распределения. Может быть так, что при меньшей полевой влагоемкости влажность почв больше, чем при большей влагоемкости. Это наблюдается при равномерном выпадении осадков. Однако это не означает преимущества низкой влагоемкости перед большой влагоемкостью, которую надо создавать. При высокой влагоемкости в почве значительные запасы влаги, которые противостоят длительному бездождевому периоду, тогда как при низкой влагоемкости эти запасы влаги мизерные и длительная засуха губительна на таких почвах.

Добиться 100% влагообеспеченности культур можно только орошением, которое возможно в Беларуси в далекой перспективе, особенно для зерновых культур. Срок окупаемости их орошения – 20-25 лет. В настоящее время есть только одна возможность улучшения влагообеспеченности растений, а именно: экономное расходование имеющихся ресурсов почвенной влаги. Агротехникой эту проблему не решить. Можно своевременно и качественно проводить все технологические операции, но все равно от посева (посадки) до всходов теряется бесполезно, по нашим данным, до 15% запасов почвенной влаги. Остается только одна возможность – уменьшение расхода почвенной влаги на единицу продукции, что достигается внесением в почву удобрений. Данные таблицы 2, полученные на э/б "Курасовщина" (легкосуглинистая почва на лессовидном суглинке), подтверждают этот тезис.

Таблица 2

Расход воды на единицу продукции, м³/ц

Культура	Доза удобрений	Урожайность, ц/га	Расход воды, м ³ /ц	Общий расход воды, мм
Картофель	Без удобрений	222	10,2	226
	50 т/га навоза + N ₆₀ P ₄₀ K ₁₂₀	339	6,7	227
	НСР ₀₅	28		
Ячмень	Без удобрений	22,7	106	240
	P ₅₅ K ₁₂₀	22,2	104	231
	N ₆₀ P ₅₅ K ₁₄₀	29,6	78	230
	N ₁₂₀ P ₅₅ K ₁₄₀	38,3	60	230
	НСР ₀₅	3,0		

Удобрения не увеличивают количество влаги в почве, но способствуют экономному ее расходу, что видно из табл. 2. Природа едина и ее общий принцип – чем беднее, тем экономичнее. Удобрения увеличивают концентрацию почвенного раствора, делают его «калорийнее», а чем калорийнее пища, тем меньше ее потребление. Таким образом, удобрение не только улучшает пищевой режим растений, но и улучшает их влагообеспеченность. Надо только знать оптимальную концентрацию почвенного раствора. Эту задачу можно решать раньше применения широкомасштабного орошения в Беларуси.

Коэффициенты увлажнения почв можно использовать также при их качественной оценке и при мониторинге почвенного плодородия. Это и понятно. Чем выше коэффициент, тем плодороднее почва, так как в ней больше влаги, одного из основных факторов плодородия почв, значит качество почвы выше. По количеству выпадающих осадков невозможно оценить запасы влаги, доступной растениям, так как водные свойства почв неодинаковые, поэтому их увлажнение будет различным. Следовательно, учет коэффициентов увлажнения почв при их качественной оценке делает эту оценку совершеннее.

Что касается мониторинга плодородия почв, следует уточнить понятия плодородие и мониторинг. Согласно классическому определению плодородия почв под ним понимают способность почв обеспечивать полностью потребность растений во влаге и в питательных веществах [3]. А мониторинг – это целенаправленная программа оценки изменения плодородия. Она включает в себя оценку, прогноз изменений, выявление источников воздействия, причина изменений и прогноз изменений почвенного плодородия.

Коэффициенты увлажнения почв – это оценка влагообеспеченности растений, т.е. увеличение почвенного плодородия. Прогноз изменений этих коэффициентов делается слежением за влажностью и водными свойствами почв, которые варьируют в зависимости от количества внесенных в почву органических удобрений. Эти два фактора возможных изменений коэффициентов, а следовательно влагообеспеченности, являются главными источниками воздействия. К менее значимым относятся агротехнические приемы, их качество и своевременность проведения. Прогноз изменения почвенного плодородия делается на основании суммарного воздействия на почву перечисленных выше факторов и воздействий. Определить обеспеченность растений влагой только по влажности почв невозможно. В этом главное отличие динамики влажности от мониторинга почвенного плодородия.

Поясним некоторые положения мониторинга плодородия данными табл. 1. Коэффициент увлажнения торфяных почв 0,7 и урожайность ячменя при этом 2,0 т/га. Они получены при средней влажности за вегетативной период 187% (124-250%) и при указанных дозах удобрений. Это и есть оценка почвенного плодородия при таких параметрах почвы. Теперь поставим задачу получить 4,5т/га зерна ячменя. Что для этого нужно? Надо добиться коэффициента увлажнения 0,9 и влажности почв 224% (223-224%). Сможем ли мы добиться таких показателей и за счет чего – можно прогнозировать получение такого урожая, если не сможем нечего его и прогнозировать. Это решает специалист, занимающийся мониторингом почвенного плодородия.

Таким образом, мониторинг почвенного плодородия очень сложная отрасль почвоведения, а не простое определение влажности и питательных веществ в почве. Коэффициент увлажнения – отправной пункт мониторинга при оценке содержания доступной влаги для растений. Добиться его увеличения можно лишь применив мелиоративные и агротехнические приемы, требующих собственной подготовки специалиста, ведущего этот мониторинг.

ВЫВОДЫ

1. Коэффициенты увлажнения почв представляющие собой отношение фактические запасов влаги в слое активного влагооборота к оптимальным запасам, равным 85% полевой влагоемкости, являются показателем влагообеспеченности культур, которая определяет их продуктивность. Они могут быть полезными при качественной оценке почв и при мониторинге почвенного плодородия.

2. Коэффициенты увлажнения почв Беларуси свидетельствуют о недостаточной влагообеспеченности сельскохозяйственных культур как за всю вегетацию, так и за отдельные ее периоды. В подавляющем большинстве случаев растения обеспечены влагой на 60-70%.

3. Уменьшение расхода влаги на единицу продукции пока единственная возможность повышения урожайности при недостаточной влагообеспеченности растений. Это достигается увеличением концентрации почвенного раствора за счет удобрений. Определение оптимальной концентрации – надежная дорога к увеличению урожайности при любой влагообеспеченности растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кельчевская, Л.С. Метод агроклиматической оценки водного режима Нечерноземья / Л.С. Кельчевская, А.И.Полевая, Т.А. Фролова. – М.: Гидрометеоиздат, 1977. – №10(78). – С. 48-57
2. Агрофизические методы исследования почв. – М.: Наука, 1966. – С.257
3. Лыков, А.М. Плодородие почв и интенсификация земледелия / А.М. Лыков. – М.: ТСХА, 1981 – С. 3-10.

COEFFICIENTS OF MOISTEN OF SOILS OF BELARUS AND YIELDS OF AGRICULTURAL CULTURES

N.Y. Afanas'ev

Summary

Coefficients of moisten is a relation of actual stores of available water to optimal stories equal 85% of a field moisture capacity in arable layers. They were determined on field collective farms for loamy, sandy loam and peat soils as indicators water supply plants. In overwhelming cases they equal 0.6-0.7 for all period vegetation fluctuating from 0.2 to 1.0. It is evidence about water deficiency for plants.

Culture yields was the following: winter wheat – 1.9-2.5 t/ha, barley – 1.7-4.5 t/ha, potato – 17-29 t/ha on background of differential rates fertilizers.

Поступила 16 марта 2010 г.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ИЗОТОПА ^{40}K ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ГЛИНЫ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

В.Ю. Агеец, З.В. Лозовая

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

Институт радиологии, г. Гомель, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость прогнозирования уровня радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции подтверждена практикой. Прогноз радиоактивного загрязнения урожая позволяет заблаговременно планировать структуру посевных площадей, размещение культур на полях севооборота, целевое использование получаемой продукции (на производственные цели, фураж, промышленную переработку и др.). Главная задача прогноза – определить возможность производства отдельных видов сельскохозяйственной продукции и стоимость затрат, необходимых для получения конечных продуктов питания с допустимым содержанием радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Сорбционная способность почв находится в прямой пропорциональной зависимости от степени дисперсности почвенных частиц. Различия в размерах поступления радионуклидов в сельскохозяйственные культуры на суглинистых, супесчаных и песчаных почвах варьируют в больших пределах. Гранулометрический состав почвы в значительной степени влияет на прочность закрепления радионуклидов, в том числе и ^{40}K .

Естественный радионуклид ^{40}K является одним из основных источников радиоактивности на земле. Содержание радиоактивного калия составляет 0,0118% по массе, а период его полураспада составляет $1,3 \cdot 10^9$ лет. В целом, естественный радионуклид ^{40}K присутствует в почве, растениях, организмах животных и человека там, где находится стабильный ^{39}K и ^{41}K . Валовое содержание калия в дерново-подзолистых почвах колеблется от 1 до 3% в зависимости от гранулометрического состава

Поглощенные радионуклиды, а также ^{40}K , сильнее закрепляются в почвенно-поглощающем комплексе тяжёлых почв (глинистых и суглинистых), чем лёгких (супесчаных, песчаных). Прочность закрепления ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{40}K повышается с уменьшением размера фракций почв. Наиболее прочно закрепляются радионуклиды фракцией физической глины. Переход радионуклидов в растения, произрастающие на дерново-подзолистых суглинистых почвах, в 1,5-2 и более раз ниже по сравнению с дерново-подзолистыми песчаными почвами. Таким образом, одним из основных факторов, в значительной степени влияющих на переход радионуклидов в звене почва-растение, является гранулометрический состав почв, а точность его определения в производственных условиях увеличивает уровень прогноза загрязнения урожая радионуклидами [1].

Определение гранулометрического состава почвы традиционным лабораторным методом по Н.А. Качинскому (ГОСТ 12536-79) весьма трудоемко и требует больших временных затрат. При спектрометрическом исследовании почв на содержание ^{137}Cs параллельно идентифицируется содержание ^{40}K , который практически не используется. Очевидна необходимость разработки инструментального метода определения содержания физической глины в почве по содержанию ^{40}K , так как фракция физической глины является основным накопителем суммарной радиоактивности.

Фракция физической глины и характеризующие ее минералы (каолинит, монтмориллонит, вермикулит и др.) способна накапливать, как техногенные, так и естественные радионуклиды, включая ^{40}K . Удельная активность изотопа калия в почве находится в прямой зависимости от содержания глинистых частиц в почве. Эта зависимость может быть выражена определенной математической функцией, пригодной для решения задачи по определению содержания физической глины в почве по количеству ^{40}K (для любых минеральных почв, включая дерново-подзолистые) [2].

Предлагаемый нами метод отличается от традиционно применяемого в условиях Беларуси (по Н.А. Качинскому), высокой экспрессностью и экономической эффективностью. Особое значение этот метод будет иметь при агрохимическом и радиоэкологическом обследовании сельскохозяйственных земель, загрязненных радионуклидами на территории Беларуси.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований явились дерново-подзолистые автоморфные и полугидроморфные почвы естественных и культурных агроценозов, загрязненные ^{137}Cs и ^{90}Sr после аварии на ЧАЭС. Для изучения влияния гранулометрического и минералогического состава почв на степень закрепления ^{40}K в почве были отобраны пробы в количестве 99 штук на пахотных землях и луговых землях разного

гранулометрического состава, различной степени окультуренности с плотностью загрязнения ^{137}Cs от 313 до 2480 кБк/м² и ^{90}Sr от 2 до 63 кБк/м².

Определение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения на исследуемых почвах проводили полевым дозиметром ДРГ-01Т. При отборе проб почвы на глубину 20 см на луговых землях использовали пробоотборник диаметром 30-40 мм, на пашне – тростевой бур. Гранулометрический состав почв определяли традиционным лабораторным методом по Н.А. Качинскому (ГОСТ 12536-79) [3].

Разделение почвенных образцов на гранулометрические фракции проводили методом отмучивания в стоячей воде [4].

Удельную активность ^{40}K в каждой фракции почвы определяли гамма-спектрометрическим методом на гамма-спектрометрическом комплексе «TENNELEK» производства OXFORD INSTRUMENTS, INC (США). Относительная погрешность измерений не превышала 20% [5].

Удельную активность ^{90}Sr в почвенных образцах определяли радиохимическим методом по стандартной методике ЦИНАО с радиометрическим окончанием на низкофоновой газопроточной альфа-бета установке S5E «CANBERRA» [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ

Под гранулометрическим составом почвы понимается относительное содержание в ней частиц различной величины. Гранулометрический состав является одним из важных факторов, определяющих физические свойства: пластичность, пористость, сопротивляемость сдвигу, сжимаемость, усадка, разбухание, высота капиллярного поднятия, водопроницаемость и др.

Целью наших исследований являлось провести анализ и установить влияние радиоактивности почв, обусловленной ^{40}K и удельным весом (процентным содержанием) почвенных частиц, а также проанализировать корреляционные связи между отдельными количественными показателями калия в почвах.

В результате исследований распределения радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr по гранулометрическим фракциям было установлено, что гранулометрический состав почвы влияет на прочность закрепления микроколичеств радионуклидов. С уменьшением размера почвенных частиц поглощение ими ^{90}Sr , ^{137}Cs и ^{40}K повышается. Наиболее прочно закрепляются радионуклиды фракцией физической глины (<0,01мм).

Спектрометрический анализ фракционного состава почвенных проб показал, что поглощение радионуклидов тонкими фракциями почв значительно (до 77%).

Нашими исследованиями подтверждается, что ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{40}K наиболее активно сорбируется самыми тонкодисперсными (<0,01мм) фракциями почвенного субстрата (фракция физической глины). Очевидно, что эти фракции, имеют наибольшую удельную поверхность по сравнению с более крупными фракциями. По этой причине, фракция физической глины поглощает наибольшее количество радионуклидов в расчете на единицу массы и, соответственно, отличается высокой удельной активностью (Бк/г).

Установлено, что разные по гранулометрическому составу почвы закрепляют разное количество радионуклидов. В табл. 1 представлены наиболее контрастные почвы из исследуемых нами.

Данные таблицы 1 показывают, что среднесуглинистые почвы содержат большее количество радионуклидов, чем связносупесчаные. С уменьшением размера почвенных частиц удельная активность вызванная наличием радионуклидов, повышается. Наибольшее содержание радионуклидов обнаруживается во фракции физической глины (< 0,01).

Несмотря на то, что процентное содержание фракции физического песка преобладает над процентным содержанием фракции физической глины удельная активность последней значительно выше.

В исследованных разновидностях дерново-подзолистых почв с увеличением количества крупных почвенных частиц снижается уровень, как суммарной радиоактивности, так и радиоактивности, обусловленной ^{40}K . Это связано с достоверным уменьшением содержания мелкодисперсных фракций и увеличением количества крупнодисперсных частиц, т.е. чем меньше содержание физической глины в почвенном субстрате, тем ниже суммарная активность почвы, обусловленная ^{40}K .

Таблица 1

**Распределение ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{40}K по гранулометрическим фракциям минеральных почв,
разного гранулометрического состава**

Фракция почвы		Удельная активность					
		^{137}Cs		^{90}Sr		^{40}K	
мм	% (Y)	Бк/г	%	Бк/г	%	Бк/г (A_i)	% (X)
Дерново-подзолистые автоморфные связнопесчаные почвы							
0,5 – 0,25	8,51	0,86 ± 0,17	3,75	0,12 ± 0,02	6,42	0,12 ± 0,02	24,00
0,25 – 0,1	9,75	0,40 ± 0,08	2,41	0,07 ± 0,01	5,54	0,11 ± 0,02	22,00
0,1 – 0,05	23,66	1,10 ± 0,22	16,07	0,12 ± 0,02	21,81	0,05 ± 0,01	10,00
0,05 – 0,01	50,54	2,26 ± 0,45	70,51	0,15 ± 0,03	59,13	0,16 ± 0,03	32,00
<0,01	7,54	3,22 ± 0,64	7,26	0,26 ± 0,06	7,19	0,06 ± 0,01	12,00
Дерново-подзолистые автоморфные связносупесчаные почвы							
0,5 – 0,25	21,55	0,80 ± 0,24	14,18	0,44 ± 0,13	19,99	0,16 ± 0,03	9,18
0,25 – 0,1	19,20	0,79 ± 0,24	12,43	0,37 ± 0,11	14,97	0,29 ± 0,06	16,62
0,1 – 0,05	24,24	0,41 ± 0,12	8,16	0,06 ± 0,02	3,07	0,32 ± 0,06	18,65
0,05 – 0,01	16,16	1,61 ± 0,48	21,35	0,76 ± 0,23	25,90	0,22 ± 0,04	12,55
<0,01	18,85	6,10 ± 1,22	43,89	2,66 ± 0,53	36,07	0,74 ± 0,15	43,00
Дерново-подзолистые автоморфные среднесуглинистые почвы							
0,5 – 0,25	17,06	0,35±0,11	4,06	0,37±0,11	11,90	0,14 ± 0,03	6,22
0,25 – 0,1	24,04	0,39±0,12	4,59	0,27±0,08	8,68	0,13 ± 0,03	5,55
0,1 – 0,05	23,74	0,13±0,04	1,48	0,08±0,02	2,57	0,24 ± 0,05	10,71
0,05 – 0,01	3,81	1,10±0,33	12,95	0,26±0,08	8,36	0,29 ± 0,06	12,75
<0,01	31,36	6,53±1,30	76,92	2,13±0,43	68,49	1,46 ± 0,29	64,77

По данным Я.В. Пейве [6], первичные минералы обычно содержатся в почвенных фракциях диаметром 1-0,002 мм, вторичные – в почвенных фракциях большей степени измельчения и представляют коллоидную часть почвы. Калий содержат ортоклаз, альбит, анортит, мусковит, биотит, роговая обманка. Полевые шпаты, в состав которых входит значительная часть валовых запасов почвенного калия, представляют собой алюмосиликаты калия, натрия и кальция, магния и железа.

Вторичные почвенные минералы имеют диаметр меньше 0,002 мм и относятся к глинам. Такой небольшой диаметр частиц обуславливает их высокую коллоидную активность. Но в составе кристаллической решетки вторичных минералов калия в 100-200 раз больше, чем в поглощенном состоянии [6].

Результаты исследований по изучению распределения ^{40}K между различными гранулометрическими почвенными частицами свидетельствуют о том, что основная доля его в почве обычно закрепляется фракцией физической глины.

Такое поведение ^{40}K связывают с величиной суммарной поверхности почвенных частиц. Для суглинистых и глинистых почв такой подход является правомерным, так как фракция физической глины (частицы диаметром < 0,01 мм) в этих почвах составляет более 20%. Однако в песчаных и супесчаных почвах крупнозернистые фракции доминируют. Поэтому, несмотря на слабую поглотительную способность ^{40}K неглинистыми минеральными компонентами, крупнозернистые фракции могут содержать значительную часть запаса ^{40}K .

В отличие от глинистых минералов сорбция ^{40}K , как и ^{137}Cs органическим веществом почвы носит неселективный характер и является определяющим фактором его поглощения только в некоторых торфяных почвах с содержанием органического более 80% [7].

Вместе с тем органическое вещество способно экранировать минеральные частицы, предотвращая сорбцию ^{40}K [8]. Важным свойством органического вещества также является его участие в формировании органоминеральных комплексов в почве. Следует отметить, что интерпретация уже существующих данных затрудняется тем, что под распределением радиоактивных изотопов по фракциям

гранулометрического состава зачастую понимается его распределение по фракциям агрегатного состава. Например, в работе С.В. Круглова с соавторами был использован метод сухого просеивания, который является методом определения именно фракций агрегатного состава [9].

При определении гранулометрического состава для дезагрегирования, почву подвергают физическому или химическому воздействию. Использование химических методов, например стандартного международного метода «А» (сжигание перекисью водорода) или кислотного-щелочного действия на почву по Н.А. Качинскому может вызывать десорбцию радиоактивных изотопов и его перераспределение из одних фракций на другие за счет вторичной сорбции [10]. В результате чего происходит обогащение мелкозернистых фракций ^{40}K за счет преобладания площади поверхности по сравнению с крупнозернистыми фракциями. На наш взгляд, такой метод физического дезагрегирования, как метод мокрого растирания, представляется наиболее приемлемым компромиссом при изучении распределения ^{40}K по гранулометрическим фракциям песчаных и супесчаных некарбонатных почв. С помощью этого метода основная часть почвенных агрегатов разрушается за исключением некоторых из них, которые являются водопрочными и устойчивыми к механическому воздействию. Темный цвет этих частиц означает наличие глинистых минералов, склеенных гумусовыми цементами, которые могут селективно сорбировать ^{40}K и, следовательно, обогащены ^{40}K по сравнению с чисто минеральными частицами такого же размера. При использовании метода мокрого растирания не происходит химического воздействия на почву и исходное распределение ^{40}K по гранулометрическим фракциям остается ненарушенным.

В таблице 1 приведены данные по процентному содержанию каждой гранулометрической фракции (Y) и удельной активности ^{40}K (A_f). Для количественной характеристики неравномерности распределения ^{40}K по почвенным частицам разного размера приведена величина процентного запаса ^{40}K в гранулометрических фракциях (X). Значение (X) указывает на обогащение изотопом калия (^{40}K) каждой почвенной частицы. В изученных образцах преобладает фракция физического песка, которая изменяется от 69 до 81%. Не смотря на это, наблюдается значительное увеличение концентрации ^{40}K с уменьшением диаметра почвенных частиц и, соответственно, постепенное обогащение мелкозернистых фракций. Для дерново-подзолистых почв значение (X) для фракции $<0,01$ мм достигает 65%. Такое поведение ^{40}K можно объяснить тем, что фракция физической глины в дерново-подзолистых почвах представлена в основном глинистыми минералами [11]. Глинистые минералы слабо ассоциированы с гумусом, который может экранировать их поверхность для ^{40}K в других почвах [9]. Принимая во внимание приведенные данные, можно сделать вывод о том, что кварцевая составляющая песчаных фракций действительно практически не поглощает ^{40}K . Поглощение ^{40}K этими фракциями во многом обусловлено наличием органоминеральных частиц (первичные и вторичные минералы, склеенные гумусовыми цементами).

По результатам исследований установлено, что между содержанием физического песка, физической глины и радиоактивностью почвы, обусловленной ^{40}K , существует тесная линейная зависимость. При этом, между содержанием физической глины и удельной активностью пахотного горизонта, обусловленного ^{40}K , имеется прямая зависимость, а между содержанием физического песка и удельной активностью – обратная. Наглядно это представлено на рис. 1.

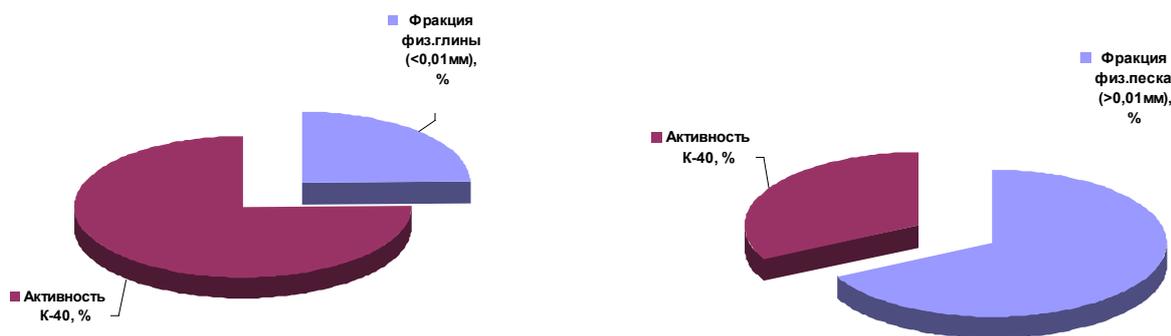


Рис. 1. Содержание физической глины, физического песка и удельной активности, обусловленной ^{40}K

В результате корреляционно-регрессионного анализа установлено, что с увеличением удельной активности ^{40}K прямо пропорционально увеличивается содержание физической глины в дерново-подзолистых почвах (рис. 2).

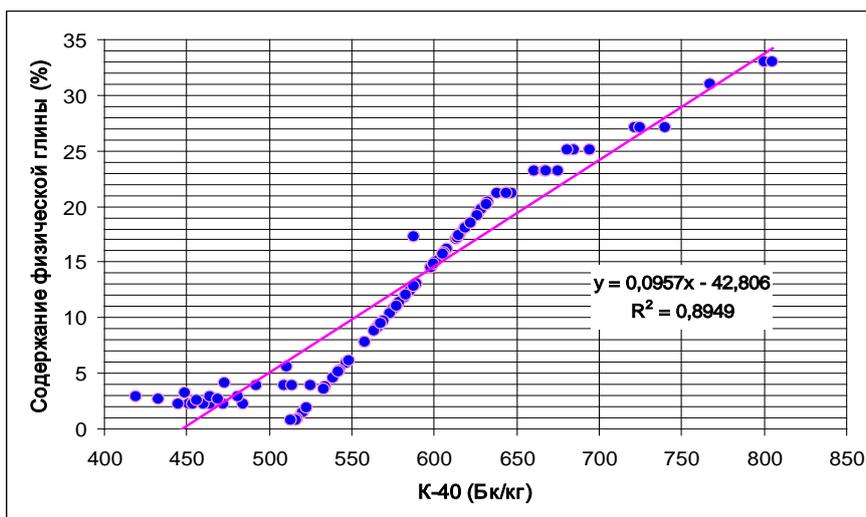


Рис. 2. Количественная связь между содержанием физической глины и удельной активностью ^{40}K

Количественные связи между ^{40}K и содержанием физической глины можно представить линейной моделью. При выяснении зависимости применен однофакторный метод с расчетом частной регрессии. Коэффициент регрессии при независимом члене уравнения одной переменной служит фоном, на котором он действует, и изменение его вызывает изменение величины коэффициента регрессии. Определив удельную активность ^{40}K радиометрическим методом, представляется возможным рассчитать процентное содержание физической глины в почвенном образце.

Уравнение вычислено по 99 образцам дерново-подзолистых почв с вариациями почвенных разновидностей и имеет следующий вид:

$$Y = 0,0957 X - 42,806 \quad (R^2 = 0,89)$$

где Y – содержание физической глины в почве (%);
 X – удельная активность ^{40}K (Бк/кг);
 R^2 – коэффициент корреляции.

Оценка содержания основных фракций дерново-подзолистых почв по методу Качинского или ГОСТ 12536-79 и радиометрическому анализу свидетельствует о высокой сходимости результатов (табл. 2).

Таблица 2

Сравнение результатов определения содержания фракции физической глины разными методами в образцах дерново-подзолистых почв

Почва	Содержание фракции физической глины < 0,01 мм		Почва	Содержание фракции физической глины < 0,01 мм	
	По методу Н.А. Качинского (ГОСТ 12536-79)	По активности ^{40}K		По методу Н.А. Качинского (ГОСТ 12536-79)	По активности ^{40}K
Дерново-подзолистая связнопесчаная	9,30	10,94	Дерново-подзолистая легкосуглинистая	27,10	27,83
Дерново-подзолистая связносупесчаная	19,40	17,48	Дерново-подзолистая среднесуглинистая	32,90	36,55
Дерново-подзолистая легкосуглинистая	25,10	23,74	Дерново-подзолистая связносупесчаная	19,70	17,48
Дерново-подзолистая среднесуглинистая	32,90	36,00	Дерново-подзолистая связнопесчаная	7,80	9,85
Дерново-подзолистая легкосуглинистая	27,10	27,83	Дерново-подзолистая рыхлосупесчаная	10,80	12,03

В результате проведенных исследований установлено, что по уровню естественной радиоактивности дерново-подзолистые почвы следует разделить по почвенным разновидностям. К почвам с низкой активностью ^{40}K относятся рыхлопесчаные, связнопесчаные и рыхлосупесчаные почвы. Группу умеренной радиоактивности составляют, главным образом, связносупесчаные почвы. Средний уровень характерен для большинства почв. В группу повышенной радиоактивности входят дерново-подзолистые глееватые связносупесчаные почвы и лессовидные легко-, среднесуглинистые.

Предлагаемый нами метод отличается от традиционно применяемого в условиях Беларуси (по Н.А. Качинскому), высокой экспрессностью. Особое значение этот метод будет иметь при агрохимическом и радиоэкологическом обследовании сельскохозяйственных земель загрязненных радионуклидами.

Приведем пример расчета содержания фракции физической глины по содержанию ^{40}K в почвенном образце. По результатам спектрометрического анализа почвенного субстрата, отобранного в ходе научных исследований в н.п. Маложинский Брагинского района, идентифицирован ^{40}K , его удельная активность составила 715 Бк/кг. При определении гранулометрического состава установлено следующее содержание: фракция 0,01-0,005мм – 24,15%. Расчетное значение этой величины по уравнению регрессии: $0,0957 \times 715 - 42,806 = 26\%$.

ВЫВОДЫ

В результате исследований распределения радионуклидов ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{40}K по гранулометрическим фракциям установлено, что гранулометрический состав почвы в значительной степени влияет на закрепление радионуклидов. С уменьшением размера почвенных частиц поглощение ими ^{90}Sr , ^{137}Cs и ^{40}K повышается. Наибольшее количество радионуклидов концентрируется во фракции физической глины (<0,01мм).

Спектрометрический анализ фракционного состава почвенных проб показал, что поглощение радионуклидов тонкими фракциями почв может достигать 77 %.

Процентное содержание фракции физического песка преобладает над процентным содержанием почвенных частиц физической глины (<0,01мм), однако суммарная активность последней значительно выше.

Между ^{40}K и содержанием физической глины существует тесная корреляционная связь, позволяющая определить содержание основных гранулометрических фракций. Количественные связи между ^{40}K и содержанием физической глины представлены линейной моделью, применяя которую становится возможным определение принадлежности конкретной почвы к той или иной почвенной разновидности.

Предлагаемый метод отличается от традиционно применяемого в условиях Беларуси (по Н.А. Качинскому), высокой экспрессностью и экономической эффективностью. Особое значение этот метод будет иметь при агрохимическом и радиоэкологическом обследовании сельскохозяйственных земель, загрязненных радионуклидами на территории Беларуси и прогнозировании загрязнения урожая радионуклидами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агеец, В.Ю. Система радиоэкологических контрмер в агрофере Беларуси / В.Ю. Агеец. – Минск, 2001. – 250 с.
2. Андреева, Е.А. Радиоактивность почв и определение калия радиометрическим методом / Е.А. Андреева // Почвоведение. – 1960. – №5. – С.21-29
3. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава: ГОСТ 12536-79. – Введ. 01.07.1980. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 26с.
4. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования свойств почв и грунтов / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М: Высшая школа, 1973. – 399 с.
5. МИ 2143-91 МВИ. МН 1181-99
6. Пейве, Я.В. Биохимия почв / Я.В. Пейве. – М., 1979. – 340с.
7. Valke E. Sorption-desorption dynamics of radiocaesium in organic matter sols / E. Valke, A. Cremers // The Science of the Total Environment. – 1994. –Vol. 157. – P.275-283.
8. Почвы определение емкости катионного обмена по методу Бобко-Аскинази-Алешина в модификации: ЦИНАО (ГОСТ 17.4.4.01-84). – М.: Изд-во стандартов, 1985.
9. Распределение радионуклидов чернобыльских выпадений по фракциям гранулометрического состава дерново-подзолистых почв / С.В. Круглов [и др.] // Почвоведение. – 1995. – №5. – С. 551-557.
10. Практикум по почвоведению / Под общ. ред. И.С. Кауричева. – М.: Колос, 1980. – 202 с.
11. Воронин, А.Д. Основы физики почвы / А.Д. Воронин. – М.: Изд-во МГУ. – 1986. – 244 с.

**THE NEW METHOD FOR DETERMINATION OF CONTENT
OF PHYSICAL CLAY IN MINERAL SOILS WITH
USING OF NATURAL RADIO-ACTIVITY ^{40}K**

V.Y. Ageyets, Z.V. Lozovaya

Summary

The conducted research show that between ^{40}K and the content of physical clay there is the close correlation communication, allowing defining the quantitative content of the basic mineral fractions at radiological monitoring. Possibility of definition of an accessory of the soils to group of a version without performance of laboratory analyses on an establishment of mineral structure is shown.

Поступила 1 апреля 2010 г.

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОТРАВЯНОГО СЕВООБОРОТА И ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ

В.В. Лапа, М.М. Ломонос

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях ведения сельского хозяйства при высокой стоимости удобрений особую значимость приобретает сохранение, поддержание и воспроизводство плодородия пахотных почв. Интенсификация сельскохозяйственного производства, увеличение в структуре посевных площадей доли пропашных культур на фоне снижения объемов применения органических удобрений являются серьезными факторами агрохимической деградации почв пахотных земель [1-5].

Содержание гумуса, подвижных форм фосфора и калия являются важными диагностическими показателями плодородия почв, которые широко используются для прогноза урожайности сельскохозяйственных культур, определения необходимых доз органических и минеральных удобрений [6-8].

Система применения удобрений должна предусматривать получение требуемого уровня урожайности сельскохозяйственных культур высокого качества, сохранение и повышение плодородия почв, охрану окружающей среды от загрязнения [9].

Оценить правильность систем удобрения можно только в условиях их длительного применения в севооборотах. Уровень применения удобрений в севооборотах, обеспечивающий их максимальную продуктивность и благоприятный баланс элементов питания, может быть важным нормативным материалом при разработке мероприятий по сохранению или повышению плодородия почвы [10].

Основной научно обоснованный прием, позволяющий получать планируемую урожайность сельскохозяйственных культур за счет повышения окупаемости удобрений и более эффективного использования достигнутого потенциала плодородия окультуренных дерново-подзолистых почв, должно быть поддержание за ротацию севооборота бездефицитного баланса фосфора, калия и гумуса и получение экономически обоснованной продуктивности сельскохозяйственных культур с благоприятным качеством товарной продукции [11].

Цель исследований – установить влияние удобрений на продуктивность зерноотраважного севооборота и динамику изменения агрохимических показателей (рН, фосфор, калий, гумус) при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Эффективность применения органических и минеральных удобрений (систему удобрения) изучали в длительном полевом опыте в зерноотраважном севообороте (пелюшко-овсяная смесь – озимое тритикале сорта Михась с подсевом клевера – клевер луговой сорта Слуцкі ранні 1 г.п. – клевер луговой сорта Слуцкі ранні 2 г.п. – яровая пшеница сорта Рассвет) на окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на мощном лессовидном суглинке, в СПК «Щемяслица» Минского района Минской области. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта следующая: рН_{KCl} 5,8-6,0, содержание гумуса 1,73-1,98%, подвижных: P₂O₅ – 400-420, K₂O – 300-320 мг/кг почвы, СаО – 1285-1360 и MgO – 271-300 мг/кг почвы (индекс агрохимической окультуренности 0,92), гидролитическая кислотность – 1,08-1,24 мг·экв./100 г, сумма поглощенных оснований – 5,42-6,15 мг·экв./100 г почвы, степень насыщенности почв основаниями – 82,0-84,8%. Схема опыта в зерноотраважном севообороте предусматривала внесение возрастающих доз азотных удобрений на фоне органических (8 т/га севооборотной площади навоза КРС), на фоне различных уровней фосфорного и калийного питания: только за счет почвенных запасов фосфора и калия, на дефицитный и поддерживающий баланс фосфора и калия.

Анализ почвенных и растительных образцов проводили в соответствии с ГОСТ: обменную кислотность рН_{KCl} – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85), гидролитическую кислотность – по Каппену (ГОСТ 26212-84), сумму поглощенных 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 26212-91) [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Во второй ротации (2000-2002–2005-2007 гг.) изучали влияние сельскохозяйственных культур и минеральных удобрений на продуктивность зерноотраважного севооборота (пелюшко-овсяная смесь –

озимое тритикале – клевер луговой 1 года – клевер луговой 2 года – яровая пшеница) и плодородие дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы.

В целом, получена высокая продуктивность зернотравяного севооборота, которая в удобренных вариантах составила 103,9-126,3 ц/га к.ед., в контрольном варианте без удобрений – 93,4 ц/га к.ед. (табл. 1).

Высокая продуктивность зернотравяного севооборота в значительной степени обусловлена наличием двух полей клевера лугового, в которых сбор кормовых единиц составил 157,3-189,4 ц/га к.ед. в первом году и 127,9-155,1 ц/га к.ед. во втором году пользования. Кроме того, на продуктивности севооборота во многом сказались биологические особенности отдельных культур. Так, возрастающие дозы азотных удобрений способствовали росту урожайности пелюшко-овсяной смеси, озимого тритикале и яровой пшеницы. В то же время продуктивность клевера лугового в вариантах с возрастающими дозами азотных удобрений снижалась.

Таблица 1

Продуктивность зернотравяного севооборота в зависимости от систем удобрения

Среднегодовые дозы удобрений	Продуктивность, ц/га к.ед.	Прибавка ц/га к.ед.		Окупаемость 1 кг NPK кг к.ед.	
		N	NPK	N	NPK
Контроль	93,4	–	–	–	–
Навоз 8 т/га	103,9	–	–	–	–
N ₁₈	113,6	9,7	–	53,9	–
N ₃₆	116,3	12,4	–	34,4	–
N ₅₄	115,0	11,1	–	20,6	–
N ₃₆ P ₃₀	119,1	–	–	–	–
N ₃₆ K ₆₆	120,7	–	–	–	–
P ₃₀ K ₆₆	113,0	–	–	–	–
N ₁₈ P ₃₀ K ₆₆	120,1	7,1	16,2	39,4	14,2
N ₃₆ P ₃₀ K ₆₆	123,4	10,4	19,5	28,9	14,8
N ₅₄ P ₃₀ K ₆₆	121,7	8,7	17,8	16,1	11,9
P ₆₀ K ₁₃₂	118,1	–	–	–	–
N ₁₈ P ₆₀ K ₁₃₂	123,8	5,7	19,9	31,7	9,5
N ₃₆ P ₆₀ K ₁₃₂	126,2	8,1	22,3	22,5	9,8
N ₅₄ P ₆₀ K ₁₃₂	123,8	5,7	19,9	10,6	8,1
N ₅₄ *P ₆₀ K ₁₃₂	126,2	8,1	22,3	15,0	9,1
N ₇₂ *P ₆₀ K ₁₃₂	124,5	6,4	20,6	8,9	7,8
НСР ₀₅	2,4				

В вариантах с внесением только одних азотных удобрений N₁₈₋₅₄ продуктивность севооборота составила 113,6-116,3 ц/га к.ед. при прибавке от внесения азота 9,7-12,4 ц/га к.ед.

Введение в систему удобрения фосфора и калия повысило продуктивность в фоновых вариантах на 9,1 (P₃₀K₆₆) и 14,2 (P₆₀K₁₃₂) ц/га к.ед. В вариантах с внесением NP и NK-удобрений продуктивность севооборота повысилась на 15,2 и 116,8 ц/га к.ед.

Внесение 8 т/га севооборотной площади солоमистого навоза КРС (40 т/га в занятом пару под озимое тритикале) увеличило продуктивность севооборота на 10,5 ц/га к.ед.

В вариантах с полным минеральным удобрением на фоне P₃₀K₆₆ применение N₁₈₋₅₄ повысило продуктивность севооборота на 7,1-10,4 ц/га к.ед. при общей продуктивности 120,5-123,4 ц/га к.ед.

Внесение N₁₈₋₇₂ на фоне P₆₀K₁₃₂ обеспечило продуктивность зернотравяного севооборота 123,8-126,2 ц/га к.ед. Прибавка от внесения азотных удобрений составила 5,7-8,1 ц/га к.ед., полного минерального удобрения – 14,2-22,3 ц/га к.ед.

Максимальная продуктивность зернотравяного севооборота 126,2 ц/га к.ед. получена при внесении N₃₆P₆₀K₁₃₂ на фоне 8 т/га соломистого навоза КРС. Прибавка от внесения азота составила 8,1 ц/га к.ед., NPK-удобрения – 22,3. В сравнении с отдельным внесением N₃₆ продуктивность севооборота в данном варианте увеличилась на 9,9 ц/га к.ед., с применением N₃₆P₃₀K₆₆ – на 2,8 ц/га к.ед. Равную продуктивность севооборота (126,1 ц/га к.ед.) обеспечило внесение N₅₄P₆₀K₁₃₂.

В целом различия в продуктивности зернотравяного севооборота на 76% обусловлены среднегодовыми дозами минеральных удобрений и описывались уравнением: $Y \text{ к.ед. ц/га} = 0,5451X^2 - 114,52X + 6020,2$, где X – среднегодовая доза NPK кг/га ($R^2 = 0,76$).

Изменения содержания гумуса в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Содержание гумуса в пахотном горизонте дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в варианте с внесением органических удобрений увеличилось с 1,70% до 1,86 (на 0,16%) (табл. 2). Применение мине-

ральных удобрений на фоне применения 8 т/га севооборотной площади навоза обеспечили увеличение содержания гумуса на 0,05-0,24%.

Таблица 2

Накопление гумуса за ротацию зернотравяного севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	Продуктивность, ц/га к. ед.	Изменение содержания гумуса, %		Накопление гумуса, %
		2000-2002 гг.	2005-2007 гг.	
8 т/га навоз КРС – фон	103,9	1,70	1,86	0,16
Фон + N ₁₈₋₅₄	113,6-116,3	1,71-1,78	1,83-1,90	0,12
Фон + N ₃₆ P ₃₀	119,1	1,67	1,91	0,24
Фон + N ₃₆ K ₆₆	120,7	1,73	1,85	0,12
Фон + P ₃₀₋₆₀ K ₆₆₋₁₃₂	113,0-118,1	1,74	1,79	0,05
Фон + N ₁₈₋₅₄ P ₃₀ K ₆₆	120,1-123,4	1,74-1,77	1,83-1,98	0,09-0,21
Фон + N ₁₈₋₇₂ P ₆₀ K ₁₃₂	123,8-126,2	1,68-1,81	1,84-1,93	0,12-0,16

Органоминеральная система удобрения, предусматривающая внесение N₁₈₋₅₄P₃₀K₆₆ на фоне 8 т/га соломистого навоза КРС, обеспечила повышение в пахотном слое дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы гумуса на 0,09-0,21%, а в вариантах с внесением органических и полного минерального удобрения (N₁₈₋₇₂P₆₀K₁₃₂), рассчитанного на поддерживающий баланс фосфора и калия, содержание гумуса увеличилось с 1,68-1,81% до 1,84-1,93% (на 0,12-0,16%).

Изменение содержания подвижного фосфора и калия в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Среднегодовое внесение 8 т/га органических удобрений снизило содержание подвижного фосфора и калия на 5 и 40 мг/кг почвы соответственно. Система удобрения, рассчитанная на использование почвенных запасов фосфора, на фоне 8 т/га органических удобрений привела к снижению содержания подвижного фосфора с 295 до 282 мг/кг почвы (на 13 мг/кг почвы), а калия – с 207 до 150 мг/кг почвы (на 57 мг/кг почвы). Среднегодовое внесение фосфорных удобрений в дозах 30-60 кг/га д.в. обеспечило накопление в пахотном горизонте подвижного фосфора от 329 до 352 мг/кг почвы (6,6-10,6 мг/кг почвы в год) (табл. 3). На основании математической обработки прослеживается зависимость накопления в почве подвижного фосфора между уровнем продуктивности зернотравяного севооборота и дозой внесения фосфорных удобрений. Данная зависимость описывается уравнением множественной линейной регрессии: $Y = -4,9349 - 0,0117x_1 + 0,9495x_2$ $R^2 = 0,85$ (x_1 – доза внесения фосфорных удобрений, x_2 – продуктивность севооборота).

Таблица 3

Изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы за ротацию зернотравяного севооборота (2000/2002 – 2005/2007 гг.)

Среднегодовые дозы удобрений	Изменение агрохимических показателей					
	P ₂ O ₅ , мг/кг		±	K ₂ O, мг/кг		±
	2000/2002	2005/2007		2000/2002	2005/2007	
8 т/га навоз КРС – фон	259	254	-5	167	127	-40
Фон + N ₁₈₋₅₄	295	282	-13	207	150	-57
Фон + N ₃₆ P ₃₀	329	333	4	197	154	-43
Фон + N ₃₆ K ₆₆	303	300	-3	242	223	-19
Фон + P ₃₀ K ₆₆	334	367	33	255	236	-19
Фон + N ₁₈₋₅₄ P ₃₀ K ₆₆	333	367	34	232	224	-8
Фон + P ₆₀ K ₁₃₂	352	398	46	283	312	29
Фон + N ₁₈₋₇₂ P ₆₀ K ₁₃₂	350	403	53	277	305	28

Внесение калийных удобрений в дозе 66 кг/га д.в. в год было недостаточным для поддержания бездефицитного баланса калия, т.е. содержание подвижных форм калия в почве уменьшилось на 8-19 мг/кг почвы за ротацию севооборота. Увеличение среднегодовой дозы калия в два раза обеспечило рост содержания подвижного калия в почве на 5,6-5,8 мг/кг почвы в год (табл. 3).

В отношении накопления в почве подвижного калия уравнение множественной регрессии имеет вид: $Y = -24,1231 - 0,2164x_1 + 0,5770x_2$ $R^2 = 0,96$ (x_1 – доза внесения калийных удобрений, x_2 – продуктивность севооборота).

Обменная кислотность почвы за ротацию зернотравяного севооборота благодаря поддерживающему известкованию снизилась на 0,3-0,4 ед. (рис. 1).

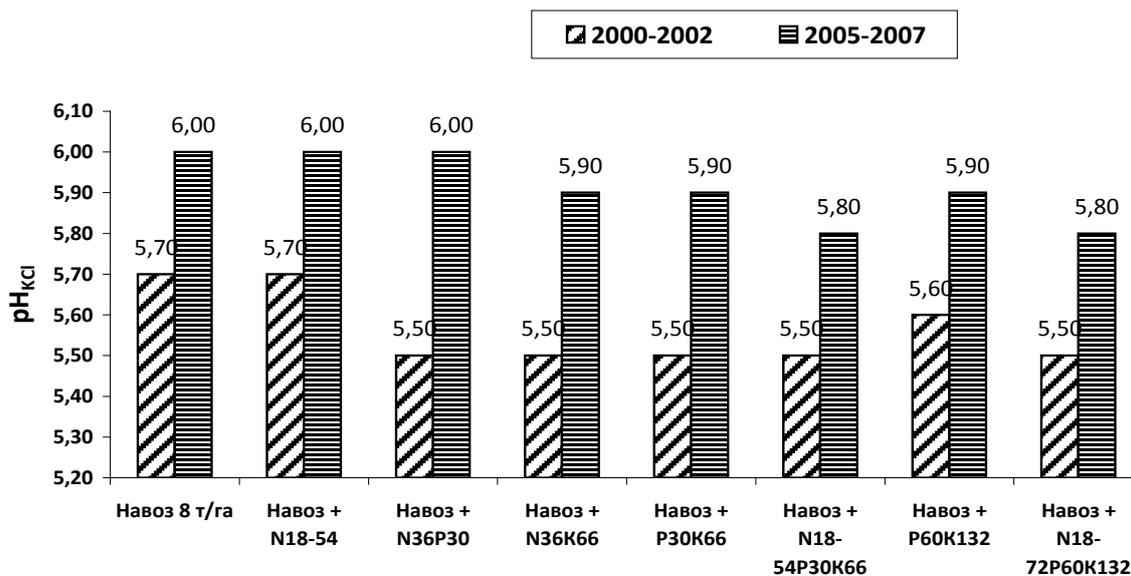


Рис. 1. Динамика изменения кислотности за ротацию севооборота

Гидролитическая кислотность находилась в пределах 1,08-1,22 мэкв./100 г почвы. Сумма поглощенных оснований увеличилась на 0,56-1,72 мэкв./100 г и составила в зависимости от системы удобрения 5,42-6,15 мэкв./100 г, при этом степень насыщенности почв основаниями изменялась по вариантам опыта от 81,8% до 84,8%.

ВЫВОДЫ

1. Максимальная продуктивность зернотравяного севооборота 126,2 ц/га к.ед. получена при внесении $N_{36}P_{60}K_{132}$ на фоне 8 т/га соломистого навоза КРС. Прибавка от внесения азота составила 8,1 ц/га к.ед., полного минерального удобрения – 22,3 ц/га к.ед. Различия в продуктивности зернотравяного севооборота на 76% обусловлены среднегодовыми дозами внесения минеральных удобрений.

2. Органоминеральная система удобрения, предусматривающая внесение $N_{18-54}P_{30}K_{66}$ на фоне 8 т/га соломистого навоза КРС обеспечила повышение в пахотном слое дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы гумуса на 0,09-0,21%, а в вариантах с внесением органических и полного минерального удобрения ($N_{18-72}P_{60}K_{132}$), рассчитанного на поддерживающий баланс фосфора и калия, увеличилось с 1,68-1,81% до 1,84-1,93% (на 0,12-0,16%).

3. Среднегодовое внесение фосфорных удобрений в дозах 30-60 кг/га д.в. обеспечило накопление в пахотном горизонте подвижного фосфора от 329 до 352 мг/кг почвы (6,6-10,6 мг/кг почвы в год). Внесение калийных удобрений в дозе 66 кг/га д.в. в год способствовало уменьшению содержания подвижных форм калия в почве на 8-19 мг/кг почвы за ротацию севооборота. Увеличение среднегодовой дозы калия в два раза обеспечило рост содержания подвижного калия в почве на 5,6-5,8 мг/кг почвы в год.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимические регламенты для повышения плодородия почв и эффективного использования удобрений / В.В. Лапа [и др.]. – Горки, 2002. – 48 с.
2. Привалов, Ф.И. Плодородие почв и применение удобрений в Республике Беларусь / Ф.И. Привалов, В.В. Лапа // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 2. – С. 7-14.
3. Богдевич, И.М. Агрохимические показатели плодородия почв и мероприятия по их улучшению // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2005. – №4. – С. 48-59.
4. Лапа, В.В., Изменение плодородия дерново-подзолистых почв при систематическом применении удобрений / В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко, Е.М. Лимантова // Почвоведение. – 2000. – № 3. – С. 340-345.
5. Лапа, В.В. Параметры изменения агрохимических свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от севооборотов и систем удобрения / В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 2. – С. 7-22.
6. Кулаковская, Т.Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев / Т.Н. Кулаковская. – Минск: Ураджай, 1978. – 328 с.

7. Вильдфлуш, И.Р. Фосфор в почвах и земледелии Беларуси / И.Р. Вильдфлуш, А.Р. Цыганов, В.В. Лапа. – Минск: Хата, 1999. – 196 с.
8. Богдевич, И.М. Концепция повышения плодородия почв Республики Беларусь / И.М. Богдевич, Н.И. Смяян, В.В. Лапа // Ахова раслін. – 2002. – №1. – С. 8-11.
9. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]. – Мн.: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
10. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В.В. Лапа и [др.]. – Белорусский научный центр информации и маркетинга АПК. – Мн.: 2001. – 20 с.
11. Лапа, В.В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В. Лапа, В.Н. Босак. – Минск, 2002. – 181 с.
12. Практикум по агрохимии / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Мн.: Ураджай, 1998. – 270 с.

PRODUCTIVITY OF CEREAL-GRASS CROP ROTATION AS WELL AS VARIATION OF AGROCHEMICAL PROPERTIES OF LUVISOL LIGHT LOAMY SOIL

V.V Lapa, M.M. Lomonos

Summary

The influence of fertilizer systems on productivity of a cereal-grass crop rotation as well as variation of agrochemical properties (pH, humus content, mobile phosphorus and potassium content) of luvisol light loamy soil is presented.

Dependence of change of productivity of a cereal-grass crop rotation from doses of mineral fertilizers is established.

Поступила 10 марта 2010 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ДОЗ ИЗВЕСТИ ПО КОМПЛЕКСУ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ

Н.В. Клебанович

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

Система научно-методического обеспечения работ по известкованию кислых почв состоит из ряда частных задач: определение кислотности почвы, оценка нуждаемости в известковании, выбор оптимальной дозы мелиоранта. Последняя задача является наиболее сложной – необходимо учитывать как целый ряд свойств почвы, так и состав культур севооборота и степень их отзывчивости на нейтрализацию кислотности в конкретных условиях.

В мировой литературе существует большое количество способов установления потребности почв в известковании [1-12]. В Болгарии, например, доза извести определяется по формуле, учитывающей содержание обменных алюминия и марганца в пахотном слое, вынос кальция с урожаем, уровень внесения кислых минеральных удобрений, размеры выщелачивания и гранулометрический состав извести [1].

Наиболее широкое распространение получили методы, основанные на снижении pH буферных растворов после взаимодействия с почвой, например, методы Вудруффа, Шумейкера-Маклина-Пратта и Юана [2-12]. Методы буфера, особенно двойного, дают самую высокую корреляцию с результатами инкубирования, принятыми за эталон. Общий недостаток этих методов – сложность приготовления буферных растворов, состоящих из многих компонентов, что делает нереальным их практическое применение в ближайшее время для почв Беларуси.

В странах СНГ методы определения доз извести чаще основаны на величине гидролитической кислотности (Нг). Необходимая доза извести определяется произведением Нг на мощность (см), объемную массу (г/см^3) пахотного слоя и коэффициент 5 (для пересчета в т/га). При стандартной мощности 20 см и объемной массе $1,5 \text{ г/см}^3$ доза равна 1,5 Нг. Этот метод весьма приблизителен, так как реакция почвы с известью идет совсем по-иному, чем с ацетатом натрия, и коэффициент на полностью вытеснения 1,75 слишком условен, не всегда получаются точные результаты. На практике чаще всего используется в той или иной форме показатель pH кислотной вытяжки, который наиболее прост в аналитическом определении и воспроизводим. Однако этот показатель также весьма приблизительно характеризует потребность в известковании, он не учитывает буферность почв, обеспеченность основными элементами питания, которые связаны с кислотностью, насыщенность почвы основаниями.

Наиболее перспективным методом, в котором в меньшей степени сказываются недостатки определения доз извести по величине pH, является комплексный метод, предложенный Небольсиними [13]. Он учитывает и буферность почв через содержание физической глины и гумуса, и обеспеченность почв фосфором – основным элементом питания, зависящим от pH. Среди методов, основанных на величине pH, он, вероятно, является наиболее точным. Вместе с тем этому методу присущ один большой недостаток – серьезная громоздкость вычислений, связанная с необходимостью использования значений натуральных логарифмов и ряда коэффициентов. Нами на основании наработок белорусских ученых применительно к условиям Беларуси предложен более простой, но достаточно точный метод определения оптимальных доз извести, учитывающий гранулометрический состав и гумусированность почв, обеспеченность их фосфором.

Суть метода состоит в использовании специального алгоритма и вспомогательных таблиц (1-3). Сначала определяется оптимальная величина pH с учетом типа севооборота, содержания гумуса и подвижного фосфора (табл. 1), затем вычисляется нормативный сдвиг pH, то есть разница между оптимальным и фактическим показателем pH, который умножается на коэффициент расхода CaCO_3 для сдвига на 0,1 pH (табл. 2).

Полученный итог является требуемой дозой CaCO_3 , причем дозы менее 2,5 т/га во внимание не принимаются. При отсутствии информации о характере севооборота расчет ведется по наиболее распространенному севообороту 2.

Таблица 3 служит для определения очередности известкования, иными словами, при значении pH меньше табличного требуется первоочередное известкование. В таблицах 4 и 5 приводятся примеры расчетов доз извести для различных почв. Несмотря на сравнительно высокую степень дифференциации доз, определяются они достаточно просто и система легко может быть реализована в виде простой программы для компьютера.

Таблица 1

**Оптимальные уровни реакции дерново-подзолистых почв
для разных севооборотов**

Содержание гумуса, %	Севооборот								
	полевой со льном, картофелем, овсом, озимой рожью, люпином (60% и более)			полевой с ячменем, клевером, пшеницей, однолетними и многолетними травами (60% и более)			овощной; овощекормовой; прифермский; с корнеплодами, люцерной, кукурузой (50% и более)		
	Содержание подвижного фосфора по Кирсанову, мг/кг почвы								
	до 80	81-200	200 и более	до 80	81-200	200 и более	до 80	81-200	200 и более
земли с уровнем загрязнения менее 1 Ку/км ² по ¹³⁷ Cs и менее 0,3 Ку/км ² по ⁹⁰ Sr									
песчаная									
<1,0	5,7	5,5	5,3	5,9	5,7	5,5	не возделывают		
1,0-1,5	5,6	5,4	5,2	5,8	5,6	5,4	не возделывают		
1,6-2,0	5,5	5,3	5,1	5,7	5,5	5,3	5,9	5,7	5,5
2,1-3,0	5,4	5,2	5,0	5,6	5,4	5,2	5,8	5,6	5,4
>3,0	5,3	5,1	4,9	5,5	5,3	5,1	5,7	5,5	5,3
супесчаная									
<1,0	5,8	5,6	5,4	6,0	5,8	5,6	6,2	6,0	5,8
1,0-1,5	5,7	5,5	5,3	5,9	5,7	5,5	6,1	5,9	5,7
1,6-2,0	5,6	5,4	5,2	5,8	5,6	5,4	6,0	5,8	5,6
2,1-2,5	5,5	5,3	5,1	5,7	5,5	5,3	5,9	5,7	5,5
2,6-3,0	5,4	5,2	5,0	5,6	5,4	5,2	5,8	5,6	5,4
>3,0	5,3	5,1	4,9	5,5	5,3	5,1	5,7	5,5	5,3
легко- и среднесуглинистая									
1,0-1,5	5,9	5,7	5,5	6,1	5,9	5,7	6,3	6,1	5,9
1,6-2,0	5,8	5,6	5,4	6,0	5,8	5,6	6,2	6,0	5,8
2,1-2,5	5,7	5,5	5,3	5,9	5,7	5,5	6,1	5,9	5,7
2,6-3,0	5,6	5,4	5,2	5,8	5,6	5,4	6,0	5,8	5,6
>3,0	5,5	5,3	5,1	5,7	5,5	5,3	5,9	5,7	5,5
тяжелосуглинистая и глинистая									
1,0-1,5	6,1	5,9	5,7	6,3	6,1	5,9	6,5	6,3	6,1
1,6-2,0	6,0	5,8	5,6	6,2	6,0	5,8	6,4	6,2	6,0
2,1-2,5	5,9	5,7	5,5	6,1	5,9	5,7	6,3	6,1	5,9
2,6-3,0	5,8	5,6	5,4	6,0	5,8	5,6	6,2	6,0	5,8
>3,0	5,7	5,5	5,3	5,9	5,7	5,5	6,1	5,9	5,7
земли с уровнем загрязнения более 1 Ку/км ² по Cs-137 или более 0,3 Ку/км ² по Sr-90									
для любых севооборотов									
	песчаная			супесчаная			легко- и среднесуглинистая		
<1,0	6,2	6,0	5,8	6,4	6,2	6,0	-	-	-
1,0-1,5	6,1	5,9	5,7	6,3	6,1	5,9	6,6	6,4	6,2
1,6-2,0	6,0	5,8	5,6	6,2	6,0	5,8	6,5	6,3	6,1
2,1-2,5	5,9	5,7	5,5	6,1	5,9	5,7	6,4	6,2	6,0
2,6-3,0	5,8	5,6	5,4	6,0	5,8	5,6	6,3	6,1	5,9
>3,0	5,7	5,5	5,3	5,9	5,7	5,5	6,2	6,0	5,8

Таблица 2

Коэффициенты расхода известковых удобрений для сдвига на 0,1рН

Содержание гумуса	рН в КСІ								
	до 4,2	4,2-4,4	4,5-4,7	4,8-5,0	5,1-5,3	5,4-5,6	5,7-5,9	6,0-6,2	от 6,2
	песчаные								
<1,0	0,45	0,49	0,53	0,57	0,62	0,68	0,75	-	-
1,0-1,5	0,48	0,52	0,56	0,60	0,65	0,71	0,78	-	-
1,5-2,0	0,50	0,54	0,58	0,63	0,68	0,74	0,81	-	-
2,1-2,5	0,52	0,56	0,60	0,65	0,71	0,77	-	-	-
2,5-3,0	0,54	0,58	0,62	0,67	0,73	0,80	-	-	-
>3,0	0,56	0,60	0,64	0,69	0,75	0,82	-	-	-

супесчаные									
<1,0	0,58	0,64	0,70	0,77	0,85	0,93	1,03	1,13	-
1,0-1,5	0,62	0,68	0,74	0,81	0,89	0,97	1,07	1,17	-
1,5-2,0	0,64	0,70	0,76	0,83	0,91	1,00	1,10	1,21	-
2,1-2,5	0,67	0,73	0,79	0,86	0,94	1,03	1,13	-	-
2,5-3,0	0,70	0,76	0,82	0,89	0,98	1,07	1,17	-	-
>3,0	0,73	0,79	0,85	0,93	1,02	1,11	-	-	-
легко- и среднесуглинистые									
1,0-1,5	0,64	0,70	0,76	0,83	0,90	0,99	1,09	1,20	-
1,5-2,0	0,66	0,72	0,78	0,85	0,93	1,02	1,12	1,23	-
2,1-2,5	0,69	0,75	0,81	0,88	0,96	1,05	1,16	-	-
2,5-3,0	0,72	0,78	0,84	0,91	0,99	1,08	1,19	-	-
>3,0	0,75	0,81	0,87	0,94	1,02	1,12	1,23	-	-
тяжелосуглинистые и глинистые									
1,0-1,5	0,68	0,74	0,80	0,87	0,94	1,03	1,13	1,25	1,40
1,5-2,0	0,70	0,76	0,82	0,89	0,97	1,06	1,16	1,29	1,45
2,1-2,5	0,73	0,79	0,85	0,92	1,00	1,09	1,20	1,32	-
2,5-3,0	0,76	0,82	0,88	0,95	1,03	1,11	1,23	-	-
>3,0	0,79	0,85	0,91	0,98	1,06	1,14	1,26	-	-

Основными достоинствами данного метода являются:

- более высокая степень приближенности к реальным потребностям преобладающих культурных растений севооборота;
- четкая дифференциация по содержанию подвижного фосфора и гумуса, в зависимости от которых величина рН 5,0 для песчаных почв, например, может как находиться в оптимальном интервале кислотности, так и требовать первоочередного известкования;
- направленность на оптимизацию кислотности почв конкретного поля, а не на получение максимальной прибавки урожая, что в условиях доминирования поддерживающего известкования и отсутствия реального увеличения продуктивности является устаревшим подходом.

Таблица 3

Уровни реакции дерново-подзолистых почв в разных севооборотах, при которых необходимо первоочередное известкование

Почва	Содержание гумуса %	Севооборот								
		полевой со льном, картофелем, овсом, озимой рожью (60% и более)			полевой с ячменем, клевером, пшеницей, однолетними и многолетними травами (60% и более)			овощной, овощекормовой, прифермский, с корнеплодами, люцерной, кукурузой (60% и более)		
		Содержание подвижного фосфора по Кирсанову, мг/кг почвы								
		до 80	81-200	200 и более	до 80	81-200	200 и более	до 80	81-200	200 и более
Песчаная	<1	4,9	4,8	4,7	5,1	4,9	4,7	не возделывают		
	1-2	4,8	4,7	4,6	4,9	4,8	4,6	5,2	5,0	4,8
	2-3	4,6	4,5	4,4	4,8	4,7	4,5	5,0	4,8	4,7
	>3	4,5	4,4	4,3	4,7	4,6	4,4	4,9	4,7	4,6
Супесчаная	<1	5,0	4,9	4,8	5,2	5,0	4,9	5,5	5,3	5,1
	1-2	4,9	4,8	4,7	5,0	4,9	4,8	5,3	5,1	4,9
	2-3	4,7	4,6	4,5	4,8	4,7	4,6	5,1	4,9	4,7
	>3	4,6	4,5	4,4	4,7	4,6	4,5	5,0	4,8	4,6
Легко-, среднесуглинистая	<1	5,3	5,1	4,9	5,5	5,4	5,2	5,7	5,5	5,3
	1-2	5,1	4,9	4,7	5,3	5,2	5,0	5,5	5,3	5,1
	2-3	4,9	4,8	4,6	5,1	5,0	4,8	5,3	5,1	4,9
	>3	4,8	4,7	4,5	5,0	4,9	4,7	5,1	5,0	4,8
Тяжелосуглинистая и глинистая	<1	5,4	5,2	5,0	5,7	5,5	5,3	6,0	5,8	5,6
	1-2	5,2	5,0	4,8	5,5	5,3	5,1	5,8	5,6	5,4
	2-3	5,0	4,8	4,7	5,3	5,1	4,9	5,7	5,5	5,3
	>3	4,9	4,7	4,6	5,1	5,0	4,8	5,6	5,4	5,2

По сравнению с действующим методом [14] дозы на почвах с рН менее 5,0, как правило, несколько выше, а при рН более 5,0 – ниже. Это будет способствовать как ускорению процесса ликвидации сильнокислых почв, так и уменьшению вероятности появления переизвесткованных почв.

Таблица 4

Расчет оптимальных доз извести для незагрязненных радионуклидами почв

рН	рН оптимальный для севооборотов			К	сдвиг рН для севооборотов			Доза СаСО ₃ для севооборотов			Доза СаСО ₃ по инструкции
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	
Глинистая почва с 1,7% гумуса и 120 мг/кг Р ₂ О ₅											
4,2	5,8	6,0	6,2	0,76	1,6	1,8	2,0	12,1	13,7	15,2	10,0
4,4				0,76	1,4	1,6	1,8	10,6	12,1	13,7	9,5
4,6				0,82	1,2	1,4	1,6	9,8	11,5	13,1	9,0
4,8				0,89	1,0	1,2	1,4	8,9	10,7	12,5	8,5
5,0				0,89	0,8	1,0	1,2	7,1	8,9	10,7	8,5
5,2				0,97	0,6	0,8	1,0	5,8	7,8	9,7	8,0
5,4				1,06	0,4	0,6	0,8	4,2	6,4	8,5	7,0
5,6				1,06	0,2	0,4	0,6	0	4,2	6,4	6,0
5,8				1,16		0,2	0,4	0	0	4,6	5,0
6,0				1,29			0,2	0	0	2,6	5,0
Глинистая почва с 2,7% гумуса и 220 мг/кг Р ₂ О ₅											
4,2	5,4	5,6	5,8	0,82	1,2	1,4	1,6	9,8	11,5	13,1	10,0
4,4				0,82	1,0	1,2	1,4	8,2	9,8	11,5	9,5
4,6				0,88	0,8	1,0	1,2	7,0	8,8	10,6	9,0
4,8				0,95	0,6	0,8	1,0	5,7	7,6	9,5	8,5
5,0				0,95	0,4	0,6	0,8	3,8	5,7	7,6	8,5
5,2				1,03	0,2	0,4	0,6	0	4,1	6,2	8,0
5,4				1,11		0,2	0,4	0	2,2	4,4	7,0
5,6				1,11			0,2	0	0	2,2	6,0
5,8				1,23				0	0	0	5,0
6,0								0	0	0	5,0
Легкосуглинистая почва с 1,7% гумуса и 70 мг/кг Р ₂ О ₅											
4,2	5,8	6,0	6,2	0,72	1,6	1,8	2,0	11,5	13,0	14,4	8,0
4,4				0,72	1,4	1,6	1,8	10,1	11,5	13,0	7,5
4,6				0,78	1,2	1,4	1,6	9,4	10,9	12,5	7,0
4,8				0,85	1,0	1,2	1,4	8,5	10,2	11,9	6,5
5,0				0,85	0,8	1,0	1,2	6,8	8,5	10,2	6,5
5,2				0,93	0,6	0,8	1,0	5,6	7,4	9,3	6,0
5,4				1,02	0,4	0,6	0,8	4,1	6,1	8,2	5,0
5,6				1,02	0,2	0,4	0,6	0	4,1	6,1	4,5
5,8				1,12		0,2	0,4	0	0	4,5	3,5
6,0				1,23			0,2	0	0	0	3,5
Легкосуглинистая почва с 2,7% гумуса и 230 мг/кг Р ₂ О ₅											
4,2	5,2	5,4	5,6	0,78	1,0	1,2	1,4	7,8	9,4	10,9	9,0
4,4				0,78	0,8	1,0	1,2	6,2	7,8	9,4	8,5
4,6				0,84	0,6	0,8	1,0	5,0	6,7	8,4	8,0
4,8				0,91	0,4	0,6	0,8	3,6	5,5	7,3	7,5
5,0				0,91	0,2	0,4	0,6	0	3,6	5,5	7,5
5,2				0,99		0,2	0,4	0	0	3,6	7,0
5,4				1,08			0,2	0	0	0	6,0
5,6				1,08				0	0	0	5,0
5,8				1,19				0	0	0	4,0
6,0								0	0	0	4,0
Связносупесчаная почва с 2,2% гумуса и 180 мг/кг Р ₂ О ₅											
4,2	5,3	5,5	5,7	0,73	1,1	1,3	1,5	8,0	9,5	11,0	7,5
4,4				0,73	0,9	1,1	1,3	6,6	8,0	9,5	7,0
4,6				0,79	0,7	0,9	1,1	5,5	7,1	8,7	6,5
4,8				0,86	0,5	0,7	0,9	4,3	6,0	7,7	6,0

5,0				0,86	0,3	0,5	0,7	2,6	4,3	6,0	6,0
5,2				0,94		0,3	0,5	0	2,8	4,7	5,5
5,4				1,03			0,3	0	0	3,1	4,5
5,6				1,03							0
Связноупесчаная почва с 1,2% гумуса и 70 мг/кг P ₂ O ₅											
4,2	5,7	5,9	6,1	0,68	1,5	1,7	1,9	10,2	11,6	12,9	6,5
4,4				0,68	1,3	1,5	1,7	8,8	10,2	11,6	6,0
4,6				0,74	1,1	1,3	1,5	8,1	9,6	11,1	5,5
4,8				0,81	0,9	1,1	1,3	7,3	8,9	10,5	5,0
5,0				0,81	0,7	0,9	1,1	5,7	7,3	8,9	5,0
5,2				0,89	0,5	0,7	0,9	4,5	6,2	8,0	4,5
5,4				0,97	0,3	0,5	0,7	2,9	4,9	6,8	4,0
5,6				0,97		0,3	0,5	0	2,9	4,9	0
5,8				1,07			0,3	0	0	3,2	0
Рыхлосупесчаная почва с 2,6% гумуса и 210 мг/кг P ₂ O ₅											
4,2	5,0	5,2	5,4	0,76	0,8	1,0	1,2	6,1	7,6	9,1	6,0
4,4				0,76	0,6	0,8	1,0	4,6	6,1	7,6	5,5
4,6				0,82	0,4	0,6	0,8	3,3	4,9	6,6	5,0
4,8				0,89	0,2	0,4	0,6	0	3,6	5,3	4,5
5,0				0,89		0,2	0,4	0	0	3,6	4,5
5,2				0,98			0,2	0	0	0	4,0
5,4				1,07				0	0	0	3,5
5,6				1,07				0	0	0	0
Песчаная почва с 1,6% гумуса и 120 мг/кг P ₂ O ₅											
4,2	5,3	5,5	5,7	0,54	1,1	1,3	1,5	5,9	7,0	8,1	5,5
4,4				0,54	0,9	1,1	1,3	4,9	5,9	7,0	5,0
4,6				0,58	0,7	0,9	1,1	4,1	5,2	6,4	4,5
4,8				0,63	0,5	0,7	0,9	3,2	4,4	5,7	4,0
5,0				0,63	0,3	0,5	0,7	0	3,2	4,4	4,0
5,2				0,68		0,3	0,5	0	2,0	3,4	3,5
5,4				0,74			0,3	0	0	0	3,0
5,6				0,74				0	0	0	0
Песчаная почва с 2,1% гумуса и 75 мг/кг P ₂ O ₅											
4,2	5,4	5,6	5,8	0,56	1,2	1,4	1,6	6,7	7,8	9,0	5,5
4,4				0,56	1,0	1,2	1,4	5,6	6,7	7,8	5,0
4,6				0,60	0,8	1,0	1,2	4,8	6,0	7,2	4,5
4,8				0,65	0,6	0,8	1,0	3,9	5,2	6,5	4,0
5,0				0,65	0,4	0,6	0,8	2,6	3,9	5,2	4,0
5,2				0,71		0,4	0,6	0	2,8	4,3	3,5
5,4				0,77			0,4	0	0	3,1	3,0
5,6				0,77				0	0	0	0

Таблица 5

**Примеры определения доз извести для загрязненных почв
(5-40 Ки/км² по ¹³⁷Cs или 0,3-3,0 ки/км² по ⁹⁰Sr)**

рН		К	Сдвиг рН	Доза СаСОз	Доза по инструк-ции	рН		К	Сдвиг рН	Доза СаСОз	Доза по инструк-ции
факт.	опт.					факт.	опт.				
Легкосуглинистая почва с 2,6% гумуса и 175 мг/кг P ₂ O ₅						Легкосуглинистая почва с 1,6% гумуса и 125 мг/кг P ₂ O ₅					
4,2	6,2	0,78	2,0	15,6	16,0	4,2	6,3	0,76	2,1	16,0	15,0
4,4		0,78	1,8	14,0	15,0	4,4		0,76	1,9	14,4	14,0
4,6		0,84	1,6	13,4	14,0	4,6		0,82	1,7	13,9	13,0
4,8		0,91	1,4	12,7	13,0	4,8		0,89	1,5	13,4	12,0
5,0		0,91	1,2	10,9	13,0	5,0		0,89	1,3	11,6	12,0
5,2		0,99	1,0	9,9	12,0	5,2		0,98	1,1	10,8	11,0
5,4		1,08	0,8	8,6	10,5	5,4		1,07	0,9	9,6	9,5
5,6		1,08	0,6	6,5	8,0	5,6		1,07	0,7	7,5	7,0

5,8		1,19	0,4	4,8	7,0	5,8		1,17	0,5	5,9	6,0
6,0		1,30	0,2	2,6	7,0	6,0		1,17	0,3	3,5	6,0
Связносупесчаная почва с 2,6% гумуса и 215 мг/кг P ₂ O ₅						Рыхлосупесчаная почва с 2,1% гумуса и 75 мг/кг P ₂ O ₅					
4,2	5,8	0,76	1,6	12,2	13,0	4,2	6,2	0,76	2,0	15,4	10,5
4,4		0,76	1,4	10,6	11,5	4,4		0,76	1,8	13,7	9,5
4,6		0,82	1,2	9,8	11,0	4,6		0,82	1,6	13,1	9,0
4,8		0,89	1,0	8,9	10,0	4,8		0,89	1,4	12,5	8,0
5,0		0,89	0,8	7,1	10,0	5,0		0,89	1,2	10,7	8,0
5,2		0,98	0,6	5,9	8,5	5,2		0,98	1,0	9,8	6,5
5,4		1,07	0,4	4,3	7,0	5,4		1,07	0,8	8,6	6,0
5,6		1,07	0,2	0	5,5	5,6		1,07	0,6	6,4	3,5
5,8		1,17		0	4,5	5,8		1,17	0,4	4,7	0
6,0		1,17		0	4,5	6,0		1,17	0,2	0	0
Песчаная почва с 1,1% гумуса и 75 мг/кг P ₂ O ₅						Песчаная почва с 2,1% гумуса и 75 мг/кг P ₂ O ₅					
4,2	5,7	0,56	1,5	8,4	8,0	4,2	5,9	0,56	1,7	9,5	8,5
4,4		0,56	1,3	7,3	7,5	4,4		0,56	1,5	8,4	8,0
4,6		0,60	1,1	6,6	6,5	4,6		0,60	1,3	7,8	7,0
4,8		0,65	0,9	5,9	5,5	4,8		0,65	1,1	7,2	6,0
5,0		0,65	0,7	4,6	4,5	5,0		0,65	0,9	5,9	6,0
5,2		0,71	0,5	3,6	4,5	5,2		0,71	0,7	5,0	5,0
5,4		0,77	0,3	0	3,5	5,4		0,77	0,5	3,9	4,0
5,6		0,77	0,1	0	0	5,6		0,77	0,3	0	0

Преимуществом системы является и ее открытость, то есть в нее легко ввести новые дифференциации и приоритеты, например, для загрязненных тяжелыми металлами почв, можно ввести свои оптимумы pH, обеспечивающие минимальное их поступление в растения, а не максимальную продуктивность угодий.

Форма записи исходных данных и определения доз представлена в табл. 6.

Таблица 6

Форма ведомости расчета оптимальных доз известковых удобрений

N	Гранулометрический состав почв	pH	Содержание		Севооборот	Уровень загрязнения	pH оптимальный	Нормативный сдвиг pH	К расхода CaCO ₃ на 0,1 pH	Доза CaCO ₃	Очередность
			Гумуса	P ₂ O ₅							

Таким образом, разработан новый метод определения оптимальных доз известковых удобрений для почв Беларуси, отличающийся от действующего более четкой дифференциацией по почвенным показателям, оказывающим влияние на нуждаемость почв в химической мелиорации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Палавеев Т. Кислотность почв и методы ее устранения / Т.Палавеев, Т. Тотев. – М.–1983.–165 с.
2. Shoemaker, H.E. Buffer methods for determining lime requirement of soils with appreciable amounts of extractable aluminium / H.E. Shoemaker, E.O. McLean, P.F. Pratt / Soil Sci. Soc. America J.–1961. – Vol. 25, №2. – P. 274-277.
3. Adams, F. A rapid method for measuring the lime requirement of Red-Yellow Podzolic soils / F. Adams, C.E. Evans // Soil Sci. Soc. Am. Proc. – 1962. – Vol. 26. – P. 355–357.
4. Comparison of several lime requirement methods on coarsetextured soils of northeastern Nebraska / K.E. Alabi [et al] / Soil Sci. Soc. America J.–1986. – Vol. 50, №4. – P. 937-941.
5. Evaluation of Common Lime Requirement Methods / C.B. Godsey [et al] // Soil Sci. Soc. Am. J. – 2007. – Vol. 71, №3. – P. 843-850.
6. Liu, M. Effects of Biological Nitrogen Reactions on Soil Lime Requirement Determined by Incubation / Liu M., D.E. Kissel, L.S. Sonon // Soil Sci. Soc. Am. J., 2008. – Vol. 72, №3. – P. 720-726.
7. Soil Lime Requirement by Direct Titration with a Single Addition of Calcium Hydroxide / M. Liu [et al] // Soil Sci. Soc. Am. J. – 2005. – Vol. 69, №2. – P. 522-530.
8. Liu, M. Soil Lime Requirement By Direct Titration with Calcium Hydroxide / M. Liu // Soil Sci. Soc. Am. J. – 2004 – Vol. 68, №4. – P. 1228-1233.

9. Loynachan, T.E. Lime requirement methods for cold-region soils / T.E Loynachan // Soil Sci. Soc. America J. – 1981. – Vol. 45, № 1. – P. 75-80.
10. Owusu-Bennoah, E. Comparative study of selected lime requirement methods for some acid Ghanaian soils / E. Owusu-Bennoah, D.K. Acquaye, T. Mahamah // Commun. Soil Sci. Plant Anal. – 1995. – Vol. 26. – P. 937–950.
11. Tsakelidou, R. Comparison of lime requirement methods on acid soils of northern Greece / R. Tsakelidou // Commun. Soil Sci. Plant Anal. – 1995. – Vol. 26, №3/4. – P. 541-555.
12. Tran, T.S. van Lierop, W. Evaluation and improvement of buffer-pH lime requirement methods / T.S. Tran van W. Lierop / Soil Sci. – 1981. – Vol. 131. – P. 178-188.
13. Небольсин, А.Н. Определение оптимальных доз извести по комплексу показателей / А.Н. Небольсин, З.П. Небольсина // Агрохимия. – 1997. – №9. – С. 29-33.
14. Инструкция о порядке известкования кислых почв сельскохозяйственных земель – Минск, 2008. – 29 с.

DEFINITION OF OPTIMUM DOSES OF LIME ON A COMPLEX PARAMETERS FOR SOD-PODZOLIC SOILS OF BELARUS

N.V. Klebanovich

Summary

The analysis of methodical approaches is resulted in definition of doses of lime, comparison of approaches of foreign authors with approaches of domestic agrochemical sciences is made. The way of specification of doses of lime is offered on the basis of concept of an optimum level of acidity, specific pH shift, the account of a kind of a crop rotation and the contents of mobile phosphorus in soil.

Поступила 1 февраля 2010 г.

ДЕЙСТВИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ИЗВЕСТКОВЫХ МЕЛИОРАНТОВ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ СЛАБОКИСЛОЙ ПОЧВЫ

И.А. Царук¹, Т.М. Германович², Г.М. Сафроновская¹

¹Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

²Белорусский государственный экономический университет, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Основой для получения стабильных урожаев сельскохозяйственных культур является высокое плодородие почвы. Под этим термином понимают определенные физические и физико-химические свойства почвы и наличие в ней необходимых для роста и развития растений элементов питания в доступной форме. Химическая мелиорация оказывает влияние на агрохимические показатели почв: снижает кислотность, способствует увеличению суммы поглощенных оснований и влияет на катионнообменную емкость, что в конечном итоге сказывается на доступности элементов питания для растений [1, 2].

Интенсивное известкование кислых почв в республике проводится с 1965 года. Реализация планов нейтрализации избыточной кислотности позволила достигнуть положительных результатов. Количество сильно-, средне- и кислых почв на пашне уменьшилось с 83,0 до 18,3%, на улучшенных сенокосах и пастбищах – с 66,5 до 22,4%. Средневзвешенный показатель возрос с 4,93 до 5,98 и с 5,21 до 5,91 [3].

В настоящее время на большей части территории республики кислотность почв находится в оптимальном для растений интервале (рН 5,92). Однако за счет неизбежных потерь кальция и магния, вследствие отчуждения их с урожаями, применения физиологически кислых минеральных удобрений и вымывания в нижележащие горизонты происходит постоянное подкисление почв, что вынуждает проводить поддерживающее известкование. Начиная с 1998 г., из группы слабокислых почв (рН 5,51-6,00) известкуются только суглинистые почвы, которые составляют 24,8% от общей площади суглинистых почв и 20,9% от всей площади пахотных земель, подлежащих известкованию [4].

Нормативная база известкования рассчитана на применение доломитовой муки. Однако, наличие в Республике Беларусь почв (20,8%) с высоким и зачастую с избыточным содержанием магния (более 300 мг/кг) обуславливает необходимость применения известковых материалов, не содержащих данный элемент в своем составе [5]. В первую очередь к ним относятся карбонатный сапропель и мел. Большое влияние на скорость взаимодействия известковых мелиорантов с почвой играет гранулометрический состав удобрений и их химический состав [6]. Доломитовая мука, являясь менее растворимой формой в почве, имеет более продолжительное действие во времени. Максимальное действие доломитовой муки проявляется на второй – третий год после химической мелиорации [4].

Тонкомолотый мел природного происхождения также не образует крупных индифферентных в химическом аспекте капсул, начинает эффективно действовать в первый же год внесения [7]. Вследствие содержания в своем составе 55% СаО и незначительного количества (0,02-0,6%) MgO мел хорошо растворяется с образованием более растворимой формы кальция – Са(ОН)₂.

В меньшей степени, чем мел, вызывают сдвиг рН доломитовая мука и карбонатный сапропель [4]. Карбонатный сапропель может содержать до 20% частиц крупнее 10 мм. Однако в карбонатном сапропеле аморфный кальций составляет 20% от валового его содержания и поэтому сапропель также легко вступает в реакции обмена, проявляя нейтрализующее действие, но в меньшей степени, чем мел [8].

Таким образом, для химической мелиорации возможно применение ассортимента известковых удобрений, учет влияния которых на агрохимические показатели почвы позволит научно-обоснованно подойти к формированию плодородия почвы.

Важное практическое значение имеет обновление и совершенствование нормативной базы известкования, в первую очередь, нормативов затрат различных видов мелиорантов для сдвига реакции среды на 0,1 ед. [9]. Цель наших исследований заключалась в изучении влияния различных форм известковых мелиорантов на агрохимические показатели дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению эффективности известкования дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы, развивающейся на мощных легких лессовидных суглинках, проведены в 2006-2008 гг. в СПК «Щемыслица» Минского района.

Почва опытного участка до закладки опыта характеризовалась средним содержанием гумуса (2,1%), слабокислой реакцией среды pH_{KCl} 5,53-5,71, высоким содержанием подвижного фосфора P_2O_5 (0,2 М HCl) – 259-260 мг/кг почвы, и повышенным содержанием подвижного калия K_2O (0,2 М HCl) – 233-265 мг/кг почвы, содержание обменного кальция CaO (1 М KCl) было средним – 978-998 мг/кг почвы, а содержание обменного магния MgO (1 М KCl) – повышенным (202-205 мг/кг почвы).

Исследования проведены в звене севооборота со следующим чередованием культур: яровое тритикале, горох посевной, яровой рапс, пелюшко-овсяная смесь. Общая площадь делянки – 50 м², учетная – 40 м². Повторность опыта 4-х кратная, размещение делянок – рендомизированное.

Схема опыта состояла из 9 вариантов. На фоне внесения различных доз азотного и калийного удобрений изучено влияние различных форм известковых мелиорантов на агрохимические показатели почвы.

Схема опыта: 1. Контроль; 2. NPK₁; 3. NP + д.м. (доломитовая мука); 4. NPK₁ + д.м.; 5. NPK₂ + д.м.; 6. NPK₃ + д.м.; 7. N₂PK₃ + д.м.; 8. NPK₁ + мел; 9. NPK₁ + карбонатный сапропель. Известкование почвы проводили перед закладкой опыта дозой CaCO₃ 5 т/га. Доза доломитовой муки в физическом весе составила 5,3 т/га, мела (месторождение Березовское) – 7,1 т/га, карбонатного сапропеля (озеро Бенин) – 10,2 т/га. Карбонатный сапропель озера Бенин Новогрудского района Гродненской области содержал 73,7% д.в. в пересчете на CaCO₃ (влажность 33,8%), органическое вещество – 15,5%, фосфор – 0,30%, калий – 0,12%, фтор – 125,0 мг/кг сухого вещества, марганец – 105,4 мг/кг, медь – 4,24 мг/кг, кобальт – 0,55 мг/кг, цинк – 6,21 мг/кг, молибден – 0,80 мг/кг. Мел содержал 73,1% д.в. CaCO₃ (влажность 5,2%).

Перед предпосевной культивацией были внесены минеральные удобрения в форме карбамида (46% N), аммонизированного суперфосфата (8% N и 30% P₂O₅) и хлористого калия (60% K₂O). Лабораторные исследования проведены по существующим методикам и ГОСТ.

Статистическая обработка результатов исследований выполнена с использованием дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализов и соответствующих программ на компьютере.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования в двух полях позволили получить новые научные данные о действии извести на свойства дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы. Исходная кислотность почвы опытного участка находилась в пределах pH 5,53-5,71, что в соответствии с существующей градацией кислотности почв соответствует IV группе [3].

Внесение известковых мелиорантов обусловило снижение кислотности почвы (табл. 1). Установлено, что при известковании дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы максимальное действие извести проявлялось на второй год внесения известковых материалов (2007 г.).

Таблица 1

Динамика кислотности дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы при известковании различными видами мелиорантов (в среднем по двум полям севооборота)

Вариант	pH_{KCl}					Сдвиг pH		Расход CaCO ₃ (т/га) для сдвига pH на 0,1 ед.	Сдвиг pH	
	2006 г. (до известкования)	2007 г.	2008 г.	2009 г.	Ø 2007-2009 гг.	всего на 2-й год	на 1 т д.в. CaCO ₃		всего на 4-й год	на 1 т д.в. CaCO ₃
Контроль	5,53	5,66	5,69	5,48	5,61	0,13	–	–	-0,05	–
NPK ₁	5,60	5,64	5,66	5,46	5,59	0,04	–	–	-0,14	–
NP + д.м.	5,63	6,21	6,12	6,11	6,15	0,58	0,12	0,85	0,48	0,10
NPK ₁ + д.м.	5,65	6,17	6,10	6,14	6,14	0,52	0,10	0,97	0,49	0,10
NPK ₂ + д.м.	5,63	6,23	6,12	6,10	6,15	0,60	0,12	0,84	0,47	0,09
NPK ₃ + д.м.	5,71	6,32	6,17	6,11	6,20	0,61	0,12	0,83	0,40	0,08
N ₂ PK ₃ + д.м.	5,64	6,28	6,20	6,16	6,21	0,67	0,13	0,76	0,52	0,10
Ср. при д.м.	5,65	6,24	6,14	6,12	6,17	0,60	0,12	0,86	0,47	0,09
NPK ₁ + мел	5,61	7,03	6,61	6,55	6,73	1,42	0,28	0,35	0,94	0,19
NPK ₁ + к.с.	5,66	6,60	6,42	6,30	6,44	0,94	0,19	0,53	0,64	0,13
HCP ₀₅	0,27	0,35	0,20	0,17	0,22					

На второй год после известкования наиболее сильное влияние на свойства почвы оказал мел. В варианте NPK₁ + мел величина pH возросла от 5,62 до уровня слабощелочных почв и составила 7,03. Сдвиг pH почвы при этом составил 1,42 ед., в расчете на 1 т д.в. CaCO₃ – 0,28 ед.

В варианте с известкованием карбонатным сапропелем сдвиг реакции почвы составил 0,94 ед. (на 1 т д.в. CaCO_3 – 0,19 ед.) и почва достигла уровня pH нейтральных почв (pH 6,60).

При известковании слабокислой почвы доломитовой мукой сдвиг pH почвенной среды изменился в среднем от 5,65 до 6,24, значения которого соответствуют группе близких к нейтральным почв. Сдвиг pH при применении доломитовой муки составил в среднем 0,60 ед. (в расчете на 1 т д.в. CaCO_3 – 0,12 ед.). По результатам исследований рассчитаны показатели расхода CaCO_3 для сдвига pH на 0,1 ед. При применении в качестве известкового мелиоранта доломитовой муки для сдвига pH на 0,1 ед. необходимо 0,86 т/га д.в. CaCO_3 , мела – 0,35 т/га, карбонатного сапропеля – 0,53 т/га д.в. CaCO_3 .

На третий год после проведения известкования (2008 г.) в варианте NPK_1 + мел почва начала подкисляться и pH снизилась на 0,43 ед. до значения 6,61, что относится к значениям близких к нейтральным почв (табл. 1).

При применении карбонатного сапропеля наблюдалась тенденция уменьшения pH до значения 6,42 и почва перешла из VI группы кислотности почв в V группу.

На фоне доломитовой муки кислотность почвы не изменилась, что было связано с более стабильной нейтрализующей способностью этого мелиоранта, поэтому значение pH почвы осталось на уровне V группы кислотности (pH 6,14).

На четвертый год действия известковых мелиорантов (2009 г.) в вариантах без внесения известковых мелиорантов (контроль и NPK_1) произошло подкисление почвы на 0,2 ед. и почва перешла из группы слабокислых в группу кислых почв. В вариантах с применением доломитовой муки, мела и карбонатного сапропеля кислотность почвы достоверно не изменилась.

Известкование сказывается и на других видах кислотности, в частности, гидролитической, которая проявляется при обработке почвы уксуснокислым натрием (табл. 2).

Таблица 2

Динамика гидролитической кислотности (Hг) при известковании дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы, (среднее по двум полям), смоль(+)/кг почвы

Вариант	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.
Контроль	1,91	1,84	1,84	2,50
NPK_1	1,88	1,92	1,91	2,31
NP + д.м.	1,94	1,46	1,55	1,64
NPK_1 + д.м.	1,89	1,46	1,53	1,81
NPK_2 + д.м.	1,86	1,50	1,58	1,52
NPK_3 + д.м.	1,80	1,50	1,58	1,68
N_2PK_3 + д.м.	1,84	1,51	1,58	1,56
NPK_1 + мел	1,87	0,61	0,94	1,03
NPK_1 + к.с.	1,88	0,85	0,95	1,13
HCP_{05}	0,33	0,24	0,25	0,30

Между величиной гидролитической кислотности и pH почвы выявлена тесная зависимость ($R^2 = 0,95$), которая описывается следующей линейной функцией (рис. 1):

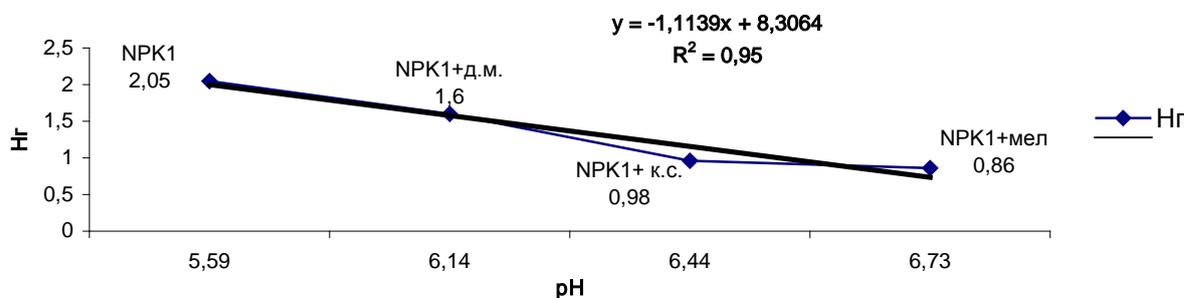


Рис. 1. Зависимость между гидролитической кислотностью почвы и показателем pH_{KCl}

Так, на второй год действия известковых мелиорантов при внесении мела гидролитическая кислотность почвы снизилась на 1,26 смоль (+)/кг почвы, карбонатного сапропеля – на 1,03 смоль (+)/кг

почвы (табл. 2). Известкование доломитовой мукой привело к снижению гидролитической кислотности в среднем на 0,39 смоль (+)/кг почвы.

Таким образом, внесение мела и карбонатного сапропеля, содержащих в своем составе легкодоступную форму кальция, на второй год действия может привести к значительному снижению кислотности дерново-подзолистых легкосуглинистых почв. Эффект их действия на третий год прекращается, чем они отличаются от доломитовой муки. Доломитовая мука имеет постепенное и более продолжительное действие во времени.

На четвертый год после проведения известкования подкисление почвы происходит лишь в вариантах без внесения известковых мелиорантов, почва переходит из группы слабокислых в группу кислых почв, т. е. потенциала дерново-подзолистых легкосуглинистых слабокислых почв без проведения поддерживающего известкования хватает на четыре года.

На фоне применения различных видов мелиорантов кислотность почвы на четвертый год после проведения известкования значительно не изменилась.

Свойства почвы характеризуются также степенью насыщенности основаниями (V, %) – количеством обменно-поглощенных оснований (кроме H и Al), выраженных в процентах от емкости поглощения всех катионов.

Агрохимический анализ дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы до закладки опыта показал, что исходное содержание в ней обменного кальция находилось на уровне 988 мг/кг (3,53 смоль (+)/кг воздушно-сухой почвы). Содержание обменного магния составляло 203 мг/кг (1,01 смоль (+)/кг), содержание подвижного калия – 249 мг/кг (0,64 смоль (+)/кг), степень насыщенности почвы основаниями была на уровне 73% (табл. 3).

Таблица 3

Сумма основных катионов и степень насыщенности основаниями дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы, (среднее по двум полям севооборота)

2006 г.	CaO	Ca ²⁺	MgO	Mg ²⁺	K ₂ O	K ⁺	Σ (Ca ²⁺ +Mg ²⁺ +K ⁺) СМОЛЬ(+)/кг в.с. почвы	V= (Ca ²⁺ +Mg ²⁺ +K ⁺)*100/ (Ca ²⁺ +Mg ²⁺ +K ⁺)+ Нг, %
	мг/ кг	СМОЛЬ (+)/кг в.с. почвы	мг/ кг	СМОЛЬ (+)/кг в.с. почвы	мг/ кг	СМОЛЬ (+)/кг в.с. почвы		
	988	3,53	203	1,01	249	0,64		

Известкование дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы оказывало влияние на содержание в ней обменного кальция и обменного магния и способствовало увеличению степени насыщенности почвы основаниями.

На второй год после известкования почвы доломитовой мукой содержание обменного кальция в почве значительно не изменилось, содержание обменного магния при этом увеличилось на 65 мг/кг. соотношение CaO:MgO при этом уменьшилось от исходного значения 4,7 до 3,8 в варианте NPK₁ + д.м. (табл. 4, 5, 7).

Согласно данным Института почвоведения и агрохимии, в целом по Беларуси средневзвешенное эквивалентное соотношение Ca²⁺:Mg²⁺ за последние четыре тура обследования медленно сужается на почвах пахотных земель от 4,1 до 3,8 и пока находится в допустимом диапазоне. Оптимальное соотношение Ca²⁺:Mg²⁺ находится в пределах 4-6, а устойчивая депрессия урожайности основных сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве наблюдается при содержании MgO выше 300 мг/кг и соотношении Ca²⁺:Mg²⁺ <2,8 [5].

На фоне известкования мелом содержание обменного кальция в почве по отношению к исходному значению возросло на 329 мг/кг. Содержания в почве обменного магния при этом уменьшилось на 37 мг/кг (табл. 4, 5). Это происходит вследствие того, что при внесении мела создается повышенная концентрация ионов кальция в почвенном растворе, которые вытесняют магний из ППК, тем самым ускоряя его вымывание с инфильтрационными водами. Показатель в варианте CaO:MgO в варианте NPK₁ + мел достиг неблагоприятных значений 7,9, что говорит об увеличении содержания кальция и уменьшении содержания магния в почве [3, 10].

При применении карбонатного сапропеля содержание обменного кальция в почве возросло на 246 мг/кг, обменного магния – значительно не изменилось и соотношение CaO:MgO составило 5,7.

Степень насыщенности ППК основаниями в варианте NPK₁ + д.м. превышала значения в варианте NPK₁ на 7%, в варианте NPK₁ + мел – на 18%, в варианте NPK₁ + к.с. – на 15% (табл. 6).

Таблица 4

Содержание обменного кальция при известковании дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы (среднее по двум полям), мг/кг

Вариант	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	Среднее за 2007-2009 гг.
Контроль	985	985	994	966	982
NPK ₁	986	986	980	968	978
NP + д.м.	986	1055	1052	1042	1050
NPK ₁ + д.м.	991	1054	1045	1035	1045
NPK ₂ + д.м.	990	1049	1039	1028	1039
NPK ₃ + д.м.	991	1044	1037	1032	1038
N ₂ PK ₃ + д.м.	989	1051	1043	1030	1041
NPK ₁ + мел	986	1315	1252	1249	1272
NPK ₁ + к.с.	990	1232	1193	1185	1203
HCP ₀₅	9	77	65	50	62

На третий год действия известковых мелиорантов (2008 г.) содержание обменного кальция в почве в вариантах с применением доломитовой муки не изменилось, содержание обменного магния при этом уменьшилось в среднем на 29 мг/кг, соотношение CaO:MgO вследствие вымывания обменного магния увеличилось с 3,8 до 4,2 (табл. 4, 5, 7).

При применении мела содержание обменного кальция в почве уменьшилось на 63 мг/кг, магния – на 22 мг/кг, соотношение CaO:MgO продолжало увеличиваться с 7,9 в 2007 г. до 8,6 в 2008 г.

Таблица 5

Содержание обменного магния при известковании дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы (среднее по двум полям), мг/кг

Вариант	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	Среднее 2007-2009 гг.
Контроль	191	192	178	160	177
NPK ₁	199	204	180	162	182
NP + д.м.	205	268	245	241	251
NPK ₁ + д.м.	213	269	246	241	252
NPK ₂ + д.м.	203	271	240	241	251
NPK ₃ + д.м.	203	284	249	237	257
N ₂ PK ₃ + д.м.	206	275	242	225	247
NPK ₁ + мел	204	167	146	141	151
NPK ₁ + к.с.	208	217	185	149	184
HCP ₀₅	13	19	16	12	15

Содержание обменного магния в вариантах с использованием, карбонатного сапропеля на третий год действия известковых мелиорантов уменьшилось на 32 мг/кг, содержание обменного кальция – значительно не изменилось. Соотношение CaO:MgO при внесении карбонатного сапропеля при этом увеличилось от 5,7 до 6,4 (табл. 7).

Степень насыщенности ППК основаниями на третий год после проведения известкования на фоне мела и карбонатного сапропеля была на 13%, при внесении доломитовой муки – на 6% больше, чем в варианте без внесения известковых мелиорантов (табл. 6).

На четвертый год действия известковых мелиорантов содержание обменного кальция в почве в вариантах опыта значительно не изменилось. Содержание обменного магния в контрольном варианте и варианте NPK₁ уменьшилось на 18 мг/кг, соотношение CaO:MgO вследствие вымывания обменного магния увеличилось от 5,6 до 6,0.

Таблица 6

Степень насыщенности основаниями дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы, (среднее по двум полям)

Вариант	2007 г.	2008 г.	2009 г.
	V= (Ca ²⁺ +Mg ²⁺ +K ⁺)*100 / (Ca ²⁺ +Mg ²⁺ +K ⁺)+ Нг, %		
Контроль	73	73	66
NPK ₁	73	73	68
NPK ₁ + д.м.	80	79	75
NPK ₂ + д.м.	79	78	78
NPK ₃ + д.м.	80	78	77
N ₂ PK ₃ + д.м.	79	78	78
NPK ₁ + мел	91	86	85
NPK ₁ + к.с.	88	86	83
HCP ₀₅	6	6	5

В вариантах NPK₃ + д.м., N₂PK₃ + д.м. и NPK₁ + к.с. содержание обменного магния уменьшилось на 12, 17 и 36 мг/кг соответственно, соотношение СаО:МгО при этом увеличилось от 4,2 до 4,4, от 4,3 до 4,6 и от 6,4 до 8,0 соответственно (табл. 4, 5, 7).

В среднем на второй-четвертый годы проведения исследований соотношение между СаО и МгО в почве при применении доломитовой муки составило 4,1, карбонатного сапропеля 6,7, мела – 8,5 при исходном значении до закладки опыта 4,8.

Содержание обменного магния в почве в среднем на второй-четвертый год проведения исследований, как и до закладки опыта оставалось на уровне повышенного (151-257 мг/кг).

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что при внесении в качестве известкового мелиоранта на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах с высоким и зачастую избыточным содержанием обменного магния (более 300 мг/кг), можно избежать резкой диспропорции между СаО и МгО в почве.

Таблица 7

Влияние форм применяемых известковых материалов на соотношение СаО и МгО в пахотном слое почвы, (среднее по двум полям)

Вариант	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	Ср. 2007-2009 г.
Контроль	5,2	5,1	5,6	6,0	5,6
NPK ₁	5,0	4,7	5,5	6,0	5,4
NP + д.м.	4,8	3,9	4,3	4,3	4,2
NPK ₁ + д.м.	4,7	3,8	4,2	4,3	4,1
NPK ₂ + д.м.	4,9	3,9	4,3	4,3	4,2
NPK ₃ + д.м.	4,9	3,7	4,2	4,4	4,1
N ₂ PK ₃ + д.м.	4,8	3,8	4,3	4,6	4,2
NPK ₁ + мел	4,8	7,9	8,6	8,9	8,5
NPK ₁ + к.с.	4,8	5,7	6,4	8,0	6,7

Между рН и содержанием обменного кальция в почве установлена тесная зависимость (R²=0,96), которая характеризуется следующей линейной функцией: $y = 0,0035x + 2,2635$.

Так, на третий год действия известковых мелиорантов при применении в качестве известкового материала мела достоверно уменьшилось содержание обменного кальция и, следовательно, произошло подкисление почвы на 0,43 ед.

ВЫВОДЫ

Проведенные нами исследования в полевых опытах с сельскохозяйственными культурами позволили получить новые научные данные о действии доломитовой муки, мела и карбонатного сапропеля на снижение кислотности дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы в севообороте за четыре года.

1. Возделывание сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почве (рН 5,63) через четыре года приводит к росту ее кислотности до кислой среды (рН менее 5,50). Известкование данной почвы доломитовой мукой, мелом и карбонатным сапропелем по-

ложительно влияет на снижение кислотности данной почвы. Максимальное действие мелиорантов проявляется на второй год после их внесения.

2. Интенсивность действия мелиорантов на динамику изменения pH почвы различается во времени и зависит от их химических свойств. Мел и карбонатный сапропель на следующий год после их применения приводят к значительному снижению кислотности почвы, при этом эффект от их действия на третий год уже носит затухающий характер. Наибольшее снижение кислотности происходит при внесении мела (1,42 ед.), при этом почва достигает уровня слабощелочных почв (pH 7,03). При внесении карбонатного сапропеля сдвиг реакции почвы составляет 0,94 ед. и почва достигает уровня нейтральных почв (pH 6,60). Действие доломитовой муки постепенное и более продолжительное во времени. Известкование почвы доломитовой мукой сдвигает pH на 0,60 ед.

3. Известкование почвы различными видами мелиорантов в разной мере увеличивает содержание в дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почве обменных форм кальция и магния, влияя на соотношение данных элементов. В среднем на второй-четвертый годы проведения исследований соотношение между CaO и MgO в почве при применении доломитовой муки составило 4,1, карбонатного сапропеля 6,7, мела – 8,5 при исходном значении до закладки опыта 4,8 при оптимальном соотношении 4-6.

Содержание обменного магния в почве в среднем на второй-четвертый год проведения исследований, как и до закладки опыта оставалось на уровне повышенного (151-257 мг/кг).

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что при внесении мела в качестве известкового мелиоранта на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах с высоким и избыточным содержанием обменного магния (более 300 мг/кг), можно избежать резкой диспропорции между CaO и MgO в почве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдонин, Н.С. Повышение плодородия кислых почв / Н.С. Авдонин. – Минск, 1969. – 304 с.
2. Авдонин, Н.С. О дозах извести в севооборотах со льном / Н.С. Авдонин, Н.Е. Ампилогов // Весн. с.-х. науки. – 1974. – № 1. – С. 9-16.
3. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под общ. ред. В.В. Лапы. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 383 с.
4. Клебанович, Н.В. Система поддерживающего известкования почв Беларуси: автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04 / Н.В. Клебанович; РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2004. – 42 с.
5. Богдевич, И.М. Магниевые удобрения на дерново-подзолистых почвах: аналитический обзор / И.М. Богдевич, О.Л. Ломонос. – Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2009. – 40 с.
6. Авдонин, Н.С. Агрохимия / Н.С. Авдонин. – М., 1982. – 344 с.
7. Гоев, В.Я. Минерально-сырьевые ресурсы Республики Беларусь / В.Я. Гоев, А.В. Гоев. – Минск, 1999. – Вып. 1. – 272 с.
8. Лопотко, М.З. Сапропели в сельском хозяйстве / М.З. Лопотко, Г.А. Евдокимова, П.Л. Кузьмицкий. – Минск: Навука і тэхніка, 1992. – 216 с.
9. Агрохимические регламенты для повышения плодородия почв и эффективного использования удобрений: учеб. пособие / под ред. И.Р. Вильдфлуша [и др.]. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2002. – 48 с.
10. Matula, J. Kationowa wymenna kapacita pudy a její využití ke kvojení / J. Matula. – Agrochemia. – 1984. – P. 333-337.

EFFECTS OF DIFFERENT FORMS OF LIME AMELIORANTS ON AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SLIGHTLY ACID SOIL

I.A. Tsaruk, T.M. Germanovich, G.M. Safronovskaya

Summary

Cultivation of crops on sod-podzolic light loamy soil of slightly acidic (pH 5.6) through the four years leads to an increase in its acidity to acidic (pH less than 5.5).

Making ameliorants such as chalk and calcareous sapropel containing in its structure easily accessible form of calcium, the second year after liming of sod-podzolic light loamy slightly acid soil leads to a significant reduction in soil acidity, but the effect of their action for the third year fades faster than on the background of dolomite flour. Dolomite flour has a lasting effect over time.

Liming of soil by different types of ameliorants in varying degrees increases the content of the soil exchange forms of calcium and magnesium affecting the ratio of these elements. On average, the second to

fourth years after liming the ratio between CaO and MgO in the soil in the application of dolomite flour was 4,1, 6,7 – carbonate sapropel, chalk – 8,5, the initial value up to 4,8 favorite experience at the optimum ratio of 4-6.

When making chalk as lime ameliorant on sod-podzolic light loamy soils with high content of exchangeable magnesium (300 mg/kg) can avoid the sharp disparity between CaO and MgO in the soil.

Поступила 23 апреля 2010 г.

ВЛИЯНИЕ ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ ФОРМ КАЛИЯ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

В.А. Сатишур¹, Т.М. Германович², Р.Б. Поплетеева³, Г.С. Чопчиц³, Г.А. Евсеенко³

¹Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

²Белорусский государственный экономический университет, г. Минск, Беларусь

³Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблема кислотности почв продолжает оставаться актуальной. Несмотря на большие объемы внесения извести в прошедшие десятилетия, значительная часть сельскохозяйственных угодий имеет кислую от природы реакцию. Известкование изменяет подвижность и доступность растениям веществ как содержащихся в почве, так и вносимых с минеральными удобрениями. Калий является одним из основных, наряду с азотом и фосфором, необходимых элементов минерального питания. Большая часть калия находится в растениях в ионной форме. Физиологические функции калия в растительном организме разнообразны. Калий положительно влияет на интенсивность фотосинтеза, окислительных процессов и образование органических кислот в растении, он участвует в углеводном и азотном обмене [1, 15]. Высокая подвижность калия определяет неоднородный характер поведения этого элемента при внесении в почву извести [4, 10, 11, 17, 22]. До настоящего времени нет единого мнения в вопросе влияния известкования на содержание доступного растениям калия в почве [2, 5, 9, 12, 17, 23]. Повышенную потребность растений в калии на известкованных почвах отмечали в своих работах многие исследователи - О.К. Кедров-Зихман, В.У. Пчелкин, В.В. Прокошев, Т.Н. Кулаковская, Н.Н. Алексейчик [6, 7, 8, 11, 13, 20, 19, 21]. Увеличение содержания подвижного калия и конкуренция калия и кальция – два процесса в почвах, и любой из них может превалировать в конкретных условиях [5, 7].

Для характеристики плодородия почв в отношении калия имеет значение определение динамики различных форм почвенного калия при известковании. Все формы калия взаимно связаны между собой, все они в различной степени участвуют в калийном питании растений.

Увеличение эффективности известкования дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы путем оптимизации калийного режима является требованием, обеспечивающим увеличение продуктивности и качества сельскохозяйственных культур в звене зернопропашного севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в условиях центральной части Республики Беларусь. Целью наших исследований было изучение влияния известкования на содержание форм калия в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены во время обучения в аспирантуре РУП «Институт почвоведения и агрохимии» на территории РУП «Экспериментальной базы им. Суворова» Узденского района Минской области на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в течение 2007-2009 гг. Опыт заложен в двух полях в звене севооборота яровое тритикале – горох – яровой рапс. Агротехническая характеристика пахотного горизонта следующая: содержание гумуса – 2,87-3,03%, фосфора – 175-229 мг/кг. Полевой опыт заложен на двух уровнях обеспеченности почвы калием (первый – 200-250 мг/кг, второй – 300-350 мг/кг). А также на трех блоках кислотности почвы pH_{KCl} 4,8-4,9; pH_{KCl} 5,4-5,6 и pH_{KCl} 6,3-6,5. Повторность вариантов в опыте четырехкратная. Общая площадь делянки составляет 50 м² (10x5), учетная – 36 м² (9x4). Схема опыта предусматривала следующие варианты: контроль, $N_{72}P_{68}$ – фон, фон + K_{83} , фон + K_{110} , фон + K_{140} . Агротехника возделывания культур – общепринятая для республики. Обработка почвы включала: зяблевую вспашку, весеннюю культивацию для закрытия влаги, культивацию для заделки минеральных удобрений, предпосевную обработку. Из минеральных удобрений использовали карбамид, двойной суперфосфат, хлористый калий. Посев проводился сплошным рядовым способом – сеялкой СПУ-4 в третьей декаде апреля. Уборка проводилась комбайном Сампо-500 в фазу полной спелости семян. Для изучения влияния известкования на динамику форм калия при разной обеспеченности почвы калием до посева и после уборки урожая отбирали образцы почвы, в которых определяли формы соединений калия. Анализ почвенных образцов проводили по общепринятым методикам с последующим определением калия – на пламенном фотометре: подвижный калия – из 0,2 н вытяжки HCl по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91); водорастворимый калий – из вытяжки H₂O по методу Александровой; обменный калий – из 1 н вытяжки CH₃COONH₄ по методу Масловой; необменный – из 2 н вытяжки HCl по методу Пчелкина.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В наших исследованиях установлено, что известкование привело к некоторому изменению содержания форм калия (рис. 1). В среднем за годы исследований (2007-2009 гг.) изменение кислотности с pH_{KCl} 4,8-4,9 до pH_{KCl} 6,3-6,5 почвы оказало положительное влияние на калийный режим дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы. Содержание водорастворимого калия в контрольном варианте (без внесения калия) выросло с 25,0 до 28,3 мг/кг, подвижного – с 186,7 до 194,7 мг/кг, обменного (за вычетом водорастворимого) – с 136,7 до 138,0 мг/кг, содержание необменного (за вычетом обменного) уменьшилось с 241,3 до 210,3 мг/кг.

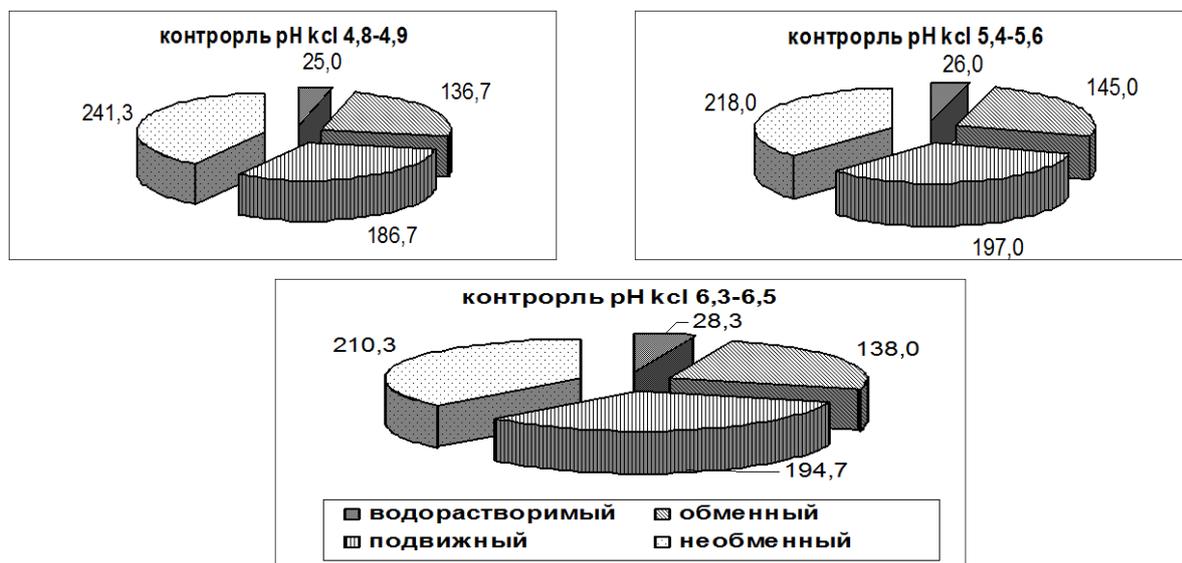


Рис. 1. Влияние известкования на содержание форм почвенного калия (мг/кг) на контрольном варианте среднее за звено севооборота

Динамика водорастворимого калия. Водорастворимый калий наиболее легко доступен растениям, количество его в почве не велико и не постоянно. К водорастворимому калию относят количество калия, находящееся в почве в какой-либо момент времени в растворимом состоянии, не связанном силами почвенного поглощающего комплекса. Появляется он в почве, главным образом, вследствие химического и биологического воздействия на почвенные минералы. Часть калия может переходить из обменного состояния в раствор в результате вытеснения его из поглощающего комплекса катионами различных солей, в том числе и вносимыми в почву с удобрениями. До настоящего времени природа этой формы калия остается недостаточно изученной. Известкование, уровень содержания подвижного калия, применение удобрений привели к увеличению содержания водорастворимой формы калия (табл. 1, рис. 2). Изменение кислотности почвы с pH_{KCl} 4,8-4,9 до pH_{KCl} 6,3-6,5 привело к увеличению содержания водорастворимой формы калия при возделывании ярового тритикале на 8,1 мг/кг, при возделывании гороха посевного на 7,5 мг/кг, при возделывании ярового рапса на 5,4 мг/кг почвы. В вариантах с применением калийных удобрений получено достоверное увеличение содержания водорастворимого калия по сравнению с контрольными и фоновыми вариантами без внесения калия.

Применение на уровне содержания подвижного калия 200-250 мг/кг возрастающих доз калийных удобрений привело к росту содержания водорастворимого калия: при возделывании ярового тритикале – на 14, 19, 20 мг/кг, при возделывании гороха посевного – на 10, 14, 20 мг/кг, а при возделывании ярового рапса – на 12, 23, 22 мг/кг почвы соответственно при pH_{KCl} 4,8-4,9, pH_{KCl} 5,4-5,6, pH_{KCl} 6,3-6,5. Увеличение уровня содержания подвижного калия с 200-250 до 300-350 мг/кг почвы привело к увеличению водорастворимой формы калия в среднем по вариантам внесения калийных удобрений: при возделывании ярового тритикале на 28-34, 24-30, 23-32 мг/кг, при возделывании гороха посевного – на 25-34, 26-29, 24-26 мг/кг, а при возделывании ярового рапса – на 21-30, 17-26, 15-32 мг/кг почвы, соответственно при pH_{KCl} 4,8-4,9, pH_{KCl} 5,4-5,6, pH_{KCl} 6,3-6,5.

В звене севооборота при последовательном возделывании следующих культур: яровое тритикале, горох посевной, яровой рапс – происходило уменьшение содержания водорастворимой формы почвенного калия. Изменение кислотности почвы привело к увеличению содержания водорастворимого калия в среднем за годы исследований (рис. 2). Изменение кислотности почвы с pH_{KCl} 4,8-4,9 до pH_{KCl} 5,4-5,6 увеличило содержание водорастворимого калия на уровне содержания подвижного калия 200-250 мг/кг на 1-9 мг/кг, а на уровне содержания подвижного калия 300-350 мг/кг на 2-3 мг/кг.

Дальнейшее изменение кислотности почвы до pH_{KCl} 6,3-6,5 увеличило содержание водорастворимого калия на 2-4 мг/кг.

Таблица 1

Влияние известкования дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы на динамику водорастворимого калия в зависимости от кислотности, уровня обеспеченности подвижным калием и доз калийных удобрений

K ₂ O, мг/кг почвы	Вариант	Содержание водорастворимого калия, мг/кг почвы		
		яровое тритикале (2007 г.)	горох посевной (2007-2008 гг.)	яровой рапс (2008-2009 гг.)
pH_{KCl} 4,8-4,9				
200-250	Контроль б/у	29	25	21
	NP – фон	30	29	24
	Фон + K ₁	33	32	31
	Фон + K ₂	36	34	33
	Фон + K ₃	44	39	36
300-350	Фон + K ₁	67	57	52
	Фон + K ₂	70	68	60
	Фон + K ₃	72	73	66
pH_{KCl} 5,4-5,6				
200-250	Контроль б/у	30	27	21
	NP – фон	33	32	26
	Фон + K ₁	41	38	32
	Фон + K ₂	48	41	35
	Фон + K ₃	52	46	49
300-350	Фон + K ₁	71	64	49
	Фон + K ₂	73	70	61
	Фон + K ₃	76	73	67
pH_{KCl} 6,3-6,5				
200-250	Контроль б/у	32	29	24
	NP – фон	35	33	29
	Фон + K ₁	43	41	34
	Фон + K ₂	52	46	37
	Фон + K ₃	55	53	51
300-350	Фон + K ₁	75	66	49
	Фон + K ₂	76	72	69
	Фон + K ₃	78	77	73
НСР _{0,05}		3	2	2

Динамика обменного калия. Обменный калий является главным источником для питания растений. Он входит в состав почвенного поглощающего комплекса. Восполнение запасов обменного калия в пахотном горизонте почв может, осуществляется за счет необменных форм. В почвах одновременно с процессами использования необменных форм калия протекают процессы фиксации обменного калия. Наши исследования по динамике обменного калия по Масловой (за вычетом водорастворимой его формы) показаны в таблице 2.

Возделываемые в звене севооборота культуры интенсивно использовали и вынесли с урожаем почвенный калий, в том числе и обменную его форму. Кислотность почвы, уровень содержания подвижного калия, применение удобрений привели к изменению содержания обменной (за вычетом водорастворимой) формы калия. Изменение кислотности почвы с pH_{KCl} 4,8-4,9 до pH_{KCl} 5,4-5,6 привело к увеличению содержания обменной формы калия при возделывании ярового тритикале и гороха посевного на 4,1 мг/кг, а при возделывании ярового рапса – на 7,9 мг/кг почвы. Дальнейшее изменение кислотности до pH_{KCl} 6,3-6,5 привело к уменьшению содержания обменной (за вычетом водорастворимой) формы калия, при возделывании ярового тритикале на -9,7 мг/кг, при возделывании гороха посевного на - 11,1 мг/кг, при возделывании ярового рапса на -18,2 мг/кг почвы. Применение высокой дозы (K₃) калийных удобрений на уровне содержания подвижного калия 200-250 мг/кг – привело к увеличению содержания обменного калия: при возделывании ярового тритикале на 2-8 мг/кг, при возделывании гороха посевного – на 11-25 мг/кг, а при возделывании ярового рапса – на 7-19 мг/кг почвы.

Увеличение уровня содержания подвижного калия с 200-250 до 300-350 мг/кг почвы привело к увеличению обменной (за вычетом водорастворимой) формы калия в среднем по вариантам с внесе-

нием калийных удобрений: при возделывании ярового тритикале – на 74, 44, 46 мг/кг, при возделывании гороха посевного – на 69, 42, 38 мг/кг, а при возделывании ярового рапса – на 72, 50, 44 мг/кг почвы, соответственно при pH_{KCl} 4,8-4,9, pH_{KCl} 5,4-5,6, pH_{KCl} 6,3-6,5.

Таблица 2

Влияние известкования дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы на динамику обменного калия (за вычетом водорастворимого) в зависимости от кислотности, уровня обеспеченности подвижным калием и доз калийных удобрений

K ₂ O, мг/кг почвы	Вариант	Содержание обменного калия (за вычетом водорастворимого), мг/кг почвы		
		яровое тритикале (2007 г.)	горох посевной (2007-2008 гг.)	яровой рапс (2008-2009 гг.)
pH_{KCl} 4,8-4,9				
200-250	Контроль б/у	135	137	138
	NP – фон	139	123	120
	Фон + K ₁	130	129	128
	Фон + K ₂	137	134	128
	Фон + K ₃	141	144	139
300-350	Фон + K ₁	208	209	203
	Фон + K ₂	216	211	212
	Фон + K ₃	207	193	195
pH_{KCl} 5,4-5,6				
200-250	Контроль б/у	146	143	146
	NP – фон	150	134	136
	Фон + K ₁	150	146	147
	Фон + K ₂	151	150	147
	Фон + K ₃	158	159	153
300-350	Фон + K ₁	195	195	204
	Фон + K ₂	200	194	199
	Фон + K ₃	196	192	194
pH_{KCl} 6,3-6,5				
200-250	Контроль б/у	142	137	135
	NP – фон	145	140	124
	Фон + K ₁	140	137	130
	Фон + K ₂	137	140	134
	Фон + K ₃	144	139	131
300-350	Фон + K ₁	185	176	188
	Фон + K ₂	192	176	170
	Фон + K ₃	183	179	169
НСР _{0,05}		8	8	8

В целом за звено севооборота яровое тритикале – горох посевной – яровой рапс произошло уменьшение содержания обменной формы почвенного калия. Изменение кислотности почвы оказало неодинаковое влияние на динамику содержания обменного (за вычетом водорастворимого) калия в среднем за годы исследований (рис. 3) в зависимости от уровня содержания подвижного калия. Изменение кислотности почвы с pH_{KCl} 4,8-4,9 до pH_{KCl} 5,4-5,6 увеличило содержание обменного калия на уровне содержания подвижного калия 200-250 мг/кг на 8-19 мг/кг, а на уровне содержания подвижного калия 300-350 мг/кг уменьшило на 4-15 мг/кг. Дальнейшее изменение кислотности почвы до pH_{KCl} 6,3-6,5 уменьшило содержание обменного калия на уровне содержания подвижного калия 200-250 мг/кг на 5-18 мг/кг, а на уровне содержания подвижного калия 300-350 мг/кг – на 15-19 мг/кг.

Динамика подвижного калия. В настоящее время в агрохимической службе республики Беларусь в целях ускорения процедуры анализа определяют содержание фосфора и калия в дерново-подзолистых почвах из одной вытяжки, используя для этого метод Кирсанова с экстрагирующим раствором 0,2 н HCl. Однако в научных исследованиях при изучении калийного режима используется вытяжка уксуснокислого аммония (1 н CH₃COONH₄) применяемая по методу Масловой. Это объясняется удачным подбором вытяжки по буферности и химическому составу. В наших исследованиях по динамике подвижного калия установлено (табл. 3).

Возделываемые в звене севооборота культуры интенсивно использовали подвижную форму почвенного калия, вследствие чего ее содержания за три года исследований значительно уменьшилось.

Известкование почвы с pH_{KCl} 4,8-4,9 до pH_{KCl} 5,4-5,6 привело к увеличению содержания подвижного калия (табл. 3.) в контрольном варианте при возделывании ярового тритикале на 13,0 мг/кг, при возделывании гороха посевного – на 10,0 мг/кг, а при возделывании ярового рапса – на 8,0 мг/кг почвы. В варианте с внесением азотно-фосфорных удобрений наблюдается увеличение содержания при возделывании ярового тритикале на 17,0 мг/кг, при возделывании гороха посевного – на 17,0 мг/кг, а при возделывании ярового рапса – на 20,0 мг/кг почвы. Увеличение содержания подвижного калия при известковании в вариантах без внесения калийных удобрений объясняется нами за счет перехода прочносвязанного калия силикатов при внесении в почву кальция (поскольку калий и кальций являются антагонистами) в состояние, способное к обмену по мере усвоения растениями доступного калия. На возможность пополнения содержания в почве подвижного калия за счет его необменных форм также указывают и другие авторы [3, 14, 16, 18, 21]. Дальнейшее известкование до pH_{KCl} 6,3-6,5 не привело к существенному изменению содержания подвижной формы калия в контрольном и варианте с внесением азотно-фосфорных удобрений.

Таблица 3

Влияние известкования дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы на динамику подвижного калия в зависимости от кислотности, уровня обеспеченности подвижным калием и доз калийных удобрений

K ₂ O, мг/кг почвы	Вариант	Содержание подвижного калия, мг/кг почвы		
		яровое тритикале (2007 г.)	горох посевной (2007-2008 гг.)	яровой рапс (2008-2009 гг.)
pH_{KCl} 4,8-4,9				
200-250	Контроль б/у	193	187	180
	NP – фон	199	181	168
	Фон + K ₁	196	193	190
	Фон + K ₂	209	202	194
	Фон + K ₃	229	222	216
300-350	Фон + K ₁	342	323	307
	Фон + K ₂	356	347	337
	Фон + K ₃	351	339	332
pH_{KCl} 5,4-5,6				
200-250	Контроль б/у	206	197	188
	NP – фон	216	198	188
	Фон + K ₁	232	222	216
	Фон + K ₂	247	232	222
	Фон + K ₃	262	251	251
300-350	Фон + K ₁	337	323	302
	Фон + K ₂	346	334	326
	Фон + K ₃	348	338	333
pH_{KCl} 6,3-6,5				
200-250	Контроль б/у	206	195	183
	NP – фон	215	206	182
	Фон + K ₁	226	219	203
	Фон + K ₂	241	232	213
	Фон + K ₃	254	245	233
300-350	Фон + K ₁	335	308	286
	Фон + K ₂	344	320	313
	Фон + K ₃	339	333	315
HCP _{0,05}		13	13	12

Внесение калийных удобрений привело к закономерному увеличению содержания подвижного калия в почве. Применение высокой дозы (K₃) калийных удобрений на уровне содержания подвижного калия 200-250 мг/кг привело к увеличению содержания подвижного калия по сравнению с вариантом применения азотно-фосфорных удобрений: при возделывании ярового тритикале – на 33-46 мг/кг, при возделывании гороха посевного – на 39-53 мг/кг, а при возделывании ярового рапса – на 26-63 мг/кг почвы. Известкование до pH_{KCl} 5,4-5,6 увеличивало содержания подвижного калия от внесения калийных удобрений. Увеличение уровня содержания подвижного калия с 200-250 до 300-350 мг/кг почвы привело к следующему изменению подвижной формы калия в среднем по вариантам с внесением

калийных удобрений: при возделывании ярового тритикале – на 138, 97, 99 мг/кг, при возделывании гороха посевного – на 131, 97, 88 мг/кг, а при возделывании ярового рапса – на 125, 91, 88 мг/кг почвы соответственно при рН_{KCl} 4,8-4,9, рН_{KCl} 5,4-5,6, рН_{KCl} 6,3-6,5.

Известкование почвы оказало неодинаковое влияние на динамику содержания подвижного калия в среднем за годы исследований (рис. 4) в зависимости от уровня обеспеченности. Известкование почвы с рН_{KCl} 4,8-4,9 до рН_{KCl} 5,4-5,6 увеличило содержание обменного калия на уровне содержания подвижного калия 200-250 мг/кг на 10-32 мг/кг, а на уровне содержания подвижного калия 300-350 мг/кг привело к тенденции уменьшения (на 3-11 мг/кг, что меньше НСР). Дальнейшее изменение кислотности почвы до рН_{KCl} 6,3-6,5 не значительно уменьшило содержание подвижного калия: на уровне 200-250 мг/кг – на 2-10 мг/кг, а на уровне содержания подвижного калия 300-350 мг/кг на – 10-11 мг/кг.

Динамика необменного калия. Помимо подвижных форм калия, характеризующих непосредственно усвояемые его запасы, очень большое значение имеют и более прочные соединения этого элемента, так как для калия характерна динамичность и возможность перехода из одной формы в другую. Ближайшим резервом калия для растений служит необменный калий, определяемый по методике предложенной В.У. Пчелкиным.

В целом за звено севооборота – яровое тритикале – горох посевной – яровой рапс произошло значительное уменьшение содержания необменной (за вычетом обменной) формы почвенного калия (табл. 4). На переход необменного калия в доступные формы оказывают влияние как сами растения, так и переменное подсушивание и увлажнение почвы. Калий способен высвободиться при истощении его запаса в почвенном растворе и может снова включаться в структуры минералов при высокой концентрации раствора.

В нашем опыте содержание необменной формы почвенного калия (за вычетом обменной его формы) изменялось под влиянием известкования и уровня обеспеченности почвы подвижным калием. Известкование почвы с рН_{KCl} 4,8-4,9 до рН_{KCl} 5,4-5,6 привело к уменьшению содержания необменной формы калия (табл. 4) в контрольном варианте при возделывании ярового тритикале на 15,0 мг/кг, при возделывании гороха посевного – на 38,0, а при возделывании ярового рапса – на 17,0 мг/кг почвы. Дальнейшее изменение кислотности до рН_{KCl} 6,3-6,5 в контрольном варианте привело к тенденции уменьшения содержания необменной (за вычетом обменной) формы калия, при возделывании ярового тритикале – на 5,0 мг/кг, при возделывании гороха посевного на – 12,0 мг/кг, при возделывании ярового рапса – на 6,0 мг/кг почвы.

Применение высокой дозы (K₃) калийных удобрений на уровне содержания подвижного калия 200-250 мг/кг по сравнению с вариантом внесения азотно-фосфорных удобрений увеличило содержание необменного калия: при возделывании ярового тритикале – на 14, 9, 8 мг/кг, при возделывании гороха посевного – на 5, 22, 21 мг/кг, а при возделывании ярового рапса – на 44, 53, 58 мг/кг почвы, соответственно при рН_{KCl} 4,8-4,9, рН_{KCl} 5,4-5,6, рН_{KCl} 6,3-6,5.

Увеличение уровня содержания подвижного калия с 200-250 до 300-350 мг/кг почвы привело к следующему изменению необменной (за вычетом обменной) формы калия в среднем по вариантам с внесением калийных удобрений: при возделывании ярового тритикале – на 60, 88, 101 мг/кг, при возделывании гороха посевного – на 49, 102, 119 мг/кг, а при возделывании ярового рапса – на 82, 115, 128 мг/кг почвы, соответственно при рН_{KCl} 4,8-4,9, рН_{KCl} 5,4-5,6, рН_{KCl} 6,3-6,5.

Изменение кислотности почвы оказало неодинаковое влияние на динамику содержания необменного (за вычетом обменного) калия в среднем за годы исследований (рис. 5) в зависимости от уровня содержания подвижного калия.

Изменение кислотности почвы с рН_{KCl} 4,8-4,9 до рН_{KCl} 5,4-5,6 уменьшило содержание необменного калия на уровне содержания подвижного калия 200-250 мг/кг на 7-30 мг/кг, а на уровне содержания подвижного калия 300-350 мг/кг, наоборот, увеличило на 12-17 мг/кг. Дальнейшее изменение кислотности почвы до рН_{KCl} 6,3-6,5 уменьшило содержание обменного калия на уровне содержания подвижного калия 200-250 мг/кг на 7-9 мг/кг, а на уровне содержания подвижного калия 300-350 мг/кг увеличило на 5-7 мг/кг.

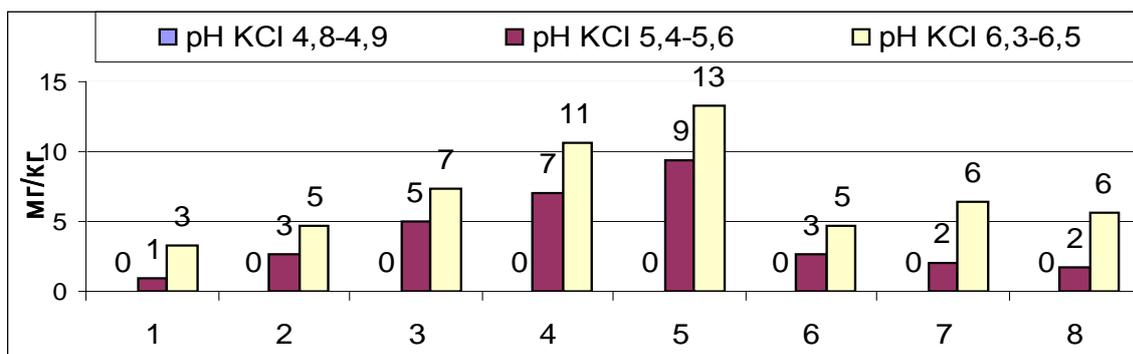


Рис. 2. Влияние известкования (в среднем за звено севооборота) на изменение содержания водорастворимого калия, мг/кг (1-8 варианты опыта)

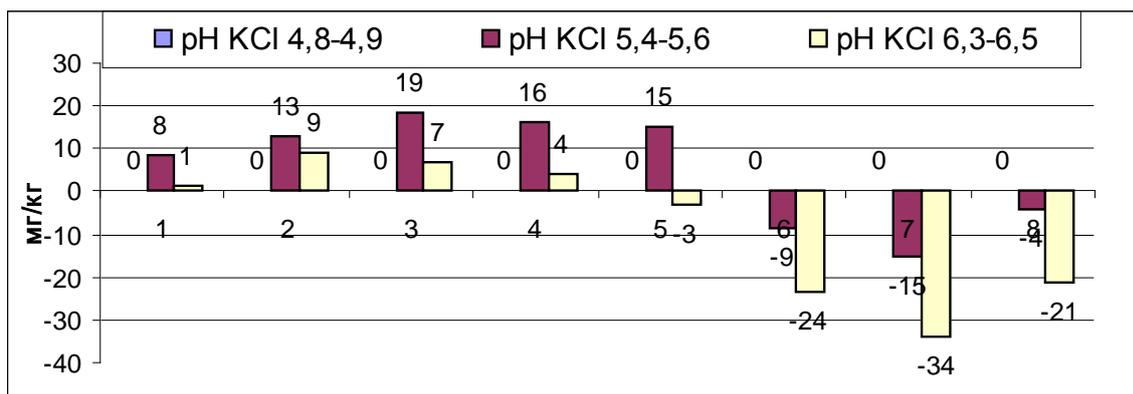


Рис. 3. Влияние известкования (в среднем за звено севооборота) на изменение содержания обменного (за вычетом водорастворимого) калия, мг/кг (1-8 варианты опыта)

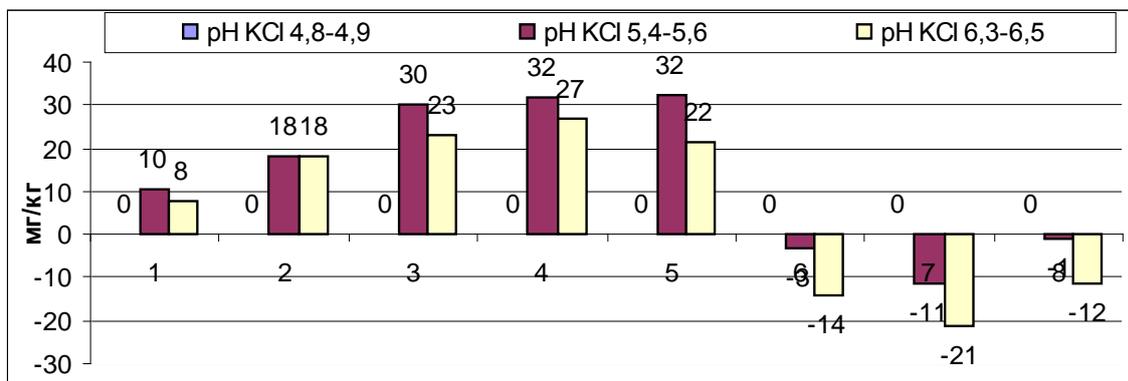


Рис. 4. Влияние известкования (в среднем за звено севооборота) на изменение содержания подвижного калия, мг/кг (1-8 варианты опыта)

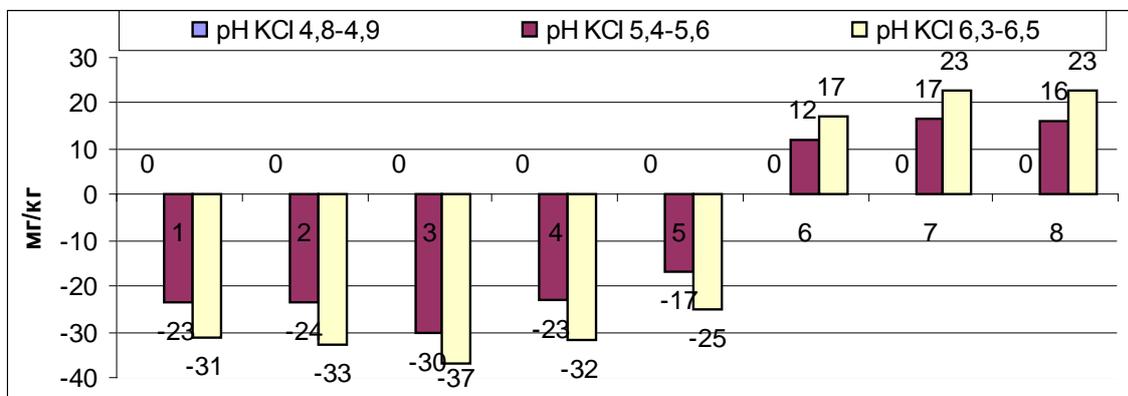


Рис. 5. Влияние известкования (в среднем за звено севооборота) на изменение содержания необменного калия, мг/кг (1-8 варианты опыта)

Таблица 4

Влияние известкования дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы на динамику необменного калия (за вычетом обменной формы) в зависимости от кислотности, уровня обеспеченности подвижным калием и доз калийных удобрений

K ₂ O, мг/кг почвы	Вариант	Содержание необменного калия (за вычетом обменного), мг/кг почвы		
		яровое тритикале (2007 г.)	горох посевной (2007-2008 гг.)	яровой рапс (2008-2009 гг.)
pH _{KCl} 4,8-4,9				
200-250	Контроль б/у	261	267	196
	NP – фон	254	258	191
	Фон + K ₁	256	279	221
	Фон + K ₂	265	263	230
	Фон + K ₃	268	263	235
300-350	Фон + K ₁	319	317	296
	Фон + K ₂	320	315	311
	Фон + K ₃	329	320	325
pH _{KCl} 5,4-5,6				
200-250	Контроль б/у	246	229	179
	NP – фон	242	219	171
	Фон + K ₁	245	222	198
	Фон + K ₂	249	230	210
	Фон + K ₃	251	241	224
300-350	Фон + K ₁	330	326	312
	Фон + K ₂	337	334	325
	Фон + K ₃	343	340	339
pH _{KCl} 6,3-6,5				
200-250	Контроль б/у	241	217	173
	NP – фон	235	205	164
	Фон + K ₁	238	213	194
	Фон + K ₂	241	218	203
	Фон + K ₃	243	226	222
300-350	Фон + K ₁	332	329	322
	Фон + K ₂	345	339	331
	Фон + K ₃	349	345	349
HCP _{0,05}		14	14	12

ВЫВОДЫ

В результате исследований установлено, что известкование почвы с pH_{KCl} 4,8-4,9 до pH_{KCl} 6,3-6,5:

1. Оказало положительное влияние на калийный режим дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы. Содержание водорастворимого калия в контрольном варианте (без внесения калия) выросло с 25,0 до 28,3 мг/кг, подвижного – с 186,7 до 194,7 мг/кг, обменного (за вычетом водорастворимого) – с 136,7 до 138,0 мг/кг, содержание необменного (за вычетом обменного) уменьшилось с 241,3 до 210,3 мг/кг.

2. Оказало различное влияние на динамику форм почвенного калия в зависимости от фона обеспеченности калием на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Между формами почвенного калия установлено динамичное (подвижное) равновесие, и если растение поглощает водорастворимый калий, то его содержание в почве полняется за счет обменного, а тот, в свою очередь, с течением времени за счет необменного. Изменение кислотности почвы с pH_{KCl} 4,8-4,9 до pH_{KCl} 5,4-5,6 и pH_{KCl} 6,3-6,5 привело:

- на уровне содержания подвижного калия 200-250 мг/кг к увеличению содержания водорастворимой, обменной, подвижной форм почвенного калия в тоже время уменьшилось содержание необменной формы, что свидетельствует о возможности использования необменной формы калия;
- на уровне содержания подвижного калия 300-350 мг/кг к увеличению содержания в почве водорастворимой, необменной форм калия, вероятно, за счет уменьшения содержания обменной и подвижной его формы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимия: учебник / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Ураджай, 2001. – 488 с.
2. Богдевич, И.М. Агрохимические пути повышения плодородия дерново-подзолистых почв: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04. – Минск, 1993. – 73 с.
3. Важенин, И.Г. О формах калия в почве и калийное питание растений / И.Г. Важенин, Г.И. Карасева // Почвоведение. – 1959. № 3. – С. 11-21.
4. Величко, В.А. Оптимизация кислотности почв сельхозугодий России / В.А. Величко // Почваудобрение плодородие. – Минск, 1999. – С. 82-83.
5. Иваненко, Н.К. Динамика подвижных форм калия в окультуренной подзолистой почве / Н.К. Иваненко // Почвообразование и фотосинтез растений в Кол. Субарктике. – Апатиты, 1994. – С. 63-69
6. Кедров-Зихман, О.К. Вапнаванне глебаў БССР / О.К. Кедров-Зихман. – Минск, 1951. – 71 с.
7. Кедров-Зихман, О.К. Главные итоги изучения известкования почв и применение микроудобрений в Белоруссии / О.К. Кедров-Зихман // Сб. науч. тр. по известкованию кислых почв. – Минск, 1960. С. 17-33.
8. Кедров-Зихман, О.К. Известкование почв и применение микроэлементов / О.К. Кедров-Зихман. – Москва: Гос. изд-во с.-х. лит., 1957. – С. 8-31.
9. Клебанович, Н.В. Известкование почв Беларуси: монография / Н.В. Клебанович, Г.В. Василюк. – Минск, 2003. – 322 с.
10. Клебанович, Н.В. Калийный режим дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при известковании / Н.В. Клебанович // Почвоведение и агрохимия. – Минск, 1993. – Вып. 28. – С. 69–81.
11. Кулаковская, Т.Н. Динамика калия при известковании и различном содержании его в почве / Т.Н. Кулаковская, Н.Н. Алексейчик, Н.А. Миронович // Почвоведение и агрохимия. – Минск, 1970. – Вып. 7. – С. 37–43.
12. Кулаковская, Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений: монография / Т.Н. Кулаковская. – М.: Агропромиздат, 1990. – 219 с.
13. Кулаковская, Т.Н. Потребность растений в калии при известковании дерново-подзолистых почв / Т.Н. Кулаковская, Н.Н. Алексейчик // Повышение плодородия почв и производительной способности земель в интенсивных системах земледелия; под ред. Т.Н. Кулаковской [и др.]. – Минск, 1981. – 124–125.
14. Лукин, С.М. Влияние длительного применения удобрений на показатели калийного состояния дерново-подзолистой супесчаной почвы // Эколого-агрохимическая оценка состояния калийного режима почв и эффективность калийных удобрений; под ред. В.Г. Минеева, В.Г. Сычева. – Москва: ЦИНАО, – 2002. – С. 47-52.
15. Люттге, У. Передвижение веществ в растениях / У. Люттге, Н. Хигинботам. – Москва: Колос, 1984. – 408 с.
16. Медведева, О.П. Фиксация калия удобрения в необменной форме и его доступность растениям // Агрохимия. – 1971. – № 12. – С. 38-46.
17. Небольсин, А.Н. Теоретические основы известкования почв / А.Н. Небольсин, З.П. Небольсина. – ЛНИИСХ, 2005. – 252 с.
18. Прокошев, В.В. Влияние калийных удобрений на содержание различных форм калия в почве / В.В. Прокошев, С.С. Бордукова // Агрохимия. – 1980. – № 1. – С. 4651.
19. Прокошев, В.В. Калийные удобрения / В.В. Прокошев. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 48 с.
20. Прокошев, В.В. Почвенный калий / В.В. Прокошев, З.И. Государева // Химия в сельском хозяйстве. – 1980. – № 9. – С. 18-20.
21. Пчелкин, В.У. Почвенный калий и калийные удобрения / В.У. Пчелкин. – М.: Колос, 1966. – 336 с.
22. Шильников, И.А. Известкование почв / И.А. Шильников, Л.А. Лебедева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 171 с.
23. Шкель, М.П. Влияние известкования и удобрений на урожай полевых культур и плодородие дерново-подзолистой почвы / М.П. Шкель, Р.Д. Андриянина // Известкование кислых почв и применение микроудобрений. – Жодино, 1979. – С. 23-29.

INFLUENCE OF LIMING ON A POTASH MODE IN SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOILS

V.A. Satishur, T.M. Germanovich, R.B. Popleteeva, G.S. Chopchits, G.A. Evseenko

Summary

In given article results of our research on influence of liming on potash mode of sod-podzolic light loamy soils are resulted. Liming has made various influence on dynamics of soil potash forms depending on a security background potash on sod-podzolic light loamy soils. Between forms of soil potash dynamical (mobile)

balance and if the plant absorbs water-soluble potash its content in soil fills at the expense of exchange, and that in turn at the expense of not exchange is established, eventually. Change of acidity of soil with pH_{KCl} 4,8-4,9 to pH_{KCl} 5,4-5,6 and pH_{KCl} 6,3-6,5 has resulted: at level of the content of mobile potash 200-250 mg/kg to increase in the content of water-soluble, exchange, mobile forms of soil potash during too time have decreased the content of not exchange form that testifies to possibility of use of not exchange form of potash; At level of the content of mobile potash 300-350 mg/kg – to increase of content in soil of water-soluble, not exchange forms of potash, are probable at the expense of reduction of the content of exchange and its mobile form.

Поступила 12 марта 2010 г.

АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ЗВЕНЕ СЕВООБОРОТА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ И РЫХЛОСУПЕСЧАНОЙ ПОЧВАХ

Е.Н. Богатырева¹, Т.М. Серая¹, Р.Н. Бирюков¹, О.М. Бирюкова¹,
В.В. Туров¹, М.Э. Родина¹, Т.П. Трипутина²

¹Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

²Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей задачей сельского хозяйства является получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур с хорошими качественными показателями. Наибольший агроэкономический эффект может быть получен лишь на фоне гармоничного сочетания всех факторов жизни растений, позволяющих оптимизировать процессы превращения энергии и обмена веществ в растительном организме, начиная от фотосинтеза и кончая образованием конечных продуктов жизнедеятельности растений (белков, жиров, углеводов и других продуктов органического синтеза) [1, 2]. Одним из главных условий, обеспечивающих получение максимально возможного урожая, стабильное питание растений и улучшающих эффективное и потенциальное плодородие почв в агроценозах, является разработка и внедрение ресурсосберегающих, экологически безопасных научно-обоснованных систем удобрения [3, 4].

На современном этапе совершенствование систем применения удобрений должно быть направлено, прежде всего, на повышение окупаемости удобрений, получение экономически обоснованной урожайности сельскохозяйственных культур и поддержание достигнутого плодородия пахотных земель [5, 6]. Исключительно важная роль в увеличении общей продуктивности сельскохозяйственных культур принадлежит минеральным и органическим удобрениям и их правильному сочетанию в севообороте. В 2009 г. в сельскохозяйственных организациях республики на пахотных землях было внесено 1340 тыс. т минеральных удобрений (NPK) и 41,3 млн. т органических удобрений, что составило соответственно 288 кг/га и 8,9 т/га пашни. Эффективность минеральных удобрений обусловлена внесением их в отдельные периоды вегетации сельскохозяйственных культур, что позволяет оптимизировать основные факторы роста и развития растений по периодам органогенеза. Органические удобрения, наоборот, обладают пролонгированным действием, образуя резерв доступных питательных веществ в течение всего вегетационного периода. Положительное влияние органических удобрений на урожайность культур севооборота, продолжающееся более длительный период в отличие от минеральных удобрений, обусловлено более медленным высвобождением питательных веществ по мере минерализации органического вещества. Ценность органических удобрений состоит также в том, что они служат не только источником питательных веществ для растений, но и характеризуются широким спектром воздействия на все агрономически важные функции почвы (повышают количество гумуса, улучшают физико-химические свойства почвы, усиливают ее биологическую активность и др.) [7, 8]. Наиболее благоприятные условия для формирования стабильных и высоких урожаев сельскохозяйственных культур высокого качества создаются при комплексном применении органических и минеральных удобрений [9, 10].

Несмотря на многочисленные исследования, изучение сравнительного действия разных видов удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур, предусматривающее рациональное сочетание доз органических и минеральных удобрений с учетом биологических особенностей растений и их чередования в севообороте, представляет научно-практический интерес.

Цель наших исследований – изучить влияние органических и минеральных удобрений и их сочетаний на продуктивность звена севооборота на дерново-подзолистых легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почвах.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению влияния органических и минеральных удобрений на продуктивность звена пятипольного плодосменного севооборота проводили на протяжении 2006-2009 гг. в двух стационарных полевых опытах на дерново-подзолистых почвах. В СПК “Щемяслица” Минского района опыт заложен на дерново-подзолистой легкосуглинистой, развивающейся на мощном лессовидном суглинке, почве со следующей агрохимической характеристикой пахотного слоя: pH_{KCl} 5,4-5,7, содержание P_2O_5 (0,2 М HCl) – 275-315 мг/кг, K_2O (0,2 М HCl) – 180-200 мг/кг почвы, гумуса (0,4 М $K_2Cr_2O_7$) – 1,60-1,65%. Исследования на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной на морене почве проводили в РУП “Экспериментальная база им. Суворова” Узденского района. Почва опытного участка характери-

В среднем за звено севооборота выход кормовых единиц в 1,5 раза был выше на агрофонах по сравнению с вариантом без внесения удобрений. Применение минеральных удобрений обеспечило дополнительный сбор 27,3-33,9 ц/га к.ед. Агрономическая эффективность минеральных удобрений повышалась с увеличением дозы их внесения. Среднегодовая продуктивность сельскохозяйственных культур звена севооборота при одностороннем применении азотных удобрений увеличилась на 41% по сравнению с вариантом без удобрений, при полном минеральном удобрении – на 51%. Более высокая окупаемость минеральных удобрений (24,9 к.ед.) получена в варианте с односторонним применением азотных удобрений. При внесении азотных удобрений на фоне $P_{60}K_{120}$ оплата 1 кг NPK была на уровне 11,7 к.ед.

В отличие от минеральных удобрений действие и последствие органических удобрений на продуктивность звена севооборота, возделываемого на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, было менее эффективным. При органической системе удобрения внесение 20 т/га навоза увеличило выход кормовых единиц на 9,0 ц/га по сравнению с вариантом без удобрений. С увеличением дозы навоза до 40 т/га дополнительный сбор составил 17,2 ц/га к.ед. Наиболее высокая прибавка (22,5 ц/га к.ед.) получена на фоне действия и последствия 60 т/га органических удобрений. В среднем по опыту на фоне органической системы удобрения продуктивность звена севооборота была на 25% выше, чем в варианте без удобрений, и на 15% ниже по сравнению с минеральной системой удобрения. Оплата 1 т органических удобрений была достаточно высокой и зависела от дозы их внесения, варьируя в пределах 37,5-44,8 к.ед.

При органоминеральной системе удобрения продуктивность формировалась на уровне 97,9-114,1 ц/га к.ед. Совместное применение подстилочного навоза и минеральных удобрений увеличило продуктивность звена севооборота по сравнению с вариантом без удобрений в среднем на 40,3 ц/га, органической и минеральной системами удобрения соответственно на 24,1 и 9,7 ц/га к.ед. При этом органические удобрения обеспечили повышение выхода кормовых единиц на 4,7-14,3 ц/га, минеральные – на 18,9-29,8 ц/га. В вариантах, сочетающих внесение органических и минеральных удобрений, окупаемость 1 т навоза, в среднем составила 24,2 к.ед., 1 кг азота – 18,7 к.ед., 1 кг NPK – 9,5 к.ед. Отмечено снижение агрономической эффективности органических и минеральных удобрений при их сочетании по сравнению с вариантами, где они применялись отдельно. Величина данного показателя по органическим удобрениям уменьшилась на 37-48 %, по минеральным – на 12-31%.

Наиболее высокая продуктивность звена севооборота (110,3-114,1 ц/га к.ед.) на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве получена при внесении среднегодовой дозы минеральных удобрений $N_{110}P_{60}K_{120}$ на фоне действия и последствия 40 и 60 т/га органических удобрений. Прибавка от внесения органических удобрений в данных вариантах составила 10,5-14,3 ц/га к.ед. при окупаемости 1 т навоза 23,8-26,2 к.ед; от применения минеральных удобрений – 25,7-27,1 ц/га к.ед. при окупаемости 1 кг NPK 8,8-9,4 к.ед.

В среднем по опыту за счет действия и последствия подстилочного навоза KPC получено 11,8 ц/га к.ед., минеральных удобрений – 30,6 ц/га к.ед., совместного действия минеральных и органических – 40,3 ц/га к.ед.

Анализ долевого участия отдельных факторов в формировании продуктивности звена севооборота, возделываемого на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, показал, что за счет почвенного плодородия получено 58% продуктивности, за счет удобрений – 42% (рис. 1).

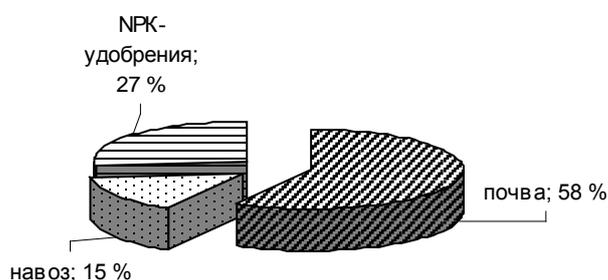


Рис. 1. Долевое участие отдельных факторов в формировании продуктивности культур в звене севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Применение минеральных удобрений повысило продуктивность севооборота в среднем по опыту на 27%, действие и последствие навоза – на 15%.

Хозяйственный вынос, характеризующий вынос элементов питания с урожаем основной и побочной продукции, относится к числу показателей, используемых для определения потребности

сельскохозяйственных культур в удобрениях. Результаты исследований показали, что минимальное накопление элементов питания в звене севооборота отмечено в варианте без удобрений (табл. 2).

Таблица 2

Среднегодовой хозяйственный вынос элементов питания в зависимости от систем удобрения в звене севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	Хозяйственный вынос, кг/га				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Без удобрений	84,0	50,5	63,9	31,6	21,5
N ₁₁₀	143,7	79,2	114,5	49,6	30,1
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₁₂₀	156,5	89,1	142,5	60,4	35,2
Навоз 20 т/га – Фон 1	106,5	62,9	90,7	35,1	27,3
Фон 1 + N ₁₁₀	161,6	86,9	129,4	50,5	34,9
Фон 1 + N ₁₁₀ P ₆₀ K ₁₂₀	175,2	94,4	155,7	52,5	38,0
Навоз 40 т/га – Фон 2	126,7	71,0	93,0	40,7	27,8
Фон 2 + N ₁₁₀	174,0	91,9	126,3	46,2	33,3
Фон 2 + N ₁₁₀ P ₆₀ K ₁₂₀	188,9	100,4	162,0	55,4	38,1
Навоз 60 т/га – Фон 3	140,0	78,4	104,2	42,5	29,9
Фон 3 + N ₁₁₀	186,0	97,5	138,0	55,5	35,9
Фон 3 + N ₁₁₀ P ₆₀ K ₁₂₀	200,4	104,6	169,5	59,7	38,6

Применение минеральных удобрений увеличило общий вынос азота на 59,7-72,5 кг, фосфора – на 28,7-38,6, калия – на 50,6-78,6, кальция – на 18,0-28,8, и магния – на 8,6-13,7 кг. На фоне органической системы удобрения среднегодовой вынос азота, фосфора, калия, кальция и магния составил 124,4, 70,8, 96,0, 39,4 и 28,3 кг соответственно. Наиболее высокий уровень хозяйственного выноса питательных элементов характерен для вариантов с максимальной урожайностью, предусматривающих среднегодовое применение N₁₁₀P₆₀K₁₂₀ на фоне действия и последействия 40-60 т/га подстилочного навоза КРС.

Экономическая оценка различных систем применения удобрений является важным показателем, обеспечивающим рациональный, экономически оправданный подход к применению органических и минеральных удобрений. Согласно расчетам, более высокие показатели экономической эффективности от внесения минеральных удобрений получены в вариантах с односторонним применением азотных удобрений при среднегодовой дозе N₁₁₀ (табл. 1). Увеличение дозы минеральных удобрений снижало их эффективность, что обусловлено, прежде всего, высокой стоимостью фосфорных удобрений. При экономической оценке действия и последействия возрастающих доз органических удобрений установлено, что в среднем чистый доход от внесения навоза составил 213 тыс. руб. при рентабельности 114%. В вариантах с органоминеральной системой удобрения отмечено снижение экономических показателей по сравнению с вариантами, в которых эти удобрения вносили раздельно.

В целом по опыту в результате расчета показателей экономической эффективности установлено, что в звене севооборота, возделываемого на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, чистый доход от применения удобрений составил 570 тыс. руб. при рентабельности 127%. В вариантах с максимальной продуктивностью данные показатели также достигали достаточных величин. Чистый доход составил 701-752 тыс. руб., рентабельность – 88-89%.

Исследования показали, что при возделывании сельскохозяйственных культур в звене севооборота на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве под влиянием различных систем удобрения продуктивность составила в среднем 92,6 ц/га к.ед., за счет почвенного плодородия получено 59,8 ц/га к.ед. (табл. 3). Применение минеральных удобрений на рыхлосупесчаной почве, обеспечивая прибавку кормовых единиц на уровне 20,7-29,8 ц/га, было менее эффективным по сравнению с их действием на легкосуглинистой почве. В целом на рыхлосупесчаной почве в варианте без удобрений и на фоне внесения минеральных удобрений продуктивность была на 11% меньше, чем в аналогичных вариантах на легкосуглинистой почве.

Применение органических удобрений в отличие от минеральных удобрений на рыхлосупесчаной почве характеризовалась более высокими показателями агрономической эффективности по сравнению с их величинами на легкосуглинистой почве. Органическая система удобрения с внесением 20-60 т/га подстилочного навоза способствовала достоверному увеличению выхода кормовых единиц на 12,5-31,3 ц/га по сравнению с вариантом без удобрений. Эффективность действия и последействия возрастающих доз навоза на рыхлосупесчаной почве была в среднем на 39% выше, чем на легкосуглинистой.

Эффективным агрономическим приемом повышения продуктивности звена севооборота на рыхлосупесчаной почве так же как и на легкосуглинистой, оказалось применение органических удобрений в сочетании с минеральными.

Таблица 3

Влияние органических и минеральных удобрений на агроэкономическую эффективность культур в звене севооборота на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве

Вариант	Средне-годовая продук- тив- ность, ц/га к.ед.	Прибавка, ц/га к.ед		Окупаемость удобрений, к.ед.		Экономическая эффектив- ность			
		навоз	мине- раль- ные удо- брения	1 т наво- за	1 кг д.в. NPK	навоз		минераль- ные	
						чистый доход, тыс. руб./га	рента- бель- ность, %	чистый доход, тыс. руб./га	рента- бель- ность, %
Без удобрений	59,8	–		–	–	–	–	–	–
N ₁₁₀	80,5	–	20,7	–	18,8	–	–	394,2	132
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₁₂₀	89,6	–	29,8	–	10,3	–	–	417,0	72
Навоз 20 т/га – Фон 1	72,3	12,5	–	62,3	–	276,7	197	–	–
Фон 1 + N ₁₁₀	92,8	12,3	20,5	61,3	18,7	271,5	195	389,0	130
Фон 1 + N ₁₁₀ P ₆₀ K ₁₂₀	101,0	11,4	28,7	57,0	9,9	248,9	188	389,2	68
Навоз 40 т/га – Фон 2	83,9	24,1	–	60,3	–	532,6	194	–	–
Фон 2 + N ₁₁₀	102,7	22,2	18,8	55,4	17,1	481,4	185	343,1	120
Фон 2 + N ₁₁₀ P ₆₀ K ₁₂₀	111,4	21,8	27,5	54,6	9,5	472,7	183	357,1	64
Навоз 60 т/га – Фон 3	91,1	31,3	–	52,2	–	671,4	178	–	–
Фон 3 + N ₁₁₀	109,7	29,1	18,6	48,6	16,9	615,0	171	337,9	119
Фон 3 + N ₁₁₀ P ₆₀ K ₁₂₀	116,9	27,3	25,8	45,5	8,9	567,3	164	312,9	57
НСР ₀₅	4,9								

В вариантах с органоминеральной системой удобрения среднегодовая продуктивность составила в среднем 105,8 ц/га к.ед., достоверно увеличиваясь на 24 и 28% по сравнению с минеральной и органической системами удобрения соответственно. При этом дополнительный сбор кормовых единиц за счет применения подстилочного навоза составил 11,4-29,1 ц/га, минеральных удобрений – 18,6-28,7 ц/га.

Отмечено, что применение возрастающих доз органических удобрений и их сочетание с минеральными нивелировало различия в продуктивности звена севооборота, возделываемого на разных видах почв. В среднем по опыту в данных вариантах выход кормовых единиц на рыхлосупесчаной почве составил 98,0 ц/га, на легкосуглинистой – 98,2 ц/га, что обусловлено большей урожайностью зеленой массы кукурузы на рыхлосупесчаной почве несмотря на меньшую урожайность основной и побочной продукции ярового рапса и озимого тритикале.

Максимальная продуктивность звена севооборота на рыхлосупесчаной почве, аналогично легкосуглинистой, получена при органоминеральной системе удобрения, предусматривающей применение 40-60 т/га подстилочного навоза КРС на фоне минеральных удобрений в дозе N₁₁₀P₆₀K₁₂₀. Окупаемость 1 тонны навоза в данных вариантах составила 45,5-54,6 к.ед., 1 кг NPK – 8,9-9,5 к.ед.

Оплата 1 тонны навоза на рыхлосупесчаной почве в зависимости от системы удобрения варьировала в пределах 45,5-62,3 к.ед., составляя в среднем по опыту 55,2 к.ед. Величина данного показателя на рыхлосупесчанной почве была в 1,8 раза выше по сравнению с его значением, полученным на легкосуглинистой почве, в то время как окупаемость 1 кг NPK на рыхлосупесчаной почве была в среднем на 9% меньше, чем на легкосуглинистой почве, изменяясь от 8,9 до 18,8 к.ед.

На дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве доля почвенного плодородия в формировании продуктивности звена севооборота составила 51%, что на 7% меньше по сравнению с легкосуглинистой почвой (рис. 2).

Внесение минеральных удобрений на рыхлосупесчаной почве повысило продуктивность в среднем по опыту на 28%, что сопоставимо с их влиянием на легкосуглинистой почве. На рыхлосупесчаной почве сложились более благоприятные условия для действия и последствия органических удобрений, эффективность которых была на 6% выше, чем на легкосуглинистой почве.

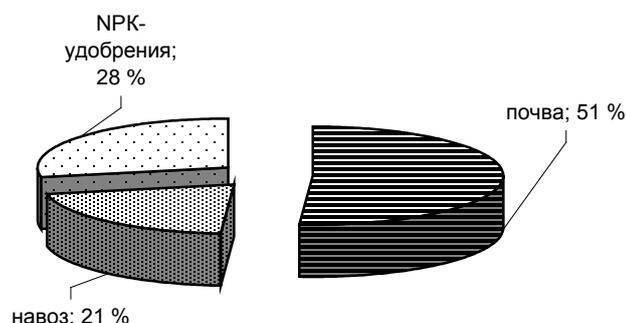


Рис. 2. Долевое участие отдельных факторов в формировании продуктивности культур в звене севооборота на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве

При анализе данных хозяйственного выноса элементов питания на рыхлосупесчаной почве в зависимости от систем удобрения установлены закономерности, аналогичные полученным на легкосуглинистой почве. За годы проведения исследований среднегодовой вынос азота в звене севооборота в среднем по опыту составил 133,2 кг/га, фосфора – 69,7, калия – 121,1, кальция – 25,4 и магния – 21,9 кг/га (табл. 4).

Таблица 4

Среднегодовой хозяйственный вынос элементов питания в зависимости от систем удобрения в звене севооборота на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве

Вариант	Хозяйственный вынос, кг/га				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Без удобрений	72,2	39,8	63,7	14,6	13,9
N ₁₁₀	113,0	58,5	98,1	23,0	20,2
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₁₂₀	129,0	70,5	116,5	24,1	22,4
Навоз 20 т/га – Фон 1	93,5	50,2	82,5	19,1	16,6
Фон 1 + N ₁₁₀	135,8	70,0	113,5	24,5	20,3
Фон 1 + N ₁₁₀ P ₆₀ K ₁₂₀	153,2	79,7	138,1	28,2	23,8
Навоз 40 т/га – Фон 2	110,7	59,0	101,8	22,9	20,4
Фон 2 + N ₁₁₀	153,0	76,9	134,9	28,4	22,9
Фон 2 + N ₁₁₀ P ₆₀ K ₁₂₀	169,0	88,3	162,4	31,3	27,9
Навоз 60 т/га – Фон 3	123,7	65,5	114,5	25,3	22,4
Фон 3 + N ₁₁₀	164,8	84,2	151,3	30,8	25,8
Фон 3 + N ₁₁₀ P ₆₀ K ₁₂₀	180,6	93,3	176,0	32,8	26,2

В вариантах с наиболее высокой урожайностью данные показатели находились на уровне: 169,0-180,6 кг/га азота, 88,3-93,3 кг/га фосфора, 162,4-176,0 кг/га калия, 31,3-32,8 кг/га кальция и 26,2-27,9 кг/га магния.

При анализе экономической эффективности установлено, что при возделывании культур в звене севооборота на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве рентабельность минеральной системы удобрения ниже, чем на легкосуглинистой. Применение минеральных удобрений на рыхлосупесчаной почве обеспечило получение 394-417 тыс. руб. чистого дохода при рентабельности 72-132% (табл. 3). Данные величины соответственно на 107-171 тыс. руб. и 14-30% меньше, чем на легкосуглинистой почве. На фоне органических удобрений отмечено снижение эффективности минеральных удобрений. При органоминеральной системе удобрения чистый доход от применения минеральных удобрений в среднем составил 355 тыс. руб., уровень рентабельности – 93%. Расчет экономической эффективности действия и последствия органических удобрений показал, что экономические показатели на рыхлосупесчаной почве характеризуются более высокими величинами по сравнению с аналогичными значениями на легкосуглинистой почве. В среднем на рыхлосупесчаной почве при органической системе удобрения чистый доход составил 477 тыс. руб. при рентабельности 190%.

Оценка показателей экономической эффективности показала, что при возделывании культур в звене севооборота на рыхлосупесчаной почве в среднем по опыту применение удобрений обеспечило чистый доход на уровне 671 тыс. руб. при рентабельности 140%, в том числе внесение органических удобрений способствовало получению 460 тыс. руб. чистого дохода и рентабельности 184%, минеральных удобрений – 368 тыс. руб. и 95% соответственно. В вариантах с наиболее высокой продуктивностью чистый доход достиг 890-984 тыс. руб. при рентабельности 106%.

ВЫВОДЫ

1. Наиболее высокая продуктивность культур в звене севооборота на дерново-подзолистых почвах получена при органоминеральной системе удобрения, предусматривающей внесение минеральных удобрений (среднегодовая доза $N_{110}P_{60}K_{120}$) на фоне действия и последействия 40-60 т/га подстильного навоза. На легкосуглинистой почве продуктивность составила 110,3-114,1 ц/га к.ед. при оплате 1 т навоза в среднем 25,0 к.ед., 1 кг NPK – 9,1 к.ед.; на рыхлосупесчаной почве данные показатели находились на уровне 111,4-116,9 ц/га к.ед., 50,1 и 9,2 к.ед. соответственно.

2. В вариантах с максимальной продуктивностью на легкосуглинистой почве чистый доход достиг 701-752 тыс. руб. при рентабельности 88-89%, на рыхлосупесчаной – 890-984 тыс. руб. при рентабельности 106%.

3. Среднегодовой хозяйственный вынос элементов питания при возделывании звена севооборота на легкосуглинистой почве составил 153,6 кг/га азота, 83,9 кг/га фосфора, 124,1 кг/га калия, 48,3 кг/га кальция и 32,6 кг/га магния, на рыхлосупесчаной – 133,2, 69,7, 121,1, 25,4 и 21,9 кг/га соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулаковская, Т.Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев / Т.Н. Кулаковская. – Минск: Ураджай, 1978. – 272 с.

2. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрений и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – М.: Колос, 1977. – 416 с.

3. Лапа, В.В. Оптимальные дозы удобрений под сельскохозяйственные культуры / В.В. Лапа, В.Н. Босак. – Минск: БелНИИПА, 2002. – 24 с.

4. Адаптивные системы земледелия в Беларуси / Мин-во сел. хоз-ва и продов. РБ, ААН РБ; под общ. ред. А.А. Попкова. – Минск: БелНИИАЭ, 2001. – 308 с.

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

6. Богдевич, И.М. Роль удобрений в интенсификации растениеводства / И.М. Богдевич // Интенсификация сельскохозяйственного производства – основа возрождения села, энергетической и продовольственной безопасности: академ. чтения, посвящ. 85-летию акад. М.М. Севернева. – Минск, 2006. – С. 28-41.

7. Справочная книга по производству и применению органических удобрений / А.И. Еськов [и др.]; ВНИПТИОУ. – Владимир, 2001. – С. 342.

8. Ганжара, Н.Ф. Влияние органических удобрений на свойства почвы и урожай / Н.Ф. Ганжара, В.А. Васильев // Агрохимия. – 1985. – № 2. – С. 70-74.

9. Кононова, М.М. Органическое вещество и плодородие почвы / М.М. Кононова // Почвоведение. – 1984. – № 8. – С. 6-20.

10. Детковская, Л.П. Эффективность совместного применения органических и минеральных удобрений / Л.П. Детковская, С.В. Лятяго. – Минск: БелНИИИТИ, 1980. – 52 с.

11. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отрас. регламентов / под общ. ред. В.Г. Гусакова. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 462 с.

12. Методика определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]; БелНИИПА. – Минск, 1988. – 30 с.

THE AGROECONOMIC EFFICIENCY OF ORGANIC AND MINERAL FERTILIZERS IN A CROP ROTATION LINK ON SOD-PODZOLIC SOILS

E.N. Bogatyreva, T.M. Seraya, R.N. Biryukov, O.M. Biryukova,
V.V. Turov, M.Ed. Rodina, T.P. Triputina

Summary

The highest productivity of cultures in a crop rotation link on sod-podzolic soils is received at organic mineral fertilizing system providing entering of mineral fertilizers (mid-annual dose $N_{110}P_{60}K_{120}$) against a background effect and aftereffect 40-60 t/ha of straw manure. On light loamy soil productivity has made 110,3-114,1 c/ha of fodder units (f.u.) at payment of 1 t of manure on the average 25,0 f.u., 1 kg NPK – 9,1 f.u., on friable sandy soil the given parameters were at level of 111,4-116,9 c/ha 50,1 f.u and 9,2 f.u. accordingly.

On sod-podzolic soils the net profit has made 701-984 thousand roubles at profitability of 88-106 % in variants with the maximum productivity.

Mid-annual economic nutrition elements removal at cultivation of a crop rotation link on sod-podzolic soils was 143,4 kg/ha of nitrogen, 76,8 kg/ha of phosphorus, 122,6 kg/ha potassium, 36,9 kg/ha of calcium and 27,3 kg/ha of magnesium in the middle.

Поступила 3 мая 2010 г.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ И СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВАХ

В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко, М.М. Ломонос, О.Г. Кулеш, А.А. Грачева
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В интенсивных системах земледелия ставится задача получать не только высокие и устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур, но и урожаи хорошего качества. Среди факторов, обеспечивающих рост урожаев зерновых культур, центральное место (во многих случаях первостепенное значение) приобретают приемы комплексной химизации. Однако до настоящего времени научные основы комплексного применения средств химизации в интенсивных технологиях разработаны недостаточно. Комплексное применение средств химизации более эффективно на хорошо окультуренных почвах, где факторами, лимитирующими урожай, являются не недостаток какого-либо из основных элементов питания или агрохимические показатели почв, а оптимизация всего комплекса условий питания, которые обеспечивают многокомпонентные агротехнологии.

Одним из основных критериев оценки хозяйственной деятельности сельскохозяйственных предприятий наряду с увеличением объема производства становится качество продукции. На повышение качества зерна положительное воздействие оказывают агротехнические приемы: соблюдение севооборотов, подбор предшественника, оптимальные нормы высева, применение регуляторов роста и химических средств защиты. Однако среди перечисленных факторов наиболее существенное действие на улучшение качества сельскохозяйственных культур оказывают минеральные удобрения, которые, повышая урожайность растений, изменяют содержание в них не только важных для человека и животных элементов питания, но и накопление белков, сахаров, жиров, крахмала и других веществ. Использование удобрений без учета биологических особенностей культур, свойств почв и почвенно-климатических условий иногда может привести к снижению качества урожая. Действие удобрений на качественный состав растений определяется тем, что питательные вещества, поступающие в растения из удобрений, входят в состав важнейших органических соединений и повышают их содержание в урожае. Кроме того, отдельные элементы питания оказывают влияние на активность ферментативных систем растений. Следует иметь в виду, что управлять процессом питания и получать необходимый эффект в формировании качественной продукции можно лишь при научно-обоснованном применении удобрений, с учетом биологических и физиологических особенностей сельскохозяйственных культур, почвенных условий, степени кислотности и запасов гумуса, фосфора и калия, а также факторов внешней среды.

Яровая пшеница занимает первое место в мире по посевной площади и сбору зерна среди зерновых культур. В ее зерне содержатся практически все вещества, необходимые для нормального развития организма. Зерно яровой пшеницы используют для выпечки хлеба и хлебопродуктов, а также в крупяной, макаронной, кондитерской и спиртовой промышленности. Отходы мукомольного производства являются высококачественным кормом для сельскохозяйственных животных. Определенную кормовую ценность имеют также солома и мякина.

Яровая пшеница характеризуется высокими требованиями к почвенному плодородию и минеральному питанию. Она плохо переносит кислые и для нее мало подходят песчаные почвы. При применении оптимальных доз минеральных удобрений яровая пшеница обеспечивает высокий урожай и хорошее качество зерна [1, 2].

Цель исследований – разработать приемы повышения эффективности минеральных удобрений, которые явились бы основой для совершенствования интенсивной технологии возделывания яровой пшеницы.

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Эффективность систем удобрения на яровой пшенице изучали в двух стационарных полевых опытах в 2006-2008 гг. в СПК «Щемяслица» Минского района на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на мощном лессовидном суглинке со следующей агрохимической характеристикой пахотного слоя: рН_{KCl} 5,8-6,0, содержание P₂O₅ – 400-420, K₂O – 300-320 мг/кг почвы, гумуса – 1,8-2,0%; и на дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой с глубины 30-50 см песком, почве в РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района. Агрохимическая характеристика пахотного слоя дерново-подзолистой супесчаной почвы: рН_{KCl} 5,9-6,2, 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: P_2O_5 – 170-290, K_2O – 130-230 мг/кг почвы, гумуса – 2,5-3,0%.

Предпосевную обработку почвы и уход за растениями осуществляли с учетом рекомендаций по интенсивной технологии возделывания зерновых культур [3]. В опытах применяли интегрированную систему защиты растений от сорняков, болезней и вредителей. Исследования проводили с яровой пшеницей сорта Рассвет.

Анализ почвенных и растительных образцов проводили в соответствии с общепринятыми методиками: гидролитическую кислотность – по Каппену, сумму обменных оснований – по Каппену-Гильковицу, фосфор и калий в почве – по методу Кирсанова, обменные кальций и магний – методом ЦИНАО-ГОСТ 26487-85, гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО; в растительных образцах после мокрого озоления проб в смеси серной кислоты и пергидроля определяли: азот и фосфор фотокolorиметрическим индофенольным и ванадио-молибдатным методами, калий – на пламенном фотометре, кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре.

Урожайность яровой пшеницы приведена при стандартной влажности (зерно – 14%, солома – 14%). На урожай при стандартной влажности приведены расчеты выноса урожая с единицей продукции.

Качественные характеристики зерна включают: содержание белка, рассчитанное по общему или белковому азоту, содержание критических и незаменимых аминокислот (лизин, треонин, валин, метеонин, изолейцин, лейцин, фенилаланин), определение которых проводили на жидкостном хроматографе «Agilent 1100» (условия гидролиза – 6 n HCl, 108° C, 24 часа). Для оценки биологического качества зерна использовали расчетные показатели – химическое число и аминокислотный скор [4]. Содержание и качество клейковины определяли на ИДК-1 в соответствии с требованиями ГОСТ13586.1-68 «Зерно. Методы определения количества и качества клейковины». Содержание общего и белкового азота в зерне определяли на инфракрасном спектрометре или по методу Барнштейна.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследованиями с яровой пшеницей сорта Рассвет при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве установлено положительное влияние удобрений на урожайность зерна, которая изменялась в зависимости от системы удобрения от 42,9 до 68,2 ц/га (табл. 1).

Таблица 1

Влияние удобрений на урожайность яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка, ц/га		Оплата 1 кг удобрений, кг зерна	
		N	NPK	N	NPK
1. Без удобрений	42,9	-	-	-	-
2. Навоз, 40 т/га – фон 1*	46,7	-	-	-	-
3. Фон 1 + N ₃₀	56,7	10,0	-	33,3	-
4. Фон 1 + N ₆₀	59,8	13,1	-	21,8	-
5. Фон 1 + N ₉₀	61,0	14,3	-	15,9	-
6. Фон 1 + N ₆₀ P ₃₀	60,0	-	-	-	-
7. Фон 1 + N ₆₀ K ₆₀	60,2	-	-	-	-
8. Навоз + P ₃₀ K ₆₀ – фон 2	50,2	-	-	-	-
9. Фон 2 + N ₃₀	61,2	11,0	14,5	36,7	12,1
10. Фон 2 + N ₆₀	63,4	13,2	16,7	22,0	11,1
11. Фон 2 + N ₉₀	64,5	14,3	17,8	15,9	9,9
12. Навоз + P ₆₀ K ₁₂₀ – фон 3	53,4	-	-	-	-
13. Фон 3 + N ₃₀	61,2	7,8	14,5	26,0	6,9
14. Фон 3 + N ₆₀	66,1	12,7	19,4	21,2	8,1
15. Фон 3 + N ₉₀	66,7	13,3	20,0	14,8	6,9
16. Фон 3 + N ₆₀₊₃₀	68,2	14,8	21,5	16,4	7,4
17. Фон 3 + N ₆₀₊₃₀₊₃₀	68,1	14,7	21,0	12,3	7,0
HCP ₀₅	1,5				

* – последствие 40 т/га органических удобрений

Наибольшее влияние на формирование урожайности зерна яровой пшеницы оказали азотные удобрения. Возрастающие дозы азота способствовали её увеличению на 7,8-14,8 ц/га. Следует от-

метить, что эффективность эквивалентных доз азотных удобрений на всех фонах фосфорного и калийного питания оказалась практически равнозначной. Применение в предпосевную культивацию фосфорных и калийных удобрений в дозах $P_{30}K_{60}$ повысило урожайность яровой пшеницы в фоновом варианте на 3,5 ц/га. Увеличение доз фосфора и калия до $P_{60}K_{120}$ обеспечило дополнительный сбор зерна 6,7 ц/га. Максимальная урожайность зерна яровой пшеницы получена в варианте с дробным внесением N_{90} (N_{60} под предпосевную культивацию + N_{30} в стадии первого узла) на фоне предпосевного внесения $P_{60}K_{120}$ и применения в занятом пару 40 т/га солоमистого навоза КРС. Прибавка от внесения азотных удобрений в данном варианте составила 14,8 ц/га (в том числе 1,5 ц/га за счет дробного внесения азота), полного минерального удобрения – 21,5 ц/га, и общей урожайности зерна яровой пшеницы – 68,2 ц/га. Увеличение дозы азотных удобрений при их дробном внесении до N_{120} не приводило к дальнейшему увеличению урожайности, что, прежде всего, было обусловлено (как и в вариантах с разовым внесением N_{90}) очаговым полеганием растений в этих вариантах.

Агрономическая эффективность применения азотных удобрений зависела от дозы их применения. При внесении 30 кг/га д.в. величина данного показателя была наибольшей и составила 26,0-36,7 кг зерна. Увеличение дозы внесения азотных удобрений до 90 кг/га д.в. приводило к снижению данного показателя на 43,1-56,7% (11,2-20,8 кг). Более высокие показатели агрономической эффективности азотных удобрений получены при внесении N_{30-90} на фоне навоза (40 т/га) + $P_{30}K_{60}$, которые находились в пределах от 15,9 до 36,7 кг. Наиболее высокая окупаемость полного минерального удобрения получена в варианте с применением $N_{30}P_{30}K_{60}$ и составила 12,1 кг зерна, в варианте с применением $N_{60+30}P_{60}K_{120}$ она составила 7,4 кг зерна.

Урожайность яровой пшеницы Рассвет при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве (Узденский район) при применении минеральных удобрений формировалась на уровне 55,3-70,8 ц/га (табл. 2). За счет минеральных удобрений и средств химизации получена прибавка 20,2-35,7 ц/га. Азотные удобрения в дозе 90 кг/га д.в. вносили в два срока (60 кг/га д.в. совместно с фосфорными и калийными перед посевом + 30 кг/га д.в. в фазу 1 узла трубкавания); 120 кг/га д.в. азота вносили в три срока (60 кг/га перед посевом + 30 кг/га д.в. в фазу 1 узла трубкавания + 30 кг/га в фазу колошения) на фоне $P_{50}K_{90}$. Максимальная урожайность в опыте 69,6 ц/га и 70,8 ц/га формировалась при внесении 120 кг/га азотных удобрений в три срока на фоне $P_{50}K_{90}$ и некорневой обработке посевов регуляторами роста серон или моддус и микроэлементами – медью и марганцем (в дозе 50 г/га д.в.). Дополнительное внесение 30 кг/га д.в. азота в фазу колошения способствовало получению прибавки зерна в 3,5-4,4 ц/га по сравнению с вариантом без азотной подкормки. При отсутствии фунгицидной и инсектицидной защиты растений недобор урожайности зерна составил 10,9 ц/га. При некорневой обработке посевов микроэлементами (медь + марганец) или регулятором роста растений серон совместно с микроэлементами наблюдалась тенденция к снижению урожайности зерна.

Таблица 2

Влияние комплексного применения средств химизации на урожайность яровой пшеницы при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Урожайность, ц/га		Прибавка зерна, ц/га		Оплата 1 кг д.в. NPK зерном, кг
	зерна	соломы	контролю	фону	
1. Без удобрений	35,1	23,1	-	-	-
2. $N_{60+30}P_{50}K_{90}$ – фон	66,2	46,0	31,1	-	13,5
3. Фон + $Cu_{50} + Mn_{50}$	64,8	43,4	29,7	-1,4	12,9
4. Фон + серон + $Cu_{50} + Mn_{50}$	65,2	37,2	30,1	-1,0	13,1
5. Фон + моддус + $Cu_{50} + Mn_{50}$	67,3	40,3	32,2	1,1	14,0
6. Фон + серон + $Cu_{50} + Mn_{50} + N_{30}$ (колошение)	69,6	49,9	34,5	3,4	13,8
7. Фон + моддус + $Cu_{50} + Mn_{50} + N_{30}$ (колошение)	70,8	50,9	35,7	4,6	13,7
8. Фон без фунгицидов и инсектицидов	55,3	29,5	20,2	-10,9	8,8
НСР ₀₅	3,2	3,9			

Понятие качества зерна включает до трех десятков признаков, которые можно объединить в следующие группы: физические показатели – натура, масса 1000 зерен, стекловидность и т.д.; химические показатели – содержание белка, клейковины, крахмала, клетчатки, растворимых углеводов, жира, зольных элементов и др.; хлебопекарные и технологические свойства муки. Проблема повышения качества зерна, идущего на корм, представлена в основном двумя сторонами:

1. Увеличение общего количества белка в зерне;
2. Повышение биологической ценности белка, обусловленной аминокислотным составом.

Недостаток и низкая биологическая ценность белка в кормах приводят к их перерасходу и как следствие этого – к повышению себестоимости животноводческой продукции.

Хлебопекарные показатели качества зерна можно разделить на прямые и косвенные. К прямым относится пробная лабораторная выпечка хлеба с последующим определением объемного выхода его из 100 г муки и оценкой органолептических показателей. Косвенные показатели характеризуют содержание белка, количество и качество клейковины, число падения и ряд других. Среди химических веществ зерна основным является белок. На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве внесение минеральных удобрений, и в первую очередь азотных, способствовало не только увеличению урожайности, но и улучшению качества зерна яровой пшеницы Рассвет. Применение возрастающих доз азота способствовало увеличению содержания сырого белка в зерне яровой пшеницы сорта Рассвет с 10,1 до 13,1% (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние систем удобрения на качество зерна яровой пшеницы
на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве**

Вариант	Сырой белок, %	Сбор сырого белка, кг/га	Масса 1000 семян, г	Клейковина, %
1. Без удобрений	9,9	367	38,6	26,3
2. Навоз, 40 т/га – фон 1*	10,1	407	38,7	26,7
3. Фон 1+N ₃₀	10,7	521	38,5	
4. Фон 1+N ₆₀	10,9	562	38,2	28,3
5. Фон 1+N ₉₀	12,1	637	38,8	
6. Фон 1+N ₆₀ P ₃₀	11,5	595	39,0	29,6
7. Фон 1+N ₆₀ K ₆₀	11,0	571	39,7	28,5
8. Навоз + P ₃₀ K ₆₀ – фон 2	10,3	443	39,7	
9. Фон 2+N ₃₀	10,7	566	39,7	
10. Фон 2+N ₆₀	11,3	616	39,2	29,4
11. Фон 2+N ₉₀	11,8	654	39,1	
12. Навоз + P ₆₀ K ₁₂₀ – фон 3	10,2	467	39,5	
13. Фон 3+N ₃₀	10,7	564	39,5	
14. Фон 3+N ₆₀	11,4	651	39,2	30,0
15. Фон 3+N ₉₀	12,3	704	38,8	
16. Фон 3+N ₆₀₊₃₀	12,7	744	38,4	32,0
17. Фон 3+N ₆₀₊₃₀₊₃₀	13,1	768	38,6	32,5
НСР ₀₅	0,6	29	1,2	

* – последствие 40 т/га органических удобрений

Максимальное содержание и сбор сырого белка (соответственно 13,1% и 768 кг/га) получены в варианте с трехкратным внесением 120 кг/га д.в. азота в основное внесение, в стадии первого узла и колошения на фоне P₆₀K₁₂₀, хотя урожайность зерна в данном варианте не превышала урожайности в варианте с внесением N₆₀₊₃₀P₆₀K₁₂₀. Что касается массы 1000 зерен, то здесь наблюдается тенденция к снижению крупности зерен при возрастании доз азота на всех фонах применения удобрений, за исключением варианта с внесением N₉₀ на фоне последствие 40 т/га органических удобрений.

Одним из основных показателей качества продовольственной пшеницы, определяющих хлебопекарные свойства муки, является содержание и качество клейковины, так как качество хлебных продуктов зависит, прежде всего, от уровня содержания белков и способности белкового комплекса пшеницы образовывать клейковину с высокой эластичностью, средней растяжимостью, в меру упругую. Клейковина представляет собой белковый студень, остающийся после промывания теста водой и удаления из него крахмала, клетчатки и водорастворимых веществ. Она определяет упругоэластичные свойства теста, от которых зависит пригодность муки для использования в технологическом процессе и которыми определяется объемный выход хлеба и структура мякиша.

Клейковина обладает очень важными физическими свойствами: упругостью, растяжимостью и эластичностью, играющими решающую роль в формировании пористого каркаса пшеничного хлеба. Упруго-эластичные свойства клейковины оцениваются по индексу деформации ее в единицах шкалы

прибора ИДК-1 и выражаются группой качества: I группа – хорошая (45-75 ед.), II группа – удовлетворительно крепкая (20-40 ед.) и удовлетворительно слабая (80-100 ед.), III группа – неудовлетворительно слабая (105-120 ед.) и IV – неудовлетворительная крепкая (0-15 ед.).

Применение минеральных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве способствовало увеличению содержания клейковины в зерне пшеницы с 26,3 до 32,5%, причем независимо от системы удобрения клейковина соответствовала 1-ой группе качества (табл. 3).

При возделывании яровой пшеницы Рассвет на дерново-подзолистой супесчаной почве при оптимальной урожайности 69,6-70,8 ц/га получен и максимальный в опыте сбор белка 801-822 кг/га (табл. 4). Содержание белка в зерне изменялось от 8,4% в варианте без удобрений до 13,4-13,5% при внесении $N_{60+30+30}P_{50}K_{90}$ + серон или моддус + Cu_{50} + Mn_{50} . При применении N_{30} в фазу колошения содержание белка увеличилось на 1,2-2,6% и дополнительно получено 193-198 кг/га белка. При отсутствии фунгицидной и инсектицидной защиты посевов недобор белка составил 108 кг/га.

Масса 1000 зерен – наиболее стабильный элемент продуктивности зерновых культур, но этот показатель зависит не только от генотипа, но и от внешних условий произрастания культур. Крупность зерна определяется комплексным развитием всех элементов структуры урожая, их соотношением, ассимиляционными возможностями растения, запасами органического вещества, которыми оно располагает к началу налива.

Таблица 4

Влияние комплексного применения средств химизации на качество зерна яровой пшеницы при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Сырой белок, %	Сбор белка, кг/га	Клейковина, %	ИДК
1. Без удобрений	38,1	8,4	253	17,7	71
2. $N_{60+30}P_{50}K_{90}$ – фон	43,8	11,6	658	25,6	73
3. Фон + Cu_{50} + Mn_{50}	41,4	11,5	641	26,2	66
4. Фон + серон + Cu_{50} + Mn_{50}	42,1	10,8	603	25,1	74
5. Фон + моддус + Cu_{50} + Mn_{50}	42,5	12,3	629	26,2	74
6. Фон + серон + Cu_{50} + Mn_{50} + N_{30} (колошение)	41,5	13,4	801	27,2	70
7. Фон + моддус + Cu_{50} + Mn_{50} + N_{30} (колошение)	42,7	13,5	822	27,6	72
8. Фон – без фунгицидов и инсектицидов	42,9	11,5	550	25,4	74
$НСР_{05}$	1,9	0,6		1,6	3,6

Масса 1000 зерен в зависимости от системы удобрения изменялась от 38,1 г в варианте без удобрений до 43,8 г при применении $N_{60+30}P_{50}K_{90}$. При применении микроэлементов и регуляторов роста наблюдалась тенденция к снижению массы 1000 зерен.

Минеральные удобрения повышали содержание клейковины на 7,4-8,5%. Самое высокое в опыте содержание клейковины 27,2-27,6% характерно для вариантов с комплексным применением средств химизации. Упруго-эластичные свойства клейковины, оцениваемые по индексу деформации ее на приборе ИДК-1, отвечали 1 группе качества – хорошие (66-74 ед.) (табл. 4).

Питательная ценность зерна злаковых культур большей частью зависит не только от содержания белка, но и от аминокислотного состава. Чем ближе белок зерна по аминокислотному составу приближается к белкам самих животных, тем эффективность его использования выше.

Аминокислотный состав отдельных белков стабилен, так как определяется генетическим фактором, но условия выращивания культуры, а именно: минеральные удобрения, микроэлементы и ряд других факторов – могут изменять соотношения между количеством отдельных белков, которые строго специфичны по аминокислотному составу. Изменение количества отдельных белков приводит к изменению аминокислотного состава белкового комплекса растений.

При возделывании яровой пшеницы Рассвет на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве внесение минеральных удобрений способствовало увеличению в зерне незаменимых и критических аминокислот, в том числе и такой важной для сбалансированного питания человека аминокислоты, как лизин. Минеральные удобрения увеличивали содержание незаменимых аминокислот в зерне пшеницы с 28,64 до 36,24 г/кг, критических – с 7,92 до 10,17 г/кг зерна, а лизина – с 2,91 до 3,71 г/кг зерна (табл. 5).

Таблица 5

Влияние минеральных удобрений на аминокислотный состав зерна яровой пшеницы, г/кг

Вариант	Лизин*	Треонин*	Метионин*	Валин	Изолейцин	Лейцин	Фенилаланин	Σ АКкр	Σ АКн
1. Без удобрений	3,18	3,46	1,96	4,84	4,14	7,35	5,45	8,60	30,38
2. Послед. навоза, 40 т/га	2,91	3,34	1,67	4,68	4,01	6,96	5,08	7,92	28,64
4. N ₆₀	3,12	3,46	1,74	4,85	4,29	7,32	5,35	8,33	30,14
6. N ₆₀ P ₃₀	3,22	3,82	1,86	5,19	4,54	7,73	5,76	8,89	32,10
7. N ₆₀ K ₆₀	3,21	3,89	1,98	5,18	4,36	7,65	5,64	9,08	31,89
10. N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	3,24	3,91	1,97	5,20	4,49	7,71	5,74	9,13	32,27
14. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,37	3,84	1,71	5,34	4,65	7,77	5,89	8,92	32,57
16. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,71	4,10	2,10	5,53	5,06	8,43	6,37	9,91	35,30
17. N ₆₀₊₃₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,62	4,35	2,21	5,79	5,12	8,59	6,58	10,17	36,24

Белковость зерна и его аминокислотный состав не являются решающими показателями его питательности и эффективности используемой технологии возделывания. Поэтому для более полной оценки качества белка определяли биологическую ценность получаемой продукции. Под биологической ценностью белка понимают его способность обеспечивать нормальный рост, жизнедеятельность и продуктивность животного организма. Биологическую ценность белка пшеницы оценивали по «химическому числу», где каждая незаменимая аминокислота белка выражается в процентном отношении к содержанию этой аминокислоты в белке цельного куриного яйца и «аминокислотному скору», который аналогичен методу «химического числа», однако в нем в качестве идеальной аминокислотной шкалы используется шкала Всемирной организации здравоохранения и комитета по продовольствию ООН (шкала ФАО/ВОЗ). Расчетные методы биологической ценности белка зерна яровой пшеницы сорта Рассвет показали довольно благоприятное содержание незаменимых и критических аминокислот в белке как в сравнении с цельным куриным яйцом, так и рекомендуемыми нормами ООН и Всемирной организации здравоохранения (ФАО/ВОЗ) (табл. 6).

Таблица 6

Биологическая ценность белка зерна яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	Содержание лизина, мг/г белка			Биологическая ценность белка, %			
	опыт	цельное яйцо	шкала ФАО/ВОЗ	химическое число		аминокислотный скор	
				АКкр	АКн	АКкр	АКн
1. Без удобрений	35,6	71	55	61,3	84,5	81,4	108,5
2. Послед. навоза, 40 т/га	31,4	71	55	54,9	77,9	72,8	100,0
4. N ₆₀	30,9	71	55	52,9	75,3	70,2	96,6
6. N ₆₀ P ₃₀	30,3	71	55	53,2	75,4	70,7	96,8
7. N ₆₀ K ₆₀	31,6	71	55	57,7	79,0	76,6	101,3
10. N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	31,3	71	55	56,5	77,9	75,0	100,0
14. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	32,1	71	55	54,4	77,7	72,3	99,7
16. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	31,8	71	55	54,1	75,2	71,8	96,5
17. N ₆₀₊₃₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	30,3	71	55	53,9	75,0	71,6	96,2

Лимитирующей аминокислотой в белке зерна яровой пшеницы оказался лизин – её содержание составило 30,3-35,6 г/кг белка или 55,1-64,7% от рекомендованной нормы ФАО/ВОЗ, в то время как содержание суммы критических аминокислот составило 70,2-81,4%, а незаменимых аминокислот – 96,2-108,5% от рекомендованной нормы ФАО/ВОЗ.

При возделывании яровой пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве комплексное применение средств химизации способствовало увеличению в зерне незаменимых аминокислот. Минеральные удобрения и средства химизации (регуляторы роста, фунгициды и инсектициды) увеличивали содержание незаменимых аминокислот в зерне пшеницы с 24,29 до 28,02 г/кг, критических – с 7,84 до 8,01 г/кг зерна, в том числе треонина с 3,10 до 3,51 г/кг зерна. При применении микроэлементов и регуляторов роста отмечено снижение содержания лизина и метионина. При отсутствии фунгицидной и инсектицидной защиты содержание критических аминокислот по сравнению с фоном снизилось на 0,74 г/кг зерна (9,44%), в том числе лизина – на 0,49 г/кг, треонина – на 0,08 и метионина – на 0,17 г/кг (табл. 7).

Таблица 7

Влияние минеральных удобрений на аминокислотный состав зерна яровой пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве, г/кг

Вариант	Лизин*	Треонин*	Метионин*	Валин	Изолейцин	Лейцин	Фенилаланин	Σ АКкр	Σ АКн
1. Без удобрений	2,15	2,39	1,43	3,06	2,13	5,05	3,31	5,97	19,52
2. N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₉₀ – фон	2,70	3,10	2,04	3,29	2,37	6,57	4,22	7,84	24,29
3. Фон + Cu ₅₀ + Mn ₅₀	2,44	3,30	1,87	3,77	3,57	7,00	5,36	7,61	27,31
4. Фон+серон + Cu ₅₀ + Mn ₅₀	2,25	3,13	1,77	3,82	3,46	6,39	5,19	7,15	26,01
5. Фон + моддус + Cu ₅₀ + Mn ₅₀	2,48	3,37	1,86	3,87	3,61	7,05	5,35	7,71	27,59
6. Фон+ серон + Cu ₅₀ +Mn ₅₀ + N ₃₀ (колошение)	2,40	3,48	1,94	3,90	2,97	6,96	4,70	7,82	26,35
7. Фон + моддус + Cu ₅₀ + Mn ₅₀ + N ₃₀ (колошение)	2,54	3,51	1,96	3,90	3,64	7,10	5,37	8,01	28,02
8. Фон без фунгицидов и инсектицидов	2,21	3,02	1,87	3,91	3,49	6,34	5,24	7,10	26,08

Известно, что лимитирующими аминокислотами для яровой пшеницы являются лизин и лейцин [5]. Однако в наших исследованиях лимитирующей аминокислотой был метионин, содержание которого изменялось в пределах 14,48-17,59 г/кг белка. Лимитирующими аминокислотами были также лизин и треонин. При применении макро- и микроэлементов, регуляторов роста и средств защиты содержание в белке лизина снизилось на 2,32-7,69 г/кг. Содержание метионина при внесении N₆₀₊₃₀P₅₀K₉₀ и на этом фоне + моддус + Cu₅₀ + Mn₅₀ повысилось на 0,57-0,04 г/кг белка соответственно, а в остальных вариантах снизилось на 1,20-3,11 г/кг белка. Самое низкое в опыте содержание треонина обнаружено при применении N₆₀₊₃₀P₅₀K₉₀ + серон или моддус + Cu₅₀+Mn₅₀ + N₃₀ (колошение) – 25,97-26,00 г/кг белка. При внесении N₆₀₊₃₀P₅₀K₉₀ содержание всех незаменимых аминокислот снизилось (табл. 8).

Таблица 8

Влияние минеральных удобрений на аминокислотный состав белка яровой пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве, г/кг

Вариант	Лизин*	Треонин*	Метионин*	Валин	Изолейцин	Лейцин	Фенилаланин	Σ АКкр	Σ АКн
1. Без удобрений	25,60	28,45	17,02	36,43	25,36	60,12	39,40	71,1	232,4
2. N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₉₀ – фон	23,28	26,72	17,59	28,36	20,43	56,64	36,38	67,6	209,4
3. Фон + Cu ₅₀ + Mn ₅₀	21,22	28,70	16,26	32,78	31,04	60,87	46,61	66,2	237,5
4. Фон+серон + Cu ₅₀ + Mn ₅₀	20,83	28,98	16,39	35,37	32,04	59,17	48,06	66,2	240,8
5. Фон + моддус + Cu ₅₀ + Mn ₅₀	22,75	30,92	17,06	35,50	33,12	64,68	49,08	70,7	253,1
6. Фон+ серон + Cu ₅₀ + Mn ₅₀ + N ₃₀ (колошение)	17,91	25,97	14,48	29,10	22,16	51,94	35,07	58,4	196,6
7. Фон + моддус + Cu ₅₀ + Mn ₅₀ + N ₃₀ (колошение)	18,81	26,00	14,52	28,89	26,96	52,59	39,78	59,3	207,6
8. Фон без фунгицидов и инсектицидов	19,05	26,03	16,12	33,71	30,09	54,66	45,17	61,2	224,8

При отсутствии фунгицидной и инсектицидной защиты на фоне N₆₀₊₃₀P₅₀K₉₀ сумма критических аминокислот снизилась на 6,4 г/кг белка, а сумма незаменимых аминокислот увеличилась на 15,2 г/кг за счет увеличения содержания валина, изолейцина и фенилаланина.

Что касается биологической ценности (способность обеспечивать нормальный рост, жизнедеятельность и продуктивность животного организма) белка пшеницы, то она как по незаменимым, так и по критическим аминокислотам была значительно ниже рекомендованных норм как по химическому числу (цельное яйцо), так и по нормам ФАО/ВОЗ (аминокислотный скор).

Биологическая ценность белка пшеницы по лизину составила только 25,2-36,0%, а по метионину – 37,1-43,7% от рекомендованного химического числа (цельное яйцо) и 32,6-46,5% и 60,3-73,3% соответственно по нормам ФАО/ВОЗ. Применение минеральных удобрений N₆₀₊₃₀P₅₀K₉₀ приводило к снижению биологической ценности белка пшеницы как по химическому числу, так и по аминокислотному скору.

При отсутствии фунгицидной и инсектицидной защиты на фоне $N_{60+30}P_{50}K_{90}$ биологическая ценность белка по незаменимым кислотам (АКн) повышалась на 4,7% (химическое число) и 5,9% (аминокислотный скор) (табл. 9).

Таблица 9

Биологическая ценность белка зерна яровой пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Содержание лизина, г/кг белка			Биологическая ценность белка, %			
	опыт	цельное яйцо	шкала ФАО/ВО 3	химическое число		аминокислотный скор	
				АКкр	АКн	АКкр	АКн
1. Без удобрений	25,60	71	55	46,3	57,0	62,9	74,8
2. $N_{60+30}P_{50}K_{90}$ – фон	23,28	71	55	44,5	51,4	60,8	67,9
3. Фон + $Cu_{50} + Mn_{50}$	21,22	71	55	43,8	58,9	59,4	77,3
4. Фон + серон + $Cu_{50} + Mn_{50}$	20,83	71	55	43,9	60,0	59,5	78,8
5. Фон + моддус + $Cu_{50} + Mn_{50}$	22,75	71	55	46,7	62,8	63,3	82,3
6. Фон + серон + $Cu_{50} + Mn_{50} + N_{30}$ (колошение)	17,91	71	55	38,8	48,6	52,6	63,7
7. Фон + моддус + $Cu_{50} + Mn_{50} + N_{30}$ (колошение)	18,81	71	55	39,3	51,6	53,2	67,7
8. Фон без фунгицидов и инсектицидов	19,05	71	55	40,8	56,1	55,6	73,8

Важным показателем оценки эффективности системы удобрения при возделывании яровой пшеницы является содержание основных элементов питания в основной и побочной продукции, которое используют для определения хозяйственного и удельного выноса, а значения указанных показателей применяют для расчета баланса элементов питания, а также доз удобрений (табл. 10, 11).

Таблица 10

Содержание основных элементов питания в зерне и соломе яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	Содержание элементов питания, % в сухом веществе									
	Зерно					Солома				
	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
1. Без удобрений	1,59	0,86	0,51	0,05	0,20	0,41	0,18	0,99	0,15	0,14
2. Навоз, 40 т/га – фон 1*	1,62	0,89	0,54	0,04	0,22	0,42	0,21	1,18	0,14	0,13
3. Фон 1 + N_{30}	1,71	0,90	0,54	0,04	0,19	0,46	0,23	1,27	0,13	0,12
4. Фон 1 + N_{60}	1,75	0,90	0,55	0,05	0,20	0,48	0,24	1,39	0,14	0,12
5. Фон 1 + N_{90}	1,94	0,91	0,56	0,05	0,23	0,55	0,25	1,42	0,15	0,12
6. Фон 1 + $N_{60}P_{30}$	1,85	0,90	0,52	0,06	0,20	0,52	0,24	1,59	0,14	0,13
7. Фон 1 + $N_{60}K_{60}$	1,77	0,87	0,59	0,06	0,21	0,50	0,21	1,78	0,13	0,13
8. Навоз + $P_{30}K_{60}$ – фон 2	1,64	0,92	0,56	0,04	0,21	0,43	0,23	1,46	0,15	0,12
9. Фон 2 + N_{30}	1,72	0,91	0,56	0,05	0,20	0,47	0,21	1,67	0,14	0,13
10. Фон 2 + N_{60}	1,81	0,89	0,56	0,05	0,22	0,55	0,25	1,77	0,15	0,12
11. Фон 2 + N_{90}	1,89	0,92	0,57	0,05	0,22	0,56	0,24	1,90	0,15	0,12
12. Навоз + $P_{60}K_{120}$ – фон 3	1,63	0,92	0,57	0,05	0,21	0,43	0,25	1,82	0,14	0,12
13. Фон 3 + N_{30}	1,72	0,92	0,58	0,06	0,20	0,52	0,24	2,00	0,14	0,12
14. Фон 3 + N_{60}	1,83	0,88	0,56	0,06	0,19	0,56	0,25	2,19	0,15	0,11
15. Фон 3 + N_{90}	1,97	0,91	0,57	0,05	0,21	0,60	0,26	2,28	0,15	0,11
16. Фон 3 + N_{60+30}	2,03	0,88	0,56	0,05	0,21	0,60	0,26	2,26	0,15	0,11
17. Фон 3 + $N_{60+30+30}$	2,10	0,92	0,56	0,05	0,22	0,67	0,27	2,22	0,16	0,12
НСР ₀₅	0,05	0,03	0,04	0,01	0,01	0,03	0,01	0,06	0,01	0,01

* – последствие 40 т/га органических удобрений

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве как в зерне, так и в соломе, содержание азота, фосфора и калия увеличивалось с нарастанием доз внесения азотных, фосфорных и калийных удобрений. Содержание кальция и магния в зерне и соломе яровой пшеницы характеризовали постоянные величины, независимые от применяемой системы удобрения и погодных условий. В оптимальном по урожайности варианте с применением $N_{60+30}P_{60}K_{120}$ содержание основных элементов питания в зерне составило: азота – 2,03%, фосфора – 0,88, калия – 0,56, кальция – 0,05 и магния – 0,21%; в соломе: азота – 0,60%, фосфора – 0,26, калия – 2,26, кальция – 0,15 и магния – 0,11% (табл. 10).

При возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве содержание основных элементов питания (азот, фосфор, калий, кальций, магний) в зерне и соломе, влияющих на биохимические и физиологические процессы, протекающие в клетках растений в период вегетации, и, следовательно, на урожай и его качество, в основном, варьировало в пределах ошибки опыта, кроме азота в зерне (табл. 11).

Таблица 11

Влияние комплексного применения средств химизации на содержание элементов питания в зерне яровой пшеницы при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве, % в сухом веществе

Вариант	Зерно					Солома				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1. Без удобрений	1,34	0,81	0,50	0,02	0,17	0,40	0,38	0,24	0,12	0,16
2. N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₉₀ – фон	1,85	0,81	0,47	0,04	0,17	0,46	0,35	0,69	0,13	0,27
3. Фон + Cu ₅₀ + Mn ₅₀	1,84	0,88	0,50	0,03	0,18	0,51	0,35	0,93	0,13	0,17
4. Фон+серон +Cu ₅₀ +Mn ₅₀	1,72	0,85	0,50	0,03	0,18	0,49	0,36	0,83	0,14	0,18
5. Фон + моддус + Cu ₅₀ + Mn ₅₀	1,74	0,86	0,50	0,03	0,18	0,51	0,36	0,84	0,14	0,18
6. Фон + серон + Cu ₅₀ + Mn ₅₀ + N ₃₀ (колошение)	2,14	0,89	0,48	0,02	0,18	0,49	0,34	0,82	0,13	0,17
7. Фон + моддус + Cu ₅₀ + Mn ₅₀ + N ₃₀ (колошение)	2,16	0,90	0,50	0,03	0,18	0,51	0,36	0,84	0,14	0,18
8. Фон без фунгицидов и инсектицидов	1,85	0,84	0,49	0,01	0,18	0,47	0,38	0,51	0,15	0,16
HCP ₀₅	0,14	0,08	0,03	0,001	0,01	0,06	0,03	0,04	0,01	0,01

Содержание азота изменялось в зависимости от применяемой системы удобрения от 1,34% в варианте без удобрений до 2,14% и 2,16% при применении N₆₀+N₃₀P₅₀K₉₀+ серон или моддус +Cu₅₀+Mn₅₀ + N₃₀ в фазу колошение. Содержание элементов питания в зерне яровой пшеницы Рассвет при комплексном применении микроэлементов (30 кг/га д.в. карбамида в фазу колошения и фунгицида) имело тенденцию к увеличению как в зерне, так и в соломе.

Содержание элементов питания в растениях является довольно изменчивым показателем, который определяется рядом факторов (погодными условиями, обеспеченностью почвы элементами питания и т.п.). Поэтому наиболее объективным показателем эффективности применения минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры является величина хозяйственного и удельного выноса элементов минерального питания (табл. 12).

Таблица 12

Вынос основных элементов питания яровой пшеницей на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	Хозяйственный вынос, кг/га					Вынос с 1 т основной (при соответствующем количестве побочной) продукции, кг				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1. Без удобрений	72,3	37,5	52,3	6,8	12,3	16,9	8,8	12,2	1,6	2,9
2. Навоз, 40 т/га – фон 1*	80,8	43,6	66,6	7,1	13,5	17,3	9,3	14,3	1,5	2,9
3. Фон 1+N ₃₀	103,2	53,7	81,2	7,9	14,5	18,2	9,5	14,3	1,4	2,6
4. Фон 1+N ₆₀	112,1	57,2	90,9	8,7	15,9	18,7	9,6	15,2	1,5	2,7
5. Фон 1+N ₉₀	129,0	59,5	98,0	9,7	18,0	21,1	9,7	16,0	1,6	2,9
6. Фон 1+N ₆₀ P ₃₀	119,6	57,7	100,1	9,4	16,0	19,9	9,6	16,6	1,6	2,7
7. Фон 1+N ₆₀ K ₆₀	115,1	54,9	112,1	9,0	16,9	19,1	9,1	18,6	1,5	2,8
8. Навоз + P ₃₀ K ₆₀ – фон 2	88,2	48,7	83,6	7,9	14,3	17,6	9,7	16,6	1,6	2,8
9. Фон 2+N ₃₀	112,9	57,7	107,8	9,6	16,5	18,3	9,4	17,5	1,6	2,7
10. Фон 2+N ₆₀	126,6	61,1	119,7	10,5	18,0	19,9	9,6	18,7	1,7	2,8
11. Фон 2+N ₉₀	133,8	63,8	129,5	10,9	19,1	20,7	9,9	20,0	1,7	3,0
12. Навоз + P ₆₀ K ₁₂₀ – фон 3	93,7	52,9	106,0	8,7	14,9	17,5	9,9	19,8	1,6	2,8
13. Фон 3+N ₃₀	115,2	59,4	125,2	10,0	16,5	18,8	9,7	20,3	1,6	2,7
14. Фон 3+N ₆₀	133,3	62,9	144,8	10,8	17,1	20,1	9,5	21,8	1,7	2,6
15. Фон 3+N ₉₀	144,5	65,6	151,1	10,9	17,9	21,6	9,8	22,6	1,7	2,7
16. Фон 3+N ₆₀₊₃₀	150,7	65,5	152,0	10,9	18,5	22,0	9,6	22,2	1,6	2,7
17. Фон 3+N ₆₀₊₃₀₊₃₀	159,0	68,1	150,8	11,6	19,3	23,3	10,0	22,0	1,7	2,8

При возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве растения яровой пшеницы накапливали в больших количествах азот и калий, затем – фосфор, магний и кальций, при этом общий вынос азота составил 72,3-159,0 кг/га, калия – 52,3-150,8, фосфора – 37,5-68,1, магния – 12,3-19,3 и кальция – 6,8-11,6 кг/га.

Более стабильным показателем выноса элементов питания является удельный вынос с 1 тонной основной и соответствующим количеством побочной продукции, значения которого для яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве составили: азота – 16,9-23,3 кг, фосфора – 8,8-10,0, калия – 12,2-22,6, кальция – 1,4-1,7 и магния – 2,6-3,0 кг. В варианте, где получена максимальная урожайность в опыте удельный вынос азота с 1 тонной основной и соответствующим количеством побочной продукции составил 22,0 кг, фосфора – 9,6, калия – 22,2, кальция – 1,6, магния – 2,7 кг.

Максимальный общий и удельный вынос элементов питания растениями яровой пшеницы при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве характерен для вариантов с оптимальной урожайностью при применении всех средств химизации ($N_{60+30}P_{50}K_{90}$ + серон или моддус + $Cu_{50}+Mn_{50}$ + N_{30} в фазу колошение) (табл. 13).

Общий вынос элементов питания яровой пшеницей в этих вариантах следующий: азот 149,1-153,8, фосфор 67,9-70,6, калий 63,9-67,2, CaO 6,8-8,0, MgO 18,1-18,8 кг/га и вынос с 1 тонной основной при соответствующем количестве побочной продукции (удельный): азот 21,4-21,7, P_2O_5 9,8-10,0, K_2O 9,2-9,5, CaO 1,0-1,1, MgO 2,6-2,7 кг/т. При применении минеральных удобрений и средств химизации хозяйственный вынос элементов питания яровой пшеницей при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве увеличивается в два-три раза.

Таблица 13

Влияние комплексного применения средств химизации на общий и удельный вынос элементов питания пшеницей при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Общий (хозяйственный) вынос элементов питания, кг/га					Удельный вынос элементов питания, кг/т				
	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
1. Без удобрений	48,4	32,0	19,9	3,0	8,3	13,8	9,1	5,7	0,9	2,4
2. $N_{60}+N_{30}P_{50}K_{90}$ – фон	123,5	60,0	54,1	7,4	20,4	18,7	9,1	8,2	1,1	3,1
3. $N_{60+30}P_{50}K_{90}$ + Cu_{50} + Mn_{50}	121,6	62,1	62,6	6,5	16,4	18,8	9,6	9,7	1,0	2,5
4. Фон + серон + Cu_{50} + Mn_{50}	112,1	59,2	54,6	6,2	15,9	17,2	9,1	8,4	0,9	2,4
5. Фон + моддус + Cu_{50} + Mn_{50}	118,4	62,3	58,1	6,6	16,7	17,6	9,2	8,6	1,0	2,5
6. Фон + серон + Cu_{50} + Mn_{50} + N_{30} (колошение)	149,1	67,9	63,9	6,8	18,1	21,4	9,8	9,2	1,0	2,6
7. Фон + моддус + Cu_{50} + Mn_{50} + N_{30} (колошение)	153,8	70,6	67,2	8,0	18,8	21,7	10,0	9,5	1,1	2,7
8. Фон без фунгицидов и инсектицидов	99,9	49,6	36,2	4,3	12,6	18,1	9,0	6,6	0,8	2,3

Таким образом установлено, что при внесении $N_{60+30}P_{60}K_{120}$ и $N_{60+30}P_{50}K_{90}$ + Cu_{50} + Mn_{50} + серон или моддус + N_{30} (колошение) при возделывании яровой пшеницы на дерново-подзолистых легкосуглинистой и супесчаной почвах формируется урожайность на уровне 68-71 ц/га. Масса 1000 зерен при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве в среднем по опыту на 4,5 г больше, содержание сырого белка выше на 1,0%, а сбор сырого белка больше на 78 кг/га, чем на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Однако содержание клейковины, незаменимых и критических аминокислот и биологическая ценность белка выше в яровой пшенице при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

Удельный вынос элементов питания яровой пшеницей при возделывании на дерново-подзолистых легкосуглинистых и супесчаных почвах увеличивается при применении минеральных удобрений и средств химизации, а также при нарастании доз минеральных удобрений.

Удельный вынос калия и кальция яровой пшеницей при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве почти в два раза выше, чем при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной.

ЛИТЕРАТУРА

- Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая / В.В. Лапа, В.Н Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2006. – 120 с.
- Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отрасл. реглам. / Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В.Г. Гусаков [и др.] – Мн.: Белорусская наука, 2005. – 460 с.

3. Рекомендации по определению биологической ценности белка сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И.М. Богдевича / РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси». – Минск, 2005. – 14 с.

4. Купцов, Н.С. Роль белка и его аминокислотный состав в основных зернофуражных культурах / Н.С. Купцов, В.Ч. Шор // Наше сельское хозяйство. – №5. – 2009. – С. 8-13.

5. Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая / В.В. Лапа, В.Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2006. – 120 с.

EFFICIENCY OF COMPLEX APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS AND CHEMICALIZATION MEANS AT SPRING WHEAT CULTIVATION ON LUVISOL SOILS

V.V. Lapa, N.N. Ivakhnenko, M.M. Lomonos, O.H. Kulesh, A.A. Gracheva

Summary

At cultivation of spring wheat on luvisol soils productivity at level 68-71 c/ha is formed at entering $N_{60}+N_{30}P_{60}K_{120}$ and $N_{60}+N_{30}P_{50}K_{90} + Cu_{50} + Mn_{50} + \text{seron or moddus} + N_{30}$ (stage 51-53). Thus the weight of 1000 grains on 4,5 g is more, the content of crude fiber on 1,0% above, and its gathering on 78 kg/ha is more at wheat cultivation on luvisol sand soil. However the maintenance irreplaceable and critical amino acids and biological value of fiber above in spring wheat at cultivation on luvisol loamy soil.

Specific carrying out of nutritional elements by spring wheat at cultivation on luvisol soils increases at application of mineral fertilizers and chemicalization means, and also at increase of doses of mineral fertilizers.

Specific carrying out potassium and calcium by spring wheat at cultivation on luvisol loamy soil almost twice above, than at cultivation on luvisol sandy soil.

Поступила 15 марта 2010 г.

ПРОДУКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ И ВЫНОС ^{137}Cs НА ПОЧВАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ

О.М. Таврыкина, И.М. Богдевич, Ю.В. Путятин
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Производство сельскохозяйственной продукции в загрязнённых после аварии на ЧАЭС районах остается важным фактором как для обеспечения занятости населения, так и для решения проблемы продовольствия в данном регионе. В соответствии с национальными нормами радиационной безопасности в качестве основного дозового предела для населения установлено значение эффективной дозы равное 1 мЗв в год, сверх годовой эффективной эквивалентной дозы от природных источников [1].

Наиболее эффективное снижение суммарной дозы радиоактивного воздействия обеспечивается за счет сведения до минимума дозы внутреннего облучения (через продукты питания и воду). В отличие от устойчивой тенденции снижения дозы внешнего облучения вследствие естественного распада радионуклидов, уменьшение дозы внутреннего облучения достигается применением защитных контрмер. Результаты многолетних измерений содержания радиоцезия в организме людей с помощью счетчиков излучения человека (СИЧ) показывают, что со второй половины 1986 года до 1990-1991 гг. происходило выраженное снижение показателей, а в последующие годы величины удельной активности изменились незначительно [2]. На территории южных районов Гомельской и Брестской областей основным дозовым фактором явилось внутреннее облучение, которое составило от 60 до 90 % суммарной дозы. Так как в различных радиологических ситуациях, связанных с выведением радионуклидов в окружающую среду, внутреннее облучение может достигать 50% и выше [3], то очевидна радиологическая значимость проведения защитных мероприятий в сельском хозяйстве. Продолжающееся сейчас радиационное воздействие на жителей республики более чем на 90% обусловлено долгоживущим радионуклидом ^{137}Cs .

В настоящее время в Беларуси накоплен значительный объем знаний, касающихся возможностей снижения поступления основных дозообразующих радионуклидов в продукты питания. В 1999 году были установлены государственные предельно допустимые уровни содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в пищевых продуктах и питьевой воде, позволяющие удерживать годовую дозу внутреннего облучения в норме [4]. В регионе аварии на ЧАЭС, где основным дозообразующим радионуклидом является ^{137}Cs , выполнен ряд разноплановых контрмер, к которым относятся известкование кислых почв с последующими мероприятиями поддерживающего известкования, внесение органических удобрений, внесение повышенных доз фосфорных и калийных удобрений, оптимизация азотного питания растений на основе почвенно-растительной диагностики, применение сорбентов, увеличивающих прочность сорбции радионуклидов в почве, подбор сельскохозяйственных культур и сортов в зависимости от величины перехода радионуклидов в урожай, и другие [4]. По данным разных авторов, приведенные выше мероприятия позволяют в целом снизить накопление радионуклида ^{137}Cs от 3-х до 20-ти раз [5-9].

Подбор сортов с учетом особенностей накапливать радионуклиды является долговременной контрмерой при радиоактивном загрязнении сельскохозяйственных угодий. Среди перечисленных мероприятий подбором сортов с минимальными значениями перехода ^{137}Cs возможно добиться снижения накопления от 1,5 до 4-х раз [10-13]. За счет введения в севообороты сортов с минимальными размерами накопления ^{137}Cs можно расширить площади возделывания зерновых культур на продовольственные цели до 1,6 раза [14].

Яровая и озимая пшеница являются важными продовольственными культурами в нашей республике. Удельный вес посевных площадей зерновых культур достаточно велик и в среднем по республике составляет 39%, пшеница занимает около 6% от площади пашни [15].

Цель исследования – оценка продуктивности и размеров накопления ^{137}Cs сортами озимой и яровой пшеницы для повышения эффективности ведения сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения и минимизации доз внутреннего облучения населения.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Опыты проводились в течение 2002-2005 гг. на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой с глубины 0,7 м моренным суглинком, в экспериментальной базе “Стреличево” Хойникского района Гомельской области.

Агрохимическая характеристика почвы пахотного горизонта следующая: содержание гумуса (0,2 М $K_2Cr_2O_7$, по Тюрину) – 1,9%, pH_{KCl} (потенциометрическим методом) – 5,65-5,90, содержание подвижных форм фосфора (P_2O_5) (0,2 М HCl , по Кирсанову) – 188-210 мг/кг, калия (K_2O) – 187-240 мг/кг почвы, обменных форм кальция (Ca) (1 М KCl , по Мазаевой, Неугодовой) – 542-650 мг/кг, и Mg – 94-176 мг/кг почвы. Плотность загрязнения почвы радионуклидом ^{137}Cs – 250-300 кБк/м², ^{90}Sr – 21-28 кБк/м².

Объектами исследований служили районированные и перспективные сорта пшеницы (озимой и яровой) отечественной и зарубежной селекции, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Исследуемые сорта озимой и яровой пшеницы

Озимая пшеница	Яровая пшеница
1. Капылянка (Беларусь)	1. Ростань (Беларусь)
2. Былина (Беларусь)	2. Кваттро (Германия)
3. Каравай (Беларусь)	3. Ману (Финляндия)
4. Легенда (Беларусь)	4. Банти (Польша)
5. Центос (Германия)	5. Дарья (Беларусь)
-	6. Мунк (Германия)

Агротехника на опытном поле общепринятая для данной зоны. Минеральные удобрения в дозе $N_{90}P_{60}K_{120}$ вносили под все культуры в предпосевную культивацию в форме карбамида, аммонизированного суперфосфата, хлористого калия. Повторность в опытах четырехкратная. Учетная площадь делянки 1,5 м².

Определение удельной активности ^{137}Cs в почве и растениях проводили на γ -спектрометре HP GC4019, Canberra. Относительная погрешность измерения составила не более $\pm 15\%$ при доверительной вероятности 0,95.

Урожайность зерна озимой и яровой пшеницы дана в переводе на стандартную влажность – 14%. Сравнение проводилось по отношению к стандартному сорту, являющемуся по результатам сортоиспытательных станций наиболее продуктивным, то есть эталоном, рекомендованным для возделывания. Удельная активность продукции, используемая при расчете суммарного выноса радионуклидов, рассчитана при плотности загрязнения почвы ^{137}Cs 370 кБк/м², ^{90}Sr – 37 кБк/м². Вынос радионуклидов рассчитывали как произведение удельной активности на урожайность с единицы площади (кБк/га). Оценка данного параметра целесообразна для расчетов коллективных доз облучения населения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований наименьшая удельная активность ^{137}Cs отмечена у сорта озимой пшеницы Центос – 5 Бк/кг, и у сортов Былина и Легенда – 6 Бк/кг, сорта Каравай и Капылянка накапливали больше – 8 и 9 Бк/кг соответственно (табл. 2).

Наибольшую кратность снижения накопления ^{137}Cs , равную 1,8 раза по сравнению со стандартом, обеспечил сорт немецкой селекции Центос. Кроме этого он оказался одним из наиболее продуктивных сортов с урожайностью 6,68 т/га.

В опытах с почвенными культурами авторами *И.В. Гулякиным* и *Е.В. Юдинцевой* показано, что радиоактивные изотопы, поступившие в надземную часть растения, в основном концентрируются в соломе, меньше – в мякине, и относительно небольшое количество их накапливается в зерне [17].

Содержание радионуклида ^{137}Cs в соломе сортов озимой пшеницы изменялось от 60 до 68 Бк/кг, наибольшую кратность снижения накопления радионуклида также обеспечил сорт Центос (табл. 2).

По урожайности яровая пшеница практически не уступала озимой, но накопление радионуклида ^{137}Cs в зерне оказалось выше и составило по сортам от 9 до 14 Бк/кг. Сорт Кваттро характеризовался наименьшим накоплением радионуклида, сорт Дарья – наибольшим. Кратность снижения накопления ^{137}Cs составила 1,3 раза. Сорт Кваттро обеспечил наибольшее снижение накопления ^{137}Cs и в соломе, равное 1,2 раза по сравнению со стандартом Ростань. Его урожайность была довольно высокой – 4,87 т/га.

Для предотвращения превышения индивидуальной дозы облучения содержание радионуклидов в сельскохозяйственной продукции, что вырабатывается на любой территории, не должно превышать допустимые уровни (РДУ-99). Этот принцип реализуется путем осуществления контрмер независимо от стоимости этих мер, а если их проведение экономически нецелесообразно, производство сельскохозяйственной продукции прекращается. Согласно РДУ, содержание ^{137}Cs в зерне не должно превышать 90 Бк/кг, в соломе, используемой на корм, – 330 Бк/кг. По результатам нашего эксперимента содержание радиоцезия не превышает установленные нормативы ни в зерне, ни в соломе зерновых

культур. Однако с точки зрения снижения индивидуальной дозы возделывание сорта тем предпочтительней, чем меньше радионуклида он накапливает.

Таблица 2

Урожайность, удельная активность радионуклида ^{137}Cs в зависимости от сорта озимой и яровой пшеницы (плотность загрязнения почвы ^{137}Cs 370 кБк/м²)

Сорт	Урожайность зерна, т/га	Зерно		Солома	
		Удельная активность, Бк/кг	Кратность снижения	Удельная активность, Бк/кг	Кратность снижения
Озимая пшеница					
Капылянка (ст.)	4,47	9	1,0	64	1,0
Былина	6,70	6	1,5	66	0,9
Центос (ст.)	6,68	5	1,8	60	1,1
Легенда	5,47	6	1,5	61	1,0
Каравай	5,38	8	1,1	68	0,9
<i>НСР₀₅</i>	<i>2,81</i>	<i>0,4</i>		<i>1,5</i>	
Яровая пшеница					
Ростань (ст.)	4,78	12	1,0	56	1,0
Банги	5,51	12	1,0	57	1,0
Мунк	5,09	12	1,0	51	1,1
Кваттро	4,87	9	1,3	45	1,2
Ману	4,78	11	1,1	60	0,9
Дарья	4,43	14	0,9	59	0,9
<i>НСР₀₅</i>	<i>2,24</i>	<i>0,8</i>		<i>2,1</i>	

Минимизация коллективной дозы облучения населения реализуется за счет применения защитных контрмер в сельскохозяйственном производстве, способствующих уменьшению выноса радионуклидов с продукцией растениеводства и, соответственно, снижению потоков радионуклидов в рацион населения.

По выносу сорта озимой пшеницы распределились несколько иначе – у сорта Каравай он оказался наибольшим и составил 43 кБк/га, у сортов Капылянка и Былина 40 кБк/га, у сортов Центос и Легенда 33 кБк/га (табл. 3).

Таблица 3

Вынос радионуклида ^{137}Cs в зависимости от сорта озимой и яровой пшеницы (плотность загрязнения почвы ^{137}Cs 370 кБк/м²)

Сорт	Зерно		Солома		Зерно и солома	
	Вынос, кБк/га	Кратность снижения	Вынос, кБк/га	Кратность снижения	Вынос, кБк/га	Кратность снижения
Озимая пшеница						
Капылянка (ст.)	40	1,0	286	1,0	326	1,0
Былина	40	1,0	442	0,6	482	0,7
Центос (ст.)	33	1,2	401	0,7	434	0,8
Легенда	33	1,2	334	0,9	367	0,9
Каравай	43	0,9	366	0,8	409	0,8
Яровая пшеница						
Ростань (ст.)	57	1,0	268	1,0	325	1,0
Банги	66	0,9	314	0,9	380	0,9
Мунк	61	0,9	260	1,0	321	1,0
Кваттро	44	1,3	219	1,2	263	1,2
Ману	53	1,1	287	0,9	340	1,0
Дарья	62	0,9	261	1,0	323	1,0

Сорта Центос и Легенда обусловили снижение выноса в 1,2 раза по сравнению со стандартом Капылянка.

Вынос ^{137}Cs с соломой был на порядок выше, чем таковой с зерном и составил для сортов озимой пшеницы 286-442 кБк/га. Наименьший вынос радионуклида с побочной продукцией обеспечил стандарт Капылянка. По результатам суммарного выноса, учитывающего вынос как с основной, так и с побочной продукции, сорта Капылянка и Легенда оказались наиболее выгодными на фоне остальных.

По выносу ^{137}Cs зерном сорта яровой пшеницы расположились в следующий ряд по убыванию: Банти, Дарья, Мунк, Ростань, Ману и Кваттро. Сорт Кваттро обеспечил наибольшую кратность снижения выноса с зерном (1,3 раза) и с соломой (1,2 раза) по сравнению со стандартом Ростань. Наименьший суммарный вынос оказался у сорта Кваттро и составил 263 кБк/га, что в 1,2 раза ниже, чем у стандарта.

С точки зрения минимизации внутреннего облучения населения и повышения продуктивности зерновых культур наиболее оптимальным сортом озимой пшеницы для возделывания в зоне радиоактивного загрязнения является сорт Центос, яровой – Кваттро, сорта Капылянка и Каравай у озимой пшеницы и сорт Дарья у яровой имели наименьшую продуктивность и максимальное накопление ^{137}Cs (табл. 4). В условиях радиоактивного загрязнения использование сортовых особенностей сельскохозяйственных культур, с одной стороны, может увеличить продуктивность гектара пашни, с другой – увеличить ареал возделывания культуры с целью производства продовольственного зерна.

Таблица 4

Ранжирование сортов озимой и яровой пшеницы в зависимости от продуктивности и накопления радионуклида ^{137}Cs

№	Показатель		
	Урожайность зерна*	Удельная активность, ^{137}Cs	Вынос, ^{137}Cs
Озимая пшеница			
1.	Былина	Центос (стандарт)	Легенда
2.	Центос (стандарт)	Былина	Центос (стандарт)
3.	Легенда	Легенда	Былина
4.	Каравай	Каравай	Капылянка (стандарт)
5.	Капылянка (стандарт)	Капылянка (стандарт)	Каравай
Яровая пшеница			
1.	Банти	Кваттро	Кваттро
2.	Мунк	Ману	Ману
3.	Кваттро	Ростань (стандарт)	Ростань (стандарт)
4.	Ману	Банти	Мунк
5.	Ростань (стандарт)	Мунк	Дарья
6.	Дарья	Дарья	Банти

* – урожайность – ранжирование по убыванию, удельная активность и вынос ^{137}Cs – по возрастанию.

Известно, что ^{137}Cs является химическим аналогом биогенно важного элемента калия и его поглощение растением зависит не только от внешней концентрации K^+ в почвенном растворе, но и от внутренней концентрации K^+ в растении. В литературе имеются данные о механизмах накопления радиоцезия растением и содержанием в нем калия [17], однако отсутствует информация о связи между выносами этих элементов.

В связи с этим нам представлялось интересным определить и проанализировать вынос калия в сортах зерновых культур по отношению к выносу радионуклида ^{137}Cs . Вынос калия зерном озимой пшеницы составил по сортам 20-27 кг/га, сорта Центос и Легенда, выносящие наименьшее количество радиоцезия, выносили при этом больше других сортов калий (рис. 1).

В целом, корреляционная связь между выносом радионуклида и выносом калия у сортов озимой пшеницы обнаружена слабая. Данный факт можно объяснить возделыванием сортов на идентичном минеральном фоне и тем, что $^{137}\text{Cs}^+$ не является минеральным элементом питания для растения и его перенос (процесс ионного поглощения клетками корня и перемещение в надземные части) из почвенного раствора контролируется физиологией растения, посредством селективных каналов [18-20].

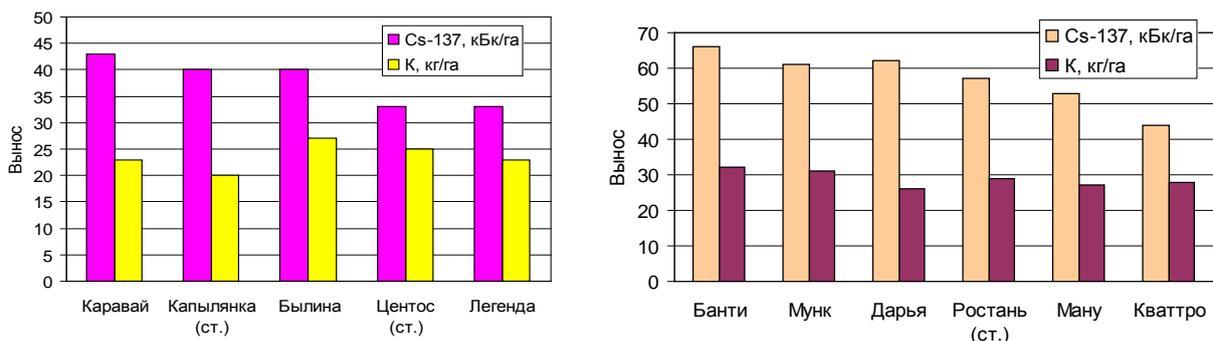


Рис. 1. Вынос радионуклида ^{137}Cs и калия K на 1 га с зерном сортов озимой и яровой пшеницы

Вынос калия зерном яровой пшеницы был близок по значениям к озимой и составил по сортам 26-32 кг/га. У сортов Банти и Мунк вынос калия, как и вынос радиоцезия, оказался наибольшим – 31-32 кг/га, в то время как Кваттро и Ману характеризовались наименьшим выносом и ^{137}Cs и калия – 27-28 кг/га.

ВЫВОДЫ

1. Подбор сортов сельскохозяйственных культур с минимальными размерами накопления радионуклидов является эффективным и низкочувствительным мероприятием, снижающим поступление радионуклидов в продукцию. С точки зрения минимизации коллективных доз внутреннего облучения населения при рекомендации сорта для возделывания в зоне радиоактивного загрязнения наряду с минимальными размерами удельной активности радионуклида необходимо учитывать его суммарный вынос с единицы площади.

2. В результате комплексной оценки районированных и перспективных сортов зерновых культур – озимой и яровой пшеницы – при возделывании их на загрязненных радионуклидом ^{137}Cs территориях для минимизации индивидуальной и коллективной доз внутреннего облучения населения установлено, что наибольшее снижение индивидуальной дозы обеспечил сорт озимой пшеницы Центос и сорт яровой пшеницы Кваттро, характеризующиеся наименьшей удельной активностью ^{137}Cs в зерне и соломе, что в 1,8 и 1,3 раза ниже, чем соответствующие стандарты. Связь между выносом ^{137}Cs и K у сортов озимой и яровой пшеницы обнаружена слабая.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГН 2.6.1.8-127-2000. Нормы радиационной безопасности (НРБ-2000). – Мн.: УП ДИЭКОС, 2001. – 124 с.
2. 20 лет после чернобыльской катастрофы: последствия в Республике Беларусь и их преодоление: национальный доклад.; под ред. В.Е. Шевчука, В.Л. Гурачевского. – Минск: Комитет по проблемам последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС при Совете Министров Республики Беларусь, 2006. – 112 с.
3. Balonov, M.I. Importance of diet and protective action of internal dose from ^{137}Cs radionuclides in inhabitants of the Chernobyl region. / Balonov M.I., Travnikova I.G. // The Chernobyl papers. – 1993. – № 1. – P. 127-167.
4. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.] / Министерство сельского хозяйства и продовольствия РБ, Комитет по проблемам последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС; под ред. И.М. Богдевича. – Минск, 2003. – С. 41.
5. Фокин, А.Д. Сельскохозяйственная радиология: учебник для вузов / А.Д. Фокин, А.А. Лурье, С.П. Торшин. – М.: Дорфа, 2005. – 367 с.
6. Бондарь, П.Ф. Влияние разных видов удобрений и их сочетаний на накопление радиоцезия в урожае овса, картофеля и люпина / П.Ф. Бондарь, А.И. Дутов // Радиобиол. съезд: тез. докл. – Пушкино, 1993. – Ч.1. – С. 129-130.
7. Агеец, В.Ю. Влияние средств химизации на поступление радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию растениеводства / В.Ю. Агеец, Н.Н. Шугля // Радиобиол. съезд: тез. докл. – Пушкино, 1993. – Ч.1. – С. 7-8.
8. Алексахин, Р.М. Поведение Cs^{137} в системе почва – растение и влияние внесения удобрений на накопление радионуклида в урожае / Р.М. Алексахин, И.Т. Моисеев, Ф.А. Тихомиров // Агрохимия. – Москва, 1992. – №8. – С. 127-138.

9. Способы снижения содержания радионуклидов в продукции растениеводства / И.Р. Вильдфлуш [и др.] // *Агрехимия: учебник* / В.А. Ионас; – 2-е изд., доп. и перераб. – Мн.: Ураджай, 2001. Гл. 17. – С. 450-472.
10. Сортвые и видвые различия по накоплению радионуклидов некоторыми озимыми и яровыми зерновыми культурами / В.С. Быстрицкий [и др.] // *Проблемы ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС в агропромышленном производстве – пять лет спустя: итоги, проблемы и перспективы: тез. докл. Всесоюз. конф.* / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т с.-х. радиологии. – Обнинск, 1991. – Т.1. – С. 27-29.
11. Влияние сорта на накопление радиоцезия в основной и побочной продукции зерновых колосовых культур / А.А. Майстер [и др.] // *Проблемы сельскохозяйственной радиоэкологии – десять лет спустя после аварии на Чернобыльской АЭС: тез. докл. Второй межд. науч. конф., Житомир, 12-14 июня 1996 г.* / Гос. агроэкологическая акад. Украины. – Житомир, 1996. – С. 111-113.
12. Дифференциация сортообразцов озимой мягкой пшеницы по накоплению в зерне цезия-137 / И.М. Молчан [и др.] // *Проблемы ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС в агропромышленном производстве – пять лет спустя: итоги, проблемы и перспективы: тез. докл. Всесоюз. конф.* / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т с.-х. радиологии. – Обнинск, 1991. – Т.1. – С. 33-34.
13. Савенок, Н.Г. Видвые и сортвые особенности накопления ^{137}Cs сельскохозяйственными культурами в условиях Белорусского Полесья / Н.Г. Савенок, Н.И. Санжарова, В.К. Кузнецов // *Третья Всесоюз. конф. по с.-х. радиологии: тез. докл.* – Обнинск, 1990. – Т.IV. – С. 13-14.
14. Таврыкина, О.М. Видвые и сортвые различия зерновых культур в накоплении радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr на дерново-подзолистой супесчаной почве / О.М. Таврыкина, Ю.В. Путятин // *Почвоведение и агрохимия / Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси; редкол.: В.В. Лапа (гл. ред.) [и др.]*. – Минск, 2006. – №2(37) – С. 177-183.
15. Беларусь в цифрах: статистический справочник / отв. за выпуск Л.Л. Рыбчик. – Мн., 2004. – 96 с.
16. Гулякин, И.В. Радиоактивные продукты деления в почве и растениях / И.В. Гулякин, Е.В. Юдинцева. – М., 1962. – 275 с.
17. Бондарь, П.Ф. Биологическая доступность радиоцезия и радиостронция и ее влияние на накопление радионуклидов в урожае в зависимости от особенностей растений / П.Ф. Бондарь, Н.Р. Терещенко, И.О. Шматок // *Радиационная биология. Радиоэкология.* – 1998. – Т.38. – Вып.2. – С. 283-289.
18. Соколик, А.И. Действие почвенных факторов на механизмы переноса радионуклидов в системе почва–растение / А.И. Соколик, Д.А. Федорович // *Радиоактивность при ядерных взрывах и авариях: тр. Междунар. конф.* – СПб.: Гидрометеиздат, 2000. – С. 124-130.
19. White, P.J. Mechanisms of caesium uptake by plants / P.J. White, M.R. Broadeley // *New Phytologist.* – 2000. – Vol. 147. – P. 24–256.
20. Сысоева, А.А. Экспериментальное исследование и моделирование процессов, определяющих подвижность ^{137}Cs и ^{90}Sr в системе почва-растение: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.01 / А.А. Сысоева; ВНИИСХРАЭ. – Обнинск, 2004. – 32 с.

YIELD OF WHEAT VARIETIES AND REMOVAL OF RADIONUCLIDE ^{137}Cs ON LAND CONTAMINATED WITH RADIONUCLIDES

O.M. Tavrykina, I.M. Bogdevich, Yu.V. Putyatin

Summary

The data on yield of wheat varieties, specific activity of ^{137}Cs in grain and straw, total removal of radionuclide ^{137}Cs and potassium are presented. The tested wheat varieties are evaluated from point of view of individual and collective doses reduction in case of cultivation for food on land contaminated with radionuclide ^{137}Cs .

Поступила 17 марта 2010 г.

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЕ НАТРИЯ И ХЛОРА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

С.Е. Головатый, З.С. Ковалевич, Н.К. Лукашенко
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Хлор является важным биогенным элементом. В малых дозах хлор способствует росту и развитию растений, участвует в энергетическом обмене у растений, активируя окислительное фосфорилирование. Он необходим для образования кислорода в процессе фотосинтеза и стимулирует вспомогательные процессы фотосинтеза, прежде всего те из них, которые связаны с аккумулярованием энергии. Хлор положительно влияет на поглощение корнями кислорода, соединений калия, кальция, магния [1].

Натрий относится к биогенным макроэлементам. Физиологическая значимость натрия определяется его участием в регулировании водно-солевого обмена у животных организмов и в создании постоянного осмотического давления в растительной клетке. В растительном организме натрий может заменить неспецифические функции калия. Растения способны усваивать натрий в разных количествах. Основные сельскохозяйственные культуры подразделяют на группы с высокой (кормовая, сахарная и столовая свекла, мангольд, сельдерей, шпинат, томаты), средней (люпин, овес, капуста, картофель, турнепс), низкой (пшеница, ячмень, просо, лен, репа) и очень низкой (гречиха, кукуруза, рис, соя, брюква) степени поглощения натрия. В повышенном обеспечении натрием нуждаются пастбищные травы. Внесение натриевых удобрений на пастбищах повышает поступление в растения магния, нормализует соотношение в них натрия-калия, что в целом улучшает качество травяного корма и его усвоение животными [2].

Наряду с положительными физиологическими функциями хлора и натрия легкорастворимые соли этих элементов, поступающие в почву в избыточных количествах в результате деятельности некоторых производств (к которым, в первую очередь, относятся предприятия по производству калийных удобрений), могут оказывать негативное влияние на растения.

Избыточные концентрации водорастворимых солей натрия и хлора в почве оказывают отрицательное влияние на способность растений адсорбировать из почвенного раствора влагу, необходимую для ростовых процессов, влияют на различные физиологические процессы в растениях. Избыток обменного натрия может привести к набуханию и (или) распылению почвы, что создает ряд трудностей для инфильтрации воды в почву, аэрации и проникновения корней [3].

Отрицательное воздействие солей натрия и хлора сказывается на растениях на самых ранних этапах развития [4, 5], в период набухания и прорастания семян [6, 7]. В течение всего периода прорастания повышается осмотический потенциал клетки, снижается скорость поглощения воды и интенсивность набухания семян, и как следствие – их прорастание. Высокое содержание натрия и хлора в почве задерживает появление всходов растений, растягивает период от начала появления до полных всходов, тормозит ростовые процессы. В большей степени чувствительны к засолению корни, чем наземные органы растений. Неравномерность роста и развития, резкое нарушение общего метаболизма у растений на почвах с избыточным содержанием этих элементов приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, или к полной гибели растений [4, 8]. В условиях хлоридного засоления снижаются темпы развития растения в первой половине вегетации, и ускоряются – во второй. К избыточным концентрациям этого элемента в меньшей степени чувствительны зерновые культуры (ячмень, кукуруза, сорго), подсолнечник, суданская трава, свекла, в большей – лен, картофель и гречиха [9, 10].

Последствия засоления для метаболизма растений могут быть необратимо глубокими. Дефицит влаги, возникающий в растениях при засолении почв легкорастворимым натрием и хлором, вызывает денатурацию белков, что отрицательно сказывается на жизненно важных процессах [11]. Засоление почв оказывает отрицательное влияние на активность фотосинтетического аппарата, [12, 13, 14], угнетает механизм циклического фотофосфорилирования, вызывает структурные изменения хлоропластов – вакуолизацию, разрушение основных элементов мембранной фотосинтезирующей системы, уплотнение белковой основы пластид (стромы) [15].

Легкорастворимые соли натрия и хлора оказывают влияние на фенольный комплекс, который регулирует рост растений и активность некоторых оксидоредуктаз [16]. Воздействие высокой ионной силы элементов вызывает перераспределение фенолов по органам растений: в листьях – в сторону уменьшения, в корнях и стеблях – в сторону увеличения. При этом фенолы распределяются и внутри клеток, скапливаясь в клеточной оболочке и митохондриях, что ведет к торможению роста и развития растений.

Цель настоящих исследований заключалась в установлении степени фитотоксичности натрия и хлора на урожайность яровой пшеницы и ячменя при разных уровнях содержания этих элементов в почве.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2008-2009 гг. в условиях вегетационного эксперимента на дерново-подзолистой супесчаной почве были проведены исследования с яровой пшеницей сорта Рассвет и яровым ячменем сорта Сябра.

Почва характеризовалась следующими агрохимическими показателями: гумус – 2,07-2,3%; pH – 5,5-5,9; содержание подвижных форм фосфора – 120-150, калия – 180-200 мг/кг. Содержание водорастворимого натрия – 12-15, хлора – 20-25 мг/кг почвы. Растения выращивали в вегетационных сосудах с массой почвы 5,5 кг. После появления всходов в каждом сосуде оставляли по 20 растений пшеницы и ячменя. Повторность в опыте пятикратная.

Уровни содержания натрия и хлора в почве были созданы путем внесения солей NaCl, NaHCO₃ и NH₄Cl. Схема опыта в условиях хлоридно-натриевого загрязнения (NaCl) включала следующие варианты: Фон ~ Na₁₂₋₁₅Cl₂₀₋₂₅ мг/кг; Na₅₀₋₇₀Cl₉₅₋₁₃₀; Na₁₂₀₋₁₅₀Cl₂₂₀₋₂₄₀; Na₂₅₀₋₃₀₀Cl₅₇₅₋₆₇₀ мг/кг почвы, в условиях натриевого загрязнения (NaHCO₃): Фон ~ Na₁₂₋₁₅ мг/кг; Na₅₀₋₇₀; Na₁₂₀₋₁₅₀; Na₂₅₀₋₃₀₀; Na₄₀₀₋₅₀₀ мг/кг почвы, в условиях хлоридного загрязнения (NH₄Cl): Cl₂₀₋₂₅ – (фон); Cl₁₂₀₋₁₄₀; Cl₁₅₀₋₁₇₀; Cl₂₂₀₋₂₄₀; Cl₃₅₀₋₄₀₀ мг/кг почвы.

В качестве удобрений были использованы карбамид, аммофос и хлористый калий.

В течение вегетационного периода за растениями велись фенологические наблюдения. В исследованиях был проведен учет и анализ структуры урожая зерновых культур.

Содержание водорастворимого натрия в почве определяли по ГОСТ 26427-85, хлора – по ГОСТ 26425-85. Статистическая обработка результатов исследований проведена с использованием метода дисперсионного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В период вегетации на растениях пшеницы и ячменя визуально диагностировались признаки избытка натрия и хлора, причем в самые ранние периоды роста и развития. При хлоридно-натриевом загрязнении на уровне Na₁₂₀₋₁₅₀Cl₂₂₀₋₂₄₀ отмечалось более позднее и затяжное появление всходов. При уровне загрязнения Na₂₅₀₋₃₀₀Cl₅₇₅₋₆₇₀ всхожесть растений ячменя составила 30%, растений пшеницы – 80%. В фазе кущения и трубкования при этом уровне хлоридно-натриевого загрязнения отмечалось явное отставание в росте и развитии растений пшеницы и, в большей степени, ячменя – высота растений была в 2-2,5 раза ниже, чем на контроле. При концентрации натрия и хлора более 1000 мг/кг почвы в сосудах появились единичные всходы ячменя (которые в последствии погибли), а всходы пшеницы вообще отсутствовали.

В условиях натриевого загрязнения при содержании водорастворимого натрия на уровне 250-300 мг/кг почвы отмечалось затяжное появление всходов как у пшеницы, так и у ячменя, в последующие фазы прослеживалось явное отставание в росте и развитии растений. При содержании водорастворимого натрия на уровне 400-500 мг/кг почвы произошла полная гибель растений обеих культур в фазе единичных всходов. При загрязнении натрием на уровне 250-300 мг/кг замечено уплотнение почвы, а при уровне загрязнения 400-500 мг/кг – сильное уплотнение почвы и образование сплошной корки с признаками “высаливания”.

В условиях хлоридного загрязнения на уровне 120-400 мг Cl/кг почвы явных признаков угнетения растений пшеницы и ячменя в период вегетации визуально не установлено.

В годы исследований урожайность зерна яровой пшеницы при фоновом содержании водорастворимого натрия и хлора в почве на уровне Na₁₂₋₁₅Cl₂₀₋₂₅ мг/кг варьировала в пределах 21,2-23,5 г/сосуд, и в среднем составила 22,4 г/сосуд (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность яровой пшеницы и ячменя при разных уровнях содержания в почвенатрия и хлора

Содержание Na и Cl в почве, мг/кг	Пшеница				Ячмень			
	зерно, г/сосуд	± к фону, %	солома, г/сосуд	± к фону, %	зерно, г/сосуд	± к фону, %	солома, г/сосуд	± к фону, %
Na ₁₂₋₁₅ Cl ₂₀₋₂₅ (фон)	22,4		22,7		16,4		18,8	
Na ₅₀₋₇₀ Cl ₉₅₋₁₃₀	21,5	4,0	22,6	0,4	16,2	1,2	18,6	1,1
Na ₁₂₀₋₁₅₀ Cl ₂₂₀₋₂₄₀	19,4	13,4	21,4	5,7	12,7	22,6	16,5	12,2
Na ₂₅₀₋₃₀₀ Cl ₅₇₅₋₆₇₀	11,8	47,3	17,6	22,5	11,9	27,4	16,2	13,8
НСР ₀₅	1,9		0,8		1,8		2,1	

Содержание водорастворимого натрия и хлора в почве на уровне $Na_{50-70}Cl_{95-130}$ мг/кг не оказало существенного влияния на урожайность зерна пшеницы. Снижение урожайности зерна установлено при содержании водорастворимого натрия и хлора в почве $Na_{120-150}Cl_{220-240}$ мг/кг. В среднем за 2 года урожайность на этом уровне загрязнения снизилась на 13,4%. Фитотоксичность хлорида натрия на растения яровой пшеницы в полной мере проявилась при загрязнении на уровне $Na_{250-300}Cl_{575-670}$ мг/кг почвы, в среднем за 2 года урожайность зерна снизилась на 47,3%.

Исследования, проведенные с ячменем, показали, что угнетение роста и развития растений и снижение урожайности зерна на 22,6% по сравнению с фоновой урожайностью отмечалось при содержании элементов в почве на уровне $Na_{120-150}Cl_{220-240}$ мг/кг. При повышении загрязнения почвы до уровня $Na_{250-300}Cl_{575-670}$ мг/кг урожайность зерна ячменя снизилась на 27,4%, однако, снижение было меньшим, чем у пшеницы.

С увеличением уровней загрязнения почвы натрием и хлором отмечено снижение урожайности соломы пшеницы и ячменя. При содержании $Na_{120-150}Cl_{220-240}$ мг/кг урожайность соломы пшеницы и ячменя по сравнению с фоновым вариантом снизилась на 5,7% и 12,2%, соответственно. При содержании элементов в почве на уровне $Na_{250-300}Cl_{575-670}$ мг/кг урожайность соломы пшеницы снизилась на 22,5%, ячменя – на 13,8%. Следует заметить, однако, что урожайность соломы пшеницы и ячменя на всех уровнях загрязнения почвы снижалась в меньшей степени, чем урожайность зерна, соотношение «солома: зерно» при этом увеличивалось. При увеличении содержания в почве натрия и хлора с фонового ($Na_{12-15}Cl_{20-25}$) до фитотоксических уровней ($Na_{120-150}Cl_{220-240}$ и $Na_{250-300}Cl_{575-670}$) отношение соломы к зерну увеличивалось у пшеницы в среднем за 2 года с 1:1 до 1:1,1 и 1:1,95, соответственно (табл. 2). У ячменя при таких же уровнях загрязнения соотношение «зерно: солома» изменялось с 1:1,15 до 1:1,3 и 1:1,36.

Анализ качества зерна (по массе 1000 зерен) показал, что с повышением уровня загрязнения почвы натрием и хлором масса 1000 зерен уменьшалась. Так, у пшеницы этот показатель снизился на 4,5 г или 13,6% (с 33,1 г в фоновом варианте, до 28,6 г – при уровне загрязнения $Na_{120-150}Cl_{220-240}$). Аналогичная закономерность наблюдалась и у ячменя, масса 1000 зерен на уровне загрязнения $Na_{120-150}Cl_{220-240}$ снизилась на 3,7 г или на 10,3%.

Таблица 2

Влияние уровней содержания натрия и хлора в почве на структуру урожая и качество зерна

Содержание Na и Cl в почве, мг/кг	Пшеница				Ячмень			
	зерно: солома	масса 1000 зерен, г	± к фону, %		зерно: солома	масса 1000 зерен, г	± к фону, %	
			г/сосуд	%			г/сосуд	%
$Na_{12-15}Cl_{20-25}$ (фон)	1:1,01	33,1			1:1,15	35,8		
$Na_{50-70}Cl_{195-130}$	1:1,06	31,6	-1,5	4,5	1:1,15	36,2	0,4	1,1
$Na_{120-150}Cl_{220-240}$	1:1,14	28,6	-4,5	13,6	1:1,30	32,1	-3,7	10,3
$Na_{250-300}Cl_{575-670}$	1:1,95	26,0	-7,1	21,4	1:1,36	29,8	-6,0	16,8
HCP ₀₅		1,6				3,7		

При максимальном содержании элементов в почве $Na_{250-300}Cl_{575-670}$ масса 1000 зерен у пшеницы яровой и ячменя снизилась соответственно на 21,4% и 16,8%.

В условиях натриевого загрязнения ($NaHCO_3$) при содержании водорастворимого натрия в почве на уровне 50-70 мг/кг отмечалась тенденция к снижению урожайности зерна яровой пшеницы на 3,6% по сравнению с фоновым вариантом (табл. 3).

Таблица 3

Урожайность яровой пшеницы и ячменя при разных уровнях содержания в почве водорастворимого натрия

Содержание водорастворимого Na в почве, мг/кг	Пшеница				Ячмень			
	зерно, г/сосуд	± к фону, %	солома, г/сосуд	± к фону, %	зерно, г/сосуд	± к фону, %	солома, г/сосуд	± к фону, %
Na_{12-15} (фон)	22,4		22,7		16,9		18,1	
Na_{50-70}	21,6	3,6	23,4	3,1	16,0	5,3	18,2	0,5
$Na_{120-150}$	20,9	6,7	23,9	5,3	15,3	9,5	17,1	5,5
$Na_{250-300}$	17,6	21,4	22,6	0,4	8,8	47,9	13,4	26,0
$Na_{400-500}$	Растения погибли				Растения погибли			
HCP ₀₅	2,2		1,3		1,7		1,9	

Фитотоксичность натрия на растения яровой пшеницы проявилась при содержании элемента в почве на уровне 250-300 мг/кг, причем, в большей степени, в 2009 году. В среднем за 2 года при данном уровне загрязнения урожайность зерна снизилась на 21,4 % (с 22,4 до 17,6 г/сосуд). При увеличении концентрации натрия в почве до 400-500 мг/кг произошла полная гибель растений.

В условиях натриевого загрязнения фитотоксическое действие натрия в большей степени проявилось на растениях ячменя, чем пшеницы. Снижение урожайности зерна на 9,5%, по сравнению с фоновым вариантом, установлено при содержании водорастворимого натрия в почве на уровне 120-50 мг/кг, при повышении концентрации элемента до 250-300 мг/кг урожайность снизилась на 47,9%.

В исследованиях установлено, что с увеличением концентрации натрия в почве с фонового Na_{12-15} до фитотоксических $Na_{120-150}$ и $Na_{250-300}$ соотношение "зерно:солома" у пшеницы яровой увеличивалось с 1:1,01 до 1:1,20 и 1:1,53 (табл. 4).

Таблица 4

Влияние уровней содержания натрия в почве на структуру урожая и качество зерна

Содержание водорастворимого Na в почве, мг/кг	Пшеница				Ячмень			
	зерно : солома	масса 1000 зерен, г	± к фону, %		зерно : солома	масса 1000 зерен, г	± к фону, %	
			г/сосуд	%			г/сосуд	%
Na_{12-15} (фон)	1:1,01	33,4			1:1,07	35,5		
Na_{50-70}	1:1,09	30,5	-2,9	8,7	1:1,14	34,1	-1,4	3,9
$Na_{120-150}$	1:1,20	28,5	-4,9	14,7	1:1,13	27,5	-8,0	22,5
$Na_{250-300}$	1:1,53	25,1	8,3	24,8	1:1,52	15,7	-19,8	55,8
HCP ₀₅		2,7				6,0		

С повышением уровня загрязнения почвы натрием масса 1000 зерен уменьшалась. При содержании натрия в почве 120-150 мг/кг масса 1000 зерен пшеницы снизилась с 33,4 г до 28,5 г (на 14,7%), при содержании натрия на уровне 250-300 мг Na/кг почвы – до 25,1 г (на 24,9%).

Закономерность увеличения соотношения зерна и соломы в урожае ячменя и снижения массы 1000 зерен с повышением концентрации натрия в почве, так же как и у пшеницы, сохранялась. На уровне загрязнения почвы $Na_{120-150}$ мг/кг масса 1000 зерен ячменя уменьшилась на 22,5%, на уровне загрязнения $Na_{250-300}$ мг/кг – на 55,8%.

Хлориды в меньшей степени, чем натрий и хлорид натрия, оказывали фитотоксическое действие на урожайность изучаемых культур. В условиях хлоридного загрязнения (NH_4Cl) тенденция к снижению урожайности зерна пшеницы отмечалась на уровне 120-170 мг Cl/кг почвы (табл. 5). Снижение урожайности зерна на 14,2% установлено при содержании хлора в почве 220-240 мг/кг. При повышении содержания хлора в почве до уровня 350-400 мг/кг урожайность зерна снизилась еще в большей степени – на 18,1%.

Таблица 5

Урожайность пшеницы и ячменя при разных уровнях содержания хлора в почве

Содержание Cl в почве, мг/кг	Пшеница				Ячмень			
	зерно, г/сосуд	± к фону, %	солома, г/сосуд	± к фону, %	зерно, г/сосуд	± к фону, %	солома, г/сосуд	± к фону, %
Cl_{20-25} (фон)	23,2		23,8		17,7		19,6	
$Cl_{120-140}$	22,4	3,4	23,8		16,6	6,2	18,4	6,1
$Cl_{150-170}$	22,1	4,7	23,7	0,4	16,5	6,7	18,5	5,6
$Cl_{220-240}$	19,9	14,2	22,8	4,2	14,0	20,9	17,3	11,7
$Cl_{350-400}$	19,0	18,1	21,9	8,0	12,7	28,2	17,1	12,7
HCP ₀₅	2,3		0,7		3,5		2,1	

На урожайность соломы пшеницы высокие концентрации хлора в почве сказались в меньшей степени, чем на урожайности зерна.

Урожайность зерна ячменя при фоновом содержании хлора в почве 20-25 мг/кг составляла 17,7 г/сосуд. Существенное снижение урожайности зерна ячменя на 20,9% было отмечено при содержании хлора в почве на уровне 220-240 мг/кг. При максимальной концентрации хлоридов в почве (350-400 мг Cl/кг) наблюдалось дальнейшее снижение урожайности зерна ячменя – на 28,2%.

Установлено, что с увеличением концентрации хлоридов в почве до 350-400 мг/кг соотношение зерно:солома у пшеницы яровой увеличивалось с 1:1,02 до 1:1,16 (табл. 6).

Таблица 6

Влияние уровней содержания хлора в почве на структуру урожая и качество зерна в условиях хлоридного загрязнения (NH₄Cl)

Содержание Cl в почве, мг/кг	Пшеница				Ячмень			
	зерно: солома	масса 1000 зерен, г	± к фону, %		зерно: солома	масса 1000 зерен, г	± к фону, %	
			г/сосуд	%			г/сосуд	%
Cl ₂₀₋₂₅ (фон)	1:1,02	32,3			1:1,1	41,5		
Cl ₁₂₀₋₁₄₀	1:1,06	32,8	0,5	1,5	1:1,11	37,5	-4,0	9,6
Cl ₁₅₀₋₁₇₀	1:1,07	30,4	-1,9	5,9	1:1,28	31,3	-10,2	24,6
Cl ₂₂₀₋₂₄₀	1:1,015	28,1	-4,2	13,0	1:1,24	32,1	-9,4	22,6
Cl ₃₅₀₋₄₀₀	1:1,16	25,2	-7,1	22,0	1:1,35	31,3	-10,2	24,6
HCP ₀₅		1,7				3,8		

По сравнению с фоновой, масса 1000 зерен яровой пшеницы в условиях хлоридного загрязнения на уровне 220-240 мг Cl/кг почвы уменьшилась на 4,2 г или 13,0%, на уровне 350-400 мг Cl/кг почвы – на 7,1 г или на 22,0%.

У ячменя закономерность увеличения соотношения зерна и соломы в урожае и снижения массы 1000 зерен с повышением концентрации хлоридов в почве, сохранялась также как и у пшеницы. На уровне загрязнения Cl₂₂₀₋₂₄₀ мг/кг почвы масса 1000 зерен ячменя уменьшилась на 9,4 г или 22,6% по сравнению с контрольным вариантом, на уровне Cl₃₅₀₋₄₀₀ мг/кг почвы – на 10,2 г или на 24,6%.

Снижение урожайности зерна пшеницы и ячменя в условиях загрязнения почвы натрием и хлором обусловлено уменьшением массы 1000 зерен.

Результаты вегетационных опытов позволили определить уровни содержания натрия и хлора в почве, оказывающие существенное влияние на снижение урожайности зерна (табл. 7). На основании проведенных исследований установлены ориентировочные допустимые уровни загрязнения почвы хлором и натрием при возделывании яровых зерновых культур.

Таблица 7

Уровни допустимого содержания водорастворимого натрия и хлора в почве при возделывании яровых зерновых культур

Культуры	Допустимые уровни содержания натрия и хлора в почве, мг/кг		
	Хлоридно-натриевое загрязнение	Натриевое загрязнение	Хлоридное загрязнение
Яровая пшеница	Na ₁₀₀ Cl ₁₈₀	Na ₁₂₀	Cl ₂₀₀
Яровой ячмень	Na ₁₀₀ Cl ₁₈₀	Na ₁₆₀	Cl ₂₀₀

ВЫВОДЫ

1. В условиях хлоридно-натриевого загрязнения дерново-подзолистой супесчаной почвы фитотоксическое действие натрия и хлора на урожайность зерновых культур установлено при концентрации Na₁₂₀₋₁₅₀Cl₂₂₀₋₂₄₀ мг/кг, снижение урожайности яровой пшеницы составило 13,4%, ячменя – 22,6%. Фитотоксичность хлорида натрия усиливалась с повышением его концентрации в почве, при загрязнении почвы на уровне Na₂₅₀₋₃₀₀Cl₅₇₅₋₆₇₀ мг/кг урожайность зерна пшеницы снизилась на 47,3%, ячменя – на 27,4%. Снижение урожайности обусловлено уменьшением массы 1000 зерен ячменя на 10,3 и 16,8%, пшеницы – на 13,8 и 21,4%, на разных уровнях загрязнения, соответственно.

2. В условиях натриевого загрязнения фитотоксическое действие натрия в большей степени проявилось на растениях ячменя, чем пшеницы. Существенное снижение урожайности ячменя – на 10,1% отмечено при содержании в почве натрия на уровне 120-150 мг/кг. При содержании натрия на уровне 250-300 мг/кг урожайность зерна пшеницы снизилась на 21,4%, ячменя – на 47,9%. При содержании Na₄₀₀₋₅₀₀ мг/кг отмечена полная гибель растений.

3. На растения пшеницы и ячменя хлор оказывал меньшее фитотоксическое действие, чем натрий и хлорид натрия. При хлоридном загрязнении существенное снижение урожайности пшеницы на 14,2% и ячменя на 20,9% установлено при содержании в почве Cl₂₂₀₋₂₄₀ мг/кг. С повышением уровня загрязнения до Cl₃₅₀₋₄₀₀ урожайность зерна снижалась, соответственно, на 18,1 и 28,2%.

4. При возделывании яровых зерновых культур ориентировочное допустимое содержание натрия и хлора в почве составляет: в условиях хлоридно-натриевого загрязнения $\text{Na}_{100} \text{Cl}_{180}$, в условиях натриевого загрязнения – Na_{120} , в условиях хлоридного загрязнения – Cl_{200} мг/кг почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Carmen, Lopez-Berenguer. Are root hydraulic conductivity responses to salinity controlled by aquaporins in broccoli plants? / Carmen, Lopez-Berenguer, Cristina Garcia-Viguera & Micaela Carvajal // Plant and Soil. – 2006. – P. 279.
2. Hempler, K. Spuren-und Sekundärnährstoffe im Pflanzenbau / K. Hempler. – Frankfurt / M., 2001. – 64 s.
3. Бреслер, Э. Солончаки и солонцы. Принципы, динамика, моделирование / Э. Бреслер, Б.Л. Макнил, Д.Л. Картер. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 300 с.
4. Чуприна, Э.В. Формирование генеративных органов ячменя в условиях почвенного засоления / Э.В. Чуприна // Вопросы солеустойчивости растений. – Ташкент, 1973. – С. 328-335.
5. Евдокимов, В.М. Изменение солеустойчивости растений в онтогенеза и ее зависимость от некоторых свойств протоплазмы клеток: автореф. дис. ... канд. биол. наук / В.М. Евдокимов. – Л., 1970.
6. Удовенко, Г.В. Влияние засоления на начальные фазы роста растений / Г.В. Удовенко, Л.И. Алексеева // Физиология растений. – 1973. – Т.20. – Вып.2. – С. 277-286.
7. Алексеева, Л.И. Влияние засоления на варьирование элементов структуры урожая у пшеницы / Л.И. Алексеева // Бюлл. ВИР. – 1981. – Вып. 114. – С.21-23.
8. Удовенко, Г.В. Солеустойчивость культурных растений / Г.В. Удовенко. – Л.: Колос, 1977. – 215 с.
9. Туктаров, В.И. Флористическое и геоботаническое исследование в Европейской России / В.И. Туктаров, С.Н Косолапов, В.А. Тарбаев. – Саратов, 2000. – С. 266-268.
10. Иванюк, В.Г. Неинфекционные болезни (повреждения) растений, вызванные недостатками микроэлементов и внешними воздействиями / В.Г. Иванюк, С.А. Банадысев, Г.К. Журомский Г.К. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kartofel.org>. – Дата доступа: 25.02.2008 г.
11. Brod, H.-D. Risiko-Abschätzung für den Einsatz von Tausalyen / H.-D. Brod // Verkerstechnik Hett. – 1995. – V. 12.
12. Четвериков, А.Г. Влияние водного дефицита и солевого стресса на системы энергообеспечения у хлопчатника / А.Г. Четвериков, В.Ф. Гачковский // Вестн. МГУ. Сер. биол. наук. – 1990. – № 4. – С. 532-541.
13. Lawlor, D.W. Plant growth in polyethylene glycol solutions in relation to the osmotic potential of the root medium and leaf water balance / D.W. Lawlor // J. Exptl. Bot. – 1969. – V. 20, №65. – P. 577-579.
14. Morris, J.Y. Über den Einfluss des osmotischen Potentials des Wurzelsubstrates auf die Photosynthese von Pinus contorta – Sämlingen in Wechsel der Jahreszeiten / J.Y. Morris, W. Trangiullini // Flora. – 1969. – B. 158. – S. 277-287.
15. Белецкий, Ю.Д. Пластиды и адаптация растений к засолению / Ю.Д. Белецкий, Н.И. Шевякова, Т.Б. Карнаукова. – Ростов: Изд-во Ростовского ун-та, 1990.
16. Достанова, Р.Х. Фенольный комплекс растений при засолении среды: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Р.Х. Достанова. – СПб, 1993.

EFFECT OF SODIUM AND CHLORINE CONTENT IN SOIL ON SUMMER GRAIN CROPS PRODUCTIVITY

S.E. Golovatyj, Z.S. Kovalevich, N.K. Lukashenko

Summary

In the conditions of vegetative experience the admissible levels of sodium and chlorine concentration in sod-podzolic loamy sand soil at spring wheat and barley cultivation are established.

Поступила 17 апреля 2010 г.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОНОВ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ В СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ РЖИ

О.С. Радовня, В.А. Радовня, В.Л. Копылович
*Полесский институт растениеводства,
Гомельская обл., п. Кричицкий, Беларусь*

Отношение растений к условиям минерального питания (в первую очередь азотного), в настоящее время рассматривается наравне с другими конституционными свойствами растений (по Синской – отношение к интенсивности света и длине дня, холодостойкость, отношение к влаге)[1].

Изучение реакции растений на удобрения всегда являлось главным элементом сортовой агротехники. Однако, если ранее лишь констатировалась способность сорта эффективно использовать средства интенсификации и дополнительные дозы минеральных удобрений, то сейчас активно осваивается новое направление селекции по созданию агрохимически эффективных сортов (АЭС).

На процессы питания растений и эффективность использования ими минеральных удобрений оказывает значение огромное число факторов: габитус растений и развитие корневой системы, устойчивость к полеганию, толерантность к биотическим и абиотическим стрессовым факторам, активность различных физиологических процессов (благоприятная динамика поглощения, оптимальное содержание физиологически активных метаболитов и др.). Поэтому модели таких сортов наряду с признаками, широко используемыми в традиционной селекции, предусматривают показатели, коррелирующие с активным поглощением и рациональным расходом элементов питания.

Вопрос о целесообразности включения новых признаков в селекционный процесс является дискуссионным. Ранее считалось, что полученные при сортоиспытании и в селекционных питомниках данные по урожайности зерна и его качеству достаточно информативны, чтобы судить об эффективности использования минеральных удобрений. Для дополнительного изучения реакции сортов к уровню минерального питания (т.е. агрохимической эффективности) и проводились производственные сортоиспытания на различных агрофонах, что, однако, значительно увеличивает объемы работ и площадь под опытом.

В линейной селекции большинства растений-самоопылителей такая дополнительная оценка может быть применена на заключительных этапах селекции (контрольный питомник или конкурсное сортоиспытание), когда уже имеется достаточный запас семян и нет опасности переопыления генотипов. Малоценные сортообразцы в таком случае исключаются из селекционного процесса, семена от выделившихся образцов используются для дальнейшего испытания.

В селекции перекрестников все сортообразцы должны размножаться отдельно на изолированных участках и параллельно оцениваться в сортоиспытании (метод «половинок»). Поэтому количество размножаемых их сортообразцов невелико, а от исходного «генетического качества» сформированных популяций зависит результативность селекционного процесса.

Таким образом, если в селекции самоопылителей ставится целью отобрать и затем размножить лучший генотип, то в селекции перекрестноопыляющихся культур важно повысить генотипическую ценность популяции, для чего ее формируют из десятков и сотен генотипов. При включении в популяцию малоценных образцов качество популяции ввиду перекрестного переопыления со временем снижается.

Очевидно, что в селекции растений-перекрестников уже при отборе элитных растений для включения в популяцию следует проводить их оценку по агрохимической эффективности, что, однако, затруднено большим количеством образцов, малой их массой, небольшим сроком между отбором, оценкой и посевом.

Наиболее простым критерием, характеризующим эффективность потребления азота и его метаболизм в растении, является накопление его в зерне. Показано, что белковость зерна – результат высокого содержания азота в растении, приходящегося на единицу веса зрелого зерна, независимо от того, под действием каких факторов изменяется содержание белка в зерне – условий выращивания или генотипических особенностей [2].

В селекционной практике с целью значительного сокращения объема лабораторных и аналитических работ и повышения результативности отборов применяются провокационные фоны, в которых изучаемый признак достигает максимального проявления, а его дисперсия увеличивается. В селекции озимой ржи широко используется метод «перестоя на корню» как фон для изучения устойчивости зерна к прорастанию [3]. В то же время резонно ожидать, что создание фонов азотного питания также окажет существенное влияние на варьирование признака содержания белка [азота] в зерне.

Некорневая «качественная» азотная подкормка широко используется в практике для повышения содержания белка [азота] в зерне. Однако в селекционной практике озимой ржи такой фон отбора до сих пор не использовался. В то же время он может быть достаточно перспективным для отбора форм, высокоотзывчивых на позднюю азотную подкормку, другими словами обладающих высокой аттраги-

рующей способностью. Некорневой способ внесения отличается наибольшей равномерностью, создает для растений одинаковые условия развития и позволяет более объективно их оценить.

В своих исследованиях мы предположили, что одним из критериев агрохимической эффективности генотипов озимой ржи в дополнение к основным элементам продуктивности может служить признак содержания фракции спирторастворимых белков в зерне (на сухое вещество, на 1 колос и на 1 зерновку). Известно, что именно проламины являются основной фракцией запасного белка зерновых и главным образом за счет этих белков происходит увеличение содержания белка в зерне при внесении азота.

Использование в наших исследованиях сорта, т.е. популяции с уже константными признаками, позволило ожидать равное варьирование признаков по выборке. Широкие границы варьирования морфологических признаков можно в таком случае отнести только за счет влияния средовых факторов (пестрота почвенного плодородия, различия в густоте стояния растений и др.). Высокая же обеспеченность зерна азотом при высоких показателях признаков продуктивности растения служит критерием агрохимической эффективности генотипа.

Цель опыта – определить оптимальный фон азотного питания, обеспечивающий минимальное влияние средовых факторов на варьирование хозяйственно-ценных признаков; изучить сцепленность данных признаков с содержанием в зерне спирторастворимых белков.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в РНДУП «Полесский институт растениеводства» в 2008-2009 гг. Объектом являлся сорт диплоидной озимой ржи Бирюза. Почва опытного участка – дерново-подзолистая рыхлосупесчаная. Содержание элементов питания: P_2O_5 – 260-286 мг/кг, K_2O – 227-240 мг/кг, гумуса 1,8-2,0%, рН 6,1-6,3. Возделывание озимой ржи велось по рекомендуемым технологиям, посев проводился в начале третьей декады сентября рядовым способом с нормой высева семян 4,5 млн.шт./га. До посева вносились фосфорно-калийные удобрения из расчета $P_{60}K_{90}$. Весной при возобновлении вегетации производилась азотная подкормка (мочевина) по вариантам опыта табл. 1. В третьем варианте в стадии ДК 29-31 проводилась вторая азотная корневая подкормка (мочевина). Все варианты опыта дополнялись некорневой подкормкой азотом (12% раствор мочевины из расчета N_{15} фазе полного колошения).

Отбор элитных растений осуществлялся непосредственно незадолго перед уборкой (20.07). В каждом варианте отбиралось по 1 колосу от 30 элитных растений. Критерием отбора являлись высота растений, крупность и форма колоса, свойственные сорту. Объем выборки составил менее 1% от числа растений. Лабораторная оценка включала определение веса образца, количества зерен, массы 1000 зерен, натуре, формы и цвета зерна по стандартным методикам. Определение содержания белков, растворимых в 70% этиловом спирте, проводилось по методу Лоури с калибровкой по альбумину [4]. Для статистического расчета применялся пакет анализа программы Excel.

Погодные условия за годы исследований несколько отличались от нормы, но в целом были благоприятными для перезимовки и формирования урожая. В начале вегетации 2008 г. сумма осадков за апрель вдвое превысила норму. В дальнейшем температура воздуха находилась на уровне средних показателей. Характер выпадения осадков отличался периодичностью. Если в мае количество выпавших осадков соответствовало норме, то в июне наблюдался 50%-ный дефицит влаги. В июле было зафиксировано 126,6 мм осадков, или 127,3% от нормы.

В начале вегетации 2009 года ощущался дефицит влаги (сумма осадков за апрель была в 7 раз меньше нормы). В дальнейшем отмечалось достаточное выпадение осадков в пределах и выше нормы, температуры воздуха находились на уровне средних показателей за исключением III декады июня и II декады июля, превысивших норму на 2,6-2,9°C.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Вес зерен с 1 колоса является одним из важнейших селекционных признаков, определяющих продуктивность растений. В связи с этим отборы элитных растений всегда проводятся по оценке кустистости и крупности колоса.

За годы исследований по всем вариантам опыта этот показатель в среднем составил 2,5-4,1 г (табл. 1). Проведение корневых и некорневых азотных подкормок оказало наибольшее влияние в 2008 г., однако и вариация признаков была наибольшей в том же году.

Во втором варианте (фон + N_{60}) за все два года наблюдений наблюдался наибольший вес зерен с 1 колоса. Увеличение уровня азотного питания еще на 30 кг/га д.в. (вар. 3) несколько снизило этот показатель (особенно в 2008 г.), что можно объяснить повышением продуктивной кустистости и увеличением числа колосьев.

Проведение дополнительной некорневой подкормки (N_{15}) в 2008 г. на 35-49% увеличило вес зерен с 1 колоса, тогда как в следующем 2009 отмечалась лишь небольшая тенденция. Варьирование признака веса зерен с 1 колоса за годы исследований на всех фонах азотного питания было значительным. Проведение дополнительной некорневой подкормки не привело к существенному его изменению при отборах.

Таблица 1

Характеристика зерна озимой ржи при различных фонах азотного питания

Показатель	Год	Некорневая подкормка	Фон (P ₆₀ K ₉₀)			Фон + N ₆₀			Фон + N ₆₀₊₃₀			
			среднее	min-max	V, %	среднее	min-max	V, %	среднее	min-max	V, %	
Вес зерен с 1 колоса, г	2008	контроль	2,5	1,7-3,0	22,6	4,3	1,4-8,4	42,8	3,0	1,6-5,8	38,2	
		+N ₁₅	3,7	2,0-6,4	35,1	-	-	-	4,1	1,5-7,1	41,5	
	2009	контроль	2,5	1,2-3,2	21,6	2,8	2,0-3,5	17,7	2,5	2,1-3,0	11,4	
		+N ₁₅	2,5	1,6-3,5	20,1	2,9	2,0-4,0	20,2	2,6	2,1-3,0	12,2	
Количество зерен с 1 колоса, шт.	2008	контроль	80,0	53,0-104,0	26,7	129,4	64,0-220,0	35,0	91,9	41,0-164,0	39,1	
		+N ₁₅	125,7	42,0-220,0	38,8	-	-	-	124,7	52,0-234,0	46,1	
	2009	контроль	57,8	34,0-74,0	17,6	60,9	44,0-76,0	14,6	57,5	45,0-72,0	14,6	
		+N ₁₅	56,6	33,0-79,0	18,4	60,0	45,0-74,0	14,0	59,1	49,0-73,0	10,3	
Масса 1000 зерен, г	2008	контроль	31,6	24,0-36,6	14,2	33,1	21,2-48,0	22,4	33,4	25,7-39,7	14,7	
		+N ₁₅	32,8	20,4-48,0	24,0	-	-	-	34,4	15,0-43,5	23,9	
	2009	контроль	43,3	20,7-55,9	19,4	45,6	36,2-54,5	11,0	43,7	31,9-54,0	12,1	
		+N ₁₅	46,7	38,5-60,0	11,2	47,8	37,8-62,5	13,0	44,0	31,5-51,0	13,6	
Содержание спирторастворимого белка	% на абс. сух. в.	2008	контроль	7,3	5,5-8,6	7,3	8,3	6,6-11,5	16,2	7,4	6,5-9,5	12,9
			+N ₁₅	8,7	6,6-11,5	8,7	-	-	-	9,6	6,5-13,4	23,1
		2009	контроль	3,3	2,3-4,7	24,6	2,5	2,0-4,3	25,0	3,2	2,3-4,1	13,6
			+N ₁₅	3,7	2,6-4,6	15,6	3,5	2,3-4,6	22,3	4,8	3,8-6,1	15,2
	мг на 1 колос	2008	контроль	223,7	114,7-309,6	33,4	472,4	166,7-1111	50,3	265,8	157,5-475,8	36,4
			+N ₁₅	443,7	91,3-1111	52,2	-	-	-	484,3	218,3-1165	59,1
		2009	контроль	91,0	54,4-118	25,3	70,5	42,3-107	27,7	80,1	47,6-103	19,0
			+N ₁₅	92,3	57,8-124	22,6	97,9	52,2-184	28,7	131	82,6-172	20,7
	мг на 1 зерновку	2008	контроль	2,9	1,7-3,8	30,8	3,6	2,3-5,2	25,2	3,0	2,2-4,5	21,7
			+N ₁₅	3,5	2,2-5,3	28,4	-	-	-	4,0	1,6-6,7	34,5
		2009	контроль	1,5	0,8-2,1	31,5	1,2	0,8-1,9	27,8	1,5	1,3-1,7	10,6
			+N ₁₅	1,7	1,1-2,2	19,0	1,7	0,8-2,9	29,2	2,2	1,3-3,0	22,6

Аналогичным образом по мере увеличения доз азотных удобрений изменялось количество зерен с 1 колоса. Однако, если в 2009 г. количество зерен в колосе и вариация признака практически не зависели от фона азотного питания, то в 2008 г. при проведении корневых подкормок в дозе N_{60-90} количество зерен возросло на 14-60%, а коэффициент вариации увеличился на 8,3-12,4%. Некорневая подкормка азотом в 2008 г. увеличила вариацию признака на 7,0-12,1%, в 2009 на фоне N_0 не изменилась, а при корневой подкормке N_{60+30} уменьшилась на 4,3%.

За два года исследований внесение азотных удобрений в дозе N_{60} увеличили массу 1000 зерен на 5%. При проведении второй азотной подкормки масса 1000 зерен существенно не отличалась от варианта 1, но вариация признака в 2009 г. снизилась в 1,6 раза.

При проведении некорневой подкормки на уровнях азотного питания N_0 и N_{60+30} отмечалась лишь тенденция к увеличению массы 1000 зерен, но при этом в 2008 г вариация признака увеличилась практически в два раза.

Содержание спирторастворимых белков (в абсолютно сухом веществе) в отобранных образцах мало зависело от фонов азотного питания. В то же время проведение некорневой азотной подкормки способствовало существенному увеличению их содержания. Если в первом варианте оно возросло на 0,4-1,4%, то в третьем варианте с внесением N_{60+30} – на 1,6-2,2%.

Если рассматривать показатель содержания белка в 1 зерновке, то некорневая подкормка в наиболее благоприятном 3 варианте обеспечила не только наибольший прирост накопления белка, но и во все годы значительно увеличила вариацию признака. Такое увеличение вариации говорит о наличии в популяции генотипов, способных в различной степени накапливать спирторастворимый белок в зерновке.

В наших исследованиях также отмечено влияние фонов азотного питания на частоту встречаемости качественных признаков зерна (табл. 2). Например, на фоне N_{60+30} увеличилась встречаемость зерен с коричневой окраской зерна, в 2009 г. прослеживалась тенденция формирования морщинистого зерна в варианте с максимальным уровнем азотного питания.

Не менее существенными были изменения, связанные с дополнительной некорневой азотной подкормкой. На всех фонах азотного питания она способствовала увеличению встречаемости образцов с коричневой окраской зерна, но сохраняет встречаемость зеленозерных образцов на прежнем уровне. При этом на фоне N_{60+30} значительно увеличилась встречаемость образцов с бочковидной формой зерновки и снизилась встречаемость морщинистых зерновок.

Таблица 2

Встречаемость фенотипов, различающихся по качественным признакам

Фенотип	Год	Некорневая подкормка	Фон – $N_0P_{60}K_{90}$	Фон + N_{60}	Фон + N_{60+30}
С коричневой окраской зерна	2008	контроль	0,40	0,74	0,70
		+ N_{15}	0,70	-	0,80
	2009	контроль	0,25	0,31	0,50
		+ N_{15}	0,44	0,50	0,73
С зеленой окраской зерна	2008	контроль	0,27	0,20	0,20
		+ N_{15}	0,20	-	0,10
	2009	контроль	0,31	0,13	0,06
		+ N_{15}	0,31	0,13	0,10
С бочковидной формой зерновки	2008	контроль	0,07	0,00	0,10
		+ N_{15}	0,20	-	0,20
	2009	контроль	0,13	0,13	0,06
		+ N_{15}	0,13	0,19	0,20
С морщинистым зерном*	2009	контроль	0,00	0,06	0,13
		+ N_{15}	0,06	0,00	0,00

*– в 2008 г. у образцы с морщинистым зерном не встречались

Для изучения меры сопряженности изучаемых признаков и возможности одновременного отбора в направлениях высокой продуктивности и содержания спирторастворимого белка нами рассчитаны коэффициенты корреляции на двух крайних фонах азотного питания: N_0 и N_{60+30} (табл. 3-4).

Анализ таблиц показывает, что по мере увеличения уровня азотного питания ослабевают теснота связей между рассматриваемыми признаками. Например, если на фоне N_0 содержание спирторастворимого белка в сухом веществе за годы исследований средне коррелировало с массой 1000 зе-

рен, количеством зерен с 1 колоса, коричневой окраской зерна, то на фоне N_{60+30} эти связи слабые и незначительные, т.е. азотные удобрения способны нивелировать различия между образцами по признакам продуктивности.

Таблица 3

Влияние азотной некорневой подкормки на корреляции хозяйственно ценных признаков с показателями содержания в зерне спирторастворимого белка на фоне азотного питания $N_0(r)$

Признак	Содержание белка в абс. сух. в-ве, %		Содержание белка в 1 зерновке, мг		Содержание белка в 1 колосе, мг	
	контроль	+ N_{15}	контроль	+ N_{15}	контроль	+ N_{15}
2008 г.						
Масса 1000 зерен	0,59	0,38	0,72	0,67	0,45	0,46
Натура зерна	0,40	0,77	0,79	0,77	0,04	0,78
Бочковидная форма зерна	0,44	0,61	0,34	0,72	0,13	0,53
Коричневая окраска зерна	0,44	0,67	0,37	0,50	0,39	0,54
Вес зерна с 1 колоса	0,07	0,46	0,23	0,41	0,87	0,97
Количество зерен с 1 колоса	-0,14	-0,13	-0,33	-0,72	0,43	0,14
2009 г.						
Масса 1000 зерен	0,48	0,02	0,73	0,58	0,85	0,43
Натура зерна	0,10	-0,09	0,00	-0,02	0,00	-0,06
Бочковидная форма зерна	0,10	-0,09	0,00	-0,02	0,00	-0,06
Коричневая окраска зерна	0,50	0,04	0,57	0,12	0,26	0,14
Вес зерна с 1 колоса	-0,07	-0,02	-0,11	0,34	0,23	0,66
Количество зерен с 1 колоса	-0,48	-0,07	-0,78	-0,15	-0,50	0,38

Таблица 4

Влияние азотной некорневой подкормки на корреляции хозяйственно ценных признаков с показателями содержания в зерне спирторастворимого белка на фоне азотного питания $N_{60+30}(r)$

Признак	Содержание белка в абс. сух. в-ве, %		Содержание белка в 1 зерновке, мг		Содержание белка в 1 колосе, мг	
	контроль	+ N_{15}	контроль	+ N_{15}	контроль	+ N_{15}
2008 год						
Масса 1000 зерен	0,02	0,07	0,75	0,71	-0,13	0,28
Натура зерна	-0,19	0,15	-0,14	0,39	0,41	-0,02
Бочковидная форма зерна	0,04	0,02	0,23	0,16	-0,19	0,10
Коричневая окраска зерна	-0,33	0,17	-0,06	0,20	-0,26	0,34
Вес зерна с 1 колоса	0,51	0,17	0,38	0,37	0,87	0,79
Количество зерен с 1 колоса	-0,21	0,13	-0,60	-0,27	0,74	0,42
2009 год						
Масса 1000 зерен	0,09	0,34	0,79	0,77	0,20	0,72
Натура зерна	0,04	-0,09	-0,13	-0,02	-0,10	-0,06
Бочковидная форма зерна	0,04	-0,09	-0,13	-0,02	-0,10	-0,06
Коричневая окраска зерна	0,11	0,22	0,16	0,12	0,13	0,27
Вес зерна с 1 колоса	0,24	0,07	0,60	0,45	0,71	0,71
Количество зерен с 1 колоса	0,10	-0,41	-0,48	-0,47	0,26	-0,06

При этом при N_{60+30} , в отличие от безазотного фона, вес зерна с 1 колоса средне коррелирует с содержанием белка, т.е. часть многовесных образцов отличается высоким содержанием белка. Именно такие формы должны отбираться в селекции новых сортов. Как отмечает А.Н. Павлов [2], при высокой обеспеченности растений азотом, но малом числе сформированных зерен в них накапливается повышенное содержание азота. В связи с этим существует опасность отбора малопродуктивных образцов, отличающихся высоким содержанием белка в сухом веществе. В связи с этим считаем, что в селекции на качество отборы следует проводить при равной плотности посевов и кустистости растений.

Показатели содержания белка в 1 колосе, и особенно в 1 зерновке, являются расчетными и учитывают в себе как содержание белка, так и важнейшие элементы индивидуальной продуктивности растений. Заметно, что корреляции данных признаков на рассматриваемых фонах азотного питания различаются в меньшей степени.

Проведение некорневых подкормок несколько изменяет сопряженность рассматриваемых признаков. Так, на фоне N_0 практически все они ослабевают. При N_{60+30} некорневая подкормка увеличивает связь показателей содержания белка с массой 1000 зерен и с количеством зерен с 1 колоса. Отсюда следует, что является перспективным проведение селекционных отборов на фоне некорневой подкормки в направлении высокозерненных колосьев с высоким содержанием белка в зерне, что будет характеризовать способность образцов к активному усвоению азота. При отборе по фенотипу в улучшающем семеноводстве высоко результативным будет отбор по массе 1000 зерен: максимальной массой будут обладать образцы с высоким содержанием белка (т.е. с высокой аттрагирующей способностью).

ВЫВОДЫ

1. Проведение отборов на высоком фоне азотного питания (N_{60+30}) позволяет существенно снизить влияние средовых факторов на вариацию признаков продуктивности и с этим повысить результативность отборов. Проведение некорневой азотной подкормки (N_{15}) не оказывает существенного влияния на такие показатели продуктивности растений, как вес зерна с 1 колоса, количество зерен с 1 колоса, но несколько повышает массу 1000 зерен.

2. Результаты исследований подтвердили широкое варьирование показателя содержания спирторастворимых белков и возможность его использования в селекционной работе. Содержание данной фракции белка в элитных колосьях озимой ржи мало зависит от применяемого фона азотного удобрения, однако наибольшая вариация признака встречается при недостаточном его внесении. Некорневая подкормка на фоне N_0 снижает вариацию этого признака до того же уровня, как и на фоне N_{60+30} .

3. Повышенное азотное питание значительно увеличивает встречаемость зерен с коричневой окраской зерна. Дополнительная некорневая азотная подкормка способствует увеличению встречаемости образцов с коричневой окраской зерна и с бочковидной формой зерновки.

4. Сопряженность хозяйственно-ценных признаков озимой ржи существенно зависит от фона азотного питания. Применение фона N_{60+30} и некорневой подкормки позволяет повысить сопряженность признаков массы 1000 зерен и количества зерен в 1 колосе с содержанием спирторастворимых белков и тем самым повысить результативность отборов на высокую аттрагирующую способность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Папонов, А.Н. Азот как фактор отбора в естественных и искусственных фитоценозах / А.Н. Папонов. – М.: Наука, 1978. – С. 170-173.
2. Павлов, А.Н. Повышение содержания белка в зерне / А.Н. Павлов. – М.: Наука, 1984. – 114с. – С. 170-173.
3. Урбан, Э.П. Создание провокационных фонов в селекции озимой ржи на устойчивость к прорастанию / Э.П. Урбан, О.С. Радовня, В.А. Радовня // Сб.науч. тр. – Мн., 2009. – Вып. 45: Земледелие и селекция в Беларуси. – С. 151-161.
4. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков [и др.]; под ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.

USE A NITRIC NUTRITION BACKGROUNDS IN WINTER RYE SELECTION

O.S. Radovnya, V.A. Radovnya, V.L. Kapylovich

Summary

In article the results of works on estimation of nitric nutrition backgrounds in selection of winter rye on grain quality and agrochemical efficiency are presented. The backgrounds N_0 , N_{60} and N_{60+30} which were supplemented with not root top dressing in a phase of ear formation (N_{15}) were modelled. The best variation of signs of grain efficiency and the content of alcohol-soluble protein were observed in variant N_{60+30} .

Поступила 21 марта 2010 г.

КАЧЕСТВО ЗЕРНА ГОЛОЗЁРНОГО ОВСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

В.В. Лапа, М.С. Лопух

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Овёс занимает достаточно прочное место в сельскохозяйственном производстве нашей республики и является одной из самых неприхотливых в возделывании зерновых культур. Тем не менее, широкому его распространению препятствует ряд причин, одной из которых является плёнчатость.

Зерновка овса традиционных сортов содержит около 30% цветочной плёнки, состоящей из практически непереваримой лигнифицированной тонковолокнистой клетчатки. Вследствие этого общий уровень структурных углеводов (клетчатки, лигнина, гемицеллюлоз) в зерне плёнчатого овса достигает 22-31%. Это является ограничивающим фактором при вводе его в рационы высокопродуктивных животных и особенно молодняка, поскольку ни один вид зерна, используемого в кормлении животных, столько труднопереваримых углеводов не содержит. Снизить уровень клетчатки можно при помощи шелушения, что ведёт к удорожанию готового корма [1, 2].

Ежегодно в республике для производства кормов и на продовольственные цели осуществляется освобождение от плёнок более 100 тыс. т плёнчатого овса. В связи с этим экономически выгоднее использовать зерно голозёрных сортов овса [3, 4].

Отечественными и зарубежными исследователями установлены преимущества использования зерна голозёрного овса на продовольственные цели. При переработке на пищевые продукты увеличивается выход готовой муки и овсяных хлопьев. Продукты, изготовленные из зерна овса, хорошо усваиваются организмом, имеют диетическое значение, их используют в детском питании [5, 6, 7].

Ценность полученного урожая определяется содержанием в нём питательных компонентов. Удобрения оказывают различное влияние не только на величину урожайности, но и на качественные показатели. Это связано с тем, что элементы питания (в частности азот) которые поступают в растения из удобрений, входят в состав важнейших органических соединений и в определённых условиях могут повышать их содержание в урожае [8].

Внедрение в производство голозёрных сортов овса вызывает необходимость разработки системы удобрения, которая является основным элементом интенсивной технологии возделывания. Применение сбалансированных доз минеральных удобрений позволяет получать довольно высокие урожаи овса с благоприятным качеством продукции [9, 10].

В связи с этим одной из задач наших исследований было установить эффективность воздействия макро- и микроудобрений на показатели качества зерна овса голозёрного.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования с овсом голозёрным проводили в 2007-2009 гг. на опытном участке, расположенном на территории РУП «Экспериментальная база имени Суворова» Узденского района Минской области. Почва участка дерново-подзолистая контактно-оглеенная, развивающаяся на водно-ледниковой супеси, рыхлосупесчаная, подстилаемая с глубины 1,15 м мореным суглинком, сменяемым песком. Пахотный слой характеризовался следующими агрохимическими показателями: рН_{KCl} – 6,51-6,72, содержание гумуса – 2,12-2,44%, содержание подвижных форм P₂O₅ – 203-221 мг/кг, K₂O – 182-200 мг/кг почвы. Схема опыта предусматривала различные дозы и сочетание макроудобрений, сроки внесения азотных удобрений, их комплексное применение с микроэлементами и фунгицидом.

Повторность полевого опыта четырёхкратная. Метод размещения вариантов в повторении – рендомизированный. Общая площадь одной делянки составляла 39 м², учётная – 22 м². Предшественник овса – просо.

Фосфорные (аммофос) и калийные (хлористый калий) удобрения вносили согласно схеме опыта в основное внесение, азотные (карбамид) – в основное внесение и в подкормку (в фазу первого узла и в фазу флагового листа голозёрного овса). Некорневая подкормка микроэлементами проводилась в фазу 1 узла культуры в дозе 200 г/га сернокислой меди и сернокислого марганца.

Обработка почвы включала: зяблевую вспашку, осеннюю культивацию, весеннюю культивацию, предпосевную обработку.

Посев овса голозёрного сорта Вандроўнік проводили во второй декаде апреля сплошным рядовым способом сеялкой СПУ-4 с нормой высева 5,5 млн. всхожих семян на гектар. Глубина заделки семян – 3-4 см.

Уход за посевами включал химическую прополку гербицидами: Диален супер 0,6 л/га + Лонтрел – 500 г/га в фазу кущения голозёрного овса. Сплошную обработку инсектицидом Децис экстра (0,05 л/га) проводили в фазу выхода в трубку культуры. Фунгицидную обработку препаратом Импакт 0,5 л/га осуществляли согласно схеме опыта, при появлении признаков болезни на втором сверху листе овса голозёрного.

Уборку проводили комбайном Сампо-500 в фазу полной спелости зерна. Урожай учитывали по-дельяночно. Данные урожайности приводили к 14% влажности.

В зерне голозёрного овса определяли следующие качественные показатели:

- содержание белкового азота – по методу Барнштейна, с последующим умножением на коэффициент пересчёта азота на белок для овса – 5,83.
- аминокислотный состав зерна – на жидкостном хроматографе «Agilent-1100» (условия гидролиза – 6 н HCl, 108 °С, 24 часа).

Биологическую ценность белка рассчитывали по следующим методам:

1) расчёт «химического числа» по формуле:

$$\text{Химическое число} = \frac{\text{мг АК в 1 г исследуемого белка}}{\text{мг АК в 1 г белка куриного яйца}} \times 100$$

2) расчёт «аминокислотного сора» по формуле:

$$\text{Аминокислотный скор} = \frac{\text{мг АК в 1 г исследуемого белка}}{\text{мг АК в 1 г идеального белка}} \times 100$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Зерно овса служит сырьём для выработки крупы, в небольшом количестве используется в мукомольной промышленности, а также имеет кормовое значение. В связи с этим содержание белка в зерне является одной из наиболее важных качественных характеристик. На долю белка приходится более 90% общего азота, находящегося в зерне. Именно белки играют решающую роль в обмене веществ, являются незаменимой основой всего живого, поэтому имеют исключительное значение в природе. На сегодняшний день проблема белка является достаточно острой и требует неотложного решения и дальнейшей разработки [11, 12].

В наших исследованиях применение фосфорных удобрений в дозе P₄₀ на фоне N₆₀K₉₀ повышало урожайность зерна на 3,6 ц/га, сбор белка на 0,4 ц/га, однако не увеличивало его содержание в зерне. Дальнейшее увеличение дозы фосфора оказалось не целесообразным (табл. 1).

Внесение калийных удобрений на фоне N₆₀P₄₀ по влиянию на урожайность зерна овса было менее эффективным. Прибавка урожайности составляла 0,3-1,3 ц/га в зависимости от дозы калия и находилась в пределах ошибки опыта. С увеличением д.в. с K₆₀ до K₁₂₀ на фоне N₆₀P₄₀ существенно не увеличивалось содержание белка и соответственно его сбор с единицы площади. Содержание протеина в этих вариантах составило 12,9-13,0%, сбор с 1 га – 4,0-4,2 ц.

Наиболее значимое влияние как на урожайность, так и на накопление белка в зерне оказывали азотные удобрения.

В среднем за годы исследований (2008-2009 гг.) при увеличении дозы азота в основное внесение с N₆₀ до N₉₀ на фоне P₄₀K₉₀ урожайность возрастала с 41,0* ц/га до 45,9* ц/га, количество белка в зерне – с 12,7%* до 13,8%*, сбор белка – с 4,4* ц/га до 5,4* ц/га. Дробное внесение азотных удобрений (N₆₀₊₃₀) по сравнению с разовым внесением эквивалентной дозы азота по влиянию на содержание белка было не достоверным, но оказывало существенное влияние на урожайность и сбор белка с гектара.

Дополнительная подкормка азотными удобрениями в фазу флагового листа в дозе 20 кг/га д.в. повышала содержание белка на 2,3% по сравнению с фоновым вариантом (P₄₀K₉₀), на 1,4% по сравнению с вариантом N₆₀P₄₀K₉₀, на 0,3% по сравнению с вариантом P₄₀K₉₀+N₆₀₊₃₀.

Некорневое внесение меди, как и совместное её применение с марганцем, не оказывало значимого влияния ни на один из показателей, приведённых в табл. 1. Обработка MnSO₄ статистически достоверно увеличивала содержание белка в зерне и его сбор с 1 га при наибольшей дозе азотных удобрений.

Таблица 1

Влияние минеральных удобрений на качество зерна голозёрного овса (2007-2009 гг.)

Вариант	Урожайность, ц/га	Содержание белка, %	Сбор белка, ц/га
1. Без удобрений	22,4	12,4	2,4
2. N ₆₀ P ₄₀	36,7	13,0	4,0
3. N ₆₀ P ₄₀ + K ₆₀	37,0	12,9	4,0
4. N ₆₀ P ₄₀ + K ₁₂₀	37,9	13,0	4,2
5. N ₆₀ K ₉₀	34,4	13,0	3,8
6. N ₆₀ K ₉₀ + P ₆₀	39,5	13,0	4,3
7. N ₆₀ K ₉₀ + P ₈₀	38,7	13,0	4,3
8. P ₄₀ K ₉₀	25,2	12,1	2,6
9. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀	38,0 41,0*	13,0 12,7*	4,2 4,4*
10. P ₄₀ K ₉₀ + N ₆₀₊₃₀	44,2 48,0*	14,1 14,1*	5,3 5,8*
11. P ₄₀ K ₉₀ + N ₆₀₊₃₀ + Cu	44,1	14,1	5,3
12. P ₄₀ K ₉₀ + N ₆₀₊₃₀ + Mn	45,1	13,9	5,4
13. P ₄₀ K ₉₀ + N ₆₀₊₃₀ + Cu + Mn	45,5	14,2	5,5
14. P ₄₀ K ₉₀ + N ₆₀₊₃₀ + Cu + Mn + фунгицид	48,7	14,1	5,9
15. P ₄₀ K ₉₀ + N ₆₀₊₃₀₊₂₀	44,7	14,4	5,5
16. P ₄₀ K ₉₀ + N ₆₀₊₃₀₊₂₀ + Cu	45,4	14,7	5,7
17. P ₄₀ K ₉₀ + N ₆₀₊₃₀₊₂₀ + Mn	45,8	14,8	5,8
18. P ₄₀ K ₉₀ + N ₆₀₊₃₀₊₂₀ + Cu + Mn	45,8	14,5	5,7
19. P ₄₀ K ₉₀ + N ₆₀₊₃₀₊₂₀ + Cu + Mn + фунгицид	48,5	14,8	6,1
20. P ₄₀ K ₉₀ + N ₉₀ *	45,9*	13,8*	5,4*
НСР ₀₅	1,8 2,1*	0,4 0,5*	0,3 0,3*

* – среднее 2008-2009 гг.

Максимальным содержанием белка в опыте (14,8%) в среднем за три года характеризовались варианты P₄₀K₉₀+N₆₀₊₃₀₊₂₀+Mn и P₄₀K₉₀+N₆₀₊₃₀₊₂₀+Cu+Mn+фунгицид. Тем не менее, оптимальным по сбору белка с гектара и урожайности оказался вариант с дробным внесением N₆₀₊₃₀ на фоне P₄₀K₉₀ с комплексным применением Cu и Mn и обработкой фунгицидом (табл. 1).

Одним из важнейших показателей качества зерна и его биологической ценности является аминокислотный состав его белков. Это связано с тем, что образование и превращение белковых веществ в живой природе осуществляется через аминокислоты. При недостатке незаменимых аминокислот в организме нарушается синтез белков крови, лимфы, ферментов, в результате у животных усиливается восприимчивость к различным заболеваниям, снижается поедание корма, а, следовательно, и вес [14].

Зерно злаковых культур отличается невысоким содержанием сырого белка и его биологическая ценность не так высока, как бобовых. Основным недостатком зерна злаков – это низкое содержание лизина и триптофана [13, 15].

В наших исследованиях при внесении азотных удобрений сумма незаменимых аминокислот увеличивалась по отношению к фону на 8% (2,97 г/кг) в варианте N₆₀P₄₀K₉₀, на 10,7% (3,98 г/кг) в варианте P₄₀K₉₀+N₆₀₊₃₀, на 23,4% (8,71 г/кг) в варианте P₄₀K₉₀+N₆₀₊₃₀₊₂₀. А сумма критических – на 13% (1,46 г/кг), 14,7% (1,65 г/кг), 24,9% (2,79 г/кг) соответственно (табл. 2).

При разовом внесении N₉₀ сумма критических аминокислот в среднем за 2008-2009 гг. составила 10,99* г/кг, незаменимых – 37,96* г/кг, при дробном внесении такой же дозы азота сумма критических аминокислот достигла 11,75* г/кг, незаменимых – 39,50* г/кг.

При повышении дозы фосфора с 40 кг/га д.в. до 60 кг/га и 80 кг/га д.в. на фоне N₆₀K₉₀ отмечена тенденция к снижению суммы критических и незаменимых аминокислот. Та же закономерность наблюдается при увеличении дозы калия с 90 кг/га до 120 кг/га д.в.

**Аминокислотный состав зерна голозёрного овса в зависимости от системы удобрения,
г/кг зерна (среднее за 2007-2009 гг.)**

Вариант	Lys	Met	Thr	Val	Phe	Ile	Leu	Σ АКкр	Σ АКн
1. Без удобрений	4,96	2,60	4,56	6,36	6,13	4,65	8,91	12,12	38,17
2. N ₆₀ P ₄₀	5,28	2,60	4,26	6,64	6,16	4,83	9,45	12,14	39,22
3. N ₆₀ P ₄₀ + K ₆₀	5,27	2,71	4,70	6,85	6,22	4,84	9,33	12,68	39,92
4. N ₆₀ P ₄₀ + K ₁₂₀	5,08	2,64	4,74	6,71	6,06	4,75	9,17	12,46	39,15
5. N ₆₀ K ₉₀	4,67	2,66	4,37	6,82	6,13	4,88	9,28	11,70	38,81
6. N ₆₀ K ₉₀ + P ₆₀	5,03	2,78	4,54	6,47	6,05	4,57	9,04	12,35	38,48
7. N ₆₀ K ₉₀ + P ₈₀	4,78	2,76	4,38	6,62	5,90	4,66	9,33	11,92	38,43
8. P ₄₀ K ₉₀	3,98	2,61	4,62	6,54	6,05	4,54	8,94	11,21	37,28
9. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀	4,97 4,87*	2,72 2,52*	4,98 4,11*	6,80 6,58*	6,26 5,71*	4,95 4,60*	9,57 9,46*	12,67 11,50*	40,25 37,85*
10. P ₄₀ K ₉₀ + N ₆₀₊₃₀	4,93 4,75*	2,93 2,83*	5,00 4,17*	6,96 6,77*	6,59 6,32*	5,10 5,04*	9,77 9,62*	12,86 11,75*	41,28 39,50*
11. P ₄₀ K ₉₀ + N ₆₀₊₃₀ + Cu	4,65	2,70	4,74	6,94	6,51	5,07	9,78	12,09	40,39
12. P ₄₀ K ₉₀ + N ₆₀₊₃₀ + Mn	5,44	2,74	5,01	6,96	6,59	5,07	9,86	13,19	41,67
13. P ₄₀ K ₉₀ + N ₆₀₊₃₀ + Cu + Mn	5,23	3,12	5,47	7,64	7,13	5,73	10,68	13,82	45,00
14. P ₄₀ K ₉₀ + N ₆₀₊₃₀ + Cu + Mn + фунгицид	5,43	3,12	5,76	7,71	7,36	5,79	10,80	14,31	45,97
15. P ₄₀ K ₉₀ + N ₆₀₊₃₀₊₂₀	5,11	3,22	5,67	7,96	7,39	5,70	10,96	14,00	46,01
16. P ₄₀ K ₉₀ + N ₆₀₊₃₀₊₂₀ + Cu	5,60	2,60	5,85	8,16	7,46	5,96	11,28	14,05	46,91
17. P ₄₀ K ₉₀ + N ₆₀₊₃₀₊₂₀ + Mn	5,31	3,16	5,61	8,00	7,44	5,63	11,09	14,08	46,24
18. P ₄₀ K ₉₀ + N ₆₀₊₃₀₊₂₀ + Cu + Mn	5,45	2,77	5,48	7,81	7,23	5,58	10,78	13,70	45,10
19. P ₄₀ K ₉₀ + N ₆₀₊₃₀₊₂₀ + Cu+Mn + фунгицид	5,45	3,16	5,74	7,96	7,30	5,74	10,86	14,35	46,21
20. P ₄₀ K ₉₀ + N ₉₀ *	4,17*	2,53*	4,29*	6,65*	6,21*	4,86*	9,25*	10,99*	37,96*

* – среднее 2008-2009гг.

ΣАКкр – сумма аминокислот критических

ΣАКн – сумма аминокислот незаменимых

Применение микроэлементов оказывало различное влияние на содержание аминокислот в зерне овса голозёрного. Наиболее эффективным в нашем опыте было совместное применение Cu и Mn в сочетании с обработкой фунгицидом при внесении P₄₀K₉₀+N₆₀₊₃₀. В этом варианте сумма критических аминокислот была выше на 11,3%, незаменимых на 11,4% по сравнению с вариантом P₄₀K₉₀+N₆₀₊₃₀.

Внесение азота повышало на 0,95-1,13 г/кг содержание одной из важнейших для питания человека аминокислоты – лизина. Самое высокое его содержание (5,60 г/кг) в среднем за три года отмечено в варианте P₄₀K₉₀+N₆₀₊₃₀₊₂₀+Cu.

В оптимальном по урожайности варианте в опыте (P₄₀K₉₀+N₆₀₊₃₀+Cu+Mn+фунгицид) сумма критических аминокислот составила 14,31 г/кг, а незаменимых – 45,97 г/кг (табл. 2).

Для более полной оценки качества зерна голозёрного овса была рассчитана биологическая ценность белка. При расчёте данного показателя сравнивался состав и содержание аминокислот белка с содержанием аминокислот в эталонных белках (белок куриного яйца и «эталонный белок» ФАО/ВОЗ).

Расчёт биологической ценности белка показал, что при системе удобрения $P_{40}K_{90}+N_{60+30}+Cu+Mn$ +фунгицид содержание незаменимых аминокислот составило 103,3% от норм, рекомендованных Всемирной организацией здравоохранения. Содержание критических аминокислот было несколько ниже и составило 85,0%.

Таблица 3

Биологическая ценность белка голозёрного овса, % (среднее за 2007-2009 гг.)

Вариант	Химическое число		Аминокислотный скор	
	АКкр	АКн	АКкр	АКн
1. Без удобрений	61,5	76,1	81,7	97,7
2. $N_{60}P_{40}$	58,9	74,8	78,2	96,0
3. $N_{60}P_{40} + K_{60}$	62,0	76,7	82,4	98,5
4. $N_{60}P_{40} + K_{120}$	60,2	74,5	80,0	95,6
5. $N_{60}K_{90}$	57,1	74,1	75,7	95,1
6. $N_{60}K_{90} + P_{60}$	60,5	73,6	80,3	94,5
7. $N_{60}K_{90} + P_{80}$	57,8	73,0	76,7	93,6
8. $P_{40}K_{90}$	58,7	76,5	78,0	98,1
9. $N_{60}P_{40}K_{90}$	61,8 57,7*	76,9 74,2*	82,0 76,6*	98,7 95,2*
10. $P_{40}K_{90} + N_{60+30}$	57,5 52,7*	72,4 69,4*	76,4 69,9*	93,0 89,1*
11. $P_{40}K_{90} + N_{60+30}+Cu$	54,1	71,0	71,9	91,2
12. $P_{40}K_{90} + N_{60+30} + Mn$	60,0	74,2	79,7	95,3
13. $P_{40}K_{90} + N_{60+30} + Cu + Mn$	61,7	78,7	81,9	101,0
14. $P_{40}K_{90} + N_{60+30} + Cu + Mn +$ фунгицид	64,0	80,5	85,0	103,3
15. $P_{40}K_{90} + N_{60+30+20}$	61,4	79,1	81,6	101,6
16. $P_{40}K_{90} + N_{60+30+20} + Cu$	60,3	78,9	80,0	101,3
17. $P_{40}K_{90} + N_{60+30+20} + Mn$	60,3	77,4	80,0	99,3
18. $P_{40}K_{90} + N_{60+30+20} + Cu + Mn$	59,7	77,1	79,2	98,9
19. $P_{40}K_{90} + N_{60+30+20} + Cu + Mn +$ фунгицид	61,5	77,7	81,7	99,7
20. $P_{40}K_{90} + N_{90}$ *	50,4*	68,1*	67,0*	87,5*

* – среднее 2008-2009гг.

АКкр – аминокислоты критические

АКн – аминокислоты незаменимые

ВЫВОДЫ

При возделывании овса голозёрного на дерново-подзолистой супесчаной почве применение азотных удобрений явилось одним из основных факторов, влияющих на урожайность и качество зерна овса голозёрного. Фосфорные и калийные удобрения эффективнее воздействовали на данные показатели при их совместном применении с азотными. В опыте наибольшая урожайность зерна голозёрного овса (48,7 ц/га) получена при внесении $P_{40}K_{90}+N_{60+30}+Cu+Mn$ +фунгицид, содержание белка составило 14,1%, сбор его с гектара – 5,9 ц. Дальнейшее увеличение дозы азота не сопровождалось увеличением урожайности и сбора белка с гектара.

Сумма критических и незаменимых аминокислот при такой системе удобрения составила 14,31 г/кг и 45,97 г/кг зерна соответственно, а биологическая ценность зерна («аминокислотный скор») по незаменимым аминокислотам была выше норм, рекомендуемых ФАО/ВОЗ, и составила 103,3%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подобед Л.И. Рациональная, достаточная и экологически сбалансированная система кормопроизводства / Л.И. Подобед, Е.В. Руденко, В.В. Гиска. – Одесса: Печатный дом, 2009. – 216 с.
2. Голозёрный овёс – ценный корм для поросят / Линкевич [и др.] // Международный аграрный журнал: Ежемесячный научно-производственный журнал работников агропромышленного комплекса / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. Белорусский научный центр информации и маркетинга агропромышленного комплекса. – 1999. – №1. – С. 36 – 38;
3. Выдрицкая, И.В. Питательная ценность голозёрного овса / И.В. Выдрицкая, Т.П. Овчинникова, А.К. Ромашко // Наука – производству: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Гродно, 2001. – Ч.2. – С. 283 – 285;
4. Дадашко, В.В. Голозёрный овёс в кормлении кур / В. Дадашко, А. Ромашко, И. Морхат // Агроэкономика. – 2003. – №6. – С. 23 – 26;
5. Телешина, А.Д. Результаты селекции овса в РБ / А.Д. Телешина [и др.] // Сб. науч. тр. / УО «ГГАУ». – Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: – Гродно, 2003. – С. 216 – 219;
6. Weaver Hull S. H. Less oats for the milling industry: Proceedings of the second International Oats Conference (Aberystwyth, Wales, July 15 – 18, 1985). – S. 232
7. Халецкий С.П. Технологические основы выращивания овса / С.П. Халецкий, Л.С. Кононученко // Белорусское сельское хозяйство. – 2006. – № 3. – С. 24 – 28;
8. Вильдфлуш, И.Р. Удобрения и качество урожая сельскохозяйственных культур: монография / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Технопринт, 2005. – 276 с.;
9. Босак, В.Н. Система удобрения в севооборотах на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / В.Н. Босак. – Минск: БелНИИПА, 2003. – 176 с.;
10. Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая / В.В. Лапа, В.И. Босак, рец. Л.И. Шофман, Л.А. Веремейчик; Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2006. – С. 51 – 54;
11. Плешков, Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений / Б.П. Плешков. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1987. – 494 с.;
12. Рекомендации по определению биологической ценности белка сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И.М. Богдевича / Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2005. – 14 с.;
13. Фурс, И.Н. Товароведение зерномучных товаров: учебник / И.Н. Фурс. – Минск: Ураджай, 2001. – 541 с.;
14. Химические элементы и аминокислоты в жизни растений, животных и человека / под ред. П.А. Власюк. – Киев: Наукова думка, 1979. – 289 с.;
15. Перскова, Т.Ф. Биологический азот в земледелии Беларуси: монография / Т.Ф. Перскова [и др.], рец. А.С. Мееровский и И.Г. Бачило; БГСХА. – Минск: Хата, 2003. – 237 с.

QUALITY OF OATS GRAIN DEPENDING ON SYSTEM OF APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS

V.V Lapa., M.S. Lopukh

Summary

In article the results of research of influence of mineral fertilizers on quality of oats grain at cultivation on luvisol loamy sand soil are resulted.

The application of fertilizer system $P_{40}K_{90} + N_{60+30} + Cu + Mn +$ fungicide has provided reception of 48,7 c/ha grain, thus fiber gathering made 5,9 c/ha, the protein content in grain – 14,1%. By application of mineral

fertilizers in such combination and fungicide promoted increase in the sum of irreplaceable amino acids at 20,4%, and critical – on 18,1% in comparison with a variant without fertilizers. «Amino acid speed» on irreplaceable amino acids makes 103,3%, on critical – 85,0% from the norms, recommended by FAO/WHO, «chemical number» – 80,55% and 64,0% accordingly. The further increase in a dose of nitrogen reduces biological value of fiber.

Поступила 30 марта 2010 г

ВЛИЯНИЕ ПОЖНИВНЫХ КРЕСТОЦВЕТНЫХ КУЛЬТУР НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА ЯРОВОГО ТРИТИКАЛЕ

В.Л. Копылович, В.А. Радовня

*Полесский институт растениеводства,
Гомельская обл., п. Кричицкий, Беларусь*

Исследованиями, выполненными в Беларуси П.Е. Прокоповым, П.И. Никончиком и другими учеными, установлена положительная роль пожнивных культур как предшественника для яровых зерновых культур [1, 2, 3, 4].

Поживные культуры положительно влияют на плодородие почвы. Их корни – ценный источник органического вещества – предохраняют питательные вещества почвы от вымывания летне-осенними атмосферными осадками, что является особо актуальным аспектом в системе земледелия южной зоны Беларуси, где в землепользовании преобладают легкие песчаные и супесчаные почвы. Почва, пронизанная корнями и защищенная надземной массой, не подвергается смыву, хорошо защищена от распыления во время ветровых бурь, что очень важно для предотвращения эрозии.

Обеспечивая дополнительное получение продукции, поживные культуры не снижают, а наоборот, способствуют повышению плодородия почвы. С корневыми и поживными остатками в почву поступает 20-25 ц/га абсолютно сухой органической массы с содержанием в ней 25-40 кг азота и калия, 10-15 кг фосфора. Если в севообороте без поживных культур среднегодовое увеличение количества гумуса в пахотном слое за ротацию составило 0,89 т/га, то в севообороте с промежуточными культурами – 1,15-1,28 т/га, что на 29-44% больше. В поживных посевах редька масличная, горчица белая, озимый рапс оставляют в почве до 50% всего синтезируемого органического вещества. Корневые и поживные остатки поживных культур имеют соотношение углерода и азота ниже, чем 30:1. Это имеет большое значение для биологических процессов, связанных с превращением органического вещества и мобилизацией запасов азота в почве [5].

Поживные культуры имеют большое фитосанитарное значение. Поживные посевы способствуют значительному снижению засоренности полей: предпосевная обработка почвы вызывает прорастание семян сорняков, которые затем успешно подавляются поживной культурой, а также уничтожаются при скашивании ее на корм или запашке ее на зеленое удобрение. Снижение засоренности последующих культур в севообороте после поживных посевов достигает 23-35% [6].

В условиях специализации сельскохозяйственного производства и введения зернотравяных севооборотов с высоким содержанием зерновых культур применение промежуточных посевов, главным образом поживных, имеет особое значение, так как, резко отличаясь от основных культур севооборота, они играют роль утраченных элементов в процессе чередования культур. При размещении зерновых по зерновым включение между ними поживных посевов прерывает монокультуру. Тем самым не только стабилизируется, но и повышается на 15-30% урожайность последующих культур [7].

В стационарных опытах, проведенных в БелНИИЗК, урожайность овса при размещении его после озимой ржи в среднем за восемь лет составила 40,2 ц/га, при включении в данное звено севооборота поживных культур (редьки масличной, горчицы белой, озимого рапса и озимой сурепицы) урожайность овса повысилась до 41,8-42,2 ц/га. Прибавка урожая ячменя, также размещаемого после озимой ржи, была более существенной и составляла 5,2-19,7% [8]. Более сильное воздействие поживных культур на урожайность ячменя, чем овса, объясняется их фитосанитарной ролью. Ячмень в большей степени, чем овёс, поражается корневыми гнилями. При использовании поживных крестоцветных культур в почве увеличивается численность актиномицетов – антагонистов возбудителей корневых гнилей [9].

Еще большая эффективность включения крестоцветных культур в зерновое звено севооборота наблюдается на яровой пшенице. Так, например, в опытах А. М. Осиповича [10], проведенных в условиях центральной зоны (Минская ГСС), урожайность яровой пшеницы при возделывании после крестоцветных культур повышалась на 6,2-7,7 ц/га по сравнению с размещением ее по зерновому предшественнику.

В последние годы одной из самых перспективных зерновых культур в зоне Полесья становится тритикале. Главным преимуществом ярового тритикале перед другими зерновыми культурами является высокий потенциал продуктивности и высокое качество зерна. Немаловажным является толерантность к кислым и легким почвам, что актуально для Полесской зоны. В литературе имеются противоречивые данные по влиянию предшественников на его урожайность, в отдельных опытах показано, что недобор той культуры при нарушении севооборота может достигать 20-28% [11].

Увеличивающиеся посевные площади ярового тритикале и перспективы их значительного расширения требуют разработки и внедрения высокоэффективных технологий возделывания.

Цель исследований – определение влияния пожнивных редьки масличной, ярового и озимого рапса различных сроков сева на урожайность и качество зерна ярового тритикале.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились путем постановки полевых и лабораторных опытов, сопутствующих наблюдений и анализов, выполненных по методикам, общепринятым в научно-исследовательских учреждениях.

Полевые опыты проводились в 2002-2004 гг. на полях Полесского филиала РНИУП «Институт земледелия и селекции НАН Беларуси», размещенного в Мозырском районе Гомельской области. Почва опытного участка представляет собой связную супесь. На основании почвенного профиля и гранулометрического состава почву опытных участков можно характеризовать как дерново-подзолистую, слабоподзоленную, развивающуюся на пылеватых супесях, подстилаемых мореной с глубины 90 см.

Агрохимические показатели почвы опытных участков до закладки опытов были примерно одинаковы. Показатели рН в КСl (5,9-6,1) и гидролитической кислотности (2,2-2,4 м-экв. на 100г почвы) свидетельствуют о слабокислой реакции почвенного раствора.

Содержание подвижных форм фосфора (155-170 мг на 1 кг почвы) и калия (170-185 мг на 1 кг почвы), а также степень насыщенности основаниями (69,9-70,9%) свидетельствует о том, что почва опытных участков средне окультуренная и для получения высоких урожаев требует внесения органических и минеральных удобрений. В опытах исследовалось влияние сроков сева пожнивных редьки масличной, рапса ярового и озимого на урожайность и качество зерна ярового тритикале. Предшественником в опытах с пожнивными промежуточными культурами являлась озимая рожь на зерно. Посев проводился сеялкой СН – 16. Уборка ярового тритикале на зерно проводилась комбайном «САМПО – 500» с поделяночным учетом урожая и поправкой на стандартную влажность (14%) и 100% чистоту зерна. Учетная площадь делянки – 25 м². Повторность – четырехкратная.

Во все годы исследований в летний период отмечались засухи, что сказывалось на величине урожая зерна ярового тритикале. Наиболее засушливым был 2002 год, ГТК за вегетационный период ярового тритикале в этом году составил 0,8, что характерно для засушливых условий. С 1 по 20 июня среднесуточная температура была выше многолетней на 1,1-5,4⁰С, а осадков выпало лишь 15% от нормы. К 20 июля запасы почвенной влаги составили лишь 1,7% и растения практически прекратили вегетацию, что в дальнейшем привело к значительному недобору урожая.

В 2003 году, как и в 2002 особенно проблемным по характеру увлажнения был период июнь-июль месяцы. При температуре воздуха близкой к среднемноголетней в июне выпало 41мм осадков (51%). В июле температура воздуха была выше на 2,1⁰С, а осадков выпало 66% от нормы. Однако следует отметить, что характер выпадения осадков был более равномерный, а засушливый период менее продолжительным, что позволило получить более высокие урожаи ярового тритикале.

2004 год оказался наиболее благоприятным для возделывания яровых культур. В апреле температура воздуха была выше средней на 0,8⁰С, а осадков выпало в 1,5 раза выше нормы (64,3 мм), что способствовало развитию и росту яровых культур. Май оказался холодным (среднесуточная температура 11,9⁰С), но с достаточным количеством осадков (67,7 мм). В июне, как и в предыдущие 2002-2003 гг. наблюдался дефицит влаги (63,7%), однако среднесуточная температура воздуха была ниже средней на 1,2⁰С, но уже в июле выпала двойная норма осадков (184,2 мм), что полностью исключило засушливые явления, характерные для предыдущих лет. Следует отметить, что за вегетационный период ярового тритикале ГТК составил в этом году 1,7, тогда как в предыдущие 0,8-1,0.

В качестве контроля использовался вариант посева ярового тритикале после озимой ржи на зерно без использования пожнивных культур.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований нами установлено, что посев пожнивных крестоцветных культур в зерновом звене севооборота озимая рожь – яровое тритикале способствовал значительному снижению засорённости посевов и пораженности их корневыми гнилями. Так, в среднем за три года на контрольном варианте количество сорняков в посевах тритикале составило 238 штук/м², а на вариантах, где в качестве предшественника использовались пожнивные культуры, засорённость снижалась в зависимости от культуры и срока сева на 9,2-44,5% (табл. 1).

Для всех исследуемых культур характерным было то, что при переходе от более ранних сроков сева к более поздним степень засорённости увеличивалась. Если принять засорённость на контрольном варианте за 100%, то на вариантах, где в качестве предшественника использовалась пожнивная редька масличная, посеянная 25 июля, в среднем за три года она составила всего 55,5%. В вариантах с посевом редьки масличной во II, III, IV и V сроки сева она увеличилась, соответственно, до 57,6,

69,3, 84,0 и 90,8%. При этих же сроках сева пожнивного озимого рапса степень засорённости тритикале увеличивалась с 53,4% до 90,3%, ярового рапса – с 59,7 до 85,7%.

Таблица 1

Влияние пожнивных культур на засорённость посевов ярового тритикале (2002-2004гг).

Предшественник	Срок сева пожнивных культур	Засорённость, штук сорняков/ м ²				% к контролю	Снижение к контролю
		2002 г	2003 г	2004 г	Среднее		
Озимая рожь-контроль	-	282	241	191	238	100	-
Озимая рожь + редька масличная	25.07	164	126	106	132	55,5	44,5
	1.08	156	135	121	137	57,6	42,4
	7.08	178	168	148	165	69,3	30,7
	14.08	242	195	164	200	84,0	16,0
	21.08	261	206	181	216	90,8	9,2
Озимая рожь + рапс озимый	25.07	176	105	101	127	53,4	46,6
	1.08	176	132	104	137	57,6	42,4
	7.08	194	165	152	170	71,4	28,6
	14.08	235	206	161	201	84,5	15,5
	21.08	241	221	184	215	90,3	9,7
Озимая рожь + рапс яровой	25.07	186	148	92	142	59,7	40,3
	1.08	191	165	112	156	65,5	34,5
	7.08	224	212	131	189	79,4	20,6
	14.08	241	221	146	203	85,3	14,7
	21.08	232	239	141	204	85,7	14,3

Сроки сева пожнивных культур влияли и на степень поражения растений ярового тритикале корневыми гнилями. В среднем за три года большей фитосанитарной ролью отличалась редька масличная, которая в зависимости от сроков сева снижала поражение растениями гнилями на 15,7-4,8%, в то время как рапс озимый – на 14,9-2,3%, а рапс яровой – на 11,5-2,0% (табл. 2). За годы исследований наибольшее развитие корневых гнилей было отмечено в 2002 году – 44,1-67,4%. Усилению развития болезни способствовало раннее поражение растений вследствие дефицита влаги в почве.

Таблица 2

Влияние пожнивных культур на степень поражения ярового тритикале корневыми гнилями, % (2002-2004гг.)

Предшественник	Срок сева пожнивных культур	2002 г.	2003 г.	2004 г.	Среднее	± к контролю
Озимая рожь-контроль	-	67.4	42.1	37.8	49.1	-
Озимая рожь + редька масличная	25.07	48.7	30.4	21.2	33.4	-15.7
	1.08	49.1	32.6	20.6	34.1	-15.0
	7.08	48.4	32.9	24.8	35.3	-13.8
	14.08	54.3	37.0	29.6	40.3	-8.8
	21.08	62.4	39.6	30.7	44.3	-4.8
Озимая рожь + рапс озимый	25.07	45.3	32.7	24.7	34.2	-14.9
	1.08	46.7	34.8	26.0	35.8	-13.3
	7.08	44.1	36.1	29.4	36.5	-12.6
	14.08	52.6	39.6	34.6	42.2	-6.9
	21.08	63.7	40.7	36.1	46.8	-2.3
Озимая рожь + рапс яровой	25.07	50.3	34.5	28.1	37.6	-11.5
	1.08	49.1	35.6	29.7	38.1	-11.0
	7.08	51.2	37.8	30.4	39.8	-9.3
	14.08	58.6	40.4	35.4	44.8	-4.3
	21.08	63.0	41.2	37.1	47.1	-2.0

По данным анализов, проведенных Гомельской областной контрольно-токсикологической лабораторией, общее количество семян тритикале, поражённых корневыми гнилями, было 44-62% при посеве после озимой ржи и 24-49% при посеве после пожнивной редьки масличной. В видовом составе патогенов преобладало поражение грибами рода *Alternaria* – 85-93%. Грибы этого рода вызывают в растениях патологические процессы. Инфицируя колос и зерновки, они способствуют изменению их цвета до грязно-серого, вызывают щуплость зерна.

Урожайность зерна тритикале в годы исследований существенно различалась. В 2002 году растения попали в экстремальные условия и не обеспечили высокой урожайности: по вариантам опыта она колебалась в пределах 28,5-36,0 ц/га. В благоприятном для зерновых культур 2004 году урожайность была намного выше – 42,8-49,6 ц/га (табл. 3).

При возделывании ярового тритикале после озимой ржи во все годы урожайность зерна была ниже, чем на вариантах, где в качестве предшественника высевались крестоцветные пожнивные культуры. Следует отметить, что наибольшую прибавку (6,4-6,9 ц/га, что на 17,6-19% выше контроля) обеспечили варианты, где предшественником ярового тритикале были редька масличная и рапс озимый, высеваемые в ранние сроки – 25 июля-1 августа. Яровой рапс в качестве предшественника при всех сроках посева в наименьшей мере влиял на урожайность зерновой культуры. Прибавка в зависимости от сроков составляла 5,9-1,3 ц/га, или 16,3-3,6%.

Таблица 3

Влияние пожнивных крестоцветных культур на урожайность ярового тритикале (2002-2004гг.)

Предшественник	Срок сева пожнивных культур	Урожайность зерна, ц/га				+ к контролю	
		2002 г.	2003 г.	2004 г.	среднее	ц/га	%
Озимая рожь – контроль	-	28.5	37.2	42.8	36.2	-	-
Озимая рожь + редька масличная	25.07	36.0	43.9	49.6	43.1	6.9	19.0
	1.08	35.1	43.5	49.2	42.6	6.4	17.6
	7.08	34.5	41.6	47.0	41.0	4.8	13.2
	14.08	34.0	40.2	44.8	39.6	3.4	9.4
	21.08	32.3	38.3	43.6	38.0	1.8	5.0
Озимая рожь + рапс озимый	25.07	35.2	44.8	49.4	43.1	6.9	19.0
	1.08	34.7	44.6	49.0	42.7	6.5	17.9
	7.08	34.1	42.0	47.9	41.3	5.1	14.1
	14.08	33.2	40.1	45.1	39.5	3.3	9.1
	21.08	32.4	37.8	43.1	37.7	1.5	4.1
Озимая рожь + рапс яровой	25.07	34.6	43.1	48.7	42.1	5.9	16.3
	1.08	34.0	42.6	48.0	41.5	5.3	14.6
	7.08	33.6	41.5	46.4	40.5	4.3	11.9
	14.08	32.7	39.2	44.1	38.6	2.4	6.6
	21.08	31.1	38.2	43.2	37.5	1.3	3.6
НСР ₀₅	по фактору «срок»	1,6	1,9	2,0			
	по фактору «культура»	1,2	1,5	1,6			

Анализ литературных источников свидетельствует о том, что предшественники оказывают определённое влияние и на качество зерна: в частности на содержание белка [12].

В результате наших исследований установлено, что использование в качестве предшественника пожнивных крестоцветных культур не оказывало существенного влияния на содержание протеина в зерне ярового тритикале, которое в среднем за три года было в пределах 13,3-13,7% (табл. 4). Этот показатель находился в большей зависимости от погодных условий. Так, в засушливом 2002 году его содержание в зерне составило 13,6-14,6%, а в наиболее влажном и прохладном 2004 – 12,6-13,2%.

Влияние предшественника на содержание сырого протеина в зерне ярового тритикале

Предшественник	Срок сева пожнивных культур	2002 г	2003 г	2004 г	Среднее
Озимая рожь- контроль	-	14.1	13.5	12.9	13.5
Озимая рожь + редька масличная пожнивно	25. 07	14.0	13.6	12.9	13.5
	1. 08	14.2	13.1	12.8	13.4
	7. 08	13.9	13.7	12.9	13.5
	14. 08	14.0	13.5	12.6	13.4
	21. 08	13.6	13.6	12.7	13.3
Озимая рожь + рапс озимый пожнивно	25. 07	14.5	13.6	13.1	13.7
	1. 08	14.0	13.9	13.2	13.7
	7. 08	13.9	13.7	12.9	13.5
	14. 08	14.1	13.6	13.0	13.6
	21. 08	14.0	13.5	12.6	13.4
Озимая рожь + рапс яровой пожнивно	25. 07	14.6	13.1	12.7	13.5
	1. 08	14.1	13.4	12.9	13.5
	7. 08	13.8	13.5	13.1	13.5
	14. 08	14.3	13.6	12.7	13.5
	21. 08	14.2	13.3	12.8	13.4

ВЫВОДЫ

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что включение пожнивных крестоцветных культур в зерновое звено севооборота (озимая рожь – яровое тритикале) позволяет увеличить урожайность зерна ярового тритикале на 3,6-19,0%. Прибавка урожая значительно снижается при переходе от более ранних сроков сева пожнивных к более поздним. Это объясняется тем, что пожневные культуры ранних сроков сева накапливают больше пожнивных и корневых остатков, а, соответственно, и элементов минерального питания. Они уменьшают засорённость и снижают степень поражения ярового тритикале корневыми гнилями. При подборе крестоцветных культур для пожнивных посевов предпочтение следует отдавать редьке масличной и озимому рапсу и высевать их не позднее 1 августа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никончик, П.И. Влияние промежуточных культур на урожай идущих за ними и общую продуктивность пашни / П.И. Никончик, Н.И.Кривеня // Сб. науч. тр. / БелНИИЗК. – Мн., 1977. – Вып. 21: Земледелие и растениеводство БССР. – С. 17-22.
2. Прокопов, П.Е. Правильные севообороты и рациональное использование земли / П.Е. Прокопов. – Минск: Наука и техника, 1973. – 160 с.
3. Мартинчик, Т.Н. Влияние альтернативных источников органических удобрений на продуктивность звена севооборота и баланс элементов питания: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Т.Н. Мартинчик. – Минск, 2001. – 16 с.
4. Скируха, А.Ч. Накопление послеуборочных остатков основными полевыми культурами в севооборотах и содержание в них элементов питания / А.Ч. Скируха // Наука – производству: материалы науч.- практ. конф. – Гродно, 1998. – С. 435-441.
5. Никончик, П.И. Промежуточные культуры в севооборотах в условиях Белоруссии / П.И. Никончик // Пути увеличения производства кормов за счет культур промежуточного посева: материалы науч.-практ. семинара. – Жодино, 1982. – С.16-18.
6. Лошаков, В.Г. Промежуточные культуры в севооборотах Нечернозёмной зоны / В.Г. Лошаков. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 133 с.
7. Митрофанов, Ю.И. Полевые севообороты на осушенных землях / Ю.И.Митрофанов, Т.П. Митрофанова // Земледелие. – 1998. – №3. – С. 24–26.
8. Никончик, П.И. Интенсивное использование пашни / П.И. Никончик. – Мн.: Ураджай, 1995. – 192 с.
9. Воробьев, С.А. Совершенствование севооборотов / С.А. Воробьев // Земледелие. – 1983. – №1. – С.33-34.

10. Осипович, А.М. Влияние предшественников на урожайность яровой пшеницы // Земледелие и селекция в Беларуси/ А.М. Осипович // Сб. науч. тр. / Ин-т земледелия и селекции НАН Беларуси.– Жодино, 2004. – Вып. 40. – С. 44–47.

11. Булавина, Т.М. Влияние предшественников на урожайность ярового тритикале / Т.М. Булавина, Л.А. Булавин // Сб. науч. тр. – Мн., 2008. – Вып. 44: Земледелие и селекция в Беларуси. – С. 11-18.

12. Хотылева, Л.В. Тритикале. Создание и перспективы использования / Л.В. Хотылева, Н.В. Турбин, А.А. Тарутина. – Минск: Наука и техника, 1986. – 214 с.

INFLUENCE OF POSTHARVEST SOWING OF CABBAGE CROPS ON GRAIN PRODUCTIVITY OF SPRING TRITICALE

U.L. Kapylovich, U.A. Radovnya

Summary

Results of research on influence of terms of sowing of stubbly cruciferous crops (oil radish, winter and spring rape) on grain productivity of spring triticales are presented. It is established, that inclusion of stubbly cruciferous crops in a grain link of a crop rotation (the winter rye – spring triticales) allows to increase grain productivity of spring triticales. The crop increase considerably decreases at transition from earlier terms of sowing of stubbly cabbage crops to later.

Поступила 21 марта 2010 г.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ НА АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ

Н.Н. Семененко, И.И. Вага
Институт мелиорации, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Для удовлетворения потребности республики в зерне валовые сборы его необходимо довести до 9-10 млн т в год, а урожайность – до 45-50 ц/га. Это позволит не только обеспечить продовольственную безопасность страны, но и увеличить экспорт зерна за ее пределы [1,2].

При переходе республики на самообеспечение продовольственным и фуражным зерном вопросы повышения урожайности и качества продукции приобретают первостепенное значение. Важная роль в повышении урожайности зерновых культур принадлежит средствам химизации. Научно обоснованное применение средств химизации позволяет управлять формированием урожайности и качеством растениеводческой продукции [3-6].

В последние годы озимое тритикале является одной из ведущих зерновых культур. Посевные площади его в республике стабилизировались на оптимальном уровне в 350-400 тыс. га. Отличительной особенностью этой культуры от других зерновых является высокая урожайность, повышенная устойчивость к болезням и полеганию, высокая кормовая ценность [7,8].

Важнейшим фактором повышения урожайности озимого тритикале является совершенствование технологии его возделывания. Поэтому дальнейшая интенсификация возделывания этой культуры предполагает применение минеральных удобрений в едином комплексе со средствами защиты растений, микроэлементами и регуляторами роста растений.

Интерес к регуляторам роста обусловлен широким спектром их действия на растения, возможностью направленно регулировать важнейшие процессы в растительном организме. Важным аспектом действия регуляторов роста является повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды – высоким и низким температурам, недостатку влаги, поражаемости болезнями и вредителями [9,10].

Микроэлементы повышают ферментативную активность растений, улучшают поглощение ими элементов питания, способствуют усилению активности фотосинтеза и ассимилирующей деятельности всего растения.

Влиянию комплексного применения удобрений и других средств химизации на урожайность озимых зерновых посвящено ряд работ. Однако практически отсутствуют исследования по действию совместного применения удобрений, сульфата меди, физиологически активных веществ, ретардантов и фунгицидов при возделывании озимого тритикале на антропогенно-преобразованных торфяных почвах. Эти почвы отличаются от минеральных более высоким содержанием доступного растениям азота и наличием сорной растительности, посевы зерновых культур на них сильнее повреждаются болезнями и вредителями и склонны к полеганию.

Цель исследований – установить эффективность комплексного применения минеральных удобрений, сульфата меди, эпина, ретарданта (терпал) и фунгицида (харизма) при возделывании озимого тритикале на антропогенно-преобразованных торфяных почвах.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальные полевые исследования проводились в 2005-2009 гг. на опытном поле Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства на антропогенно-преобразованных торфяных почвах, подстилаемых песком с глубины 35-45 см. Агрохимическая характеристика пахотного слоя: рН – 5,7-5,8; содержание органического вещества – 22-24 %, подвижных соединений фосфора и калия в почве, определяемых в 0,2 М HCl вытяжке (по Кирсанову), составляло соответственно 283-365 и 231-353 мг/кг, доступных растениям соединений, определяемых в 0,2 М CH_3COOH вытяжке (по Н.Н. Семененко и др., 2005 г.) азота – 100-116, фосфора – 80-123, калия – 525-587 кг/га.

В качестве объекта исследований использовали озимое тритикале сорта Михась, норма высева – 5,0 млн. всхожих зерен на гектар. Предшественник – горохо-овсяная смесь. Повторность вариантов в опыте 4-х кратная, учетная площадь делянки – 40,5 м². Азотные удобрения применяли в основное внесение в форме мочевины и в подкормку в форме КАС в виде водного раствора 1:2 или 1:3. В качестве фосфорных удобрений использовали аммонизированный суперфосфат, калийных – хлористый калий. Посевы обрабатывали от сорняков гербицидом секатор (200 г/га) и против вредителей инсек-

тицидом каратэ (0,2 л/га). От болезней применяли фунгицид харизма (1 л/га) в фазу флагового листа и обработка семян – байтан-универсалом (2,0 л/га). Ретардант – терпал в вариантах $P_{80}K_{120}N'_{60} + (N''_{30} + PP)$ и $P_{80}K_{120}N'_{60} + (N''_{30} + Cu + PP + \text{эпин})$ применяли в дозе 2 л/га в фазу начало трубкования, а в вариантах $P_{80}K_{120}N'_{60} + (N''_{30} + PP) + (N''' + PP)$ и $P_{80}K_{120}N'_{60} + (N''_{30} + PP) + (N''' + PP) + \text{фунгицид}$ применяли по 1 л в два срока. Сульфат меди (200 г/га) и эпин (25 мг д.в./га) применяли в фазу начало трубкования. Агротехника возделывания озимого тритикале – рекомендуемая для зоны Полесья на аналогичных почвах. Уборку культуры проводили прямым комбайнированием.

Погодные условия в период проведения опытов существенно различались, что повлияло на формирование урожайности озимого тритикале.

В осенний период вегетации растений наблюдалась повышенная температура (+ 4,2 – 22,7%) и недостаток влаги (- 51,3 – 99,6%) по сравнению с многолетними показателями. В целом после перезимовки растения озимого тритикале были в хорошем состоянии.

Более значимое влияние на рост и развитие посевов озимых зерновых оказали погодные условия весенне-летнего периода вегетации растений. Вегетационный период 2006 г. характеризовался как засушливый, но температура воздуха была близкой к многолетней, за исключением апреля, который был теплее обычного. Особенно неблагоприятным был период вегетации растений 2007 года: длительный весенний период отличался низкой температурой воздуха с переходом временами к заморозкам на почве до -9,2 °С, которые в значительной степени повредили растения. Существенный недобор осадков в мае – июне при повышенной температуре воздуха отрицательно повлиял на закладку и формирование репродуктивных органов и урожайность. Погодные условия 2008 г. были наиболее благоприятными для формирования элементов продуктивности и урожайности озимого тритикале в целом. Сравнительно неблагоприятным был вегетационный период 2009 г.: холодные, часто с замерзанием почвы, ночи апреля и, особенно, мая сопровождалась практически отсутствием осадков в 3-ей декаде апреля и 1-2 декадах мая, т.е. в период кущения и трубкования растений, закладки будущего урожая.

Для формирования урожайности, при высокой эффективности удобрений и других приемов интенсификации возделывания озимого тритикале большое значение имеет обеспеченность растений доступной влагой (особенно в критический период – начало трубкования – флаговый лист), запас которой зависит от количества выпавших осадков.

Запасы влаги в почве в 2008 г. были наибольшими – 205 мм, а в 2007 наименьшими – 101 мм. Суммарный расход влаги за период начало трубкования – флаговый лист колебался за годы исследований в пределах от 55 (2007 г.) до 165 мм (2008 г.). Между суммарным расходом влаги в этот период и уровнем формируемой урожайности установлена тесная корреляционная связь ($R^2 = 0,90$).

Таким образом, вегетационный период 2008 г. был наиболее благоприятным для роста и развития озимого тритикале.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты исследований показали, что на формирование урожайности озимого тритикале значительное влияние оказали погодные условия. Урожайность культуры в варианте $P_{80}K_{120} + N'_{60}$ (фон 2) в среднем за 4 года составила 46,4 ц/га, при более благоприятных погодных условиях она находилась на уровне 65,3, а при менее благоприятных – 29,4 ц/га.

Дополнительное внесение азотных удобрений в фазе начала трубкования и флагового листа (N_{30}) повышало урожайность зерна озимого тритикале на 2,2 и 2,3 ц/га соответственно и улучшало качество зерна. Однако дробное внесение $N_{90(60+30)}$ по урожайности зерна в среднем за 4 года не имело преимуществ перед однократным внесением такой же дозы азота – N_{90} . В то же время следует отметить, что по результатам наших исследований дробное внесение азотных удобрений способствует повышению содержания сырого протеина в зерне на 0,35-1,03 %.

Важное значение в повышении и стабилизации урожайности озимого тритикале по годам имело комплексное применение удобрений, микроэлементов, физиологически активных веществ, ретардантов и фунгицидов. Комплексное применение средств химизации в большей степени стабилизирует получение более высокой урожайности, прежде всего, при неблагоприятных погодных условиях (2007 г.) и наиболее благоприятных (2008 г.).

Обработка посевов озимого тритикале сульфатом меди способствовала повышению урожайности зерна в сравнении с фоновым вариантом в среднем за 4 года на 3,0 ц/га. При этом в более благоприятные погодные условия (2008 г.) урожайность достигла уровня 67,2 ц/га, а в неблагоприятные (2007 г.) – 35,5 ц/га, прибавка составила соответственно 2,1 и 6,1 ц/га.

Таблица 1

Влияние применения азотной подкормки, эпина, терпала, фунгицида и сульфата меди на урожайность озимого тритикале

Вариант	Урожайность, ц/га					Прибавка, ц/га		** Другие средства (среднее)
						к		
	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	среднее	фону 1	фону 2	
1. P ₈₀ K ₁₂₀ – фон 1	33,4	28,9	56,2	45,4	41,0	-	-	-
2. Фон+N ₆₀ – фон 2	40,8	29,4	65,3	50,0	46,4	5,4	-	-
3. Фон 2+ N ₃₀ ^{///}	48,1	29,4	65,1	51,8	48,6	7,6	2,2	-
4. Фон 2+ N ₃₀ ^{///}	46,7	31,5	64,2	52,2	48,7	7,7	2,3	-
5. Фон 1+ N ₉₀ ^{///}	43,8	33,0	68,3	50,6	48,9	7,9	2,5	-
6. Фон 2+ (N ₃₀ ^{///} + Cu)	52,2	35,5	67,2	52,8	51,6	10,6	5,2	3,0
7. Фон 2+ (N ₃₀ ^{///} + эпин)	53,6	37,1	66,0	53,4	52,2	11,2	5,8	3,6
8. Фон 2+ (N ₃₀ ^{///} + PP)	55,4	38,0	70,7	52,0	54,7	13,7	8,3	6,1
9. Фон 2 + (N ₃₀ ^{///} + Cu + PP +эпин)	53,3	35,8	71,5	53,7	53,6	12,6	7,2	5,0
10. Фон 2 + (N ₃₀ ^{///} + Ф)	54,0	35,9	68,8	52,7	52,9	11,9	6,5	4,2
11. Фон 2+ (N ₃₀ ^{///} + PP) + (N ₃₀ ^{///} + PP)	54,1	35,2	74,2	53,3	54,5	13,5	8,1	-
12. Вариант 11 + Ф (в фазу флаг. листа)	52,8	38,6	78,3	55,3	56,3	15,3	9,9	-
НСР ₀₅	1,9	1,5	2,6	2,3	-	-	-	-

* – Азотные удобрения вносили: N^I – ранневесенняя подкормка; N^{II} – в фазу начало трубкования; N^{III} – флагового листа.

** – Прибавка от Cu, эпина, терпала, фунгицида.

Действие регулятора роста растений эпина также было эффективным. Под его влиянием урожайность зерна в среднем за 4 года возросла по сравнению с фоном (P₈₀ K₁₂₀ + N^I₆₀ + N^{II}₃₀) на 3,6 ц/га и составила 52,2 ц/га.

Применение ретарданта способствовало повышению урожайности озимого тритикале в среднем до 54,7 ц/га, при благоприятных погодных условиях достигла уровня 70,7, а при неблагоприятных – 38,0 ц/га. Прибавка урожайности от применения терпала в среднем за 4 года составила 6,1 ц/га, при более благоприятных погодных условиях (2008 г.) – 5,6, а при неблагоприятных (2007г.) – 8,6 ц/га, т.е. при неблагоприятных погодных условиях эффективность терпала выше.

При совместном внесении сульфата меди, эпина и терпала урожайность зерна составила 53,6 ц/га, что выше по сравнению с фоновым вариантом на 5,0 ц/га.

Прибавка урожайности от применения фунгицида в среднем за 4 года составила 4,3 ц/га, при более благоприятных погодных условиях (2008 г.) – 3,7 ц/га, а при неблагоприятных (2007 г.) – 4,4 ц/га.

Наиболее высокая урожайность зерна за 4 года получена при дробном внесении азотных удобрений совместно с ретардантом и фунгицидом, которые в благоприятный по погодным условиям период вегетации обеспечивали формирование урожайности на уровне 78,3 ц/га и получение прибавки к фону 2-13,0 ц/га.

ВЫВОДЫ

1. На формирование урожайности озимого тритикале значительное влияние оказали погодные условия. Урожайность этой культуры в варианте P₈₀K₁₂₀+N^I₆₀ (фон 2) в среднем за 4 года составила 46,4 ц/га, при более благоприятных погодных условиях она находилась на уровне 65,3, а при менее благоприятных – 29,4 ц/га.

2. Дополнительное (к N₆₀) внесение азотных удобрений в подкормку (N₃₀) в начале трубкования и флагового листа обеспечивало прибавку урожайности зерна озимого тритикале на уровне 2,2 и 2,3 ц/га соответственно и не имело преимуществ перед внесением такой же дозы (N₉₀) азота в один прием. Однако дробное внесение азотных удобрений способствует повышению содержания сырого протеина в зерне на 0,35-1,03%.

3. Применение средств химизации способствует формированию более высокой урожайности при менее благоприятных погодных условиях. Так, прибавка зерна от применения сульфата меди при неблагоприятных погодных условиях составила 6,1 ц/га; эпина – 7,7; ретарданта – 8,6 и фунгицида –

6,5 ц/га, что выше по сравнению с благоприятными условиями на 4,0; 7,0; 3,0 и 3,0 ц/га соответственно.

4. Наиболее высокая урожайность зерна в среднем за 4 года получена при совместном применении азотных удобрений в подкормку, ретарданта и фунгицида – 56,3 ц/га, что выше по сравнению с фоновым вариантом (N₆₀) на 9,9 ц/га. Однако внесение азотных удобрений в три срока, применение ретарданта в два срока и фунгицида на посевах озимого тритикале экономически и агрономически обосновано только при благоприятных погодных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шапиро, С.Б. Актуальные проблемы агропромышленного комплекса Республики / С.Б. Шапиро // Весці НАН Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2008. – № 4. – С. 20 – 28.
2. Богдевич, И.М. Агрехимические пути повышения плодородия дерново-подзолистых почв: дис. ... д-ра с.-х. наук / И.М. Богдевич. – Минск, 1992. – 73 с.
3. Зерновые культуры / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – 2-е изд., дораб. и доп. – Минск: ФУАинформ, 2000. – 421 с.
4. Рациональное применение удобрений: пособие / И.Р. Вильдфлуш [и др.]; под общ. ред. И.Р. Вильдфлуша. – Горки: БГСХА, 2002. – 324 с.
5. Лапа, В. В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В. Лапа, В.Н. Босак. – Минск, 2002. – 184 с.
6. Семененко, Н.Н. Азотный режим дерново-подзолистых почв и рациональное применение азотных удобрений: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04 / Н.Н. Семененко / Бел НИИПА. – Минск, 1992. – 48 с.
7. Булавина, Т.М. Оптимизация приемов возделывания тритикале в Беларуси / Т.М. Булавина / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т земледелия и селекции НАН Беларуси; науч. ред. С.И. Гриб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2005. – 224 с.
8. Кадыров, М.А. Современные технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / М. А. Кадыров, Д.В. Лужинский, А.Н. Киселева; под ред. М. А. Кадырова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2005. – 304 с.
9. Пономаренко, С.П. Регуляторы роста растений / С.П. Пономаренко. – Киев: Институт биологической химии НАН Украины, 2003. – 319 с.
10. Шевелуха, В.С. Состояние и перспективы исследований и применения фиторегуляторов в растениеводстве / В.С. Шевелуха, И.К. Блиновский // Регуляторы роста растений. – Москва: Агропомиздат, 1990. – С. 6-35.

EFFICIENCY OF COMPLEX APPLICATION OF MEANS OF CHEMICALIZATION AT WINTER TRITICALE CULTIVATION ON THE ANTHROPOLOGICALLY-TRANSFORMED PEAT SOILS

N.N. Semenenko, I.I. Vaga

Summary

Results of long-term research on influence of complex application of means of chemicalization on productivity of winter triticale are presented at cultivation on the anthropologically-transformed peat soils. The highest productivity of grain on the average for 4 years is received at joint application of a plant growth regulator with fungicides – 56,3 c/ha, that above in comparison with a background variant on 9,9 c/ha. However entering of nitric fertilizers into three terms, application of retardants in two terms and fungicides is economically and energetically proved only under favorable weather conditions.

Поступила 15 апреля 2010 г.

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ СЕМЯН ЯРОВОГО РАПСА ПРИ ИЗВЕСТКОВАНИИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ СЛАБОКИСЛОЙ ПОЧВЫ

И.А. Царук¹, Т.М. Германович², Г.М. Сафроновская¹

¹Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

²Белорусский государственный экономический университет, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных задач сельского хозяйства республики является наращивание объемов производства пищевого растительного масла и обеспечение интенсивно развивающегося животноводства высокобелковыми кормами собственного производства. Основа такого роста – расширение посевов масличных культур и повышение их урожайности и качества [1]. Рапс в Республике Беларусь является основной масличной культурой.

В настоящее время рапс не только дает сырье для получения пищевого масла, но и является отличным предшественником для зерновых культур. При производстве растительных масел из семян рапса получают в качестве побочных продуктов жмыхи и экстракционные шроты, которые используются на корм животным. Более полному обеспечению животноводческого сектора белком будет способствовать расширение посевов крестоцветных культур до 500 тыс. га за счет озимого, ярового рапса и озимой сурепицы, что позволит получить 200 тыс. т сырого белка [2].

Озимая и яровая формы рапса имеют свои преимущества. Озимый рапс отличается высокой семенной продуктивностью. Урожайность озимого рапса в среднем в 1,4-2,4 раза выше, чем ярового, что обуславливает более широкое его распространение. Яровой рапс отличается стабильностью и качеством. При возделывании озимого рапса иногда возникает проблема с перезимовкой и яровой рапс используют при пересеве озимого.

Культура отзывчива на известкование почвы и это необходимо учитывать при определении его места в севообороте [3].

Наибольший эффект от внесения извести получен на сильно- и среднекислых почвах (рН менее 5,00), однако каждый пятый гектар, известкуемый в настоящее время, представлен группой суглинистых почв с рН 5,51-6,00 [4, 5, 6].

Начиная с 1998 г., из группы слабокислых (рН 5,51-6,00) известкуются только суглинистые почвы, которые составляют 24,8% от общей площади суглинистых почв и 20,9% от всей площади пахотных земель, подлежащих известкованию [6], так как лишь при известковании почв IV группы кислотности на суглинистых и глинистых почвах может быть достигнут уровень кислотности (рН более 6,00), который входит в зону оптимума большинства сельскохозяйственных культур [7]. Для химической мелиорации пригодны любые формы промышленных и местных известковых удобрений, однако нормативная база известкования рассчитана на применение доломитовой муки как самого универсального и экологически чистого мелиоранта. Наличие в Республике Беларусь почв с содержанием магния более 300 мг/кг обуславливает необходимость применения известковых материалов, не содержащих данный элемент в своем составе [8]. В первую очередь к ним относятся карбонатный сапропель и мел, нейтрализующая способность которых выше по сравнению с доломитовой мукой.

В опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве при исходной кислотности 4,30 внесение доломитовой муки способствовало увеличению рН до 6,60, содержания доступного кальция в почве с 1004 мг/кг до 1048 мг/кг и урожайности семян рапса на 25%. При применении мергеля рН увеличилось лишь до 5,50, содержание обменного кальция в почве до – 1710 мг/кг, а урожайность – на 65% [5]. Таким образом, известкование может являться непосредственным источником кальция и магния в качестве элементов питания для растений рапса.

Максимальный урожай рапса получен при рН 5,60-6,00 [9]. По данным других авторов [1, 10], оптимальным для выращивания рапса является уровень рН 6,01-7,00. Значительные прибавки урожая рапс дает при увеличении в почве доступного кальция до 1710 мг/кг [5].

Высокие урожаи сельскохозяйственных культур не могут быть получены без достаточного развития фотосинтетической деятельности посевов, продуктивность которой определяется комплексом метеорологических факторов, где ведущее место занимают солнечная радиация, температурный режим, условия увлажнения, а также условия питания [11].

Известно [12], что продуктивность фотосинтеза растений и, в конечном итоге, урожай определяются двумя главными показателями – суммарной площадью листьев и интенсивностью фотосинтетических процессов на единицу листовой поверхности. Основным показателем работы фотосинтетической деятельности – развитие листовой поверхности листьев (площадь листовой поверхности по стадиям роста и развития растений), который оказывает непосредственное влияние на накопление био-

массы растений. Для оценки состояния посевов используют значения фотосинтетического потенциала (ЛПФ) – суммы ежедневных показателей площади листьев на гектар посева, который характеризует фотосинтетическую мощность посевов за весь вегетационный период или за отдельный промежуток времени (млн. м² сутки/га).

Важным показателем интенсивности роста ярового рапса является чистая продуктивность фотосинтеза (далее ЧПФ), которая характеризует прирост сухого вещества на единицу площади за единицу времени. Этот показатель измеряется в г/м² сутки. ЧПФ зависит от интенсивности фотосинтеза, дыхания, скорости отмирания фитомассы [13].

В литературе приведено крайне недостаточно данных по влиянию известкования различными формами мелиорантов на продуктивность и качество рапса. Поэтому целью наших исследований являлось установить влияние известкования дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы на показатели фотосинтетической продуктивности и урожайность ярового рапса.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению влияния известкования дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы на продуктивность ярового рапса проводились в 2008-2009 гг. в СПК «Щемяслица» Минского района на дерново-подзолистой суглинистой, развивающейся на мощных легких лессовидных суглинках, почве.

Исследования проводились в двух полях в звене севооборота: яровое тритикале «Лана», горох WSB132.128, яровой рапс «Антей», пелюшко-овсяная смесь. Общая площадь делянки – 50 м², учетная – 40 м². Схема опыта (представлена в таблицах по тексту) включала 9 вариантов и предусматривала изучение на фоне внесения различных доз азотного и калийного удобрения влияния различных форм известковых мелиорантов (доломитовая мука, карбонатный сапропель, мел) на фотосинтетическую продуктивность и урожайность ярового рапса. Повторность опыта 4-х кратная, размещение делянок – рендомизированное.

Почва опытного участка до закладки опыта характеризовалась средним содержанием гумуса (2,1%), слабокислой реакцией среды рН_{KCl} – 5,60-5,65, высоким содержанием подвижного фосфора Р₂О₅ (0,2 М HCl) – (259-260 мг/кг почвы) и повышенным содержанием подвижного калия К₂О (0,2 М HCl) – (233-265 мг/кг почвы), содержание обменного кальция СаО (1 М KCl) было средним – (978-998 мг/кг почвы), а содержание обменного магния MgO (1 М KCl) – повышенным (202-205 мг/кг почвы).

В 2006 г. проведено известкование почвы поля № 1, а в 2007 г. – поля № 2 доломитовой мукой, карбонатным сапропелем и мелом из расчета 5,3 т/га доломитовой муки, 10,2 т/га карбонатного сапропеля и 7,1 т/га мела. Кислотность почвы опытного участка при возделывании рапса находилась в интервале рН 5,56-6,57. Предшественником ярового рапса был горох сорт WSB 1.132.128. Норма высева семян рапса составила – 1,8 млн. всхожих семян на 1 га.

Метеорологические условия в 2008-2009 гг. различались по температурному режиму и количеству выпавших осадков, что отразилось на продуктивности культуры. Вегетационный период 2008 г. характеризовался как умеренно влажный и теплый (ГТК=1,6). В 2008 г. в июне ГТК составил 0,8, июле – 1,6, в августе был равен 1,1. Вегетационный период 2009 года по значению ГТК 2,3 характеризовался как избыточно влажный с недостатком осадков в апреле и их избытком в июне-июле.

Агротехника возделывания ярового рапса – общепринятая для Республики Беларусь.

Предпосевную обработку почвы выполняли АКШ – 3,6. Под предпосевную культивацию были внесены минеральные удобрения в виде карбамида (46% N), аммонизированного суперфосфата (8% N и 30% Р₂О₅) и хлористого калия (60% К₂О). Азотные удобрения вносили дробно: 90 кг/га перед севом, 30 кг/га в подкормку в форме мочевины в период стеблевания.

В фазу начала бутонизации проведена некорневая подкормка растений ярового рапса Адоб Бор 0,5 л/га (75 г бора на 1 га).

Учет урожая семян ярового рапса проведен поделяночно.

Исследования и проведение лабораторных анализов осуществлялись по существующим методикам и ГОСТ.

Во время вегетации растений проводились фенологические наблюдения. На посевах рапса в фазу розетки листьев, стеблевания, бутонизации, цветения, плодообразования поделяночно, с 0,25 м², были отобраны растительные образцы для определения площади листовой поверхности, динамики накопления сухой биомассы, расчета фотосинтетического потенциала, чистой продуктивности фотосинтеза. Показатели фотосинтетической деятельности посевов рапса определялись методом отпечатков согласно общепринятым методикам [12, 13].

Статистическая обработка результатов исследований выполнена с использованием дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализов по Б.А. Доспехову (1985) с использованием соответствующих программ на компьютере.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализируя динамику накопления ассимиляционного аппарата посевов ярового рапса, следует отметить, что по мере прохождения фаз роста и развития площадь листовой поверхности увеличивалась, достигнув своего максимума в фазу цветения (табл. 1). По окончании фазы цветения и начала процесса плодообразования наблюдалось сокращение ассимиляционной поверхности посевов ярового рапса.

Известкование доломитовой мукой, мелом и карбонатным сапропелем оказывало положительное влияние на фотосинтетическую деятельность посевов ярового рапса (табл. 1).

По отношению к варианту $N_{120}P_{75}K_{90}$ в фазу цветения в варианте $N_{120}P_{75}K_{90}$ + д.м. площадь листовой поверхности рапса возросла на 3,0 тыс. м²/га, в варианте $N_{120}P_{75}K_{90}$ + мел – на 1,9 тыс. м²/га, в варианте $N_{120}P_{75}K_{90}$ + к.с. – на 7,9 тыс. м²/га.

В фазе стеблевания и плодообразования площадь листовой поверхности ярового рапса в варианте с применением мела превосходила значения в вариантах с применением доломитовой муки и карбонатного сапропеля. Это было связано с более интенсивной скоростью нарастания фитомассы в этом варианте в период от фазы розетки листьев до фазы стеблевания, а также более медленным отмиранием листьев от фазы цветения до фазы плодообразования.

Таблица 1

Динамика нарастания листовой поверхности ярового рапса при известковании дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы, 2008-2009 гг.

Вариант	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га				
	фаза розетка листьев	фаза стеблевание	фаза бутонизация	фаза цветение	фаза плодообразование
Контроль	22,2	42,3	51,4	67,7	37,7
$N_{120}P_{75}K_{90}$	26,2	50,2	59,8	72,3	42,3
$N_{120}P_{75}$ + д.м.	24,5	48,5	58,6	70,4	40,4
$N_{120}P_{75}K_{90}$ + д.м.	27,8	53,0	62,8	75,3	45,0
$N_{120}P_{75}K_{120}$ + д.м.	28,5	54,2	64,1	74,8	46,1
$N_{120}P_{75}K_{150}$ + д.м.	29,8	58,5	68,2	81,4	50,6
$N_{150}P_{75}K_{150}$ + д.м.	30,0	57,9	67,3	81,0	51,4
$N_{120}P_{75}K_{90}$ + мел	26,0	56,8	62,1	74,2	50,2
$N_{120}P_{75}K_{90}$ + к.с.	28,3	52,4	65,4	80,2	44,2
НСП ₀₅	0,9	1,1	0,8	0,9	1,1

Результаты наших исследований показали, что повышение на фоне доломитовой муки норм калийного удобрения способствует лучшему развитию ассимиляционного аппарата на протяжении всего периода вегетации.

Наибольшую площадь листовой поверхности посева рапса формировали при внесении $N_{120}P_{75}K_{150}$ + д.м. и $N_{150}P_{75}K_{150}$ + д.м.

Увеличение на фоне доломитовой муки дозы калийного удобрения с K_{120} до K_{150} кг/га способствовало приросту ассимиляционного аппарата рапса в фазу бутонизации на 4,1 тыс. м²/га, в фазу цветения – на 6,6 тыс. м²/га.

Увеличение дозы азотного удобрения с N_{120} до N_{150} кг/га не способствовало увеличению площади листьев ярового рапса.

В фазу цветения в вариантах $N_{120}P_{75}K_{150}$ + д.м. и $N_{150}P_{75}K_{150}$ + д.м. площадь листовой поверхности ярового рапса достигла максимальных значений и составила 81,4 тыс. м²/га и 81,0 тыс. м²/га соответственно.

Накопление сухого вещества растениями рапса зависело от площади листовой поверхности и возрастало от фазы розетки к фазе плодообразования (табл. 2).

При применении $N_{120}P_{75}K_{90}$ на фоне доломитовой муки сбор сухого вещества ярового рапса фазу цветения увеличился на 3,9 ц/га, на фоне мела – на 1,9 ц/га, карбонатного сапропеля – на 3,2 ц/га,

Применение калийного удобрения в дозе K_{150} кг/га на фоне доломитовой муки по отношению к варианту $N_{120}P_{75}K_{120}$ + д.м. способствовало приросту сухой биомассы растений рапса в фазу цветения на 3,4 ц/га.

Увеличение дозы азота с N_{120} до N_{150} кг/га в варианте $N_{150}P_{75}K_{150}$ + д.м. не способствовало увеличению массы сухого вещества по фазам развития культуры.

В фазу плодообразования при применении на фоне доломитовой муки $N_{120}P_{75}K_{150}$ сбор сухого вещества ярового рапса достиг максимальных значений (76,2 ц/га).

Фотосинтетический потенциал посевов ярового рапса увеличивался и достигал максимальных значений в межфазный период цветение – плодообразование (табл. 3).

Минимальные значения фотосинтетического потенциала отмечались в межфазный период стеблевания – бутонизации, так как на первых этапах роста и развития (30-40 дней после всходов) рапс развивается медленно.

Таблица 2

Динамика накопления биомассы по фазам роста и развития ярового рапса в зависимости от известкования слабокислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, 2008-2009 гг.

Вариант	Накопление сухого вещества, ц/га				
	фаза розетка листьев	фаза стеблевания	фаза бутонизация	фаза цветение	фаза плодообразования
Контроль	4,1	8,5	16,4	39,8	59,2
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₉₀	6,2	11,4	22,3	51,9	62,7
N ₁₂₀ P ₇₅ + д.м.	5,7	12,1	20,8	50,3	61,3
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₉₀ + д.м.	8,5	14,2	25,4	55,8	67,4
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₁₂₀ + д.м.	9,1	15,0	26,5	58,5	72,3
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₁₅₀ + д.м.	8,2	16,3	30,3	61,9	76,2
N ₁₅₀ P ₇₅ K ₁₅₀ + д.м.	7,8	15,7	29,4	61,0	75,1
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₉₀ + мел	6,5	13,2	23,6	53,8	66,2
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₉₀ + к.с.	6,9	14,8	24,8	55,1	68,7
НСП ₀₅	0,3	0,5	1,2	1,1	1,3

Известкование слабокислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы доломитовой мукой, мелом и карбонатным сапропелем способствовало росту фотосинтетического потенциала посевов ярового рапса в период бутонизации – цветение на 0,09-0,10-0,12 млн. м² сутки/га.

Наибольшие значения фотосинтетического потенциала наблюдались в вариантах с наибольшей площадью листовой поверхности. В варианте N₁₂₀P₇₅K₁₅₀ + д.м. в межфазный период бутонизации – цветение фотосинтетический потенциал посевов ярового рапса составлял 3,00 млн. м² сутки/га.

Максимальных значений фотосинтетический потенциал посевов ярового рапса достигал в межфазный период цветение – плодообразование, что было связано с длительностью прохождения этого периода.

Чистая продуктивность посевов ярового рапса (ЧПФ) возрастала от фазы стеблевания до фазы плодообразования (табл. 4). Известкование слабокислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы оказывало неоднозначное влияние на значение чистой продуктивности посевов ярового рапса по фазам роста и развития культуры.

Таблица 3

Фотосинтетический потенциал посевов ярового рапса в зависимости от известкования дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы, 2008-2009 гг.

Вариант	Межфазный период, млн. м ² сутки/га		
	стеблевание – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – плодообразование
Контроль	0,84	2,18	2,26
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₉₀	0,99	2,45	2,69
N ₁₂₀ P ₇₅ + д.м.	0,81	2,49	2,76
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₉₀ + д.м.	1,03	2,54	2,84
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₁₂₀ + д.м.	0,97	2,56	3,26
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₁₅₀ + д.м.	1,10	3,00	3,33
N ₁₅₀ P ₇₅ K ₁₅₀ + д.м.	1,09	2,59	3,04
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₉₀ + мел	1,05	2,55	2,85
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₉₀ + к.с.	1,07	2,57	3,12

От фазы стеблевания до бутонизации растений рапса известкование доломитовой мукой и карбонатным сапропелем совместно с N₁₂₀P₇₅K₉₀ способствовало увлечению чистой продуктивности по-

севов ярового рапса на 0,07 и 0,04 г/м² сутки соответственно. На фоне применения мела показатель в эту фазу уменьшился на 0,02 г/м² сутки.

В межфазный период бутонизация – цветение при применении доломитовой муки происходило снижение ЧПФ на 0,05 г/м² сутки, на фоне мела – увеличение на 0,04 г/м² сутки.

Таблица 4

Чистая продуктивность фотосинтеза посевов ярового рапса в 2008-2009 гг.

Вариант	Межфазный период, г/м ² сутки		
	стебление – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – плодообразование
Контроль	0,43	0,54	0,73
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₉₀	0,34	0,46	0,80
N ₁₂₀ P ₇₅ + д.м.	0,40	0,39	0,98
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₉₀ + д.м.	0,41	0,41	1,10
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₁₂₀ + д.м.	0,33	0,48	0,93
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₁₅₀ + д.м.	0,32	0,46	0,82
N ₁₅₀ P ₇₅ K ₁₅₀ + д.м.	0,33	0,49	0,73
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₉₀ + мел	0,32	0,50	0,89
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₉₀ + к.с.	0,38	0,46	0,74

В межфазный период цветение – плодообразование на фоне доломитовой муки и мела ЧПФ посевов ярового рапса возрастала на 0,30 и 0,09 г/м² сутки соответственно, на фоне карбонатного сапропеля – уменьшалась на 0,06 г/м² сутки.

Это вызвано тем, что в различные фазы роста и развития на разном уровне минерального питания нарастание площади листовой поверхности и их биомассы идет различными темпами.

Таким образом, известкование дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы оказывало положительное влияние на интенсивность фотосинтетической деятельности посевов ярового рапса.

Высококачественный, среднеранний, продуктивный сорт универсального использования «Антей» является одним из стабильных и продуктивных сортов ярового рапса в Беларуси. В структуре ярового рапса в республике площади посева этого сорта существенно увеличились и составляют 63% [2].

Урожайность семян ярового рапса в наших исследованиях в среднем за два года по вариантам опыта составляла 25,6-35,9 ц/га (табл. 7).

Результаты исследований показывают, что яровой рапс положительно реагирует на внесение известковых мелиорантов. Известкование дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы доломитовой мукой, мелом и карбонатным сапропелем при применении минеральных удобрений (N₁₂₀P₇₅K₉₀) способствовало росту урожайности семян ярового рапса соответственно на 3,0, 1,5 и 3,6 ц/га.

Таблица 7

Влияние различных форм известковых материалов на урожайность семян ярового рапса, (2008- 2009) гг.

Вариант	Урожайность семян, ц/га			Прибавка урожая семян, ц/га		Окупаемость 1 т CaCO ₃ , кг семян
	2008 г.	2009 г.	Ср. 2008-2009 гг.	к контролю	к варианту без внесения известковых материалов	
Контроль	27,8	18,1	22,9	–	–	–
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₉₀	33,9	25,1	29,4	6,5	–	–
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₉₀ + д.м.	36,7	28,2	32,4	9,5	3,0	59
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₉₀ + мел	35,3	26,6	30,9	8,0	1,5	29
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₉₀ + к.с.	37,2	29,0	33,0	10,1	3,6	72
НСП ₀₅	1,4	1,5	1,3			

Окупаемость 1 т CaCO₃ при этом составила 59, 29 и 72 кг семян. Следует отметить, что по влиянию на урожайность семян ярового рапса доломитовая мука практически не уступала действию карбонатного сапропеля.

На фоне известкования доломитовой мукой применение калийного удобрения в дозах калия 90, 120 и 150 кг/га способствовало увеличению урожайности семян ярового рапса соответственно на 5,6, 6,8 и 9,1 ц/га (табл. 8).

Таблица 8

Эффективность калийного удобрения при возделывании ярового рапса на фоне известкования, (2008- 2009) гг.

Вариант	Урожайность семян, ц/га			Прибавка урожая семян, ц/га		Окупаемость 1 кг калия, кг семян
	2008 г.	2009 г.	Ср. 2008-2009 гг.	к контролю	к варианту без внесения калия	
Контроль	27,8	18,1	22,9	–	–	–
N ₁₂₀ P ₇₅ + д.м.	29,5	24,0	26,8	3,9	–	–
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₉₀ + д.м.	36,7	28,2	32,4	9,5	5,6	6,2
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₁₂₀ + д.м.	37,5	29,8	33,6	10,7	6,8	5,7
N ₁₂₀ P ₇₅ K ₁₅₀ + д.м.	38,8	33,0	35,9	13,0	9,1	6,1
N ₁₅₀ P ₇₅ K ₁₅₀ + д.м.	38,0	35,3	36,7	13,8	–	–
НСР ₀₅	1,7	2,0	1,8			

Окупаемость 1 кг калия при внесении 90,120 и 150 кг в почву существенно не различалась и составляла соответственно 6,2 5,7 и 6,1 кг семян. При повышении доз азота со 120 до 150 кг/га отмечается тенденция роста урожайности семян ярового рапса. В среднем в 2008-2009 гг. в варианте N₁₅₀P₇₅K₁₅₀ + д.м. урожайность семян ярового рапса была наибольшей и составила 36,7 ц/га.

Между урожайностью семян ярового рапса и фотосинтетической поверхностью листьев в фазу бутонизации и цветения, когда происходит наибольшее потребление элементов минерального питания растениями ярового рапса, выявлена тесная статистическая зависимость (табл. 9).

Таблица 9

Взаимосвязь площади листьев и урожайности семян ярового рапса

Фаза развития	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации, R ²
Бутонизация	y = 0,6608x - 9,8891	0,94
Цветение	y = 0,4219x - 0,4286	0,82

Это говорит о том, что межфазный период бутонизации – цветения является наиболее важным в формировании урожайности семян ярового рапса и 94% варьирования урожайности в фазу бутонизации обуславливается величиной фотосинтезирующей поверхности ярового рапса.

ВЫВОДЫ

Известкование дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы оказывало благоприятное воздействие на развитие продукционного процесса растений ярового рапса. При применении доломитовой муки, мела и карбонатного сапропеля на фоне N₁₂₀P₇₅K₉₀ площадь листовой поверхности ярового рапса в фазу цветения увеличилась на 3,0-1,9-7,9 тыс. м²/га, фотосинтетический потенциал посевов ярового рапса в межфазный период бутонизации – цветения увеличился на 0,09-0,10-0,12 млн. м² сутки/га, накопление сухой биомассы растений – на 3,9-1,9-3,2 ц/га, урожайность семян ярового рапса – на 3,0-1,5-3,6 ц/га соответственно.

Наибольшая урожайность семян ярового рапса на уровне 36,7 ц/га формировалась на фоне известкования доломитовой мукой при внесении N₁₅₀P₇₅K₁₅₀.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рапс / Шпаар Д. [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 208 с.

2. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов, 2-е изд., доп. и перераб. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.
3. Mercik, S. Effect of long- and short- term liming on soil and plants / S. Mercik, W. Stepień // Pol. J. Soil Sc. – 1994. – V. 27. – № 1. – P. 79-86.
4. Василюк, Г.В. Пути энергосбережения при известковании кислых почв Беларуси / Г.В. Василюк, Н.В. Клебанович, Т.Т. Шапшеева // Роль адаптивной интенсификации земледелия в повышении эффективности аграрного производства: материалы Междунар. науч. конф. – Жодино, 1998. – Т. 1. – С. 170-174.
5. Клебанович, Н.В. Известкование почв Беларуси: монография / Н.В. Клебанович, Г.В. Василюк. – Минск: изд-во БГУ, 2003. – 321 с.
6. Клебанович, Н.В. Экономическая эффективность известкования слабокислых почв / Н.В. Клебанович // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы X Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 28 февр.-1 марта 2007 г. Гродн. гос. аграр. ун-т. – Гродно, 2007. – С. 259.
7. Аканова, Н.И. Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при длительном последствии известкования / Н.И. Аканова // Агрохимия. – 2000. – №9. – С. 28-34.
8. Богдевич, И.М. Агрохимические показатели плодородия почв и мероприятия по их улучшению / И.М. Богдевич // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2005. – № 4. – С. 48-59.
9. Клебанович, Н.В. Система поддерживающего известкования почв Беларуси: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04 / Н.В. Клебанович; НИРУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2004. – 42 с.
10. Василюк, Г.В. Почвенные и агрохимические условия возделывания рапса / Г.В. Василюк, Т.М. Германович // Использование опыта зарубежных стран и передовых хозяйств по увеличению производства рапса в Республике Беларусь: тез. докл. Междунар. конф., Минск, 30 июня – 1 июля 2003 г. / СП «Сельскохозяйственные услуги»; редкол. Г.И. Шейгеревич [и др.]. – Минск, 2003. – С. 56.
11. Лапа, В.В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В. Лапа, В.Н. Босак; РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2002. – 184 с.
12. Ничипорович, А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А.А. Ничипорович. – М., 1965. – 170 с.
13. Методическое руководство по исследованию смешанных агрофитоценозов / Н.А. Ламан [и др.]. – Минск: Наука і тэхніка, 1996. – 101 с.

PHOTOSYNTHETIC EFFICIENCY AND YIELD OF SPRING RAPE SEEDS IN THE LIMING OF SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SLIGHTLY ACID SOIL

I.A. Tsaruk, T.M. Germanovich, G.M. Safronovskaya

Summary

The liming of sod-podzolic light loamy slightly acid soil had a favorable impact on the performance of the production process and seed yield of spring rape.

Seed yield of spring rape in liming of sod-podzolic light loamy slightly acid soil with dolomite flour, chalk, and calcareous saptopel on the background $N_{120}P_{75}K_{90}$ increased at 3,0-1,5-3,6 t/ha.

The highest seed yield of spring rape at the level of 36,7 kg / ha was formed on the background of liming with dolomite flour in making $N_{150}P_{75}K_{150}$.

Поступила 23 апреля 2010 г

ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ НА НАКОПЛЕНИЕ ПОСЛЕУБОРОЧНЫХ ОСТАТКОВ ЯРОВОГО РАПСА

В.Н. Шлапунов, В.А. Радовня, А.В. Аляпкин
*Полесский институт растениеводства,
Гомельская обл., п. Кричицкий, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Повышению плодородия почв в Беларуси всегда придавалось большое значение. Особо остро стоит эта проблема для легких почв, в которых органического вещества содержится в 2-3 раза меньше, чем в суглинистых. Органическая масса является важным источником элементов питания, а также повышает емкость поглощения почв и способна связывать не только гораздо больше питательных веществ из минеральных удобрений, но также до 7 раз больше воды, чем минеральная часть [1]. Гумусовые вещества обладают коллоидными свойствами и способствуют образованию структурных элементов, тем самым улучшая водно-воздушный режим. Сильно выраженная поглотительная способность и буферные свойства препятствуют резким сдвигам реакции среды при внесении больших доз минеральных удобрений.

Считается, что для бездефицитного баланса гумуса на легких почвах необходимо ежегодно вносить 15-17 т/га органических удобрений. Однако, корневые остатки также являются важной статьей прихода гумуса, за счет которых восстанавливается не менее 40% гумуса [2]. А посев на этих почвах многолетних бобовых трав выравнивает дефицит органического вещества за несколько лет. Указывается, что роль предшественника тем важнее, чем ниже плодородие почвы [1].

Многие авторы отмечают повышение урожайности зерновых культур, высеваемых после рапса [3, 4, 5]. В настоящее время общепризнано, что рапс наравне с многолетними бобовыми травами и удобренными навозом пропашными относится к «улучшающим» культурам севооборота, способным восстанавливать плодородие почвы [1].

Так, по данным И.В. Артемова [6], рапс «... оставляет в 1,5-2 раза больше корневых и пожнивных остатков, чем клевер, содержание в них органического вещества эквивалентно 15-20 т навоза, еще столько же содержится в соломе». Благодаря корневым выделениям и большому количеству пожнивных остатков рапс оказывает благоприятное воздействие на структуру почвы и с этим на водно-воздушный режим. Благодаря формированию большой надземной массы рапс активно подавляет развитие сорняков, в том числе и пырея ползучего [7]. Установлено, что размещение яровой пшеницы после крестоцветных культур способствует снижению развития корневых гнилей на ней в 1,4-2,3 раза, а также повышает биологическую активность почвы [3].

По мнению К.К. Сатубалдина [8], именно действие активных веществ, выделяемых корнями рапса, на микрофлору в почве является главной причиной полезного влияния рапса как предшественника.

Таким образом, положительный эффект, оказываемый рапсом и другими крестоцветными культурами в севообороте, объясняется комплексным влиянием на агрофизические и агрохимические показатели почвы, а также на ее фитосанитарное состояние. В почве значительно усиливаются различные микробиологические процессы, происходит накопление органического вещества. Ведущим же условием всех процессов является количество и качество растительных остатков, поступающих в почву.

В наших опытах по разработке агротехники ярового рапса на дерново-подзолистых связносупесчаных почвах Полесья [9] одновременно изучалось накопление им корневых и пожнивных остатков в зависимости от изучаемых приемов в сравнении с другими культурами. Полученные данные показывают, что приемы агротехники оказывают существенное влияние как на продуктивность нетоварной части урожая (солома и корни), так и на ее качество.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевые опыты проводились в РНДУП «Полесский институт растениеводства». Почва опытного участка – дерново-подзолистая связносупесчаная, подстилаемая с глубины 1,4 м моренным суглинком. Содержание гумуса в почве 1,8%, P_2O_5 – 180-220, K_2O – 160-187 мг/кг почвы, $pH_{(KCl)}$ – 5,5-5,7. Опыты (схемы указаны в таблицах 1, 2) закладывались в 4-х кратной повторности, размер учетных делянок – 26-30 м². Возделывание культур велось в рядовых посевах по интенсивной технологии, рекомендуемой для зоны. Уборка семян осуществлялась прямым комбайнированием, учет корневых остатков проводился на глубину пахотного горизонта (24 см) по методу почвенных монолитов, уро-

жайность соломы, включая стерневые остатки, рассчитывалась методом пробного снопа, содержание общего азота – по Къельдалю.

Погодные условия во время исследований были резко контрастными. В 2001 году количество осадков в апреле-июне было достаточным и превышало среднегодовую норму на 10%, наступившая во второй половине июля засуха незначительно повлияла на налив семян. Последующий 2002 год можно охарактеризовать как исключительно засушливый. Количество осадков за вегетационный период в этот год было в два раза меньше, чем в 2001 году, ГТК за это время составил 0,9 (против 1,7 в 2001 году).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В наших опытах была оценена продуктивность нетоварной части урожая (солома и корни) наиболее распространенных сортов яровых культур в Полесской зоне Беларуси: рапса ярового, горчицы белой, редьки масличной, ячменя ярового, люпина узколистного (табл. 1). Согласно результатам двухлетних исследований наибольшую урожайность соломы имеют крестоцветные культуры: абсолютным лидером является редька масличная, яровой рапс уступает ей на 32,5%, горчица белая – на 47,4%. Урожайность соломы люпина узколистного была в среднем в два раза меньше редьки масличной. Наименьшую урожайность соломы обеспечил ячмень.

Таблица 1

Характеристика нетоварной части урожая полевых культур (среднее 2001-2002 гг.)

Культура	Масса, ц/га абсолютно сухого вещества				Содержание азота, % абсолютно сухого вещества		Содержание азота в урожае нетоварной части, кг/га		
	солома	корни	всего	% соломы	солома	корни	корни	всего	% соломы
Рапс яровой Явар	52,2	15,9	68,1	76,7	0,79	1,01	16,1	57,1	71,8
Горчица белая Ярынка	40,7	10,7	51,4	79,0	0,75	1,07	11,4	41,7	72,9
Редька масличная Ника	77,3	13,1	90,4	85,5	0,72	0,89	11,6	67,7	82,7
Ячмень яровой Гастинец	30,8	8,3	39,1	78,8	0,55	0,90	7,5	24,3	69,1
Люпин узколистный Миртан	37,8	9,4	47,2	80,1	1,20	1,47	13,8	59,2	76,7
НСР ₀₅	10,2	2,9							

Несколько по-другому развивалась корневая система рассматриваемых культур. Наибольшее количество корневых остатков в пахотном горизонте оставляли яровой рапс и редька масличная (15,9 и 13,1 ц/га соответственно). Масса корней ячменя и люпина узколистного оказались наименьшими – 8,3-9,4 ц/га. По общему сбору растительных остатков (солома + корневые остатки) яровой рапс уступил лишь редьке масличной на 25% и в 1,4-1,7 раза превзошел ячмень и люпин узколистный. Количество растительных остатков, поступающих в почву после ярового рапса, оказалось сравнимым с количеством растительных остатков после многолетних трав. К примеру, А.А. Усеня [10] приводит данные, что после двухлетнего возделывания клеверо-тимофеечной смеси в почве остается 62,4 ц/га растительных остатков.

Солома зерновых культур в отличие от зернобобовых отличается низким содержанием азота. Солома крестоцветных культур занимает промежуточное значение. Однако благодаря высокой урожайности соломы общее содержание азота в урожае нетоварной части (солома+корни) ярового рапса незначительно уступило люпину узколистному и в 2,3 раза превзошло ячмень.

В отличие от озимых зерновых корни ячменя отличаются высоким содержанием азота [11]. В наших опытах у ячменя и у крестоцветных культур оно оказалось практически равным (0,89-1,07%), и значительно выше у люпина (1,47%).

Расчеты показали, что наибольшим содержанием азота в нетоварной части урожая (солома + корни) отличается редька масличная. Рапс яровой и люпин узколистный уступают ей на 13-16%, ячмень – в 2,8 раза.

Солома крестоцветных и зернобобовых культур обычно измельчается и поступает в почву. Солома же ярового ячменя или остается на поле, или отчуждается. В последнем случае масса стерневых остатков составляет не более 5 ц/га. В результате и общее количество пожнивных остатков

(стерня + корни), поступающих в почву, а также содержащегося в них азота сокращается до 13,3 ц/га и 10,2 кг/га соответственно. Если исходить из того, что это обычно встречаемый в производстве вариант, получается, что по сравнению с ячменем при возделывании редьки масличной в почве с органическими остатками поступает азота в 6,6 раза больше, и в 5,7-5,9 раз больше при возделывании рапса ярового и люпина узколистного, а это эквивалентно его содержанию в 11,4-13,5 т навоза.

Следует отметить, что данные расчеты поступления азота несколько условны, т.к. не учитывают корневой и растительный опад при жизни растений, довольно значительный у крестоцветных (в наших опытах в фазе цветения масса листьев ярового рапса достигала 5-6 т/га или 0,6-0,7 т/га абсолютно сухого вещества). Кроме того, довольно большая часть корней люпина и крестоцветных культур находится в подпахотном горизонте, что не учитывалось в наших расчетах. Некоторые авторы указывают на большое положительное влияние поступления органической массы в почву на развитие гетерогенных азотфиксаторов, количество фиксируемого ими азота в прикорневой зоне достигает 20 кг/га азота [12]. Вместе с тем растительные остатки с узким соотношением C:N быстро разлагаются в почве, что делает возможным вымывание азота из пахотного слоя.

В наших опытах выявлено также значительное влияние приемов агротехники на формирование соломы, корней, а также накопление в них азота. Так, увеличение уровня азотного питания ярового рапса с N_0 до N_{60-120} на фоне внесения $P_{60}K_{90}$ увеличивало не только урожайность маслосемян, но и урожайность соломы на 29-60% (табл. 2). Развитие корневой системы при этом несколько уменьшалось.

Таблица 2

Развитие корневой системы и урожайность соломы ярового рапса в зависимости от приемов агротехники

Доза азота	Норма высева семян, млн. шт./га	Урожайность маслосемян, ц/га			Пожнивные остатки							
					Урожайность соломы, ц/га			Масса корневых остатков, ц/га			Всего, ц/га	
		2001 г.	2002 г.	среднее	2001 г.	2002 г.	среднее	2001 г.	2002 г.	среднее	среднее	
N_0	1,5	21,4	13,7	17,6	36,2	27,1	31,7	25,3	13,5	19,4	51,0	
	3,5	24,1	11,0	17,6	55,4	18,8	37,1	22,0	12,3	17,1	54,2	
N_{60}	1,5	32,2	15,7	24,0	46,6	35,5	41,0	22,0	16,3	19,1	60,2	
	3,5	30,6	12,4	21,5	67,1	32,8	50,0	18,5	18,3	18,4	68,3	
N_{120}	1,5	37,3	18,3	27,8	53,8	47,9	50,8	20,0	16,1	18,1	68,9	
	3,5	32,8	14,5	23,7	72,3	40,1	56,2	18,8	10,5	14,6	70,8	
НСП ₀₅ доза азота		4,7	2,2		5,2	4,4		2,6	2,1			
норма высева		3,3	1,5		8,2	6,2		2,0	4,2			

В 2001 году на фоне азотного питания N_{0-60} и нормы высева семян 1,5 и 3,5 млн. шт./га не оказывали существенного влияния на урожайность маслосемян. С увеличением уровня азотного питания до N_{120} урожайность маслосемян была на 12% больше в разреженных посевах. В последующем 2002 году, отличавшемся резким дефицитом влаги в период формирования и налива семян, наибольшая урожайность маслосемян при всех уровнях азотного питания достигалась при норме высева 1,5 млн. шт./га.

При загущении в благоприятный 2001 год урожайность соломы повышалась до 34%, в засушливый 2002 – значительно снижалась. При этом по мере ухудшения азотного питания во влажный 2001 год прослеживалась тенденция увеличения массы корней, в сухой она была наибольшей при умеренной дозе азота (60 кг/га по д.в.).

Рассматриваемые агроприемы оказали также определенное влияние на химический состав товарной и нетоварной части урожая. При возделывании ярового рапса в загущенных посевах без внесения азотных удобрений содержание азота в соломе было наименьшим. С увеличением доз азотных удобрений содержание азота в соломе повышалось до 0,65-0,74% (табл. 3).

В корнях на контрольном варианте (N_0) содержание азота в загущенных посевах было наибольшим, что объясняется небольшими размерами главных корней. При повышении доз внесения азота до N_{120} содержание азота в корнях повышалось на 23-40% только при норме высева от 1,5 млн. шт./га семян. В загущенных посевах наблюдалось небольшое снижение содержания азота в корнях.

На общее поглощение азота всем урожаем ярового рапса наиболее существенный вклад оказали дозы азотных удобрений. Нормы высева повлияли лишь на перераспределение азота между частями урожая (табл. 4).

На контрольном варианте общий биологический вынос азота не зависел от норм высева и вероятно лимитировался лишь количеством доступного азота в почве. По мере увеличения доз внесения азотных удобрений вынос азота увеличивался, однако удельный вес его содержания в нетоварной части урожая (солома + корни) оставался прежним – 37-39% от биологического выноса. На фоне азотного удобрения N₁₂₀ наблюдалось повышение поглощения азота соломой и уменьшенное его потребление корнями, т.е. растения ярового рапса не смогли своевременно утилизировать потребленный азот.

Расчеты показывают, при удобрении ярового рапса в дозе N₆₀P₆₀K₉₀ количество азота, оставшегося в растительных остатках, равноценно его содержанию в 10,5-12,4 т навоза, а при внесении N₁₂₀P₆₀K₉₀ – 13,6-14,4 т навоза.

В соломе и корнях ярового рапса остается примерно такая же доля фосфора, как и азота (38-46% от общего потребления или 32-40 кг/га). В противоположность этим элементам, основная часть калия остается на поле (83-87% от общего потребления или 194-221 кг/га). Такое количество калия содержится в 32,3-36,8 т подстилочного навоза.

Таблица 3

Содержание азота в растительной массе ярового рапса в зависимости от приемов агротехники (среднее 2001-2002 гг.), %

Доза азота	Норма высева семян, млн. шт./га	Семена	Солома	Корни
N ₀	1,5	3,90	0,65	0,89
	3,5	3,72	0,55	1,14
N ₆₀	1,5	3,56	0,63	1,10
	3,5	3,78	0,65	1,03
N ₁₂₀	1,5	3,66	0,73	1,25
	3,5	3,73	0,74	0,94

Таблица 4

Вынос азота при различных нормах высева, кг/га

Нормы высева, млн. шт./га	Семенами	Соломой	Корнями	Биологический вынос	Семена+ солома	Солома+ корни
Без азотных удобрений						
1,5	63,4	20,6	17,3	101	84,0	37,9
3,5	62,5	20,4	19,5	102	82,9	39,9
% к 1,5 млн. шт./га	98,6	99,0	112,9	101	98,7	105
60 кг/га д.в. азотных удобрений						
1,5	75,9	25,8	21,0	123	102	46,8
3,5	80,0	32,5	19,0	131	113	51,5
% к 1 млн. шт./га	105	126	90,2	107	110,6	110
120 кг/га д.в. азотных удобрений						
1,5	97,8	37,1	22,6	158	135	59,7
3,5	84,9	41,6	13,7	140	126	55,3
% к 1 млн. шт./га	86,8	112	60,7	89,0	93,8	92,6

ВЫВОДЫ

1. При возделывании ярового рапса в почву поступает большое количество органической массы (52,2 ц/га соломы и 15,9 ц/га корневых остатков) и азота (57 кг/га), сравнимое с люпином узколистым.
2. Урожайность соломы и корней, содержание в них азота существенно зависит от погодных условий и от применяемых агротехнических приемов. С увеличением уровня азотного питания с N_0 до N_{60-120} на фоне внесения $P_{60}K_{90}$ урожайность соломы повышается от 31,7-37,1 ц/га до 50,8-56,2 ц/га. Масса корней при этом практически не изменяется.
3. В загущенных посевах (норма высева 3,5 млн. шт./га) с увеличением доз внесения азотных удобрений содержание азота в соломе повышается с 0,55% до 0,65-0,74%, содержание азота в корнях, напротив, несколько снижается. В разреженных посевах содержание азота в соломе повышается с 0,65 до 0,73%, а содержание азота в корнях – с 0,89 до 1,25%.
4. По мере увеличения доз внесения азотных удобрений вынос азота увеличивается, однако удельный вес его содержания в нетоварной части урожая (солома + корни) остается практически на одном уровне – 37-39% от биологического выноса. При удобрении ярового рапса в дозе $N_{60-120}P_{60}K_{90}$ и возделывании при нормах высева 1,0-3,5 млн. шт./га количество азота в растительных остатках эквивалентно его содержанию в 10,5-12,4 и 13,6-14,4 т навоза.
5. В соломе и корнях ярового рапса остается 38-46% от общего потребления фосфора (или 32-40 кг/га) и основная часть калия (83-87% от общего потребления или 194-221 кг/га). Такое количество калия содержится в 32,3-36,8 т подстилочного навоза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Благовещенская, З.К. Интенсивное производство зерна / З.К. Благовещенская. – М.: Агропромиздат, 1985. – 429 с.
2. Богдевич, И.М. Научные основы применения удобрений в Западном регионе СССР / И.М. Богдевич, К.К. Бривилан, И.Ю. Вайтекунас. – Мн.: Ураджай, 1981. – 200 с.
3. Осипович, А.М. Влияние предшественников на урожайность яровой пшеницы / А.М. Осипович // Сб. науч. тр. – Мн., 2004. – Вып. 40: Земледелие и селекция в Беларуси. – С. 44-47.
4. Пилюк, Я.Э. О возделывании озимого рапса в РБ // Состояние и перспективы возделывания крестоцветных культур в Белоруссии / Я.Э. Пилюк, В.В. Сушкевич, Г.И. Шейгеревич. – Тезисы докладов науч. конф., Жодино 7-10 октября, 1996 г. – С. 4-6.
5. Zawislak, K. Tolerancja zboz na wieloletni siew po sobie / K. Zawislak, J. Tyburski, B. Rychcik // Osewni postupy, Brno, 1988 — № 2-4. – P. 191-199.
6. Артемов, И. В. Рапс / И.В. Артемов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 44 с.
7. Гродзинский, А.М. Санитарная роль крестоцветных культур в севообороте / А.М. Гродзинский // Аллелопатия и продуктивность растений. – Киев, 1990. – С. 3-14.
8. Сатубалдин, К.К. Фитосанитарная роль рапса в севообороте / К.К. Сатубалдин // Защита растений и карантин. – 2004. – №10. – С. 48-49.
9. Шлапунов, В.Н. Особенности агротехники ярового рапса в условиях супесчаных почв Полеской зоны Беларуси / В.Н. Шлапунов, В.А. Радовня // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – № 6. – С. 17-19.
10. Усеня, А.А. Влияние предшественника на биологическую активность и урожайность озимой ржи / А.А. Усеня // Сб. статей науч. работников и аспирантов / БелНИИЗК. – Мн.: 2002. – с.59-62.
11. Левин, Ф.И. Влияние культур на образование подвижных кумусовых веществ в дерново-подзолистых почвах / Ф.И. Левин, Е.А. Денисова // Агрохимия. – 1986. – № 10. – С. 82-88.
12. Умаров, М.М. Ассоциативная азотфиксация / М.М. Умаров – М.: Изд-во МГУ. – 1986. – 121 с.

INFLUENCE OF AGRICULTURAL METHODS ON ACCUMULATION OF THE POSTHARVEST RESTS OF SUMMER RAPE

V.N. Shlapunov, V.A. Radovnya, A.V. Alyapkin

Summary

The crop and the root residues of summer rape in comparison with other crops on sandy loam soils are studied. Influence of nitric fertilizers and seeding rates of summer rape on formation of straw and roots, and also the content in them of nutrients is shown.

Поступила 21 марта 2010 г.

ПРОДУКТИВНОСТЬ И ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ КУКУРУЗОЙ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

О.Н. Марцуль

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Кукуруза принадлежит к важнейшим мировым продовольственным, техническим и кормовым культурам. Так, по последним данным всемирной продовольственной и сельскохозяйственной организации при ООН (ФАО) из кукурузы во всем мире производят более 600 наименований различных основных и побочных продуктов. Зерно кукурузы является ценным энергетическим кормом (1 кг зерна = 1,34 к.ед.), оно с успехом может использоваться для продовольственных (хлебопечение, растительное масло и т.д.) и технических целей (биотопливо). Ценным энергетическим кормом является также зеленая масса кукурузы, 1 кг которой содержит от 0,13-0,15 до 0,28-0,30 к.ед. Кукурузный силос содержит 0,18-0,25 к.ед. и 10-16 г переваримого протеина. [1-6].

В Республике Беларусь кукурузу в первую очередь возделывают на кормовые цели, учитывая задачи АПК по увеличению объемов производства и реализации животноводческой продукции. Высокая потенциальная урожайность и сравнительно небольшие затраты при производстве обуславливают ее широкое распространение. С 2000 г. по 2009 г. посевы кукурузы на силос и зеленый корм возросли с 435 тыс. до 728 тыс. га, урожайность при этом повысилась со 181 ц/га до 269 ц/га, что делает актуальным необходимость дальнейшего повышения продуктивности данной культуры.

Кукуруза является пропашной культурой, довольно требовательной к плодородию почв. Для возделывания кукурузы в условиях Республики Беларусь наиболее пригодны дерново-подзолистые легко- и среднесуглинистые, а также супесчаные на связных породах почвы. Рекомендуемые параметры агрохимических показателей почвенного плодородия: pH_{KCl} – 5,8-7,0, содержание гумуса – не менее 1,8%, содержание подвижных соединений фосфора и калия – не менее 150 мг/кг почвы.

Кукуруза не только требовательна к почвенному плодородию, но и потребляет значительное количество элементов питания. С 1 т зеленой массы кукуруза в среднем выносятся 3,3 кг азота, 1,2 кг фосфора и 4,2 кг калия.

Одним из приемов получения высоких и устойчивых урожаев зеленой массы кукурузы в Республике Беларусь с хорошим кормовым качеством является применение минеральных и органических удобрений [3, 7-8].

Цель исследований – изучить влияние различных видов органических удобрений и отходов промышленности: дефеката, жома, лигнина и сборных компостов на их основе на продуктивность и качество зеленой массы кукурузы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по изучению кормовой продуктивности и выноса элементов питания кукурузой на зеленую массу проводили на дерново-подзолистой легкосуглинистой, развивающейся на мощном лессовидном суглинке, почве в СПК “Щемыслица” Минского района в полевом опыте РУП “Институт почвоведения и агрохимии”.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя исследуемой почвы имела следующие показатели: pH_{KCl} – 6,2-6,4, содержание P_2O_5 (0,2 М HCl) – 310-330 мг/кг, K_2O (0,2 М HCl) – 270-290 мг/кг почвы, гумуса (0,4 М $K_2Cr_2O_7$) – 1,7-1,9%.

Гибрид кукурузы Дельфин возделывали в течение 2008-2009 гг.

Схема опыта предусматривала внесение на фоне $N_{90+30}P_{60}K_{120}$ различных видов органических удобрений и отходов промышленности.

Используемые органические удобрения и отходы промышленности характеризуются следующими химическими показателями (% на естественную влажность):

- подстилочный навоз КРС ($N_{общ}$ – 0,40; P_2O_5 – 0,43; K_2O – 0,41; CaO – 0,21; MgO – 0,15; влажность – 77,5%; pH – 8,21);
- бесподстилочный навоз КРС ($N_{общ}$ – 0,32; P_2O_5 – 0,20; K_2O – 0,65; CaO – 0,25; MgO – 0,10; влажность – 84,0%; pH – 6,35);
- торф ($N_{общ}$ – 0,40; P_2O_5 – 0,13; K_2O – 0,02; CaO – 0,09; MgO – 0,03; влажность – 62,12%; pH – 2,72);
- солома озимого тритикале ($N_{общ}$ – 0,26; P_2O_5 – 0,30; K_2O – 1,02; CaO – 0,11; MgO – 0,16; влажность – 17,2%; pH – 6,32);

- дефека́т ($N_{\text{общ}} - 0,40$; $P_2O_5 - 1,27$; $K_2O - 0,05$; $CaO - 25,25$; $MgO - 0,77$; влажность – 31,17%; pH – 8,91);
- гидролизный лигнин ($N_{\text{общ}} - 0,10$; $P_2O_5 - 0,03$; $K_2O - 0,003$; $CaO - 0,47$; $MgO - 0,01$; влажность – 65,20%; pH – 5,37);
- свекловичный жом ($N_{\text{общ}} - 0,38$; $P_2O_5 - 0,04$; $K_2O - 0,18$; $CaO - 0,05$; $MgO - 0,07$; влажность – 84,99%; pH – 3,55);
- верми́компост ($N_{\text{общ}} - 0,69$; $P_2O_5 - 0,70$; $K_2O - 0,82$; $CaO - 0,34$; $MgO - 0,27$; влажность – 53,4%; pH – 7,34).

Готовые компосты должны отвечать следующим требованиям: обладать хорошей сыпучей структурой, влажностью 60-70%, слабощелочной или нейтральной реакцией среды.

С учетом вышеперечисленных требований были изготовлены компосты со следующим соотношением компонентов:

- компост на основе лигнина и дефека́та – соотношение лигнин : дефека́т = 1:1,4 ($N_{\text{общ}} - 0,17$; $P_2O_5 - 0,42$; $K_2O - 0,02$; $CaO - 6,23$; $MgO - 0,25$; влажность – 61,3%; pH – 8,42);
- компост на основе лигнина, дефека́та и навоза – соотношение лигнин : дефека́т : навоз = 1:1,5:0,5 ($N_{\text{общ}} - 0,23$; $P_2O_5 - 0,44$; $K_2O - 0,08$; $CaO - 6,05$; $MgO - 0,24$; влажность – 63,1%; pH – 8,43);
- торфонавозный компост – соотношение торф : бесподстилочный навоз = 1:3 ($N_{\text{общ}} - 0,55$; $P_2O_5 - 0,27$; $K_2O - 0,37$; $CaO - 0,26$; $MgO - 0,15$; влажность – 67,2%; pH – 6,84).

Органические удобрения вносили весной под вспашку, фосфорные (аммонизированный суперфосфат) и калийные (хлористый калий) удобрения, согласно схеме опыта, – весной под предпосевную культивацию, азотные (карбамид) – весной под предпосевную культивацию (N_{90}) и в фазу 6-8 листьев культуры (N_{30}).

Агротехника возделывания кукурузы – общепринятая для Республики Беларусь [9]. Уход за посевами кукурузы предусматривал обработку против сорняков после посева до всходов культуры почвенным гербицидом примэкстра голд. Норма расхода 3,5 л/га.

Уборку и учет урожайности зеленой массы кукурузы проводили поделаяночно.

Статистическая обработка результатов исследований выполнена по Б.А. Доспехову (1985) с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа на компьютере, расчет показателей кормовой продуктивности зеленой массы кукурузы – согласно общепринятым методикам [10-13].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Вегетационные периоды 2008 и 2009 гг. отличались по погодным условиям, что в определенной мере сказалось на продуктивности кукурузы и эффективности минеральных и органических удобрений в наших исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

Вегетационные периоды 2008 и 2009 гг. характеризовались неравномерным выпадением осадков по месяцам. 2008 год по погодным условиям был приближен к средним многолетним данным. Некоторые отличия по выпадению осадков отмечены в мае (больше средних многолетних данных на 41,5 мм) и июне (меньше на 41,4 мм). 2009 г. по погодным условиям был особенно влажным. В июне, июле и августе месячная норма осадков превысила среднюю многолетнюю норму на 173, 29,3 и 7,1 мм соответственно. Наиболее экстремальным по выпадению осадков оказался июнь. Его месячная норма выпавших осадков составила 255 мм. Количество осадков в сумме за 5 месяцев составило 536 мм. При этом большое количество осадков в июне и июле, при достаточно высокой температуре, не оказало негативного влияния на рост и развитие растений кукурузы.

В среднем за два года исследований на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве внесение минеральных удобрений $N_{90+30}P_{60}K_{120}$ обеспечило продуктивность зеленой массы кукурузы 125,0 ц/га к.ед. (625 ц/га зеленой массы) с прибавкой урожая 39,4 ц/га к.ед. при окупаемости 1 кг NPK 13,1 к.ед. (табл. 1).

Применение различных видов органических удобрений в вариантах с внесением органических и минеральных удобрений увеличило продуктивность кукурузы на 5,0-31,2 ц/га к.ед. при общей продуктивности в вариантах с полным органоминеральным удобрением 130,0-156,2 ц/га к.ед.

Максимальная продуктивность зеленой массы 156,2 к.ед. (781 ц/га зеленой массы) в наших исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве получена в варианте с совместным внесением 60 т/га подстилочного навоза и $N_{90+30}P_{60}K_{120}$. Несколько меньшую продуктивность обеспечило внесение 60 т/га торфонавозного компоста (153,8 ц/га к.ед.). Достаточно высокая урожайность получена в варианте с внесением 5 т/га соломы в сочетании с 40 т/га подстилочного навоза KPC на фоне полного минерального удобрения (150,1 ц/га к.ед.).

Таблица 1

**Влияние удобрений на кормовую продуктивность зеленой массы
кукурузы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (среднее за 2008-2009 гг.)**

Вариант	Зеленая масса, ц/га	Сбор к.ед., ц/га	Сбор КПЕ*, ц/га	Сырой белок, % в сухом веществе	Сбор сырого белка, ц/га	Сырой белок, г/кг зеленой массы	Переваримый протеин, г/кг зел. массы	Обеспеченность 1 к.ед. Пп**, г
Без удобрений	428	85,6	71,2	8,4	7,2	16,8	11,1	55,3
N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀ – фон	625	125,0	110,5	9,7	12,1	19,4	12,8	63,9
НРК + навоз, 20 т/га	685	137,0	121,6	9,8	13,4	19,6	13,0	64,8
НРК + солома озимого тритикале, 5 т/га + N ₄₀	676	135,2	121,4	10,1	13,6	20,1	13,3	66,4
НРК + фекал, 40 т/га	656	131,2	116,6	9,8	12,9	19,6	13,0	64,8
НРК + жом, 40 т/га	650	130,0	116,7	10,1	13,1	20,1	13,3	66,4
НРК + жом, 20 т/га + фекал, 20 т/га	684	136,8	126,6	10,8	14,7	21,5	14,2	71,0
НРК + вермикомпост, 5 т/га	702	140,4	124,7	9,8	13,8	19,6	13,0	64,8
НРК + солома оз. тритикале, 5 т/га + N ₄₀ + навоз, 40 т/га	751	150,2	141,2	11,1	16,7	22,3	14,7	73,4
НРК + навоз, 60 т/га	781	156,2	146,9	11,1	17,4	22,3	14,7	73,4
НРК + торфонавозный компост, 60 т/га	769	153,8	139,3	10,3	15,8	20,5	13,5	67,7
НРК + сборный компост (лигнин + фекал), 60 т/га	706	141,2	127,1	10,1	14,3	20,3	13,4	66,8
НРК + сборный компост (лигнин + фекал + навоз), 60 т/га	715	143,0	128,8	10,1	14,5	20,3	13,4	66,8
НСР ₀₅	24	4,8	4,3	0,4				

*КПЕ – кормопротеиновые единицы

**Пп – переваримый протеин

В лучшем по кормовой продуктивности варианте почвенное плодородие (включая роль сорта и агротехники) обеспечило 55% продуктивности (рис. 1). Долевое участие минеральных удобрений в формировании продуктивности зеленой массы кукурузы составило 25%, подстилочного навоза КРС – 20%.

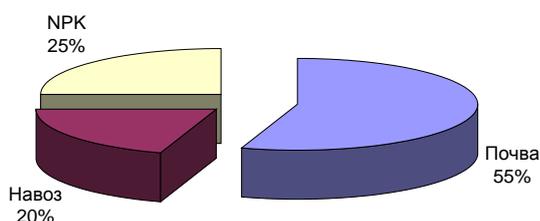


Рис. 1. Роль отдельных факторов в формировании продуктивности кукурузы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Для определения качества растительных кормов наряду с кормовыми единицами используют следующие основные показатели: кормопротеиновая единица (КПЕ), содержание и сбор сырого белка, содержание переваримого протеина, обеспеченность 1 кормовой единицы переваримым протеином [11-14].

Показатель кормопротеиновая единица учитывает содержание в корме кормовых единиц и переваримого протеина. Для расчета содержания кормопротеиновых единиц (КПЕ) используют формулу:

$$\text{КПЕ} = (\text{КЕ} + 12\text{Пп}) / 2,$$

где **КЕ** – содержание кормовых единиц в 1 кг корма; **12** – коэффициент, примерно отражающий соотношение количества кормовых единиц и переваримого протеина в зерне овса среднего качества; **Пп** – содержание в 1 кг корма переваримого протеина, кг.

В результате исследований установлено, что совместное применение органических и минеральных удобрений способствовало увеличению выхода КПЕ до 116,6-146,9 ц/га с максимальными показателями в варианте с совместным применением 60 т/га подстилочного навоза и полного минерального удобрения. Применение различных видов органических удобрений увеличило выход кормопротеиновых единиц на 6,1-36,4 ц/га.

Внесение минеральных и органических удобрений способствовало также увеличению содержания сырого белка в зеленой массе кукурузы с 8,4 до 9,7-11,1%, сбора сырого белка – с 7,2 до 17,4 ц/га. Содержание переваримого протеина в удобренных вариантах возросло с 11,1 до 14,7 г/кг зеленой массы.

Обеспеченность переваримым протеином 1 к.ед. в исследованиях с кукурузой изменялась в пределах 55,3-73,4 г, что делает необходимым балансировать корм из кукурузы концентрированными кормами до нормативных показателей (105-110 г Пп на 1 к.ед.) [11-12].

В лучшем по продуктивности варианте с применением на фоне $N_{90+30}P_{60}K_{120}$ навоза в дозе 60 т/га при урожайности зеленой массы 781 ц/га сбор сухого вещества составил 156,2 ц/га, сбор кормовых единиц – 156,2 ц/га, содержание сырого белка – 11,1%, переваримого протеина – 14,69 г/кг зеленой массы при обеспеченности 1 к.ед. 73,4 г переваримого протеина.

Наряду с показателями кормовой продуктивности качество корма зависит от содержания основных элементов питания в продукции. Содержание основных элементов питания является важным показателем оценки сельскохозяйственных культур и эффективности системы удобрения при их возделывании [13].

В наших исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве применение минеральных и органических удобрений способствовало увеличению содержания элементов питания, в первую очередь азота и калия в зеленой массе кукурузы гибрида Дельфин (табл. 2).

Содержание общего азота в вариантах с применением удобрений увеличилось с 1,34 до 1,78%, фосфора – с 0,96 до 1,08%, калия – с 2,38 до 2,52%.

Таблица 2

Влияние удобрений на содержание элементов питания в зеленой массе кукурузы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, % в сухом веществе (среднее за 2008-2009 гг.)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Без удобрений	1,34	0,96	2,38	0,38	0,49
N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀ – фон	1,55	1,08	2,50	0,33	0,49
NPK + навоз, 20 т/га	1,57	1,01	2,52	0,38	0,49
NPK + солома озимого тритикале, 5 т/га + N ₄₀	1,61	1,00	2,42	0,35	0,46
NPK + дефекаат, 40 т/га	1,57	1,02	2,41	0,39	0,48
NPK + жом, 40 т/га	1,61	1,04	2,41	0,36	0,50
NPK + жом, 20 т/га + дефекаат, 20 т/га	1,72	1,03	2,52	0,38	0,46
NPK + вермикомпост, 5 т/га	1,57	0,99	2,51	0,34	0,46
NPK + солома оз. тритикале, 5 т/га + N ₄₀ + навоз, 40 т/га	1,78	1,06	2,51	0,40	0,49
NPK + навоз, 60 т/га	1,78	0,97	2,43	0,39	0,47
NPK + ТНК, 60 т/га	1,64	1,00	2,45	0,36	0,48
NPK + компост (лигнин + дефекаат), 60 т/га	1,62	1,03	2,45	0,39	0,48
NPK + компост (лигнин + дефекаат + навоз), 60 т/га	1,62	1,01	2,44	0,39	0,48
HCP ₀₅	0,05	0,03	0,08	0,01	0,01

Содержание питательных элементов в растениях – довольно изменчивый показатель, который определяется рядом факторов (погодными условиями, обеспеченностью почвы элементами питания и т.п.). Поэтому более объективным показателем эффективности применения удобрений под сельскохозяйственные культуры является величина хозяйственного и нормативного (удельного) выноса элементов питания [8].

Результаты наших исследований на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве показали, что общий вынос элементов питания кукурузой на зеленую массу зависит от общей продуктивности кукурузы и содержания в зеленой массе элементов питания. Внесение минеральных и органических удобрений увеличило общий вынос элементов питания в опыте (табл. 3). В зависимости от опытного варианта, в фазу молочно-восковой спелости вынос азота кукурузой составил 115-278 кг/га, фосфора – 82-158, калия – 204-379, кальция – 32-61, магния – 42-74 кг/га.

Таблица 3

Влияние удобрений на вынос элементов питания зеленой массой кукурузы на дерново-подзолистой почве (среднее за 2008-2009 гг.)

Вариант	Общий вынос, кг/га					Удельный вынос, кг				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Без удобрений	115	82	204	32	42	2,7	1,9	4,8	0,8	1,0
N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀ – фон	194	135	312	41	61	3,1	2,2	5,0	0,7	1,0
NPK + навоз, 20 т/га	215	138	345	52	67	3,1	2,0	5,0	0,8	1,0
NPK + солома озимого тритикале, 5 т/га + N ₄₀	218	135	327	48	62	3,2	2,0	4,8	0,7	0,9
NPK + дефекаат, 40 т/га	206	133	316	51	63	3,1	2,0	4,8	0,8	1,0
NPK + жом, 40 т/га	209	135	313	46	65	3,2	2,1	4,8	0,7	1,0
NPK + жом, 20 т/га + дефекаат, 20 т/га	235	140	345	52	63	3,4	2,1	5,0	0,8	0,9

Вариант	Общий вынос, кг/га					Удельный вынос, кг				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
PK + вермикомпост, 5 т/га	220	139	352	48	64	3,1	2,0	5,0	0,7	0,9
NPK+солома оз. тритикале, 5 т/га + N ₄₀ + навоз, 40 т/га	267	158	377	60	73	3,6	2,1	5,0	0,8	1,0
NPK + навоз, 60 т/га	278	151	379	61	73	3,6	1,9	4,9	0,8	0,9
NPK + ТНК, 60 т/га	252	153	376	55	74	3,3	2,0	4,9	0,7	1,0
NPK + компост (лигнин + дефекат), 60 т/га	229	146	346	55	68	3,2	2,1	4,9	0,8	1,0
NPK + компост (лигнин + дефекат + навоз), 60 т/га	232	144	348	56	68	3,2	2,0	4,9	0,8	1,0

Удельный вынос (вынос с 1 т зеленой массы), показатели которого используют для расчета доз удобрений в сельскохозяйственном производстве [8], в вариантах с внесением органических и минеральных удобрений составил: 3,1-3,6 кг (N), 1,9-2,2 (P₂O₅), 4,8-5,0 (K₂O), 0,7-0,8 (CaO), 0,9-1,0 кг (MgO).

ВЫВОДЫ

В исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве применение различных видов органических удобрений (подстилочный навоз, торфонавозный компост, солома озимого тритикале, вермикомпост) и отходов промышленности (дефекат, жом, лигнин и сборные компосты на их основе) увеличило продуктивность кукурузы гибрида Дельфин на 5,0-31,2 ц/га к.ед. при окупаемости 1 т условного навоза 27-60 к.ед.

Применение полного минерального удобрения N₉₀₊₃₀P₆₀K₁₂₀ повысило продуктивность зеленой массы кукурузы на 39,4 ц/га к.ед. при окупаемости 1 кг NPK 13,1 к.ед.

Наиболее высокие показатели кормовой продуктивности кукурузы получены в вариантах с внесением на фоне полного минерального удобрения N₉₀₊₃₀P₆₀K₁₂₀ 60 т/га подстилочного навоза КРС (урожайность зеленой массы – 781 ц/га, сбор сухого вещества – 156,2 ц/га, сбор кормовых единиц – 156,2 ц/га, сбор кормопротеиновых единиц – 146,9 ц/га, содержание сырого белка – 11,1%, переваримого протеина – 14,69 г/кг зеленой массы при обеспеченности 1 к.ед. 73,4 г переваримого протеина) и 60 т/га торфонавозного компоста (урожайность зеленой массы составила 769 ц/га, сбор сухого вещества – 153,8 ц/га, сбор кормовых единиц – 153,8 ц/га, сбор кормопротеиновых единиц – 139,3 ц/га, содержание сырого белка – 10,3%, переваримого протеина – 13,5 г/кг зеленой массы при обеспеченности 1 к.ед. 67,7 г переваримого протеина).

Удельный вынос элементов питания в данных вариантах составил: 3,6 и 3,3 кг (N), 1,9 и 2,0 кг (P₂O₅), 4,9 и 4,9 кг (K₂O), 0,8 и 0,7 кг (CaO), 0,9 и 1,0 кг (MgO) с 1 т зеленой массы кукурузы соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агробиологические основы возделывания кукурузы на зерно и силос / Н.Ф. Надточаев [и др.]. – Минск: Техносервис, 2004. – 100 с.
2. Кукуруза / Д. Шпаар [и др.]. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 192 с.
3. Надточаев, Н.Ф. Выращивание кукурузы на силос и зерно / Н.Ф. Надточаев, С.С. Барсуков. – Минск: Ураджай, 1994. – 87 с.
4. Шлапунов, В. Важнейшие вопросы эффективного выращивания кукурузы в Беларуси / В. Шлапунов, В. Щербаков, Д. Шпаар // Международный аграрный журнал. – 1999. – № 3. – С. 15-20.
5. Шлапунов, В.Н. Кормовое поле Беларуси / В.Н. Шлапунов, В.С. Цыдик. – Барановичи, 2003. – 304 с.
6. Smith, C.W. Corn: Origin, History, Technology and Production / C.W. Smith, J. Betran, E.C. Rung. – John Wiley and Sons, 2004. – 949 p.
7. Методические указания по учету и применению органических удобрений / В.В. Лапа [и др.]; Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 16 с.
8. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; Институт почвоведения и агрохимии. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.

9. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отраслевых регламентов / под общ. ред. В.Г. Гусакова. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 304 с.
10. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
11. Корма и биологически активные вещества / Н.А. Попков [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 882 с.
12. Кормовые нормы и состав кормов / А.П. Шпаков [и др.]. – Витебск: УО ВГАВМ, 2005. – 376 с.
13. Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая / В.В. Лапа, В.Н. Босак; Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006. – 120 с.
14. Кукреш, Л.В. К проблеме производства кормового белка / Л.В. Кукреш, Н.П. Лукашевич // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – № 6. – С. 3-5.

PRODUCTIVITY AND NUTRITION ELEMENT REMOVAL UNDER CULTIVATION OF MAIZE ON SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL

O.N. Martsul'

Summary

In research on sod-podzolic light loamy soil the use of various kinds of organic fertilizers and industry waste has enhanced maize productivity by 5,0-31,2 c/ha of fodder units (f.u.), a full mineral fertilizer – on 39,4 c/ha of fodder units, at the general productivity in the fertilized variants of 125,0-156,2 c/ha of fodder units.

The highest productivity parameters of maize are received in variants with entering $N_{90+30}P_{60}K_{120}$ into a combination to 60 t/ha of straw manure of cattle (productivity of green mass – 781 c/ha, dry matter gathering – 156 c/ha, gathering of fodder units – 156,2 c/ha, gathering fodder protein units – 146,9 c/ha, the content of crude protein – 11,1%, digested protein – 14,69 g/kg of green mass at security 1 f. u. by digested protein at level of 73,4 g.) and to 60 t/ha of divot and manure compost (productivity of green mass – 769 c/ha, dry matter gathering – 153,8 c/ha, gathering of fodder units – 153,8 c/ha, gathering fodder protein units – 139,3 c/ha, the content of crude protein – 10,3%, digested protein – 13,5 g/kg of green mass at security 1 f. u. by digested protein at level of 67,7 g).

Поступила 5 апреля 2010 г.

ВЛИЯНИЕ БОРНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ БОРОМ

М.В. Рак, Е.Н. Барашкова

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Лен считается наиболее ранней яровой масличной культурой, потенциал его урожайности превышает 25 ц/га семян. Это одна из перспективных сельскохозяйственных культур комплексного использования, возделываемых в основном для получения масла, которое обладает свойством к быстрому высыханию и широко используется в промышленности и медицине. Льяной жмых содержит до 32-36% белка и является высокопитательным концентрированным кормом для животных [1,5-6].

В льяном семени, согласно исследованиям Б.П. Плешкова, содержится до 30% белка, до 40% жиров, 22% углеводов, 8% клетчатки, 4% золы. Льяной белок (линулин) обладает полным составом незаменимых для человека аминокислот. Лен масличный может быть значительным источником растительного масла для различных отраслей. Содержание насыщенных жирных кислот в масле составляет 10%, олеиновой – 18%, линолевой – 14%, линоленовой – 58%. Из этих количественных характеристик ингредиентов льяных семян следует, что основную их питательную ценность составляет льяное масло, обладающее высоким удельным энергосодержанием [2,7]. Значимость льяного масла огромна, прежде всего, по содержанию ненасыщенных кислот, витаминов F, A, ферментов и других соединений. Обладая высоким йодным числом (190-200), хорошей высыхающей способностью, оно широко используется для изготовления масляных красок, олиф и лаков.

Польза льяного масла для человека обусловлена преимущественно жирнокислотным составом его триглицеридов. Льяное масло относят к группе масел с содержанием линоленовой кислоты более 20%. Высокая активность линоленовой кислоты делает его незаменимым в медицинской промышленности. По содержанию жирных кислот и общей биологической ценности льяное масло превосходит другие растительные масла. [3-4].

В современных условиях одной из задач является повышение урожайности и качества льнопродукции с помощью сбалансированного микроэлементного питания культуры. Для решения поставленной задачи актуально изучение на льне масличном дифференцированного использования весьма значимого для его роста и развития микроэлемента – бора в зависимости от уровня обеспеченности им дерново-подзолистой почвы. Бор является наиболее эффективным микроэлементом для льна. Необходимость этого микроэлемента для льна обусловлена тем, что они активно участвуют в физиологических и биохимических процессах и значительно снижают поражение растений кальциевым хлорозом. Бор принимает участие в обмене углеводов, синтезе нуклеиновых кислот и белков, процессе роста растения и развитии генеративных органов. Избыток кальция и высокие значения pH почвенного раствора вызывают у растений льна борное голодание. Как результат – пожелтение и отмирание точки роста, приостановление роста и ветвление стебля. Внесение бора устраняет развитие грибных и бактериальных болезней, увеличивает урожайность семян. Одной из причин часто наблюдаемых заболеваний растений льна, связанных со слабым или избыточным поступлением бора в растения, является недостаточная обоснованность доз и сроков борных удобрений. Результаты ранее проводимых исследований не дают достаточной информации для разработки надежных критериев для обоснования приемов улучшения питания растений льна масличного бором, вносимых в виде неорганических солей и комплексонов. В связи с этим возникает необходимость проведения исследований по совершенствованию технологии возделывания масличного льна для условий Беларуси, с целью повышения урожайности и масличности семян. Важное значение при этом должно отводиться сбалансированному минеральному питанию растений макро- и микроэлементами. В технологии возделывания льна масличного вопросы оптимизации питания растений бором изучены слабо. Исходя из вышеизложенного, возникает необходимость изучения сравнительной эффективности неорганических солей и перспективных органоминеральных борных удобрений при возделывании льна масличного при различной обеспеченности почвы бором.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в полевом опыте в РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района на дерново-подзолистой супесчаной почве, развивающейся на водно-ледниковой супеси, подстилаемой с глубины 0,8 м моренным суглинком, сменяемым песком.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы имела следующие показатели: pH_{KCl} – 5,8-6,0, содержание гумуса – 2,40-2,76%, подвижного P_2O_5 и обменного K_2O (в 0,2 М HCl) соответственно 205 и 225 мг/кг почвы. Исходное содержание водорастворимого бора в пахотном слое – 0,28-0,35 мг/кг, подвижного цинка – 2,5 мг/кг почвы.

В опыте возделывался лен масличный Сонечны. Предшественник – озимая пшеница.

Схема опыта включала варианты с возрастающими дозами бора, которые вносили в некорневую подкормку растений льна масличного в фазу «елочка» на 5-ти уровнях насыщения супесчаной почвы бором, созданных перед закладкой опыта: 1-0,28 мг/кг (низкий); 2-0,65 мг/кг (средний); 3-0,95 мг/кг (высокий); 4-1,25 мг/кг (избыточный); 5-1,60 мг/кг почвы (избыточный).

1. Контроль без удобрений
 2. $N_{60}P_{60}K_{120}Zn_{0,2}$ – фон
 3. $B_{0,05}$
 4. $B_{0,10}$
 5. $B_{0,15}$
 6. $B_{0,05}$
 7. $B_{0,10}$
 8. $B_{0,15}$
- } борная кислота
- } жидкое удобрение МикроСтим-Бор

На фоне минеральных удобрений – $N_{60}P_{60}K_{120}$ кг/га и сульфата цинка – в некорневую подкормку в дозе 0,2 кг/га д.в. вносился бор в дозах 0,05, 0,10 и 0,15 кг/га в некорневые подкормки растений. В качестве борного удобрения применяли борную кислоту с содержанием 17,3% бора и жидкое удобрение МикроСтим-Бор, содержащее 50 г/л бора в органоминеральной форме и биостимулятор [8]. Минеральные удобрения внесены в форме карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия.

В процессе ухода за посевами льна проведена обработка гербицидами секатор (125 г/га) и 2М4Х (0,7 л/га), а также инсектицидом децис экстра (60 мл/га).

Погодные условия вегетационных периодов льна масличного в годы проведения исследований различались как температурой, так и количеством выпавших осадков. Вегетационный период 2006 года по гидротермическим условиям характеризовался как избыточно увлажненный (ГТК 1,7), но с равномерным выпадением осадков. Гидротермические условия вегетационного периода 2008 года были близки к среднегодовому показателю (ГТК 1,3) и отличались, прежде всего, неравномерностью выпадения осадков, наибольшее количество которых приходилось на апрель и недостаточное на июнь. В целом, для роста и развития льна масличного погодные условия вегетационных периодов в годы исследований были благоприятными.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В технологии возделывания льна масличного при определении эффективности борных удобрений большое значение имеет оценка урожайности и качества получаемой продукции.

Результаты исследований со льном масличным свидетельствуют о различном влиянии уровней насыщения почвы бором на урожайность семян льна (табл.1). Повышение содержания водорастворимого бора с 0,28 до 0,95 мг/кг способствовало увеличению урожайности семян с 23,5 до 26,3 ц/га. Увеличение содержания бора в почве с 1,25 до 1,6 мг/кг не приводило к дальнейшему повышению урожайности семян льна.

Эффективность форм и доз борного удобрения в некорневую подкормку льна масличного была различной в зависимости от уровня обеспеченности почвы бором. Кроме этого, прибавки семян определялись как формой, так и дозой борного удобрения. При низком содержании в пахотном слое бора существенные прибавки урожайности семян получены от обеих форм борного удобрения в диапазоне всех исследуемых доз элемента. Это свидетельствует о необходимости применения борного удобрения на льне при низком уровне содержания подвижного бора в почве.

При среднем содержании в пахотном слое супесчаной почвы бора максимальная прибавка урожайности льносемян – 5,0 ц/га – получена от некорневой подкормки бором в органоминеральной форме в дозе 0,05 кг/га д.в. При увеличении дозы бора до 0,1 кг/га д.в. достоверные прибавки семян получены от обеих форм борного удобрения и были в пределах 3,0-3,1 ц/га. Менее эффективно на данном уровне было внесение борной кислоты в дозе 0,15 кг/га д.в. Прибавка урожайности льносемян составила 2,8 ц/га.

При высоком содержании в пахотном слое бора (3 уровень) эффективен бор в дозе 0,05 кг/га д.в. в органоминеральной форме, обеспечивший прибавку урожая семян 2,3 ц/га.

На 4 уровне с избыточным содержанием в почве бора отмечается повышение урожайности семян культуры на 2,1 ц/га соответственно при использовании в некорневую подкормку только удобрения МикроСтим-Бор в дозе 0,05 кг/га д.в.

Таблица 1

Влияние форм и доз борных удобрений на урожайность, масличность и сбор масла льносемян при различной обеспеченности супесчаной почвы бором (среднее 2006, 2008 гг.)

Уровни содержания бора в почве	Варианты опыта	Урожайность льносемян, ц/га	Масличность, %	Сбор масла, ц/га	Прибавка сбора масла к фону, ц/га	
Низкое (0,28 мг/кг)	1. Контроль без удобрений	13,8	34,3	4,7		
	2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон	23,5	34,9	8,2	-	
	3. В _{0,05}	Борная кислота	26,0	34,9	9,1	0,9
	4. В _{0,10}		27,6	35,5	9,8	1,6
	5. В _{0,15}		29,0	35,5	10,3	2,1
	6. В _{0,05}	МикроСтим-Бор	27,7	35,6	9,9	1,7
	7. В _{0,10}		28,5	36,6	10,4	2,2
	8. В _{0,15}		27,8	34,4	9,6	1,4
Среднее (0,65 мг/кг)	2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон	25,4	35,2	8,9	-	
	3. В _{0,05}	Борная кислота	26,5	32,9	8,7	-
	4. В _{0,10}		28,4	32,6	9,2	0,3
	5. В _{0,15}		28,2	35,1	9,9	1,0
	6. В _{0,05}	МикроСтим-Бор	30,4	35,1	10,6	1,7
	7. В _{0,10}		28,5	36,2	10,3	1,4
	8. В _{0,15}		24,2	36,2	8,7	-
	Высокое (0,95 мг/кг)	2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон	26,3	38,3	10,1	-
3. В _{0,05}		Борная кислота	25,3	36,7	9,3	-
4. В _{0,10}			26,9	37,5	10,1	-
5. В _{0,15}			25,2	37,4	9,4	-
6. В _{0,05}		МикроСтим-Бор	28,6	39,7	11,3	1,2
7. В _{0,10}			26,9	37,4	10,1	-
8. В _{0,15}			25,3	37,5	9,5	-
Избыточное (1,25 мг/кг)		2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон	26,7	38,3	10,2	-
	3. В _{0,05}	Борная кислота	24,9	37,9	9,4	-
	4. В _{0,10}		25,4	38,0	9,6	-
	5. В _{0,15}		25,9	33,0	8,5	-
	6. В _{0,05}	МикроСтим-Бор	28,8	33,6	9,7	-
	7. В _{0,10}		27,1	33,9	9,2	-
	8. В _{0,15}		26,4	32,3	8,5	-
	Избыточное (1,60 мг/кг)	2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон	26,0	34,1	8,8	-
3. В _{0,05}		Борная кислота	25,7	35,3	9,1	0,3
4. В _{0,10}			25,2	32,1	8,1	-
5. В _{0,15}			26,4	34,0	8,9	-
6. В _{0,05}		МикроСтим-Бор	27,0	33,3	9,0	0,2
7. В _{0,10}			26,7	33,2	8,8	-
8. В _{0,15}			25,4	34,2	8,7	-
		НСП ₀₅	2,10	-	0,95	

Наиболее важным показателем, определяющим качество семян льна масличного, является содержание масла. Результаты двухлетних исследований позволили установить, что повышение содержания водорастворимого бора в почве и применение борных удобрений в некорневую подкормку оказали положительное влияние на масличность семян льна.

Повышение содержания бора в дерново-подзолистой супесчаной почве от 0,28 до 0,95 мг/кг способствовало увеличению масличности семян с 34,9 до 38,3% и сбора масла с 7,8 до 9,7 ц/га (рис. 1).

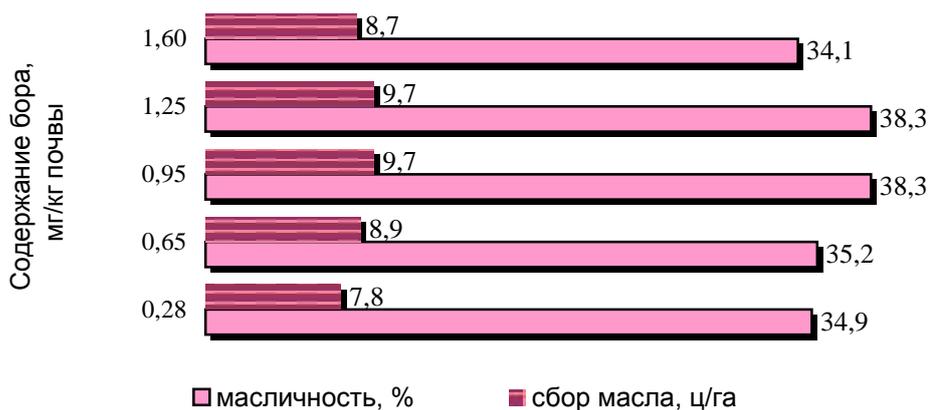


Рис. 1. Масличность семян льна и сбор масла при различной обеспеченности супесчаной почвы бором (среднее 2006, 2008 гг.)

Эффективность форм и доз борных удобрений в некорневую подкормку на показатель масличности семян различалась в зависимости от уровня обеспеченности почвы бором. Более высокая эффективность от применения в некорневую подкормку борных удобрений была получена при низком и среднем содержании бора в почве. Применение борных удобрений на почвах с избыточной концентрацией элемента в почве не способствовало повышению масличности семян льна.

Максимальное повышение содержания масла в семенах льна (на 1,7%) отмечается от некорневой подкормки удобрением МикроСтим-Бор в дозе 0,1 кг/га д.в. при низком содержании бора в почве (табл. 1). При среднем уровне обеспеченности почвы бором (0,65 мг/кг), некорневая подкормка удобрением МикроСтим-Бор в дозе 0,1 кг/га д.в. способствовала повышению масличности семян на 1,0%. При высоком содержании элемента в почве (0,95 мг/кг) повышение масла в семенах льна отмечено лишь в варианте с внесением удобрения МикроСтим-Бор в дозе 0,05 кг/га д.в.

Наибольшие прибавки сбора масла были получены при внесении борных удобрений в некорневую подкормку на низком и среднем уровне обеспеченности супесчаной почвы бором. Максимальная прибавка сбора масла (2,2 ц/га) получена при внесении удобрения МикроСтим-Бор в дозе 0,1 кг/га д.в. при низком содержании бора в почве.

Пищевые и технические достоинства любого растительного масла определяются соотношением жирных кислот. К основным жирным кислотам льняного масла относятся ненасыщенные – олеиновая, линолевая, линоленовая, и насыщенные – стеариновая и пальмитиновая.

В наших исследованиях установлено, что обеспеченность дерново-подзолистой супесчаной почвы подвижным бором и внесение в некорневую подкормку борных удобрений не оказывает значительного влияния на жирнокислотный состав семян льна масличного (табл. 2). Содержание пальмитиновой (6,18-6,81%) и стеариновой (3,44-3,83%) кислоты по вариантам опыта на различных уровнях насыщения почвы бором стабильно и практически не меняется. По содержанию олеиновой кислоты можно отметить тенденцию к её повышению от 14,10 до 14,58% по мере увеличения концентрации бора в почве с 0,28 до 1,25 мг/кг (по вариантам опыта пределы колебаний от 13,54 до 16,12%). Содержание линоленовой кислоты в пределах опыта варьирует от 67,26 до 70,00%, а линолевой от 5,49 до 7,57%.

В среднем за 2 года исследований отмечаются некоторые различия по жирнокислотному составу семян льна масличного, что, вероятно, связано с особенностями в формировании урожая под влиянием погодных условий. В 2008 году отмечается тенденция к снижению содержания в масле стеариновой, олеиновой и линоленовой кислоты, и некоторое повышение линолевой кислоты.

Таблица 2

Жирнокислотный состав семян льна масличного в зависимости от доз и форм борного удобрения при различном уровне обеспеченности почвы бором (среднее 2006, 2008 гг.)

Варианты	Массовая доля, % к сумме жирных кислот					
	Пальми-тиновая	Стеари-новая	Олеи-новая	Линоле-новая	Линолевая	
1. Контроль	6,29	3,82	15,94	66,83	6,26	
Уровень 1 – низкое содержание бора в почве (0,28 мг/кг)						
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон	6,41	3,59	14,10	68,53	6,62	
3. В _{0,05}	Борная кислота	6,36	3,47	13,54	70,00	5,90
4. В _{0,10}		6,28	3,63	14,11	69,39	5,84
5. В _{0,15}		6,34	3,59	14,10	69,39	5,84
6. В _{0,05}	МикроСтим-Бор	6,18	3,64	14,13	69,10	6,17
7. В _{0,10}		6,34	3,74	14,51	67,81	6,89
8. В _{0,15}		6,20	3,44	13,74	69,23	6,70
Уровень 2 – среднее содержание бора в почве (0,65 мг/кг)						
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон	6,37	3,66	14,13	68,53	6,56	
3. В _{0,05}	Борная кислота	6,34	3,68	14,24	67,94	7,00
4. В _{0,10}		6,28	3,64	14,30	69,28	5,71
5. В _{0,15}		6,35	3,61	14,46	68,39	6,43
6. В _{0,05}	МикроСтим-Бор	6,30	3,65	14,26	68,52	6,54
7. В _{0,10}		6,28	3,67	14,21	69,57	5,49
8. В _{0,15}		6,41	3,77	14,60	67,83	6,58
Уровень 3 – высокое содержание бора в почве (0,95 мг/кг)						
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон	6,47	3,45	14,18	68,90	6,31	
3. В _{0,05}	Борная кислота	6,33	3,72	14,64	68,18	6,34
4. В _{0,10}		6,35	3,70	14,50	68,20	6,52
5. В _{0,15}		6,34	3,74	14,70	67,88	6,48
6. В _{0,05}	МикроСтим-Бор	6,54	3,59	14,36	68,02	6,82
7. В _{0,10}		6,47	3,59	14,38	67,26	7,57
8. В _{0,15}		6,35	3,71	14,50	68,39	6,26
Уровень 4 – избыточное содержание бора в почве (1,25 мг/кг)						
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон	6,47	3,79	14,58	67,67	6,70	
3. В _{0,05}	Борная кислота	6,57	3,66	16,12	66,62	6,19
4. В _{0,10}		6,29	3,80	14,68	68,61	5,81
5. В _{0,15}		6,38	3,67	14,46	68,10	6,60
6. В _{0,05}	МикроСтим-Бор	6,38	3,75	14,90	67,85	6,32
7. В _{0,10}		6,55	3,65	14,57	67,65	6,85
8. В _{0,15}		6,34	3,83	14,77	67,60	6,66
Уровень 5 – избыточное содержание бора в почве (1,60 мг/кг)						
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон	6,40	3,64	14,54	68,46	6,15	
3. В _{0,05}	Борная кислота	6,81	3,47	14,63	68,61	5,82
4. В _{0,10}		6,41	3,67	14,60	68,70	5,87
5. В _{0,15}		6,47	3,67	14,72	68,28	6,09
6. В _{0,05}	МикроСтим-Бор	6,34	3,70	14,45	68,82	5,90
7. В _{0,10}		6,59	3,65	14,51	68,33	6,24
8. В _{0,15}		6,32	3,69	14,68	67,92	6,66

ВЫВОДЫ

1. При возделывании льна масличного на дерново-подзолистой супесчаной почве повышение содержания водорастворимого бора с 0,28 до 0,95 мг/кг способствует увеличению урожайности семян с 23,5 до 26,3 ц/га, повышению масличности с 34,9 до 38,3%. Увеличение содержания бора в почве с 1,25 до 1,6 мг/кг не приводило к дальнейшему повышению урожайности и масличности семян льна.

2. Применение различных форм и доз борных удобрений при возделывании льна масличного на дерново-подзолистой супесчаной почве низко- средне- и высоко обеспеченной подвижным бором способствовало повышению урожайности и масличности льносемян. Жидкое удобрение МикроСтим-

Бор обеспечивала более высокую эффективность в сравнении с борной кислотой по мере повышения содержания бора в почве.

3. Обеспеченность дерново-подзолистой супесчаной почвы подвижным бором и внесение в некорневую подкормку борных удобрений не оказывает значительного влияния на жирнокислотный состав семян льна масличного.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богдан, Т.М. Лен масличный – источник растительного масла в республике Беларусь / Т.М. Богдан, Л.М. Полонецкая // Проблемы и пути повышения эффективности растениеводства в Беларуси: тезисы Юбилейной Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию образования Института земледелия, Жодино, 29 июня 2007 г. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по землед. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – С. 114-117.

2. Плешков, Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений / Б.П. Плешков – Москва: Агропромиздат, 1987. – 485 с.

3. Самонов, В.П. Льняное масло в Беларуси. / В.П. Самсонов, Н.Маковский // Белорусское сельское хозяйство. – 2005. – № 11. – С.34-35.

4. Беляк, В.Б. Лен масличный – ценная сельскохозяйственная культура многостороннего использования / В.Б. Беляк, В.Н. Бражников, О.Ф. Бражникова // Пути решения проблем повышения адаптивности, продуктивности и качества зерновых и кормовых культур / Пензенский НИИ сел. хоз-ва. – Самара, 2003. – С. 81-83.

5. Картамышева, Е.В. Возродим лен масличный. / Е.В. Картамышева, В.Г. Картамышев // Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений: материалы. 3 Междунар. науч.-произв. конф., Пенза, 14-19 июня 2000 г. / РАЕН; редкол.: А.Ф. Блинохватова [и др.]. – Пенза, 2000. – Т. 3. – С.13-14.

6. Лукомец, В.М. Семена масличных культур – сырье для производства пищевого и кормового белка / В.М. Лукомец, Н.И. Бочкарев // Аминокислотное питание животных и проблема белковых ресурсов / Куб. гос. аграр. ун-т. – 2005. – С. 233-286

7. Состав жирных кислот семян льна / А.В. Поляков [и др.] // Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений: материалы 3 междунар. науч.-произв. конф., Пенза, 14-19 июня 2000 г. / РАЕН; редкол.: А.Ф. Блинохватова [и др.]. – Пенза, 2000. – Т. – С.10-11.

8. Микроудобрения с биостимулятором МикроСтим: ТУ ВУ 100079183006-2008 – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2008.

INFLUENCE OF BORIC FERTILIZER ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF OIL FLAX SEEDS IN RELATION TO B-STATUS OF PODZOLUVISOL LOAMY SAND SOIL

M.V. Rak, E.N. Barashkova

Summary

In the field experiences with oil flax cultivation the influence of boric fertilizers on productivity and quality of oil flax seeds at the various levels contents boron on sod-podzolic soil has been studied. It is noted that boron content increase in soil in the limits 0,28-0,95 mg/kg and outside root top-dressing by boric fertilizers was accompanied with flax seeds yield enhance from 23,5 to 26,3 c/ha, increasing content of crude oil in seeds from – 34,9 to 38,3%.

Поступила 4 мая 2010 г.

ВЛИЯНИЕ КОБАЛЬТОВЫХ И МАРГАНЦЕВЫХ УДОБРЕНИЙ НА КОРМОВУЮ ЦЕННОСТЬ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО

М.В. Рак, Т.Г. Николаева

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших задач растениеводческой отрасли сельского хозяйства Республики Беларусь является обеспечение собственного производства белкового сырья для животноводства. В последние годы обеспеченность животноводства республики кормовым белком составляет 80-85% к потребности, что отрицательно сказывается на продуктивности животных и приводит к большому перерасходу кормов. Недобор продукции животноводства из-за дефицита протеина составляет 30-55%, а ее себестоимость возрастает в 1,3-1,5 раза [8].

Важнейшая роль в решении проблемы производства кормового протеина принадлежит зернобобовым культурам. В целях значительного улучшения обеспеченности животных белком и сокращения затрат на импорт белкового сырья ставится задача по расширению посевов зернобобовых культур в республике не менее чем до 350 тыс. га [5].

Среди зернобобовых культур в условиях Беларуси, кроме гороха и вики, большое кормовое и агротехническое значение имеет люпин, обладающий наибольшим содержанием белка в семенах и более активной азотфиксирующей способностью. Эта культура в республике стабильно обеспечивает получение 2,5 т/га зерна, хотя имеет потенциал продуктивности до 5 т/га зерна. Содержание белка в узколистом люпине самое высокое среди зернобобовых культур и составляет 32-34%. По сбору белка с гектара это эквивалентно урожайности зерновых колосовых культур более 90 ц/га. Зерно и зеленая масса узколистного люпина с хорошими результатами используется в кормлении всех видов сельскохозяйственных животных [4, 6, 9, 10]. Для правильной организации кормления сельскохозяйственных животных необходимо знать качественное состояние кормов, содержание в них питательных веществ. Для этого проводится зоотехнический анализ кормов, который включает определение общего азота, сырой золы, сырой клетчатки, сырого жира [2].

Одним из факторов, позволяющих повысить качество продукции растениеводства, являются микроудобрения. Действие микроудобрений на химический состав растений определяется тем, что микроэлементы, поступающие в растения из удобрений, включаются в процессы минерального обмена в растениях, повышают активность ферментативных систем, входят в состав важнейших органических соединений. В связи с этим, сбалансированное применение микроудобрений при возделывании сельскохозяйственных культур, позволяет повысить накопление в кормах белков, жиров, витаминов и других питательных веществ.

При возделывании люпина узколистного, учитывая биологические и физиологические особенности культуры, наибольшее значение из микроэлементов имеют кобальт и марганец. Физиологическая роль кобальта в растениях в первую очередь связана с его участием в окислительно-восстановительных процессах, происходящих в растительной клетке. Кобальт влияет на накопление сахаров и жиров в растениях, благоприятно действует на процесс синтеза хлорофилла в листьях, увеличивает содержание аскорбиновой кислоты, активирует биосинтез и повышает количество белкового азота в растениях [2, 11]. Марганец в растениях выполняет разнообразные физиологические функции. Наиболее важной его функцией является участие в окислительно-восстановительных реакциях. Под влиянием марганца улучшается синтез белков и жиров, фотосинтез, усиливается ассимиляционная деятельность всего растения [1, 2].

С учетом вышеизложенного, цель наших исследований заключалась в определении действия различных доз и сроков внесения кобальтовых и марганцевых удобрений на кормовую ценность люпина узколистного.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в полевом опыте в СПК «Щемыслица» Минского района на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на мощном лессовидном суглинке. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка: рН (KCl) – 5,5; содержание гумуса – 2,2%, P₂O₅ и K₂O (0,2 М HCl) – соответственно 240 и 180 мг/кг почвы, подвижного кобальта (1,0 М HNO₃) – 0,55 мг/кг почвы и обменного марганца (1,0 М KCl) – 1,5 мг/кг почвы.

Схема опыта включала варианты с возрастающими дозами кобальта и марганца 25, 50 и 75 г/га. Указанные дозы микроэлементов вносили в виде некорневых подкормок в форме сернокислого кобальта и марганца и хелатов микроэлементов. Некорневые подкормки микроэлементами проводили в фазы бутонизации и конец цветения – начало образования сизых бобов. Схема опыта развернута на

фоне минеральных удобрений – P₆₀K₁₂₀, которые вносили в виде аммонизированного суперфосфата и хлористого калия под культивацию. Повторность в опыте трехкратная, общая площадь делянки – 18 м².

В опыте возделывали люпин узколистный Миртан. Предшественник – озимая пшеница. Норма высева 1,2 млн. всхожих семян на гектар. Уход за посевом включал внесение до всходов люпина гербицида примэкстра голд для борьбы с однолетними злаковыми и двудольными сорняками. Уборку и учет урожайности зеленой массы и зерна узколистного люпина проводили сплошным методом.

При определении зоотехнического состава зеленой массы и зерна люпина узколистного определяли следующие показатели: содержание сырого протеина – расчетным методом с определением общего азота; содержание сырой клетчатки – по Геннебергу и Штоману; содержание сырого жира – по Рушковскому; содержание сырой золы – методом мокрого озоления; содержание БЭВ – расчетным методом [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Из качественных характеристик сельскохозяйственной продукции наиболее существенной является содержание белка. Жизненно важное значение белков обусловлено большим разнообразием их физико-химических свойств и биологических функций. Сырой протеин – это общее количество азотистых соединений корма. Он имеет весьма большое значение в питании животных и является основным веществом всех органов, тканей и специфической средой для процессов обмена веществ.

В наших исследованиях установлено, что содержание сырого протеина в зеленой массе люпина в среднем за два года колебалось в пределах 17,6-19,4% сухого вещества (табл. 1). При внесении кобальтовых и марганцевых удобрений в фазу бутонизации содержание сырого протеина в зеленой массе составило 17,6-18,8% сухого вещества. Следует отметить, что в вариантах, где вносили хелаты микроэлементов, содержание сырого протеина в зеленой массе на 0,1-0,7% выше по сравнению с применением неорганических солей. Наиболее высокое содержание сырого протеина (18,8%) отмечено в варианте с внесением хелатов кобальта и марганца в дозе по 50 г/га д.в. совместно с бором в той же дозе.

Таблица 1

Влияние кобальтовых и марганцевых удобрений на зоотехнический состав зеленой массы люпина узколистного (среднее 2006-2007 гг.)

Вариант	Сырой протеин, %		Жир, %		Клетчатка, %		Зола, %		БЭВ, %	
	соль	хелат	соль	хелат	соль	хелат	соль	хелат	соль	хелат
P ₆₀ K ₁₂₀ -фон	17,6		3,5		29,3		8,8		40,8	
Бутонизация										
Co ₂₅	17,6	18,0	3,5	3,2	28,3	31,3	8,8	8,4	41,7	39,1
Co ₅₀	17,7	17,9	4,0	3,2	29,0	32,5	9,0	8,7	40,4	37,8
Co ₇₅	17,4	17,5	3,6	3,1	28,8	33,7	8,8	9,7	41,4	36,0
Mn ₂₅	17,4	17,5	4,0	4,1	28,7	32,5	8,7	8,4	41,2	37,5
Mn ₅₀	17,6	17,9	4,0	3,8	30,2	29,9	9,4	9,3	38,9	39,1
Mn ₇₅	17,7	18,0	3,7	4,4	28,9	32,9	8,3	8,9	41,5	35,9
Co ₂₅ Mn ₂₅	17,5	18,1	3,5	3,2	28,7	29,8	8,6	9,4	41,7	39,5
Co ₅₀ Mn ₅₀	18,3	18,7	3,8	4,0	29,4	33,8	9,0	9,3	39,5	34,2
Co ₇₅ Mn ₇₅	17,7	18,3	3,5	3,1	28,8	32,6	9,0	9,4	41,0	36,7
B ₅₀ Co ₅₀	18,1	18,4	4,2	3,2	28,6	32,2	9,4	9,5	39,8	36,8
B ₅₀ Mn ₅₀	18,2	18,5	4,1	3,7	28,2	33,6	9,4	10,1	40,2	34,1
B ₅₀ Co ₅₀ Mn ₅₀	18,5	18,8	4,3	4,2	28,3	33,3	9,2	8,7	39,8	34,9
Конец цветения – начало образования сизых бобов										
Co ₂₅	18,3	18,6	3,8	4,4	29,1	28,9	8,2	9,0	40,6	39,1
Co ₅₀	18,6	19,0	4,3	3,4	29,0	33,4	9,1	9,7	39,1	34,5
Co ₇₅	18,1	18,4	4,0	4,3	28,6	34,0	8,6	10,2	40,7	33,1
Mn ₂₅	18,0	18,6	4,1	4,2	29,2	34,1	8,6	9,7	40,1	33,4
Mn ₅₀	18,6	19,1	4,0	3,8	30,4	33,1	8,6	9,6	38,4	34,4
Mn ₇₅	17,8	18,2	3,6	3,6	29,2	32,4	9,1	10,0	40,4	35,9
Co ₂₅ Mn ₂₅	18,6	18,9	4,3	3,7	28,3	33,2	9,6	9,8	39,3	34,5
Co ₅₀ Mn ₅₀	18,9	19,4	4,4	3,8	28,9	34,0	8,8	9,9	39,0	33,0
Co ₇₅ Mn ₇₅	18,7	19,0	4,1	3,8	28,5	32,7	8,9	9,9	39,8	34,6
Co ₅₀ +Co ₅₀ *	18,3	19,0	4,6	3,5	29,7	33,8	9,2	8,8	38,2	35,0
Mn ₅₀ +Mn ₅₀	18,4	19,1	4,4	3,3	29,1	33,3	9,4	9,3	38,7	35,0

* – некорневые подкормки в два срока: 1 – бутонизация, 2 – конец цветения – начало образования сизых бобов

При проведении некорневых подкормок микроэлементами в фазу конец цветения – начало образования сизых бобов содержание сырого протеина в зеленой массе люпина составило 18,3-19,4%. Хелаты микроэлементов также способствовали более значительному повышению содержания сырого протеина в зеленой массе по сравнению с неорганическими солями (на 0,3-0,7%). Самое высокое содержание сырого протеина в зеленой массе (19,4% сухого вещества) отмечено при внесении хелатов кобальта и марганца в дозе по 50 г/га д.в.

Содержание жира – важная характеристика питательной ценности корма. Жиры вместе с белками и углеводами входят в состав каждой живой клетки, где выполняют определенную физиологическую роль. При содержании жира в количестве 6% в расчете на сухое вещество корм оценивают как оптимальный по этому показателю.

Из экспериментальных данных видно, что содержание жира в зеленой массе люпина составило 3,1-4,6%. При этом не отмечено изменения данного показателя при внесении в некорневую подкормку кобальтовых и марганцевых удобрений как в форме неорганических солей, так и в форме хелатов.

Клетчатка является главной составной частью клеточных стенок и относится к высокомолекулярным углеводам. Переваримость клетчатки незначительна, но она способствует усвоению других питательных веществ. В наших исследованиях в фоновом варианте содержание клетчатки в зеленой массе люпина узколистного составило 29,3% сухой массы (табл. 1). Некорневые подкормки неорганическими солями микроэлементов как в фазу бутонизации, так и в фазу конец цветения – начало образования сизых бобов не оказали существенного влияния на содержание клетчатки в зеленой массе. При внесении хелатов микроэлементов содержание клетчатки в зеленой массе люпина было несколько выше. При этом не отмечено влияния сроков некорневых подкормок микроэлементами на данный качественный показатель.

Определение сырой золы позволяет установить содержание минеральных веществ в кормах. Оптимальным считается содержание золы в корме на уровне 7-9%. В исследованиях установлено, что содержание золы в зеленой массе люпина узколистного соответствовало оптимальным показателям качества кормов. Применение кобальта и марганца в различных дозах и в различные сроки не оказало влияния на содержание золы в зеленой массе люпина.

Биологически экстрактивные вещества (БЭВ), состоящие в основном из сахаров и крахмала, являются важным показателем питательной ценности кормов. В наших исследованиях отмечено некоторое снижение содержания БЭВ в зеленой массе по сравнению с фоновым вариантом, как при внесении неорганических солей, так и хелатов микроэлементов в некорневые подкормки люпина узколистного.

Определение зоотехнических показателей качества зерна показало, что некорневые подкормки люпина узколистного кобальтовыми и марганцевыми удобрениями оказали существенное влияние на содержание сырого протеина. Так, применение в некорневые подкормки кобальтовых и марганцевых удобрений способствовало повышению содержания сырого протеина в зерне люпина (табл. 2). При этом максимальное увеличение содержания сырого протеина отмечено в вариантах, где некорневые подкормки проводили в фазу конец цветения – начало образования сизых бобов. Установлено, что при некорневых подкормках в указанную фазу неорганическими солями микроэлементов, содержание сырого протеина в зерне увеличилось на 0,8-1,4% по сравнению с фоном, а при внесении хелатов кобальта и марганца – на 0,9-2,0%. При этом наибольшее повышение содержания сырого протеина отмечено при совместном внесении хелатов кобальта и марганца в дозе по 50 г/га д.в.

Некорневые подкормки микроэлементами не оказали значительного влияния на содержание жира и клетчатки в зерне люпина узколистного. Содержание золы в зерне люпина узколистного также не изменялось при внесении микроудобрений

Содержание БЭВ в зерне люпина по вариантам опыта составило 54,2-58,2%. При этом не отмечено существенного влияния некорневых подкормок кобальтовыми и марганцевыми удобрениями на данный показатель.

ВЫВОДЫ

1. При возделывании люпина узколистного на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве некорневые подкормки растений кобальтовыми и марганцевыми удобрениями способствуют повышению содержания сырого протеина в продукции, а также оптимизации зоотехнических показателей зеленой массы и зерна.

2. Применение хелатов кобальта и марганца способствует более значительному увеличению содержания сырого протеина в зеленой массе и зерне люпина узколистного в сравнении с неорганическими солями этих микроэлементов.

3. Максимальное увеличение содержания сырого протеина в зеленой массе и зерне люпина узколистного отмечено при внесении хелатов кобальта и марганца в дозе по 50 г/га в фазу конец цветения – начало образования сизых бобов.

**Влияние кобальтовых и марганцевых удобрений на зоотехнический состав
зерна люпина узколистного (среднее 2006-2007 гг.)**

Вариант	Сырой протеин, %		Жир, %		Клетчатка, %		Зола, %		БЭВ, %	
	соль	хелат	соль	хелат	соль	хелат	соль	хелат	соль	хелат
P ₆₀ K ₁₂₀ -фон	21,3		4,7		12,0		3,7		58,4	
Бутонизация										
Co ₂₅	21,0	21,2	4,7	4,9	12,6	12,8	3,5	3,3	58,2	57,7
Co ₅₀	21,4	21,7	5,2	4,3	14,6	13,6	3,5	3,5	55,3	56,9
Co ₇₅	20,9	21,3	4,6	5,2	13,7	14,1	3,7	3,7	57,1	55,7
Mn ₂₅	20,9	21,7	5,1	5,2	14,2	13,5	3,4	3,4	56,4	56,2
Mn ₅₀	21,2	21,4	4,8	4,8	14,5	13,3	3,5	3,4	56,0	57,2
Mn ₇₅	21,2	21,8	5,6	4,1	13,4	14,5	3,5	3,5	56,2	56,1
Co ₂₅ Mn ₂₅	21,5	22,0	4,0	5,3	13,7	13,8	3,2	3,5	57,6	55,4
Co ₅₀ Mn ₅₀	22,0	22,5	4,8	4,6	14,3	15,4	3,5	3,2	55,4	54,3
Co ₇₅ Mn ₇₅	22,2	22,3	5,6	4,6	13,0	13,6	3,5	3,3	55,8	56,2
B ₅₀ Co ₅₀	21,6	22,0	4,6	5,1	14,7	13,2	3,5	3,3	55,6	56,4
B ₅₀ Mn ₅₀	21,7	22,2	5,4	5,1	14,0	12,9	3,4	3,3	55,6	56,5
B ₅₀ Co ₅₀ Mn ₅₀	21,9	22,6	4,8	4,9	13,4	13,5	3,4	3,4	56,5	55,5
Конец цветения – начало образования сизых бобов										
Co ₂₅	22,1	22,3	5,2	5,4	13,6	14,1	3,4	3,4	55,7	54,8
Co ₅₀	22,1	22,6	4,5	4,9	15,0	15,9	3,5	3,7	54,8	53,0
Co ₇₅	22,0	22,2	4,0	4,9	14,2	12,3	3,5	3,6	56,3	57,0
Mn ₂₅	22,1	22,6	4,8	5,4	14,7	13,4	3,5	3,6	54,9	55,0
Mn ₅₀	22,4	22,8	5,2	5,4	12,8	13,0	3,5	3,6	56,1	55,2
Mn ₇₅	22,2	22,4	4,6	4,6	14,1	12,4	3,4	3,4	55,7	57,2
Co ₂₅ Mn ₂₅	22,4	22,8	5,0	5,5	15,0	14,1	3,2	3,5	54,4	54,2
Co ₅₀ Mn ₅₀	22,7	23,3	5,2	5,4	14,0	13,0	3,5	3,6	54,6	54,7
Co ₇₅ Mn ₇₅	22,2	22,6	4,8	5,2	13,6	11,4	3,3	3,4	56,0	57,4
Co ₅₀ +Co ₅₀ *	22,6	23,1	4,8	5,0	14,8	11,4	3,4	3,4	54,4	57,0
Mn ₅₀ +Mn ₅₀	22,5	23,0	5,8	5,6	14,0	13,4	3,5	3,5	54,2	54,5

* – некорневые подкормки в два срока: 1-бутонизация, 2-конец цветения – начало образования сизых бобов

ЛИТЕРАТУРА

1. Власюк, П.А. Физиологическое значение марганца для роста и развития растений / П.А. Власюк, З.М. Климовицкая. – М.: Колос, 1969. – 160 с.
2. Иоффе, В.Б. Практика кормления молочного скота: пособие для зоотехников и заведующих ферм / В.Б. Иоффе. – Молодечно: типогр. «Победа», 2005. – 164 с.
3. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас; пер. с англ.: Д.В. Гричука, Е.П. Янина. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
4. Кадыров, М.А. Расширение посевов узколистного люпина – стратегическая цель земледелия Беларуси / М.А. Кадыров // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – № 6. – С. 5-7.
5. Кукреш, Л.В. Растениеводство Беларуси: основные проблемы и пути их решения / Л.В. Кукреш // Белорусское сельское хозяйство. – 2009. – № 12. – С. 4-9.
6. Купцов, Н.С. Стратегия и тактика селекции люпина / Н.С. Купцов // Известия Академии аграрных наук Республики Беларусь. – 1997. – № 25. – С. 36-41.
7. Мальчевская, Е. Н. Оценка качества и зоотехнический анализ кормов / Е.Н. Мальчевская, Г.С. Миленьяка. – Мн.: Ураджай, 1981. – 143 с.
8. Программа по обеспечению животноводства растительным белком на 2008-2012 годы / Г.П. Романюк [и др.]; под ред. Н.А. Сиводедова; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Республики Беларусь; НАН Беларуси. – Минск: Беларус. науч. ин-т внедр. новых форм хоз-я в АПК. – 2008. – 88 с.
9. Рот-Майер, Д.А. Использование люпина в кормлении скота / Д. Рот-Майер, Б.Р. Пауликс, О. Штайнхфельд // Сейбіт. – 2006. – № 2. – С. 4-8.
10. Такунов, И.П. Люпин в земледелии России / И.П. Такунов. – Брянск: Придесенье, 1996. – 372 с.
11. Ягодин, Б.А. Кобальт в жизни растений / Б.А. Ягодин. – М.: Наука, 1970. – 343 с.

INFLUENCE OF COBALT AND MANGANESE FERTILIZERS ON FEED VALUE OF BLUE LUPINE

M.V. Rak, T.G. Nikolaeva

Summary

Influence of various doses and terms of outside root top-dressing by cobalt and manganese fertilizers on quality of green mass and grain of blue lupine on sod-podzolic light loamy soil is studied. It is established that outside root top-dressing by chelates of cobalt and manganese in dozes on 50 g/ha active substance in a phase of the end of flowering – the beginning of grey beans formation has ensured the maximal obtaining of feed protein and optimum zootechnical characteristics.

Поступила 4 мая 2010 г.

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ КАЛИПЛАНТ НА КАЧЕСТВО ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Н.А. Михайловская, Е.Г. Тарасюк
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Повышение качества продукции – одна из актуальных задач, для решения которой целесообразно использование бактериальных удобрений. Рациональное сочетание минеральных и бактериальных удобрений позволяет активизировать биологические механизмы минерального питания, стимуляции роста и защиты растений, что является необходимым условием улучшения качества продукции. Разработанное в Институте почвоведения и агрохимии бактериальное удобрение Калиплант [1] стимулирует развитие корневой системы [2, 3] и улучшает минеральное питание растений [4, 6]. При недостатке доступного калия в почве внесение Калипланта активизирует его мобилизацию из труднодоступных форм [4, 5]. Одним из возможных факторов положительного влияния Калипланта на режим питания является способность штамма *B. circulans* БИМ В-376Д к фосфатмобилизации [2]. Разностороннее положительное воздействие Калипланта на режим питания зерновых культур приводит к повышению их урожайности и качества.

Цель исследований – установить влияние Калипланта на качество продукции зерновых культур на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве при разных уровнях обеспеченности подвижным калием.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в стационарном полевом опыте в СПК «Хотляны» (Узденский р-н Минская обл.). Почва опытного участка дерново-подзолистая рыхлосупесчаная с мощной прослойкой песка (60-80 см) на контакте с размытой мореной. Агрохимические свойства пахотного слоя: рН (KCl) 6,0-6,2, содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) – 300-350 мг/кг, гумуса – 2,64-2,71%, обменного кальция (CaO) – 800-850 мг/кг, обменного магния – (MgO) 140-150 мг/кг. В эксперименте созданы четыре уровня обеспеченности почвы подвижным калием. В 2004 г. содержание K₂O составило: первый уровень – 105, второй – 186, третий – 222 и четвертый – 281 мг/кг K₂O. В 2005 и 2007 гг. содержание подвижного калия составило: первый уровень – 94, второй – 146, третий – 164 и четвертый – 201 мг/кг K₂O. Дозы азотных удобрений дифференцируются в зависимости от возделываемой культуры. Доза фосфорных удобрений 30-60 кг/га (P₂O₅). В 2004 г. исследования проведены на фоне внесения N₉₀P₃₀, в 2005 г. – N₉₀P₆₀ и в 2007 г. – N₁₂₀P₆₀. Общая площадь опытных делянок – 45 м², учетная площадь – 24 м².

Изучено влияние бактериального удобрения Калиплант на качество трех зерновых культур: озимая рожь Игуменская (2004 г.), яровая пшеница Рассвет (2005 г.) и озимое тритикале Сокол (2007 г.). Бактериальное удобрение вносили путем обработки посевов: на яровой культуре – в фазе всходы – начало кущения, на озимых культурах – весной в фазе кущения. Для обработки посевов использовали жидкую препаративную форму бактериального удобрения Калиплант.

Качество продукции зерновых культур оценивали по содержанию белка и его аминокислотному составу, которые определяют биологическую ценность продукции [7, 8]. Содержание аминокислот в белке определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Биологическую ценность продукции оценивали общепринятыми методами [8]. По содержанию незаменимых и критических аминокислот в белке вычисляли аминокислотный скор и химическое число. Аминокислотный скор (%) характеризует содержание аминокислот в белке по отношению к требованиям ФАО/ВОЗ (аминокислотная шкала ФАО/ВОЗ). Химическое число (%) характеризует содержание аминокислот в белке зерна по отношению к идеальному белку (цельное яйцо).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Озимая рожь является традиционной зерновой культурой для Беларуси, несмотря на постепенное сокращение площадей ее посевов в пользу пшеницы и тритикале. Озимая рожь характеризуется высокой продуктивностью, полноценными продовольственными и кормовыми качествами зерна. Применение Калипланта обеспечивает повышение урожайности озимой ржи [4].

Установлено также влияние Калипланта на качество зерна озимой ржи. Использование Калипланта приводило к повышению содержания сырого белка в зерне озимой ржи на 0,4-0,5% на трех

первых уровнях насыщения, при содержании калия в почве в пределах 105-222 мг/кг. Калиплант не оказывал существенного влияния на содержание элементов питания в зерне озимой ржи, содержание калия, фосфора, кальция и магния – в пределах допустимых нормативов (табл. 1).

На вариантах без применения Калипланта отмечено, что при повышении обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы K_2O от 105 до 222 мг/кг содержание протеина в зерне повышалось на 0,6-0,8%, дальнейшее повышение содержания K_2O в почве не оказывало влияния на содержание белка в зерне (табл. 1).

Таблица 1

Содержание элементов питания в зерне озимой ржи Игуменская, % (фон $N_{90}P_{30}$, СПК «Хотляны», 2004 г.)

Вариант	Белок, %	K_2O	P_2O_5	CaO	MgO
1-й уровень, 105 мг/ кг K_2O					
$N_{90}P_{30}$	7,7	0,59	0,74	0,04	0,08
$N_{90}P_{30}$ + Калиплант	8,2	0,59	0,74	0,03	0,08
2-й уровень, 186 мг/ кг K_2O					
$N_{90}P_{30}$	8,3	0,60	0,73	0,03	0,08
$N_{90}P_{30}$ + Калиплант	8,7	0,62	0,73	0,03	0,08
3-й уровень, 222 мг/ кг K_2O					
$N_{90}P_{30}$	8,5	0,61	0,74	0,03	0,09
$N_{90}P_{30}$ + Калиплант	9,0	0,61	0,75	0,03	0,08
4-й уровень, 281 мг/ кг K_2O					
$N_{90}P_{30}$	8,5	0,71	0,74	0,03	0,08
$N_{90}P_{30}$ + Калиплант	8,5	0,70	0,72	0,03	0,08
НСР ₀₅ Уровни K_2O	0,11	0,01	0,01		
.....Калиплант	0,17	0,03	0,02		

Применение бактериального удобрения Калиплант на фоне внесения $N_{90}P_{30}$ способствовало увеличению содержания критических и незаменимых аминокислот в белке озимой ржи Игуменская на трех уровнях содержания K_2O (105-222 мг/кг) (табл. 2). Скор критических аминокислот возрастал на 5-8%, незаменимых – на 7-11% по сравнению с вариантами без бактериализации (табл. 2). При повышении содержания подвижного калия в почве до 280 мг/кг применение Калипланта не оказывало влияния на аминокислотный состав белка (табл. 2). Положительное действие калиймобилизующих бактерий на качество зерна в большей степени проявляется при относительно невысоком и среднем уровне обеспеченности почвы K_2O .

Таблица 2

Влияние Калипланта на биологическую ценность белка озимой ржи Игуменская на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве (фон $N_{90}P_{30}$, СПК «Хотляны», 2004 г.)

Вариант	Содержание аминокислот, мг/г белка		Аминокислотный скор, %	
	ΣАКкр	ΣАКн	АКкр	АКн
1-й уровень, 105 мг/кг K_2O				
$N_{90}P_{30}$	72,5	251,7	62	71
$N_{90}P_{30}$ + Калиплант	83,2	285,0	70	81
2-й уровень, 186 мг/кг K_2O				
$N_{90}P_{30}$	74,1	250,9	62	72
$N_{90}P_{30}$ + Калиплант	82,8	287,5	69,6	81,6
3-й уровень, 222 мг/кг K_2O				
$N_{90}P_{30}$	75,5	257,4	63	74
$N_{90}P_{30}$ + Калиплант	82,2	281,6	69	81
4-й уровень, 281 мг/кг K_2O				
$N_{90}P_{30}$	86,0	303,2	77	90
$N_{90}P_{30}$ + Калиплант	85,1	288,0	76	85
НСР ₀₅ Уровни K_2O	0,44	0,90		
Калиплант	1,02	2,08		

АКкр – критические аминокислоты, АКн – незаменимые аминокислоты

В настоящее время отмечается вытеснение озимой ржи на менее плодородные почвы. В этих условиях применение Калипланта, который содержит калиймобилизующие бактерии и повышает эф-

фективность использования почвенного калия, в особенности при дефиците его подвижных форм, может быть актуальным. Результаты исследований свидетельствуют о перспективности бактериального удобрения как для повышения урожайности, так и для улучшения качества зерна.

В 2005 г. изучено влияние Калипланта на накопление незаменимых аминокислот в зерне яровой пшеницы Рассвет. Яровая пшеница является ценной продовольственной культурой. Оптимизация ее калийного питания в значительной мере определяет хлебопекарные качества зерна и его использование на продовольственные цели. В связи с этим определено влияние Калипланта на аминокислотный состав зерна яровой пшеницы. Отмечено, что повышение обеспеченности почвы подвижным калием сопровождалось заметным повышением содержания критических (лизин, треонин) и незаменимых (лейцин, валин, фенилаланин) аминокислот. При этом наиболее значимый эффект от Калипланта отмечен при обеспеченности почвы K_2O в пределах 94-164 мг/кг почвы (рис. 2-6).

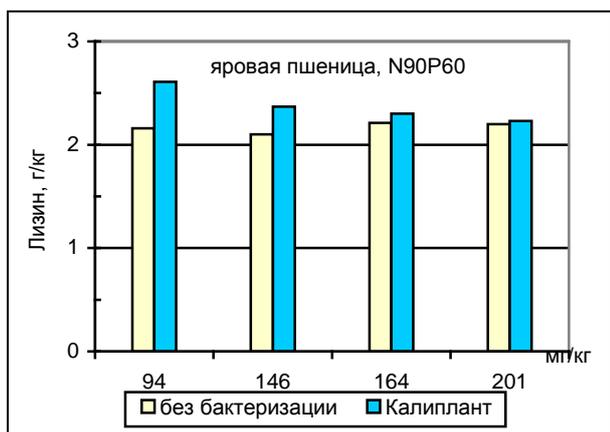


Рис. 2. Влияние Калипланта на содержание лизина в зерне (яровая пшеница Рассвет, $N_{90}P_{60}$)

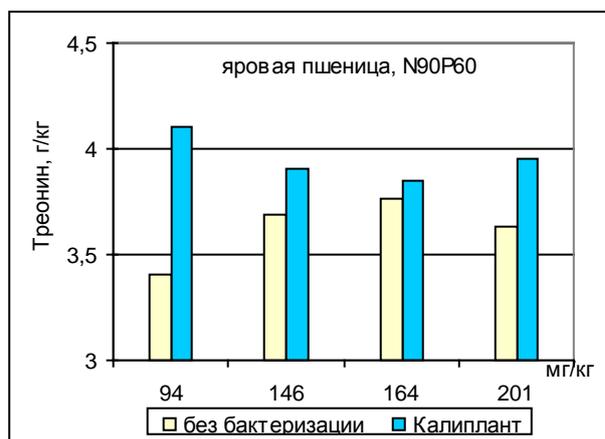


Рис. 3. Влияние Калипланта на содержание треонина в зерне (яровая пшеница Рассвет, $N_{90}P_{60}$)

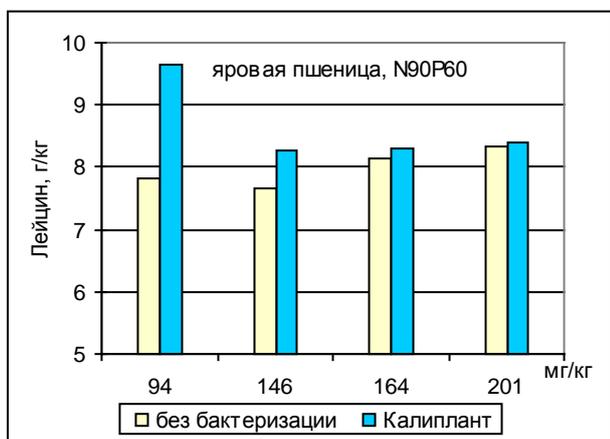


Рис. 4. Влияние Калипланта на содержание лейцина в зерне (яровая пшеница Рассвет, $N_{90}P_{60}$)

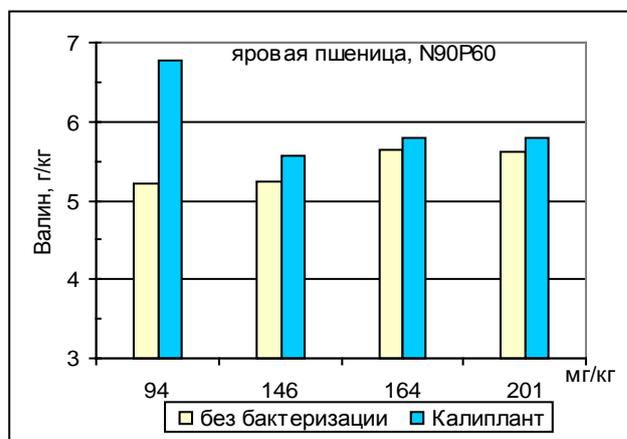


Рис. 5. Влияние Калипланта на содержание валина в зерне (яровая пшеница Рассвет, $N_{90}P_{60}$)

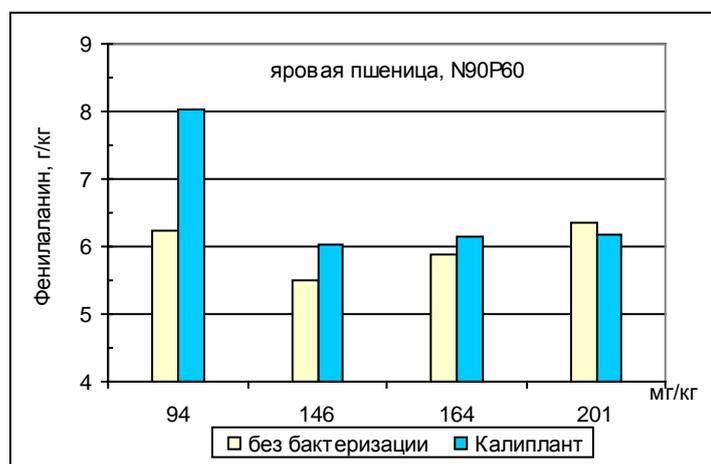


Рис. 6. Влияние Калипланта на содержание фенилаланина в зерне (яровая пшеница Рассвет, N₉₀P₆₀)

В настоящее время в республике отмечается постоянное увеличение площади посевов озимой тритикале, обусловленное такими преимуществами культуры, как высокая урожайность, кормовые достоинства, повышенная устойчивость к некоторым заболеваниям и неблагоприятным почвенным условиям. Актуальность исследований по влиянию бактериальных удобрений на режим питания и качество озимой тритикале также возрастает. Ранее нами было установлено, что применение бактериального удобрения Калиплант позволяет повысить эффективность использования почвенного калия и существенно увеличивает урожайность озимой тритикале [9].

Калиплант оказывает влияние и на показатели качества озимой тритикале. В эксперименте на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве отмечено повышение содержания протеина в зерне озимой тритикале Сокол на 0,7-1,3% на всех изученных уровнях обеспеченности почвы K₂O. Наибольший эффект отмечен на 2-м уровне при содержании в почве 146 мг/кг K₂O (табл. 3). При этом отмечено, что внесение Калипланта оказывало большее влияние на содержание протеина в зерне озимой тритикале, чем повышение содержания подвижной K₂O в дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве (табл. 3).

На всех изученных уровнях обеспеченности почвы K₂O под действием Калипланта увеличивалось содержание критических и незаменимых аминокислот в зерне. Сумма критических аминокислот составила 56-61%, незаменимых аминокислот – 69-73% от нормы, рекомендованной ФАО/ВОЗ (табл. 4).

Таблица 3

**Содержание элементов питания в зерне озимой тритикале Сокол
(фон N₁₂₀P₆₀, СПК «Хотляны», 2007 г.)**

Вариант	Белок	K ₂ O	P ₂ O ₅	CaO	MgO
	%				
1-й уровень, 94 мг/ кг K ₂ O					
N ₁₂₀ P ₆₀	13,4	1,05	0,94	0,04	0,13
N ₁₂₀ P ₆₀ + Калиплант	14,2	1,15	0,97	0,04	0,12
2-й уровень, 146 мг/ кг K ₂ O					
N ₁₂₀ P ₆₀	13,4	1,02	0,94	0,04	0,13
N ₁₂₀ P ₆₀ + Калиплант	14,7	1,15	0,87	0,04	0,11
3-й уровень, 164 мг/ кг K ₂ O					
N ₁₂₀ P ₆₀	13,8	1,06	0,88	0,04	0,11
N ₁₂₀ P ₆₀ + Калиплант	14,6	1,13	0,96	0,04	0,12
4-й уровень, 201 мг/ кг K ₂ O					
N ₁₂₀ P ₆₀	14,2	1,10	0,93	0,04	0,12
N ₁₂₀ P ₆₀ + Калиплант	14,9	1,13	0,88	0,04	0,11
НСР ₀₅ Уровни K ₂ O	0,33	0,12	0,07		
Калиплант	0,49	0,07	0,05		

**Влияние Калипланта на качество зерна озимой тритикале Сокол
(фон N₁₂₀P₆₀, СПК «Хотляны», 2007 г.)**

Бактеризация	Содержание аминокислот, г/кг зерна		Аминокислотный скор, %	
	Σ АКкр	Σ АКн	АКкр	АКн
1-й уровень, 94 мг/кг K ₂ O				
N ₁₂₀ P ₆₀	8,5	29,0	53	69
N ₁₂₀ P ₆₀ + Калиплант	9,9	31,6	59	71
2-й уровень, 146 мг/кг K ₂ O				
N ₁₂₀ P ₆₀	9,4	29,8	59	71
N ₁₂₀ P ₆₀ + Калиплант	9,8	30,7	61	73
3-й уровень, 164 мг/кг K ₂ O				
N ₁₂₀ P ₆₀	9,1	29,2	53	67
N ₁₂₀ P ₆₀ + Калиплант	9,8	30,2	57	69
4-й уровень, 201 мг/кг K ₂ O				
N ₁₂₀ P ₆₀	9,0	29,5	49	66
N ₁₂₀ P ₆₀ + Калиплант	8,6	29,8	56	72
HCP ₀₅ Уровни K ₂ O				
Калиплант	0,16	0,65		
	0,29	0,82		

АКкр – критические аминокислоты, АКн – незаменимые аминокислоты

Установлено повышение содержания лизина в белке озимой тритикале за счет применения Калипланта (рис. 7). Наиболее значимый эффект отмечен на первом (94 мг/кг) уровне содержания подвижной K₂O в дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве.

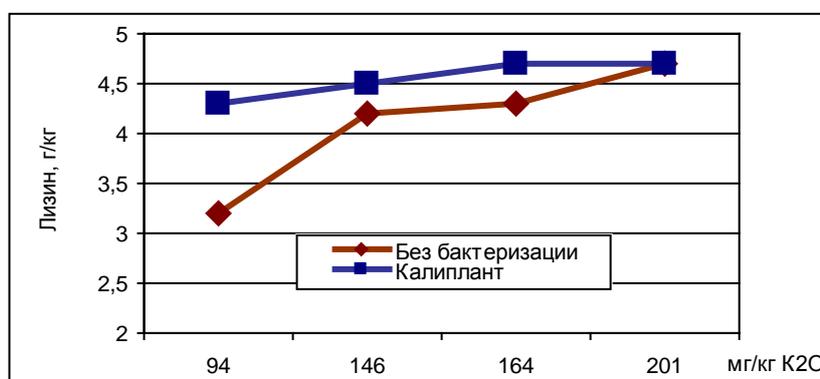


Рис. 7. Влияние Калипланта на содержание лизина в белке озимой тритикале
(фон N₁₂₀P₆₀, СПК «Хотляны», 2007г.)

Таким образом, в наших исследованиях установлено, что эффективность Калипланта по влиянию на качество продукции зерновых культур зависит от обеспеченности почвы подвижными формами калия. Калий, как один из основных биогенных элементов, выполняет важнейшие физиологические и биохимические функции в метаболизме клетки. Под действием калия активизируется функционирование ферментов, участвующих в синтезе белка, повышается скорость усвоения азота и образование белка [10]. При дефиците калия наблюдаются множественные нарушения процессов обмена веществ у растений, приводящие к снижению продуктивности культур и качества урожая. Внесение калиймобилизирующих бактерий создает благоприятные условия для развития корневой системы и повышает адаптивные возможности растений. Наличие калиймобилизирующих бактерий в корневой зоне обеспечивает постоянный приток физиологически необходимых количеств калия, фитогормонов, витаминов антибиотиков и других биологически активных веществ, оказывающих влияние на продукционный процесс. В комплексе перечисленные факторы действия Калипланта приводят к повышению урожайности и качества продукции.

ВЫВОДЫ

1. Установлено положительное влияние бактериального удобрения Калиплант на качество продукции зерновых культур на дерново-подзолистой супесчаной почве. Эффективность Калипланта по влиянию на качество продукции зависит от обеспеченности почвы подвижными формами калия.
2. При внесении Калипланта отмечено повышение содержания белка в зерне озимых культур – озимой ржи на 0,4-0,5% при содержании K_2O в почве в пределах 105-222 мг/кг (фон $N_{90}P_{30}$), озимой тритикале на 0,7-1,3% при обеспеченности почвы K_2O в диапазоне 94-164 мг/кг (фон $N_{120}P_{60}$).
3. Применение Калипланта способствовало улучшению аминокислотного состава белка зерновых культур при следующих условиях: озимой ржи – при содержании K_2O в почве 105-222 мг/кг (фон $N_{90}P_{30}$), озимой тритикале – 94-164 мг/кг (фон $N_{120}P_{60}$) и яровой пшеницы – 94-164 мг/кг (фон $N_{90}P_{60}$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Штамм бактерий *Bacillus circulans* БИМ В-376Д для бактериализации семян зерновых культур: пат. 9646 Респ. Беларусь, МПК С 12 N 1/20, А 01 N 63/00 / Н.А. Михайловская, И.М. Богдевич, О.В. Журавлева, Т.Б. Барашенко, Н.Н. Курилович., С.В. Дюсова; заявитель РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – № а 20050228; заявл. 10.03.2005 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 4(57). – С. 112.
2. Активность фосфатмобилизации у ризобактерий / Н.А. Михайловская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 1(38). – С. 225-231.
3. Михайловская, Н.А. Влияние ризобактерий на развитие инокулированных растений / Н.А. Михайловская, Т.Б. Барашенко, Т.В. Барашенко // Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрений: материалы Междунар. научно-практ. конф., Горки, 6-7 июня 2007 г. / БГСХА, Горки, 2007. – С. 225-229.
4. Михайловская, Н.А. Количественная оценка активности калиймобилизующих бактерий и их эффективность на посевах озимой ржи / Н.А. Михайловская // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграрных навук. – 2006. – № 3. – С. 41-46.
5. Михайловская, Н.А. Способность ризобактерий к мобилизации почвенного калия / Н.А. Михайловская, Л.Н. Лученок // Фосфор и калий у землеробстві. Проблеми мікробіологічної мобілізації: матеріали Междунар. научно-практ. конф., Чернигов-Харьков, 12-14 июля 2004 г. / Инст. с.-х микробиологии; ННЦ Инст. почвовед. и агрохим.; Междунар. ин-т калия. Чернигов-Харьков, 2004 г. – С. 223-232.
6. Mikhailouskaya, N. K-mobilizing bacteria and their effect on wheat yield / N. Mikhailouskaya, A. Tchernysh // Agronomijas vestis (Latvian Journal of Agronomy). – 2005. – Vol. 8. – P. 147-150.
7. Вильдфлуш И.Р. Удобрения и качество урожая сельскохозяйственных культур / Вильдфлуш И.Р., Цыганов А.Р., Лапа В.В., Персикова Т.Ф. // Минск, Технопринт, 2005. – С. 7-49.
8. Богдевич, И.М. Рекомендации по определению биологической ценности белка сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск, 2005. – С.13-15.
9. Михайловская, Н.А. Влияние Калипланта на урожайность и потребление калия озимой тритикале на дерново-подзолистой супесчаной почве / Н.А. Михайловская, Т.Б. Барашенко, С.В. Дюсова // Почвоведение и агрохимия. – № 2(43). – 2009. – С. 240-247.
10. Mengel, K. Principles of plant nutrition / K. Mengel, E.A. Kickby // Int. Potash Inst. Bern, 1987. – 687 p.

EFFECT OF BIOFERTILIZER KALIPLANT ON QUALITY OF GRAIN CROPS GROWING ON LUVISOL LOAMY SANDY SOIL

N.A. Mikhajlovskaya, E.G. Tarasyuk

Summary

The application of biofertilizer Kaliplant (K-mobilizing bacteria) was found to affect grain crops quality. More reliable effect of Kaliplant on grain quality was observed under deficit of mobile potassium in luvisol loamy sandy soil. Significant increases of protein contents in winter rye (0.4-0.5%) and winter triticale – 0.7-1.3% were found. Introduction of Kaliplant resulted in the improvement of amino acid composition of grain under following conditions: for winter rye under K_2O content in soil in diapason of 105-222 mg/kg, for winter triticale and spring wheat – 94-164 mg/kg.

Поступила 5 апреля 2010 г.

ВЛИЯНИЕ ДОЗ УДОБРЕНИЙ, ЛИСТОВЫХ ПОДКОРМОК И ОБЪЁМОВ СУБСТРАТА НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАССАДЫ АРБУЗА И ДЫНИ

М.Ф. Степура, А.В. Ботько

Институт овощеводства, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

По статистическим данным в Республику Беларусь импортируется около 2 тыс. т арбузов на сумму около 1 млрд. руб. Впервые разработаны системы удобрения для получения высококачественной рассады арбуза и дыни, что, в конечном итоге, позволяет гарантированно повысить урожайность арбуза и дыни независимо от факторов внешней среды.

Интерес к возделыванию бахчевых культур связан с тем, что продукция этих культур обладает хорошими вкусовыми и питательными качествами. Пищевое значение плодов арбуза и дыни определяется высоким содержанием хорошо усвояемых человеком углеводов, главным образом, сахаров.

Содержание сухих веществ в мякоти плода арбуза достигает 13-14%, сахаров – 10-12%. Плоды дыни более богаты сахарами, чем арбузы, их содержание превышает 15%. Помимо сахаров плоды арбуза содержат до 1,5% клетчатки и гемицеллюлозы, 1-2% пектиновых веществ, плоды дыни соответственно 3-7 и 1,0-4,5% данных веществ.

Высокая питательная и диетическая ценность плодов бахчевых культур обусловлена наличием витамина С. Так, у арбуза содержится витамина С около 10 мг%, у дыни – соответственно до 60 мг%. Кроме аскорбиновой кислоты плоды бахчевых содержат: каротин, витамины группы В – тиамин и рибофлавин, никотиновую кислоту, фолиевую кислоту и др.

Плоды бахчевых культур богаты зольными элементами. Арбуз содержит: калий – 0,22%, натрий – 0,016, кальций – 0,022, магний – 0,024%, железо – 0,037, сера – 0,016%. Плоды дыни несколько беднее арбуза по составу зольных элементов, но превосходят его по количеству натрия (0,112%) и серы (0,029%). Помимо микроэлементов плоды бахчевых содержат органические кислоты: лимонную, яблочную, янтарную и др.

В плодах арбуза находятся все незаменимые аминокислоты, среди которых преобладают лизин, аргинин, гистидин, лейцин, изолейцин, фенилаланин. Большую ценность представляют и семена бахчевых культур. Они обладают высокой масличностью [2, 3, 4, 11].

Актуальность работы заключается в том, что исследования по применению доз удобрений, листовых подкормок и различных объёмов субстрата при выращивании рассады арбуза и дыни в Республике Беларусь не проводились. Применение доз удобрений при основной заправке субстрата и листовых подкормках рассады в период роста и развития рассады способствует получению высококачественной рассады бахчевых культур.

Цель исследований заключается в определении влияния доз удобрений, листовых подкормок и объёмов субстрата на оптимизацию роста и развития рассады арбуза и дыни.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2008 и 2009 гг. в плёночных теплицах ангарного типа РУП «Институт овощеводства», расположенном в п. Самохваловичи Минского района. Площадь теплицы – 500 м².

Объектом исследований служили гибриды Романза F1 для арбуза и Матрио F1 для дыни, которые характеризуются ранними сроками созревания. В исследованиях использовали пластиковые касеты с объёмом ячейки 65 см³ и с различным объёмом полиэтиленовые горшочки.

В настоящее время при выращивании рассады арбуза и дыни используется в основном субстрат из верхового торфа. Верховой торф состоит из сфагновых (белых) мхов, пушицы, багульников и других растений, малотребовательных к питанию и воде [6]. Торф верховых болот отличается большой кислотностью и как удобрение в чистом виде непригоден. Верховой торф при дифференцированном внесении доз удобрений очень хороший субстрат для выращивания рассады овощных культур [5].

Основой для приготовления субстрата является торф со степенью разложения до 25%, зольностью не более 12%, объёмной массой 0,15-0,30 т/м³. Пористость торфа 80-90%, соотношение фаз (твёрдой, жидкой, газообразной в соотношении капиллярной влагоёмкости) 1:3:2. Содержание влаги – 45-65% [7].

Химический состав верхового торфа определили в лаборатории агрохимии РУП «Институт овощеводства» по общепринятым методикам. Общее содержание солей определялось кондуктометрическим методом, рН_{KCl} – потенциометрическим, нитратный азот – ионометрическим, Р₂О₅ – спектрофотометрическим, К₂О – пламенно-фотометрическим, кальций и магний – титрованием.

Химический состав верхового торфа до внесения удобрений и известковых материалов характеризовался повышенной кислотностью pH_{KCl} 4,7, низким содержанием фосфора, магния и кальция, отсутствием калия и средним уровнем содержания общего азота 83 мг/л (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав субстрата на основе верхового торфа

Вариант	pH_{KCl}	Общий азот	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	Общее содержание солей, мСм/см
До внесения удобрений в верховой торф	4,7	83	11	0	89	23	0,29
После внесения удобрений в верховой торф под рассаду арбуза	6,4	167	66	224	548	123	1,60
После внесения удобрений в верховой торф под рассаду дыни	6,5	184	76	240	589	80	1,81

Заправка верхового торфа проводилась в первой декаде мая с использованием мочевины, аммонизированного суперфосфата, хлористого калия и сульфата магния в дозе $N_{200}P_{240}K_{360}Mg_{40}$ г/м³ торфа для рассады арбуза и в дозе $N_{230}P_{270}K_{390}Mg_{20}$ г/м³ торфа для рассады дыни. Кроме минеральных удобрений в торф вносили известковые материалы: 3,5 кг/м³ мела и 4 кг/м³ доломитовой муки.

Оптимальное соотношение основных элементов питания во вносимых дозах $N:P_2O_5:K_2O:MgO$ – 1:1,2:1,8:0,2 для арбуза, а для дыни – соответственно 1:1,2:1,7:0,1. В приготовленных субстратах на основе верхового торфа соотношение элементов питания отличается от оптимальных соотношений в дозах удобрений. Это объясняется тем, что внесение минеральных удобрений способствует активизации деятельности почвенной микрофлоры. Часть элементов питания закрепляется в плазме микроорганизмов, часть элементов переходит в трудногидролизуюемую форму и оставшаяся часть остаётся в форме легкогидролизующихся соединений, что сказывается на соотношении элементов питания в субстрате при агрохимическом анализе торфосмеси [10].

Расчёт площади листьев проведён разностным методом на основании биометрических измерений.

Массу сухого вещества определяли методом высушивания до постоянной массы согласно ГОСТ 28561-90.

Таблица 2

Краткая характеристика жидких комплексных удобрений, применяемых в качестве листовых подкормок рассады бахчевых культур

Вид удобрений	Производитель	Основные элементы питания, %			
		N	P	K	Mg
Эколист РК-1	АО ЭКОПЛОН, Польша		9	19	
Мультивит плюс	АО ЭКОПЛОН, Польша	5	5	8,5	
Фотолит	РУП «Институт овощеводства»	8	10	13	1,2
ЖКУ с селеном	ООО «РосБелХим»	8	2,5	8	0,17
ЖКУ универсальное	ООО «РосБелХим»	8,2	3	4	

Внесение в верховой торф расчётных доз удобрений способствовало повышению содержания общего азота в 2 раза и в 6 раз – фосфора, магния и кальция, по сравнению с содержанием этих элементов до внесения удобрений. Кислотность субстрата изменилась до уровня нейтральных значений. Содержание обменного калия увеличилось до оптимального значения (224-240 мг/л).

Рассада бахчевых культур, как и других овощных культур, нуждается в листовой подкормке жидкими удобрениями. В табл. 2 представлены используемые препараты.

Для определения оптимальной концентрации солей и лучшего соотношения элементов питания в различных препаратах, листовые подкормки проводились равными дозами (табл. 3). При приготовлении рабочего раствора дозу препарата необходимо растворить в 300 л воды.

Таблица 3

Виды удобрений и их дозы при листовых подкормках по фазам роста и развития рассады

Культура	Вид удобрений	Первая обработка		Вторая обработка	
		Доза, л/га	Фаза развития рассады	Доза, л/га	Фаза развития рассады
Арбуз	Обработка водой (контроль)	-	1-2 настоящих листа	-	3-4 настоящих листа
	Эколист РК-1	1,8		2,4	
	Мультивит плюс	1,8		2,4	
	Фотолист	1,8		2,4	
	ЖКУ с селеном	1,8		2,4	
	ЖКУ универсальное	1,8		2,4	
Дыня	Обработка водой (контроль)	-	1-2 настоящих листа	-	3-4 настоящих листа
	Эколист РК-1	2,1		2,8	
	Мультивит плюс	2,1		2,8	
	Фотолист	2,1		2,8	
	ЖКУ с селеном	2,1		2,8	
	ЖКУ универсальное	2,1		2,8	

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Рассада арбуза и дыни предъявляет исключительные требования к плодородию субстрата, так как за короткий период в условиях ограниченного корневого питания необходимо сформировать растения, отвечающие технологическому процессу [12]. Наиболее качественную рассаду можно получить при создании оптимального объёма субстрата и системы питания, отвечающего биологическим особенностям выращиваемых культур.

При получении и посадке качественной рассады на постоянное место растение не испытывает шока и безостановочно продолжает рост и развитие в более комфортных условиях, так как корневая система приобретает возможность свободного роста [1].

Определение содержания сухого вещества в зелёной массе растения показало, что наибольшее содержание 5,1% отмечено в 15-дневной рассаде арбуза при объёме субстрата 65 см³, аналогичная тенденция увеличения содержания сухого вещества сохранилась при проведении учётов 25-дневной рассады (табл. 4).

Таблица 4

Влияние различных объемов субстрата на содержание сухого вещества, %

Объем субстрата, см ³	Арбуз		Дыня	
	Через 15 дней вегетации	Через 25 дней вегетации	Через 15 дней вегетации	Через 25 дней вегетации
65	5,1	6,4	4,0	4,8
200	4,8	6,1	3,9	4,6
300	4,9	6,3	3,9	4,7
400	4,6	6,0	3,8	4,4
500	4,7	6,2	3,9	4,6
НСР ₀₅	0,42	0,34	0,20	0,37

С увеличением возраста рассады с 15 до 25 дней как арбуза, так и дыни, отмечено повышение сухого вещества в среднем на 0,7-1,4 .

Следует отметить, что рассада с наибольшим содержанием сухого вещества меньше подвергалась стрессовым ситуациям, в частности, к резкому колебанию температуры воздуха и почвы при высадке её в открытый грунт.

Исследованиями установлено, что наибольшее влияние на изменение биометрических показателей оказали объемы субстрата. С увеличением объема субстрата в 7,7 раза, площадь листа для 15-дневной рассады арбуза возросла в 1,9 раза, а 25-дневной – соответственно повысилась в 2,4 раза (табл. 5).

Таблица 5

Влияние объема субстрата и возраста рассады на изменение средней площади одного листа бахчевых культур, см²

Вариант	Средняя площадь листа арбуза		Средняя площадь листа дыни	
	Через 15 дней вегетации	Через 25 дней вегетации	Через 15 дней вегетации	Через 25 дней вегетации
65	22,6	22,9	15,7	26,5
200	23,2	34,2	18,4	32,8
300	32,7	41,3	19,0	35,3
400	40,2	50,4	19,8	36,2
500	42,5	54,2	19,6	35,4
НСР ₀₅	2,9	2,7	1,8	2,6

Рассада дыни несколько хуже реагировала на повышение объема субстрата. Наибольшая площадь листа отмечена при объеме субстрата в 400 см³. Так, в 15-дневной рассаде площадь листа увеличилась в 1,3 раза, а после 25 дней – возросла в 1,4 раза.

При объеме субстрата 65 см³ в 15-дневной рассаде арбуза площадь листа составила 22,6 см², а дыни – соответственно 15,7 см². При проведении биометрических измерений 25-дневной рассады установлено, что площадь среднего листа арбуза увеличилась на 0,3 см², а дыни – на 10,8 см². Объясняется это тем, что растения арбуза за 15 дней роста и развития формируют мощную корневую систему, которая охватывает полностью объем субстрата и в дальнейшем рост корневой системы ограничивается стенками ячейки кассеты. В таком состоянии растения замедляют рост и развитие надземной массы.

Рассада дыни после 15 дней продолжает интенсивный рост и развитие, так как для её корневой системы достаточно объема субстрата.

Исходя из полученных данных по влиянию различных объемов субстрата на рост и развитие рассады арбуза и дыни выявлено, что на начальных стадиях развития культур ускорялся рост и увеличивалась площадь среднего листа рассады. Однако наибольшая площадь среднего листа арбуза – 40,2-42,5 см² 15-дневной рассады и 50,4-54,2 см² 25-дневной рассады – получена при использовании объема субстрата 400-500 см³. Для рассады дыни достаточно использовать объемы 300-400 см³, при

которых площадь среднего листа 15-дневной рассады составила 19,0-19,8 см², а 25-дневной – 35,3-36,2 см².

При выращивании рассады арбуза и дыни в горшках с объёмом 200 см³ после внесения изучаемых доз удобрений в торф ускорялось прохождение рассадой арбуза и дыни фенологических фаз. Отмечены различия на росте рассады в зависимости от дозы удобрения и соотношения элементов питания (табл. 6).

Таблица 6

Биометрические измерения 20-дневной рассады арбуза и дыни

Доза, г/м ³	Высота рассады, см		Средняя площадь листа, см ²		Масса надземной части, г		Масса корней, г	
	арбуз	дыня	арбуз	дыня	арбуз	дыня	арбуз	дыня
Арбуз								
1. N ₁₄₀ P ₁₅₀ K ₂₄₀ Mg ₂₀ (контроль)	16		34,8		9,0		0,8	
2. N ₂₀₀ P ₂₄₀ K ₃₆₀ Mg ₄₀	16		35,2		9,2		0,9	
3. N ₂₆₀ P ₃₃₀ K ₄₈₀ Mg ₆₀	17		35,8		10,4		1,2	
4. N ₃₂₀ P ₄₂₀ K ₆₀₀ Mg ₈₀	17		36,2		11,2		1,1	
НСР ₀₅	0,58		1,3		1,2		0,07	
Дыня								
1. N ₁₇₀ P ₁₈₀ K ₂₇₀ Mg ₁₀ (контроль)	14		28,2		11,2		0,9	
2. N ₂₃₀ P ₂₇₀ K ₃₉₀ Mg ₂₀	15		31,4		12,9		1,1	
3. N ₂₉₀ P ₃₆₀ K ₅₁₀ Mg ₃₀	15		30,4		12,3		0,8	
4. N ₃₅₀ P ₄₅₀ K ₆₃₀ Mg ₄₀	16		31,2		13,0		1,0	
НСР ₀₅	0,68		1,2		1,4		0,09	

Полученные результаты подтверждают, что с увеличением доз удобрений усиливаются ростовые процессы рассады арбуза и дыни. Так, при увеличении контрольной дозы удобрений в 2,6 раза высота рассады арбуза увеличилась с 16 до 17 см, средняя площадь листа возросла на 4%. С повышением дозы удобрений надземная масса увеличилась на 0,2-2,2г, а масса корней – на 0,1-0,4 г. Наиболее эффективно корневая система арбуза развивается при внесении удобрений в дозе N₂₆₀P₃₃₀K₄₈₀Mg₆₀ г / м³.

При увеличении дозы удобрений с N₁₇₀P₁₈₀K₂₇₀Mg₁₀ до N₃₅₀P₄₅₀K₆₃₀ Mg₄₀ высота рассады дыни увеличивается на 1-2 см, средняя площадь листа возросла на 7,8-11,3%, в целом надземная масса увеличилась на 1,1-1,8 г, масса корней наибольшего значения достигла при использовании дозы N₂₃₀P₂₇₀K₃₉₀Mg₂₀ г/м³.

Кроме корневого питания для растений арбуза и дыни необходимо листовое внесение удобрений. Корневое питание обеспечивает растения питательными веществами, которые вносятся с удобрениями в субстрат. При этом значительная часть элементов питания теряется вследствие полива рассады.

Особенность листового питания заключается в том, что питательные элементы, в форме легкодоступных соединений, попадая на лист, поглощаются растениями. При таком способе внесения удобрения быстрее включаются в обменные процессы, что особенно важно в критические периоды роста и развития рассады [7, 8, 9].

В табл. 7 приводятся изменения биометрических показателей растений, выращенных в кассетах с объёмом 65 см³, под воздействием различных видов комплексных удобрений.

Таблица 7

Биометрические измерения 20-дневной рассады арбуза и дыни

Вариант	Высота рассады, см		Средняя площадь одного листа, см ²		Масса надземной части, г		Масса корней, г	
	арбуз	дыня	арбуз	дыня	арбуз	дыня	арбуз	дыня
1. Обработка водой (контроль)	17,3	16,3	21,5	20,6	4,6	4,4	0,35	0,30
2. Эколист РК-1	17,0	16,4	25,4	26,2	5,4	5,2	0,40	0,40
3. Мультивит плюс	18,4	17,0	22,5	24,4	5,1	4,9	0,40	0,40
4. Фоталист	16,8	16,8	23,6	22,4	4,9	4,5	0,35	0,35
5. ЖКУ с селеном	18,2	17,9	28,9	30,8	5,8	6,0	0,45	0,50
6. ЖКУ универсальное	17,7	17,3	26,0	28,9	5,6	5,8	0,40	0,45
НСР ₀₅	0,52	0,48	1,6	1,4	1,1	1,2	0,07	0,08

Полученные данные свидетельствуют о том, что растения хорошо реагировали на листовую подкормку при применении препаратов ЖКУ с селеном и ЖКУ универсальное. Средняя площадь листа при использовании данных препаратов увеличивалась на 4,5-7,4 см² при обработке рассады арбуза и на 8,3-10,2 см² – дыни. Масса надземной части арбуза возросла на 21,7-26,1%, дыни – на 31,8-36,4%.

ВЫВОДЫ

Для получения высококачественной рассады арбуза необходимо использовать горшочки с объёмом субстрата 400-500 см³, а для производства рассады дыни – 300-400 см³.

При заправке субстрата из верхового торфа удобрения под арбуз необходимо вносить из расчёта N₂₆₀P₃₃₀K₄₈₀Mg₆₀, а под дыню – N₂₃₀P₂₇₀K₃₉₀Mg₂₀ г д.в./м³.

За период вегетации арбуза и дыни в фазе 1-2 настоящих листа и в фазе 3-4 настоящих листа следует проводить листовые подкормки с дозой препарата в первую фазу 1,8-2,1 л/га и во вторую фазу – 2,4-2,8 л/га, с использованием препаратов ЖКУ с селеном или ЖКУ универсальное, при расходе рабочего раствора 300 л/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аутко, А.А / Приоритеты современного овощеводства. / А.А. Аутко, Г.И. Гануш, Н.Н. Долбик. – Мн.: Технопринт, 2003. – 156 с.
2. Андреев, Ю.М. Овощеводство / Ю.М. Андреев. – М.: ПрофОбрИздат, 2002. – 256 с.
3. Борисов, В.А. Качество и лёжкость овощей / В.А. Борисов, С.С. Литвинов, А.В. Романова. – М., 2003. – 625с.
4. Власов, И.А. Овощеводство / И.А. Власов. – М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1951. – 255 с.
5. Гаврильчик, А.П. Превращения торфа при добыче и переработке / А.П. Гаврильчик. – Мн.: Наука, 1992. – 197 с.
6. Данилевич, Ю.В. Использование смеси верхового и низинного торфа для выращивания рассады капусты белокочанной / Ю.В. Данилевич, М.Ф. Степура // Почвоведенье и агрохимия. – № 1(34). – Мн., 2005. – С 207-210.
7. Степура, М.Ф. Ресурсосберегающая система удобрений овощных культур / М.Ф. Степура, А.А. Аутко, В.А. Крапивка. – Мн., 2010. – 208с.
8. Степура, М.Ф. Роль внекорневых подкормок в питании овощных культур / М.Ф. Степура, Т.В. Матюк // Сб. науч. тр. / Овощеводство: – Мн., 2008. – Т. 15. – С. 88-96
9. Эффективность внекорневых подкормок удобрениями и регуляторами роста при получении овощного сырья для детского питания / М.Ф. Степура [и др.] // Сб. науч. тр. / Овощеводство:– Мн., 2006. – Т. 12. – С. 157-163
10. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – М.: Агропромиздат, 1987. – 511с.
11. Пивоваров, В. Ф. Овощи – новинки на вашем столе / В. Ф. Пивоваров, П.Ф. Кононков, В.П. Никульшин. – М.: Союз, 1995. – 226с.
12. Технология промышленного производства овощей в зимних теплицах / С.И. Шуничев [и др.] – М.: Агропромиздат, 1987. – 110с.

INFLUENCE OF FERTILIZERS DOSES, FOLIAR APPLICATIONS AND SUBSTRATE VOLUMES ON WATERMELON AND MELON SEEDLINGS GROWTH AND DEVELOPMENT

M.F. Stepuro, A.V. Botsko

Summary

In the article two – year experimental date concerning optimal substrate volumes for watermelon and melon seedlings are presented, fertilizers doses for basic dressing of high – moor peat in crops seedling period and various kinds and doses of liquid complex fertilizers depending on plants growth and development phases were developed.

Поступила 3 мая 2010 г.

СОДЕРЖАНИЕ НАТРИЯ, ХЛОРИДОВ И СУЛЬФАТОВ В ПОЧВАХ Г. МИНСКА

Г.В. Пироговская, С.С. Хмелевский
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Источники поступления водорастворимых компонентов в городские почвы весьма разнообразны и включают атмосферные выпадения, сточные воды, выбросы промышленных предприятий и бытовые отходы, противогололедные смеси (в зимний период) и трансграничный перенос. Имеющиеся к настоящему времени сведения о содержании компонентов солевого состава в почвах урбанизированных ландшафтов свидетельствуют о накоплении их в верхних слоях почв, несмотря на их высокую миграционную способность [1, 2, 3, 4].

Основными водорастворимыми соединениями, загрязняющими городские почвы, являются натрий, хлориды, сульфаты, соединения фтора и др. На характер загрязнения почв придорожных полос водорастворимыми соединениями влияет рельеф местности, наличие строений, продолжительность снежного периода, количество выпавших осадков, интенсивность транспортного движения, а также и другие факторы [1, 5].

Отечественными и зарубежными исследователями отмечено, что натрий и хлориды накапливаются в почвах вдоль автодорог в основном за счет противогололедных реагентов, и в частности, хлорида натрия (песчано-галитные смеси), который в России и Беларуси занимает более 90% от общего количества применяемых солевых антифризов [1, 2, 3, 4]. Поступление их в почву зависит от периодичности внесения противогололедных реагентов и их суммарных количеств, которые меняются от года к году и во многом зависят от конкретных погодных условий.

Сульфаты являются также водорастворимыми загрязнителями почвенного покрова в городских условиях. Основными источниками их поступления являются выбросы промышленных предприятий. В атмосферу поступают соединения серы, которые представляют собой фазовые смеси газов и аэрозолей, состоящих из золы, пыли, туманов. При этом соединения серы, выводятся из атмосферы двумя путями: сухим выпадением и мокрым – с осадками [6].

Целью наших исследований – являлась оценка загрязнения городских почв (на примере г. Минска) водорастворимыми соединениями (натрий, хлориды, сульфаты) на разных удалениях от автомобильной дороги.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Оценка содержания водорастворимых соединений (2006-2008 гг.) в городских почвах осуществлялась на пяти объектах в г. Минске: Центральный ботанический сад ЦБС; улица Сурганова; проспект Победителей; улица Ваупшасова (район Тракторного завода); территория вдоль МКАД (выезд на п. Ждановичи).

Для выявления очагов загрязнения почв водорастворимыми соединениями была принята система наблюдений по профилям, ориентированным перпендикулярно к направлению автомобильных дорог. Почвенные образцы отбирались (весной и осенью) на разном удалении от автомобильной дороги (от 1 до 150 м) с верхнего (0-25 см) и нижележащего (26-50 см) слоя почв, в которых контролировалось содержание водорастворимого и обменного натрия, хлоридов и сульфатов.

Определение содержания водорастворимого натрия проводилось согласно ГОСТ 26427-85, обменного натрия – методом пламенной фотометрии (ГОСТ 26950-86), хлоридов – методом прямой ионометрии (ГОСТ 26425-85), сульфатов – фотометрическим методом (ГОСТ 26426-85).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Натрий водорастворимый и обменный. Валовое содержание натрия в верхних горизонтах почв сравнительно невелико и изменяется в зависимости от типа почвы и ее гранулометрического состава и находится в пределах от 0,34 до 1,88% [7]. Натрий в почвах образует преимущественно легкорастворимые соли, находится в основном в водорастворимой и обменной формах, обладает высокой миграционной способностью в почвенном профиле [2].

Известно, что в почвах с высокой концентрацией солей натрия существенно изменяются и физико-химические свойства. При этом происходит разрушение гумусовых и минеральных агрегатов в пахотном слое почвы, нарушается соотношение катионов в почвенном поглощающем комплексе, увеличивается растворимость органических и минеральных соединений почвы в результате смещения

уровня pH в сторону щелочной реакции, что, в свою очередь, приводит к диспергированию почвенных коллоидов, а в растениях происходят нарушения физиолого-биохимических процессов.

Вместе с тем, в литературных источниках относительно мало сведений о загрязнении почв натрием, к тому же, для них не разработаны градации по загрязнению почв, и нет данных о допустимых концентрациях этого элемента в почве.

Определение содержания водорастворимого и обменного натрия в почвах свидетельствует, что наибольшие концентрации как водорастворимого, так и обменного натрия, на всех объектах, отмечались в весенний период. К осени прослеживалась тенденция к снижению в почве натрия (на расстояниях до 10 м от автодороги) в обоих слоях почвы, и, в большей степени, в верхнем слое почвы (0-25 см). Выявлено также, что максимальные концентрации натрия в почвах исследуемых объектов в весенний период наблюдались в 2006 г. по сравнению с 2007-2008 гг. Это объясняется более длительным снежным периодом в 2006 г. (декабрь-март), и, соответственно, суммарным количеством внесенных противогололедных реагентов, которые, как известно, являются основными "поставщиками" натрия в почвы придорожных полос.

Более наглядно распределение водорастворимого и обменного натрия на разных объектах и удалениях от автомобильной дороги в весенний период представлено на рис. 1-2.

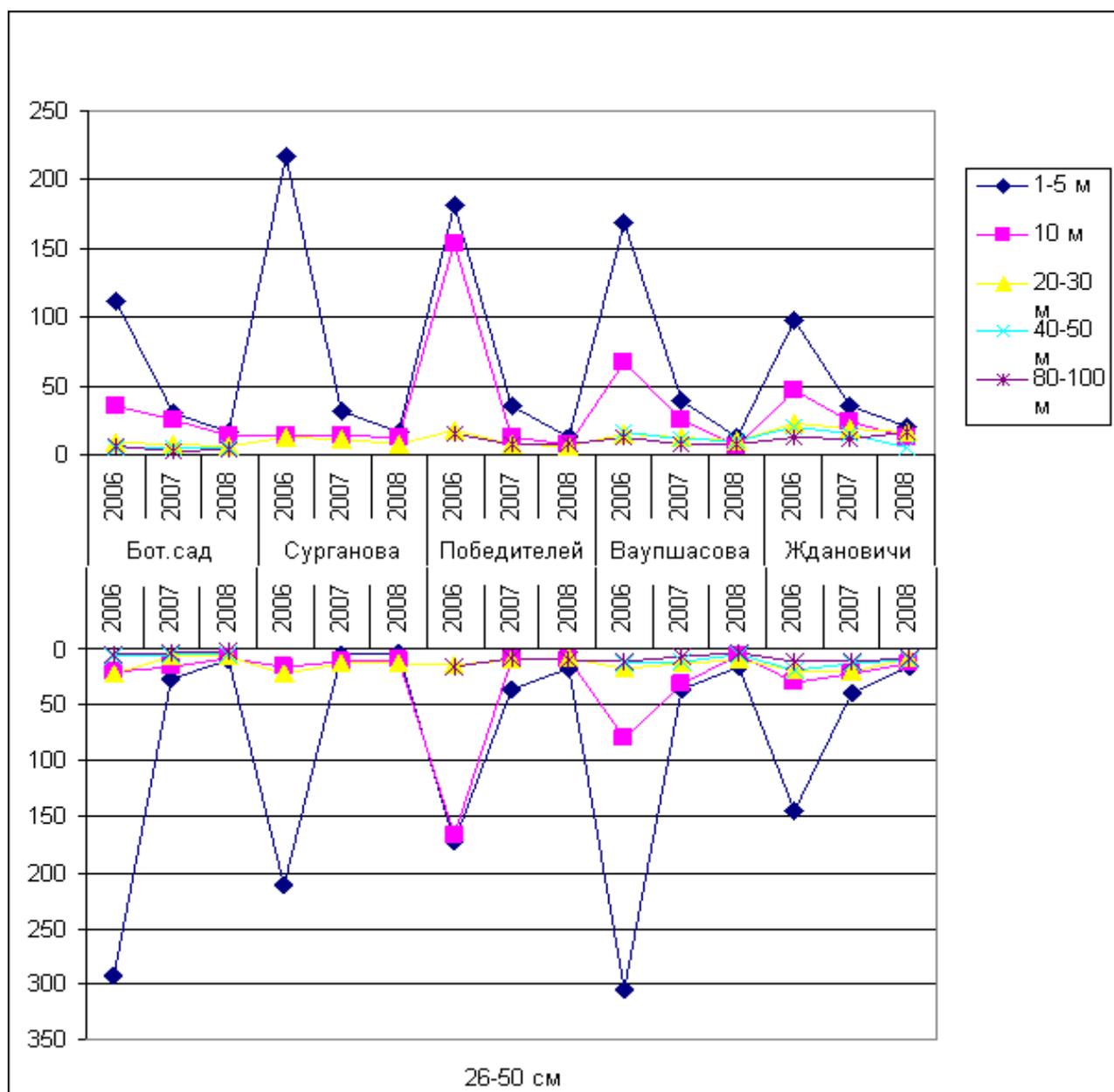


Рис. 1. Содержание водорастворимого натрия в почве в весенний период, мг/кг (2006-2008 гг.)

Установлено, что наибольшее содержание в почвах натрия на объектах наблюдений в г. Минске отмечалось на расстоянии от 1 до 10 м от автомобильной дороги, с максимумом на расстоянии 1-5 м. Например, более высокие концентрации водорастворимого натрия в слое почв 0-25 см на расстоянии до 5 м от дороги наблюдались в весенний период в 2006 г. по ул. Сурганова – 216,9 мг/кг почвы, далее по убывающей на проспекте Победителей – 181,8, ул. Ваупшасова – 168,4 на территории Центрального ботанического сада – 112,1 и на объекте МКАД (выезд в п. Ждановичи) – 98,2 мг/кг. На расстоянии 10 м от автодороги концентрации водорастворимого натрия составляли соответственно: 13,6; 153,3; 67,6; 36,0 и 47,5 мг/кг почвы (рис. 1).

Что касается обменного натрия, то прослеживалась аналогичная закономерность в слое почвы 0-25 см, наибольшие его концентрации фиксировались на всех объектах исследований на расстояниях 1-5-10 м от дороги. Так, на объекте по ул. Сурганова содержание обменного натрия составляло 691,1 (1-5 м от автодороги) и 20,2 (10 м) мг/кг почвы соответственно, по ул. Ваупшасова – 386,1 и 98,4, на территории Центрального ботанического сада – 345,7 и 45,6, по проспекту Победителей – 206,9 и 337,2, на объекте МКАД (выезд в п. Ждановичи) – 184,8 и 58,7 мг/кг почвы (рис. 2).

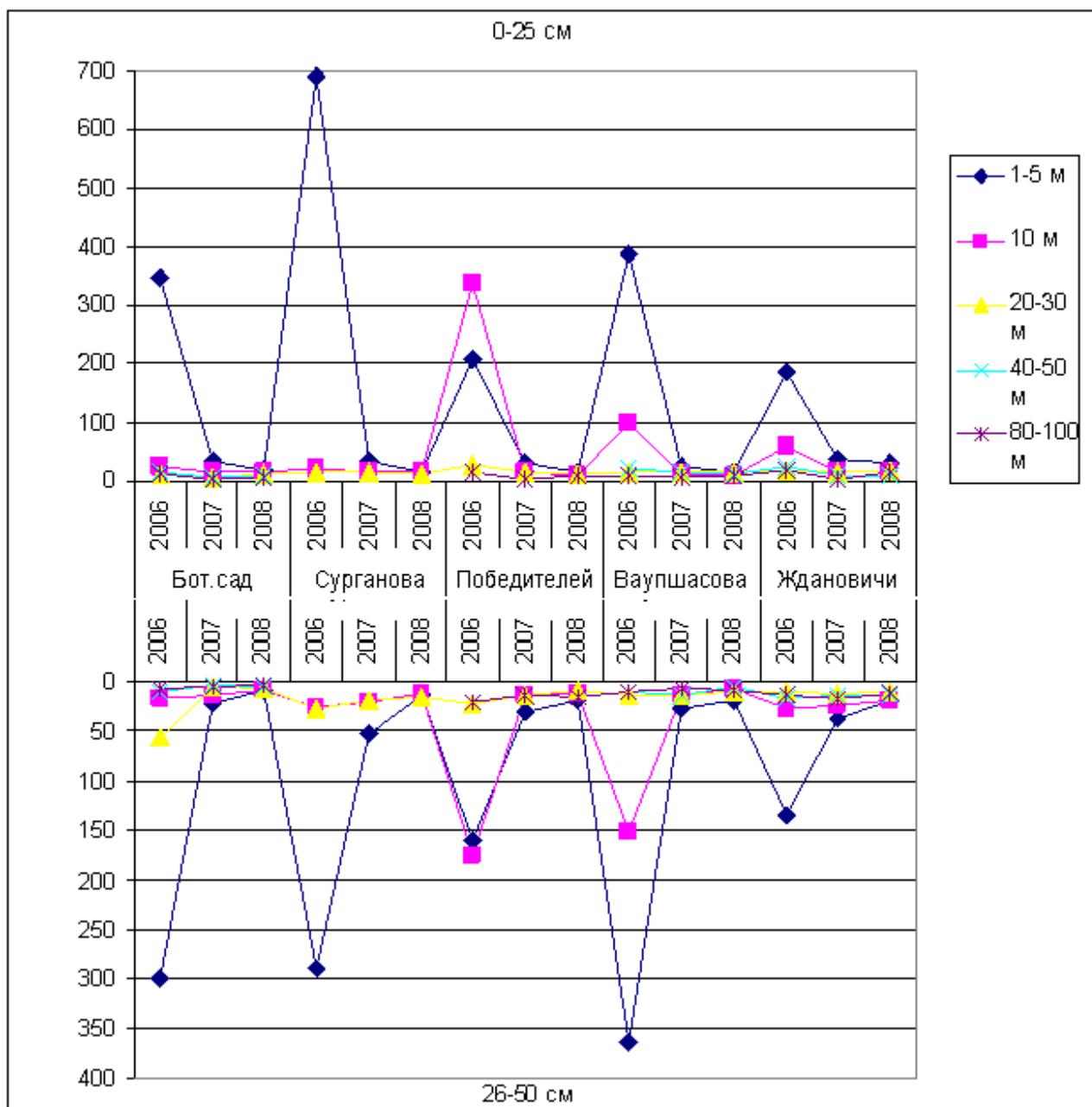


Рис. 2. Содержание обменного натрия в почве в весенний период, мг/кг (2006-2008 гг.)

По распределению водорастворимого и обменного натрия слое 26-50 см наблюдались аналогичные закономерности. Концентрации водорастворимого натрия на расстоянии 1-5 м находились, в зависимости от объекта исследований, в пределах от 144,3 до 304,8 мг/кг почвы, а на расстоянии 10 м –

15,4-166,5 мг/кг. Содержание обменного натрия составляло по ул. Сурганова на этих расстояниях – 289,2 и 25,5 мг/кг, по проспекту Победителей – 160,3 и 174,5, по ул. Ваупшасова – 364,2 и 151,4, на территории Центрального ботанического сада – 300,2 и 17,7, на объекте МКАД (выезд в п. Ждановичи) – 135,2 и 27,5 мг/кг почвы соответственно.

Следует отметить, что доля водорастворимого натрия от обменного на объектах исследований в верхнем слое почв в весенний период на расстоянии до 100 м от автодороги изменялась в пределах от 23,9 до 61,9%. При этом его концентрации в весенний период в слое почвы 0-25 см на расстоянии 1-5 м от дороги располагались по убывающей в следующем порядке: ул. Сурганова – 88,3 мг/кг почвы (среднее за 2006-2008 гг.), ул. Ваупшасова – 73,5, пр-т Победителей – 73,3, территория Центрального ботанического сада – 53,0 и МКАД (п. Ждановичи) – 50,7 мг/кг почвы; соответственно на 10 м от дороги – от 31,3 до 48,3%, при содержании его на пр-те Победителей – 57,8, ул. Ваупшасова – 27,9, МКАД (п. Ждановичи) – 24,8, Центральном ботаническом саду – 16,0 и ул. Сурганова – 13,6 мг/кг почвы. На расстоянии 20-30 м от дороги, в зависимости от объекта исследований, содержание водорастворимого натрия изменялось в пределах от 7,6 до 16,5 мг/кг почвы, при этом он занимал от 34,7 до 48,7% от обменного, а на расстоянии 100 м от дороги – от 4,3 до 13,7 мг/кг и 39,7-45,4%.

Известно, что в настоящее время отсутствуют нормативы по допустимым концентрациям водорастворимых форм натрия, хлоридов и сульфатов для оценки степени загрязнения ими почв.

Согласно Постановления Совета Министров РБ № 1042 от 17.07.2008 г. «Положение о порядке исчисления размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде, и составления акта об установлении факта причинения вреда окружающей среде», степень загрязнения земель водорастворимыми компонентами принято оценивать по кратному превышению фактического содержания этих компонентов над их фоновыми содержаниями. Степень деградации земель ранжируется как низкая (2,1-10,0 кратность, раз), средняя (10,1-40,0), высокая (40,1-100,0) и очень высокая – более 100,0 раз. Если условно содержание водорастворимого и обменного натрия на расстоянии 100 м от автодороги принять как фоновое, то степень деградации почв натрием средняя (1-5 м от дороги) по ул. Сурганова (в 12,2 раз превышение водорастворимого натрия и в 18,1 раз обменного натрия), а на остальных объектах – степень деградации почв низкая.

На расстоянии до 5 м от дороги на всех объектах исследований к осени (2006-2007 гг.) уменьшается содержание как водорастворимого (до 2,3 раза), так и обменного натрия (в 1,1-3,4 раз), и на 10 м от дороги – 1,6-2,8 и 1,1-4,2 раз только по пр-ту Победителей, ул. Ваупшасова и на объекте МКАД (выезд в п. Ждановичи). В 2008 г. этой закономерности не прослеживается.

Полученные закономерности в распределении натрия в зависимости от удаленности от автодороги и сезонности года отмечаются и другими исследователями [2,3].

Хлориды. Особенности миграции ионов хлора в почвенном профиле определяются гранулометрическим составом почвенных горизонтов, глубиной почвенного профиля, а также режимом и интенсивностью выпадения осадков [2].

В результате проведенных исследований была установлена тенденция снижения содержания хлоридов по мере удаления от автомобильной дороги, как в верхнем (0-25 см), так и в нижележащем (26-50 см) слое почвы. При этом наибольшие их содержания отмечались в почвенном профиле на удалении от 1 до 10, а в отдельных случаях и до 30 м от автомагистралей (табл. 1, рис. 3).

Загрязнение хлоридами почв придорожных полос в зависимости от объекта исследований было неодинаковым. Наибольшие содержания хлоридов в почве фиксировались в весенний период на объектах: пр-т Победителей – 273 мг/кг (0-25 см) и 244 мг/кг почвы (26-50 см) – на расстоянии 1-10 м, по ул. Сурганова – 122 мг/кг (0-25 см) и 136 мг/кг (26-50 см) – 1-5 м и на объекте МКАД (выезд на п. Ждановичи) – 71 мг/кг (0-25 см) и 99 мг/кг (26-50 см) – 1-10 м, а также в слое почвы 26-50 см по ул. Ваупшасова, на расстоянии 1-5 м от автодороги концентрации достигали до 235 мг/кг почвы (2006 г.). Высокие концентрации хлоридов на указанных объектах исследований можно объяснить, по-видимому, высокой интенсивностью автомобильного движения, что в свою очередь определяло количество израсходованных противогололедных реагентов.

Содержание хлоридов на этих объектах на удалении более 80 м от автодороги было значительно ниже: на проспекте Победителей – 38 мг/кг почвы (0-25 см) и 33 мг/кг (26-50 см), ул. Сурганова – 24 и 33 мг/кг, на МКАД (выезд на п. Ждановичи) – 14 и 14 мг/кг, ул. Ваупшасова – 19 и 24 мг/кг и на территории Центрального ботанического сада – 28 и 19 мг/кг почвы соответственно.

**Динамика изменения содержания хлоридов на объектах исследований,
2006-2008 гг. (апрель)**

Наименование объекта/ расстояние от автодороги		1-5 м	10 м	20-30 м	40-50 м	80-100 м	1-5 м	10 м	20-30 м	40-50 м	80-100 м
		0-25 см					26-50 см				
ЦБС*	2006 г.	38	19	24	19	28	127	28	14	19	19
	2007 г.	35	17	17	10	9	56	23	17	11	9
	2008 г.	13	12	12	12	9	9	10	9	9	9
	Снижение (2008 г.) к 2006 г., раз	2,9	1,6	2,0	1,6	3,1	14,1	2,8	1,6	2,1	2,1
ул. Сурганова	2006 г.	122	28	24	19	24	136	19	24	52	33
	2007 г.	39	16	12	12	9	42	19	20	10	11
	2008 г.	12	9	9	12	9	9	11	14	9	9
	Снижение (2008 г.) к 2006 г., раз	10,2	3,1	2,7	1,6	2,7	15,1	1,7	1,7	5,8	3,7
пр-т Победителей	2006 г.	273	-	19	-	38	193	-	33	-	33
	2007 г.	47		20		15	44		19		12
	2008 г.	11	-	14	-	10	12	-	9	-	11
	Снижение (2008 г.) к 2006 г., раз	24,8		1,4	-	3,8	16,1		3,7	-	3,0
ул. Ваупшасова	2006 г.	56	61	14	14	19	235	47	24	14	24
	2007 г.	40	44	15	12	9	52	47	30	15	10
	2008 г.	9	13	11	14	9	11	14	13	11	11
	Снижение (2008 г.) к 2006 г., раз	6,2	4,7	1,3	1,0	2,1	21,4	3,4	1,8	1,3	2,2
МКАД (Ждановичи)	2006 г.	71	71	42	28	14	99	66	33	42	14
	2007 г.	34	47	20	14	10	43	49	22	19	10
	2008 г.	9	11	9	11	13	13	9	13	9	9
	Снижение (2008 г.) к 2006 г., раз	7,9	6,5	4,7	2,5	1,1	7,6	7,3	2,5	4,7	1,6

Однако следует отметить, что весной 2008 г. четкой зависимости степени загрязнения почв хлоридами от удаления от автомобильных дорог на объектах как в городе, так и на Минской кольцевой автодороге, не наблюдалось (0-50 см). При этом количество хлоридов в почвах на всех объектах исследований было минимальным и составляло от 9 до 14 мг/кг почвы. Это объясняется, по-видимому, тем, что в апреле 2008 г года выпало большое количество осадков – 106,4 мм (для сравнения в 2006 г. – 26,0, 2007 г. – 6,6 мм) и произошло вымывание хлоридов вниз по профилю почвы.

Экспериментальные данные наших исследований показывают, что наибольшее содержание хлоридов отмечалось преимущественно в нижнем слое почвы (26-50 см) на всех изучаемых объектах, по сравнению с верхним (0-25 см), что свидетельствует о высокой их подвижности и миграции в нижележащие горизонты почвы.

Аналогичные закономерности в концентрации хлоридов в почвах по годам наблюдались и в осенний период, однако количественные значения этих показателей были преимущественно (по пр-т Победителей, ул. Ваупшасова и на объекте МКАД, п. Ждановичи) ниже, чем в весенний период (рис.3).

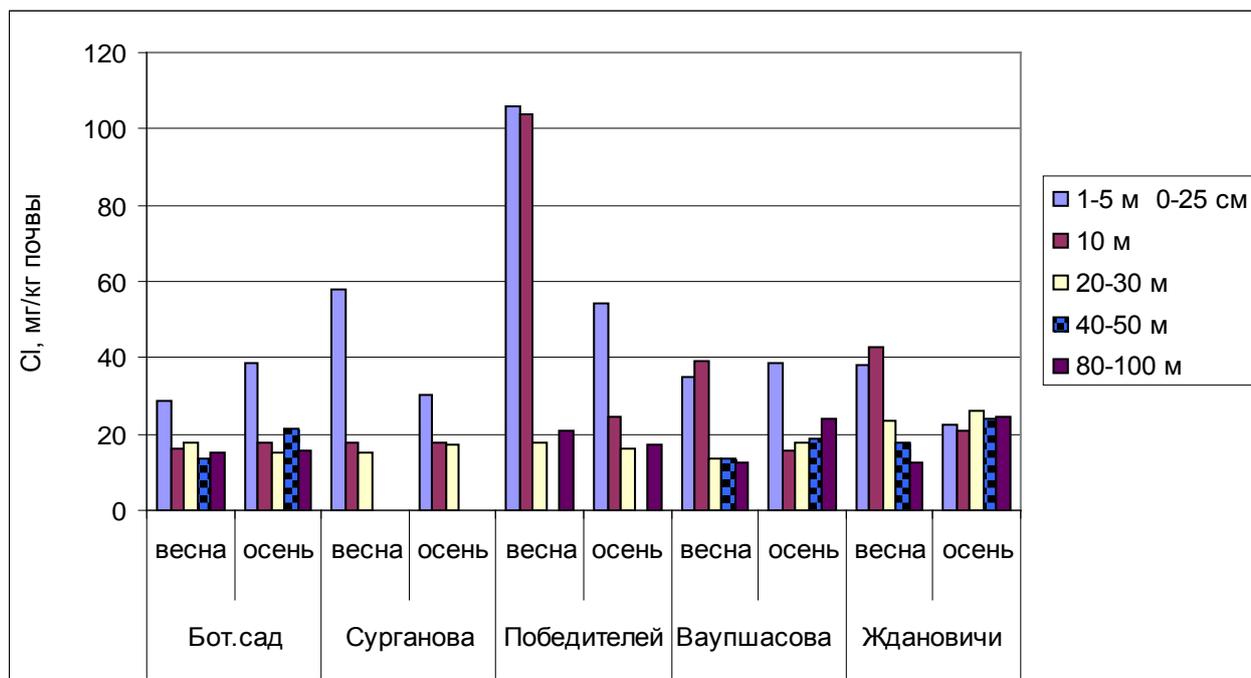


Рис. 3. Содержание хлоридов в почвах на объектах исследований, (апрель, октябрь, среднее за 2006-2008 гг).

О высокой подвижности и миграции в почве хлоридов свидетельствуют также данные о их сезонных изменениях в почвах. Например, содержание хлоридов к осени снижалось в почвах исследуемых объектов: на проспекте Победителей – в 5,6 раз (0-25 см) и 6,4 раза (26-50 см), по ул. Сурганова – 4,5 и 5,2 раза, по МКАД (выезд на п. Ждановичи) – в 5,1 и 4,9 раза, по ул. Ваупшасова – в 4,8 и 4,2 раза, на территории Центрального ботанического сада – в 3,7 и 4,1 раза соответственно.

Содержание хлоридов, как в весенний, так и осенний период, существенно различалось по годам. Например, в слое почвы 0-50 см в весенний период на объекте ЦБС содержание хлоридов было в 2007 г. – в 1,0-2,7, в 2008 г. – в 1,6-14,1 раза ниже, чем в 2006 г., соответственно на пр-т Победителей – в 2007 г. – в 1,1-4,3 раза, в 2008 г. – в 1,4-24,8 раза, по ул. Сурганова – в 2007 г. – в 1,0-4,7 раза, в 2008 г. – в 1,6-10,2 раза, по ул. Ваупшасова – в 2007 г. – в 1,0-4,7 раза, в 2008 г. – в 1,0-21,4 раза, по МКАД (выезд на п. Ждановичи) – в 2007 г. – в 1,1-5,4 раза, в 2008 г. – в 1,1-7,9 раза.

Это объясняется тем, что в 2006 г. был более продолжительный период со стабильным снежным покровом (декабрь 2005 г. – январь-март 2006 г.), по сравнению с 2007 г. (январь-февраль) и 2008 г. (февраль) и, соответственно, большим количеством израсходованных противогололедных реагентов. Последние, как известно, являются основными источниками поступления хлоридов в почвы города.

Степень деградации почв хлоридами на всех объектах исследований на расстоянии до 10 м от автодороги оценивается как низкая. Однако, на проспекте Победителей превышение показателя фоновой концентрации (100 м от дороги) составляет до 5 раз (1-10 м от дороги), ул. Сурганова – до 3,8, МКАД (п. Ждановичи) – до 3,5, ул. Ваупшасова – 3,2 и ЦБС – 1,9 раза.

Сульфаты. Фоновое содержание сульфатов в почвах Беларуси оценивается в 41 мг/кг почвы, в почвах городов – 25-110 мг/кг; наиболее часто встречающиеся концентрации находятся в пределах 35-70 мг/кг почвы [1]. Соединения серы поступаая из атмосферы в почву могут закрепляться в результате адсорбции в виде нерастворимых соединений, при этом ограничивается их миграция. Способность почв сорбировать сульфаты различная. Так, у почв с pH > 6 и выше, а также на почвах легкого гранулометрического состава адсорбционная способность незначительная, поскольку большинство сульфатов хорошо растворимо в воде и солевых растворах и они в значительной степени вымываются из поверхностного слоя почв в нижележащие. Отрицательное влияние, содержащих серу техногенных соединений, на почву и живые организмы проявляется в основном косвенно, когда они вызывают заметное уменьшение pH почвенного раствора или засоление, что ухудшает условия жизни почвенных микроорганизмов и зеленых насаждений [6].

В наших исследованиях установлено, что на объектах в г. Минске в почвах за годы наблюдений (2006-2008 гг.) содержание сульфатов изменялось в пределах от 13,0 до 105,9 мг/кг почвы. При этом следует отметить, что в основном содержание сульфатов в почвах соответствовало наиболее часто встречаемым концентрациям (35-70 мг/кг) в городских почвах Беларуси [1]. По данным реперной сети станций фонового мониторинга в Республике Беларусь средневзвешенное содержание сульфатов

(SO₄²⁻) изменяется в пределах от 25,3 (Брестская область) до 95,2 (Витебская область) мг/кг почвы, а в среднем по республике 51,8 мг/кг почвы [8], табл. 2.

Таблица 2

Содержание сульфатов на объектах исследований в г. Минске, 2006,2008 гг.

Наименование объекта / расстояние от автодороги		1-5 м	10 м	20-30 м	40-50 м	80-100 м	1-5 м	10 м	20-30 м	40-50 м	80-100 м
		0-25 см					25-50 см				
Содержание сульфатов, мг/кг											
ЦБС*	2006 г. апрель	30,5	14,5	26,5	22,5	23,5	55,9	17,0	23,0	19,0	28,9
	2008 г. сентябрь	32,9	15,0	27,0	28,5	31,9	59,3	18,5	23,9	21,5	31,5
	+/- к 2006	2,4	0,5	0,5	6	8,4	3,4	1,5	0,9	2,5	2,6
ул. Сурганова	2006 г. апрель	43,9	25,5	21,5	-	-	44,9	31,5	21,0	-	-
	2008 г. сентябрь	52,0	28,9	29,5	-	-	45,0	32,9	21,5	-	-
	+/- к 2006	8,1	3,4	8	-	-	0,1	1,4	0,5	-	-
пр-т Победителей	2006 г. апрель	29,5	36,5	13,0	-	31,0	22,0	32,0	13,0	-	31,0
	2008 г. сентябрь	29,0	32,9	20,5	-	30,5	23,5	30,9	20,3	-	33,0
	+/- к 2006	-0,5	-3,6	7,5	-	-0,5	1,5	-1,1	7,3	-	2
ул. Ваупшасова	2006 г. апрель	26,5	26,0	21,9	23,0	22,5	34,5	33,5	27,0	27,4	32,0
	2008 г. сентябрь	29,9	30,0	38,0	30,5	28,5	36,5	34,5	29,0	32,0	33,4
	+/- к 2006	3,4	4	16,1	7,5	6	2	1	2	4,6	1,4
МКАД (Ждановичи)	2006 г. апрель	89,9	23,5	47,9	105,9	14,0	52,4	37,5	39,5	39,0	31,0
	2008 г. сентябрь	95,5	40,3	59,9	90,5	31,3	55,4	38,9	42,9	45,5	32,9
	+/- к 2006	5,6	16,8	12	-15,4	17,3	3	1,4	3,4	6,5	1,9

Содержание сульфатов в почвах объектов исследований было неодинаковым. Так, наибольшие их концентрации наблюдались в слое почвы 0-25 см на МКАД (Ждановичи) на расстояниях 1-5 и 20-50 м от автомобильной дороги и соответствовали 47,9-105,9 мг/кг почвы. На остальных объектах исследований (территория Центрального ботанического сада, ул. Сурганова, пр-т Победителей и ул. Ваупшасова) содержание сульфатов отличалось незначительно и было в пределах от 13,0 до 59,3 мг/кг почвы.

Не выявлено четко выраженной зависимости содержания сульфатов относительно удаленности от автомобильной дороги. Так, например, на территории Центрального ботанического сада в слое почвы 0-25 см на удалении 1-5 м от автодороги содержание сульфатов составляло в 2006 г. (апрель) и 2008 г. (сентябрь) 30,5 и 32,9 мг/кг почвы; 10 м – 14,5 и 15,0; 20-30 м – 26,5 и 27,0; 40-50 м – 22,5 и 28,5 и на расстоянии 80-100 м – 23,5 и 31,9 мг/кг почвы соответственно.

Количественные показатели содержания сульфатов в почвах по годам исследований различались незначительно. Так, на объекте исследований в Центральном ботаническом саду в ходе наблюдений было установлено увеличение содержания сульфатов в слое почвы 0-50 см осенью 2008 г. по отношению к весне 2006 г. на 0,5-8,4 мг/кг почвы; на объекте по ул. Сурганова – на 0,1-8,1; по ул. Ваупшасова – 1,0-16,1; на объекте по МКАД (выезд на п. Ждановичи) – на 1,4-17,3 мг/кг, и лишь в слое почвы 0-25 см на расстоянии 40-50 м было отмечено снижение содержания сульфатов на 15,4 мг/кг почвы. На объекте исследований по проспекту Победителей в слое почвы 0-25 см отмечалось преимущественно уменьшение содержания сульфатов на 0,5-3,6 мг/кг почвы (на расстоянии 20-30 м увеличение на 7,5), а в слое почвы 26-50 см – преимущественно увеличение их содержания на 1,5-7,3

мг/кг. Также в ходе исследований было установлено незначительное сезонное изменение содержания сульфатов в почве.

ВЫВОДЫ

1. Содержание как водорастворимого, так и обменного натрия в слое почвы 0-50 см зависит от удаления от автодороги, продолжительности снежного периода, сезонности: максимальные их концентрации в весенний период на расстоянии от 1 до 5 м от автодороги находились на уровне 691 мг/кг почвы (ул. Сурганова), на расстоянии 10 м – 337 мг/кг почвы (пр-т Победителей), далее происходит снижение их концентраций (100 м от дороги – 3,2-19,3 мг/кг); отмечается в 2006-2007 гг. снижение их количеств к осени на расстоянии до 5 м на всех объектах исследований в 1,1-3,4 раз, а на 10 м – в 1,1-4,2 раз. Степень деградации почв натрием средняя (1-5 м от дороги) по ул. Сурганова (в 12,2 раз превышение водорастворимого натрия и в 18,1 раз обменного натрия), а на остальных объектах – низкая.

2. Содержание хлоридов в городских почвах придорожных полос зависит также от удаления от автодороги, продолжительности снежного периода, а также от сезонности. Так, концентрация хлоридов максимальная на удалении от автодороги на расстоянии от 1 до 5 м (273 мг/кг почвы – пр-т Победителей, ул. Ваупшасова – 235 и ул. Сурганова – 136 мг/кг почвы), на 10 м – 61-71 мг/кг почвы (МКАД п. Ждановичи, ул. Ваупшасова), далее происходит снижение их концентраций до 9-38 мг/кг почвы (100 м от дороги). Степень деградации почв хлоридами на всех объектах исследований на расстоянии до 10 м от автодороги оценивается как низкая. Однако на проспекте Победителей превышение показателя фоновой концентрации (100 м от дороги) составляет до 5 раз (1-10 м от дороги), ул. Сурганова – до 3,8, МКАД (п. Ждановичи) – до 3,5, ул. Ваупшасова – 3,2, ЦБС – 1,9 раза.

3. Четко выраженной зависимости содержания сульфатов от удаления от автодороги, сезонности и года исследований не выявлено, при этом их значения не превышают предельно допустимых концентраций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хомич, В.С. Экогеохимия городских ландшафтов Беларуси / В.С. Хомич, С.В. Кукарека, Т.И. Кухарчик; под ред. В.С. Хомича. – Минск: РУП “Минсктиппроект”, 2004. – 260 с.
2. Азовцева, Н.А. Влияние солевых антифризов на экологическое состояние городских почв: автореф. дис ... канд. биол. наук: 03.00.27 / Н.А. Азовцева; МГУ им. М.В.Ломоносова фак. Почвоведения. – М., 2004. – 23 с.
3. Хомяков, Д.М. Воздействие хлоридных противогололедных реагентов на засоление почв. / Д.М. Хомяков, Е.А. Чекулаева // Агроэкологическая оптимизация земледелия / Всерос. науч.-исслед. ин-т земледелия и защиты почв от эрозии. – Курск, 2004 – С. 505-508.
4. Якубов, Х.Г. Экологический мониторинг зеленых насаждений Москвы / Х.Г. Якубов. – Москва: ООО “Стагирит – Н”, 2005. – 264 с.
5. Курбатова, А.С. Экология города / А.С. Курбатова, В.Н. Башкин, Н.С. Касимов; под ред. А.С. Курбатовой. – Москва: Научный мир, 2004. – 624 с.
6. Маслова, И. Я. Воздействие содержащих серу азротехногенных веществ на некоторые агрохимически значимые процессы и свойства почвы / И. Я. Маслова // Агрохимия. – 2008. – С. 80-94.
7. Виноградов, А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А.П. Виноградов. – Москва: Изд-во академии наук СССР, 1950. – 278 с.
8. Логинов, В.Ф. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2006 г. / В.Ф. Логинов. – Минск: Изд-во центр БГУ, 2007. – 377 с.

CONTENT OF EXCHANGE AND WATER-SOLUBLE SODIUM, CHLORIDES AND SULPHATES IN SOILS OF MINSK

G.V. Pirogovskaya, S.S. Khmelevsky

Summary

Results of research on pollution of soils on objects of supervision in Minsk are resulted by water-soluble and exchange sodium, chlorides and sulphates. Laws in distribution of these pollutants concerning remoteness from motorways and seasonal prevalence are revealed.

Поступила 28 апреля 2010 г.

ФОРМИРОВАНИЕ ПОЧВ НА ЛИТОЛОГИЧЕСКИ ОДНОЧЛЕННЫХ МАТЕРИНСКИХ ПОРОДАХ И ИХ ДЕГРАДАЦИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИРОДНЫХ И АГРОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

В.Д. Лисица¹, Т.В. Бубнова², С.В. Шульгина², И.И. Бубен³

¹ Белорусское общество почвоведов

² Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

³ Проектный институт «Белгипрозем», г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Уникальная роль глинистых минералов и гумуса в определении фундаментальных свойств почв была замечена агрономами и землепользователями очень давно. Так еще Колумелла (I в.н.э.) приводил пример, когда его дядя на «песчаные места возил глину, а на глинистые с очень плохой почвой – песок и добивался не только щедрого урожая хлебов, но и выращивал прекрасные виноградники» [1]. В начале второго тысячелетия (ок. 1193-1280 гг.) немецкий философ и богослов Альберт фон Больштедт рекомендовал «плохие почвы «врачевать», вносить в «холодную» почву «рытую глину», а в плотную почву – песок» [2]. В 1531 г. его соотечественник, агроном, не указывая своей фамилии, о почве написал следующее: «Если почва чересчур *глиниста*, надо смешивать ее с *песком* или хорошо выдержанным навозом; если же она настолько *песчана*, что влага из нее быстро исчезает – ее следует смешивать с *глиной* или опять-таки с навозом» [3].

На тесную связь гумуса и глинистых минералов указывал В.В. Докучаев [4]. Анализируя материалы Нижегородской экспедиции, он обнаружил, что содержание воды и гумуса возрастает параллельно увеличению глины. Позже, на основании обобщения большого количества экспериментальных данных, полученных при проведении всех видов почвенных обследований, справедливость этой мысли подтвердили: Роде А.А. [5]; Хан Д.В. [6]; Понамарева В.В., Плотнокова Т.А. [7]; Гришина Л.Д. [8]; Лисица В.Д. [9]; Тихонов С.А. [10]; Смеян Н.И., Ржеутская Г.А. [11]; Богдевич И.М. [12, 13]; Johanson С., Dakosta I. [14]; Schachtchabel P., Koster W. [15] и многие другие ученые.

Скорость минерализации гумуса определяется не только его биохимической устойчивостью, являющейся наивысшей в черноземах, но и степенью прочности связи гумусовых веществ с минеральной частью почвы [16]. Другими словами, эффективность гумификации растительных остатков обеспечивается тогда, когда они разлагаются в тесном контакте с минералами почв. В черноземных почвах около 60% гумуса прочно связано с косной составляющей, поэтому в них значительная часть гумусовых веществ минерализуется с меньшей скоростью [17].

В центре проблемы восстановления и увеличения плодородия черноземов, по мнению Б.П. Градусова [18], находится генетический аспект о механизмах и процессах агрегатообразования в почвах, осуществляемое благодаря физико-механическому взаимодействию *минеральных наноскопических тел и продуктов разложения биотического опада*.

Органо-минеральные соединения, которые образуются за счет части гумусовых веществ, поглощаемых интрамицеллярно минералами монтмориллонитовой группы, обладают большей устойчивостью к распаду даже под действием раствора щелочей [6]. Н.И. Горбунов и Д.С. Орлов [19] отрицают возможность вхождения целых молекул гуминовой кислоты в межслоевые промежутки глинистых минералов, так как размер этих молекул (70 Å) во много раз больше межпакетных промежутков (2,5 Å). Однако они допускают, что в межслоевое пространство могут входить концы боковых цепей гумусовых кислот, при этом образуются достаточно прочные органо-минеральные соединения. Кроме того, гумусовые кислоты, по их мнению, подвергаются предварительной частичной деструкции в кислой среде, и появляющиеся в этом случае свободные аминокислоты и моносахара легко поглощаются интрамицеллярно.

Сказанное выше позволяет понять, почему стремление резко увеличить содержание гумуса в почвах за счет внесения высоких доз органических удобрений и изменения структуры севооборотов без учета качественного и количественного содержания глинистых минералов не приносит результатов [20]. Следует отметить также, что свойства почв, их производительная способность и величина урожая определяются не только гранулометрическим составом. Так, проведенные исследования вещественного состава почвообразующих пород и развитых на них почв территории Беларуси показали, что физическая глина содержит более десятка минеральных компонентов, которые меняются от почвы к почве и от горизонта к горизонту, что по-разному влияет на содержание и прочность связи гумуса. Идея исключительности гранулометрического состава (дисперсности) почвы в определении ее свойств имеет место лишь при условии, когда заранее известен или определен минералогический состав.

В многочисленных публикациях ученые едины во мнении, что доминантой в формировании плодородия почв являются размеры, количество и качество глинистых минералов. Блестящим подтверждением тому служит эксперимент так называемого «Клуба 100 ц», созданного во Франции в Техническом институте зерновых и кормовых культур для получения урожая 100 и более ц/га озимой пшеницы, а также для определения факторов интенсификации производства этой культуры. В результате эксперимента установлено, что одним из обязательных условий для достижения поставленной цели является поддержание в пахотном горизонте количества глинистых минералов на уровне 31% [21]. При этом в ряду приоритетных факторов это условие занимает второе место после известкования.

Исследования Н.А. Михайловской также подтверждают значимость глинистых минералов в плодородии почв [22]. Полученные результаты показали, что калиплант (бактериальное удобрение, активизирующее биологическую мобилизацию почвенного калия) обеспечил наибольший уровень прибавок (3,6-5,4 ц/га) пшеницы разных сортов на *сильноэродированной* почве против 2,7-4,9 ц/га тех же сортов на *неэродированной и среднеэродированной* почвах.

Итак, во все времена неотъемлемым звеном плодородия почвы считается содержание в ней глины. Роль глинистых минералов в данном аспекте действительно уникальна, т.к. они обладают богатым химическим составом, находятся в тесной связи с гумусом, влагой, обменными катионами, определяют гидролитическую кислотность и др. Поэтому весьма актуальными являются исследования изменения *глинистого состояния естественных и окультуренных почв* под влиянием природных и агрогенных процессов, что определяет цель настоящей работы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объектов исследования послужили дерново-подзолистые естественные и окультуренные почвы Беларуси, в том числе земли Березинского, Пуховичского, Круглянского и Бельничского районов. Изучение проводилось с помощью микроскопического и гранулометрического методов анализа. Для исследования гранулометрического состава подбирались одни и те же площади, почвы которых обследовались в 1974-1980 (II тур) и в 1994-2003 гг. (корректировка). Предпочтение отдавалось материалам, выполненным в разное время одинаковым методом и, по возможности, одним и тем же аналитиком. Агрегатный уровень структурной организации почв изучался с помощью поляризационного и растрового микроскопов, а гранулометрический состав – методом «пипетки» по Н.А. Качинскому.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что по факту облегчения элювиальных горизонтов и утяжеления иллювиальных существуют три точки зрения: изначальная литологическая неоднородность материнских пород; лессиваж; кислотное разложение глинистых и других минералов с последующим перемещением и отложением их составляющих в нижележащем горизонте. Отметим, что согласно современным представлениям глинистые минералы могут перемещаться по профилю в разрушенном и неразрушенном состояниях. По мере выноса этих частиц (минералов) происходит постепенное облегчение элювиального горизонта, адекватное утяжеление иллювиального, его кальматаж, изменение водного режима и других свойств почв. Практически это означает, что любой механизм облегчения верхних горизонтов (лессиваж или кислотное разложение перемещаемых частиц) приводит к деградации (опустыниванию) и возрастанию в составе пахотного фонда доли проблемных почв с более низкой потенциальной продуктивностью, обусловленной потерей поверхностными горизонтами глинистых минералов-носителей плодородия. Величины этих потерь в естественных почвах Беларуси по данным многих исследователей [9, 11, 23-32] могут достигать внушительных размеров. Если количество глинистых минералов (илистых частиц) в моренных и лессовидных суглинках принять за «1», то коэффициенты основных генетических горизонтов почв, на них развивающихся, будут иметь следующие величины: 0,34-0,87 (A_1) – 0,20-0,79 (A_2) – 1,06-2,68 (B_1), что подтверждается приведенными в табл. 1 примерами.

Данные гранулометрического анализа хорошо согласуются с результатами микроморфологических исследований. По мнению ряда исследователей [23, 28, 29, 33, 34], характерным для иллювиального горизонта этих почв является текстурная мозаика плазмы (илистых частиц), представленной в разной степени вермикулитизированной диоктаэдрической гидрослюдой.

Одна часть плазмы имеет беспорядочно-чешуйчатую текстуру, другая – более «организована» в текстурном отношении. Они образуют волокнисто-чешуйчатые, сфералитовые и струйчатые агрегаты различных форм и размеров (рис. 1, фото 9-12). Глинистые агрегаты характеризуются настолько хорошо выраженной оптической ориентировкой слагающих их минералов, что кажутся под микроскопом монокристаллами (фото 9, 10, 12). Наличие в иллювиальном горизонте почв таких новообразований (глинистых кутан) свидетельствует о том, что в них когда-то имел место процесс интенсивного перемещения глинистых минералов из верхних горизонтов в нижележащие под воздействием гравитационной энергии. Количество перемещенных таким образом илистых частиц составляет в почвах Беларуси 5-20% от объема иллювиального горизонта. В результате дифференциации почвенного профи-

ля под совокупным влиянием всех почвообразующих факторов иллювиальные горизонты, обогатившись глинистыми частицами, превратились в *легкие* или *средние суглинки* (табл. 1). При этом формирование глинистых кутан происходило в начальные стадии дифференциации почвенного профиля [35]. Позже к аналогичному выводу пришли М.А. Бронникова, С.Н. Седов, В.О. Таргульян, изучая дерново-подзолистые почвы, развитые на покровных суглинках Московской области [36].

Верхние же горизонты оказались на уровне *рыхлых пылевато-песчанистых* или *песчанисто-алевритовых супесей* с редкими обломками кристаллических, преимущественно гранитных пород. В шлифах подзолистый горизонт имеет желтовато-бурую окраску. Песчано-алевритовый материал составляет 75-80% минерального скелета почвы, представлен кварцем (87%), полевыми шпатами (12%) и акцессорными минералами (1%). Степень окатанности минеральных зерен самая различная. Средне- и крупно-песчаные зерна кварца полуокатаны и угловато-окатаны (фото 7). Алевритовый же материал почти лишен следов окатанности, сильно корродирован (фото 4, 6). Значительная его часть представляет «бесформенные» реликты с извилистыми нечеткими (изъеденными) краями. Полевые шпаты значительно сильнее изменены. Часть зерен почти полностью разложена и замещена буроватым глинистым или суглинисто-глинистым веществом. При этом глинистые минералы типа иллита и каолинита развиваются, как правило, неравномерно по всей поверхности зерна и приурочены к трещинам или располагаются вдоль двойниковых швов. Чаще всего глинистое вещество образует неправильную извилистую «сетку», которая расчленяет зерно на отдельные отростки-реликты. Иногда на зернах полевых шпатов наблюдаются неправильные землистые скопления бурых гидрооксидов. Они образуют также более крупные плотные шарообразные стяжения (часто вместе с гумусом) размером до двух миллиметров. Кроме кварца и полевых шпатов, встречаются роговая обманка, ильменит, циркон, рутил, единичные зерна биотита, мусковита и др. Кристаллы роговой обманки в сильной степени корродированы. Многие из них осветлены. Возможно, хлоритизированные чешуйки биотита также претерпевают существенные изменения, они обесцвечены, гидратизированы, частично каолинизированы.

Высокодисперсное глинистое вещество, составляющее 5-8%, в проходящем свете имеет буровато-желтую окраску. Лишь в отдельных участках горизонта оно пропитано гидрооксидами железа или гумусом, от чего приобретает более интенсивный бурый цвет. Концентрируется пелитовый глинистый материал главным образом в углублениях и трещинах песчано-алевритовых зерен, с гладкой окатанной поверхности он полностью удален нисходящими почвенными растворами под влиянием гравитационной энергии (фото 7). Текстура цемента плазмы беспорядочно-чешуйчатая, в пленках параллельно-чешуйчатая. Состав цемента гетерогенный и полигенетичный. Кроме глинистых минералов, в нем содержатся в значительном количестве мелкие ксеноморфные реликты обломочных зерен кварца и полевых шпатов с извилистыми неровными краями. Обогащение цемента тонкодисперсным кварцем и полевыми шпатами происходило на месте в результате фракционирования более крупных зерен под влиянием почвообразовательных процессов (фото 5, 6).

Остаточное (5-8%) количество глинистых минералов (частиц плодородия) в облегченной (опустыненной) деградированной части профиля удерживается кулоновскими ван-дер-ваальсовыми силами и силами пленок ориентированной связанной «нежидкой» воды [37].

Агропочвенной науке неизвестно, как долго продолжался процесс облегчения наших почв. Однако достоверно известен их возраст – около 10000 лет. Так, согласно литературным источникам палеографическая обстановка, в которой формировались почвы, следующая.

В раннем голоцене (10-7,8 тыс. л.н.) моренные и лессовидные суглинки теряют свою карбонатную составляющую в связи с потеплением климата, увеличением влажности и появлением хвойно-широколиственных лесов. При этом в верхней части пород относительно накапливается кварц (табл.2) с более высокой энергией кристаллической решетки [38]. После выщелачивания ионов Ca^{2+} глинистая субстанция становится более подвижной. Происходит облегчение (опустынивание/деградация) верхней части профиля. Здесь же линейные расстояния между скелетными зернами одинаковой размерности сокращаются в 1,5-2 раза.

Таблица 1

Гранулометрический состав естественных дерново-подзолистых почв, сформировавшихся на различных по возрасту и генезису почвообразующих породах

Генетический горизонт	Мощность горизонта, м	Размеры фракции (мм) и ее содержание (%)														Отношение содержания фракции <0,001 мм в генетическом горизонте к ее содержанию в почвообразующей породе
		>10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	
Почва, развивающаяся на вюрмской морене Витебской области																
A ₁	0,00-0,13	-	0,88	0,39	0,49	0,55	1,18	3,22	9,33	18,63	23,18	32,36	1,83	2,32	5,24	0,80:1
A ₂ (E)	0,13-0,20	-	-	0,45	0,45	0,59	11,34	3,46	9,54	21,66	21,04	32,12	1,80	2,91	4,84	0,66:1
B ₁	0,20-0,68	-	-	1,02	0,51	0,65	1,09	2,80	9,37	21,26	18,61	22,17	3,61	4,37	14,54	2,24:1
C	1,83-3,50	-	0,97	0,54	1,16	0,89	1,98	3,61	9,55	21,76	19,85	26,62	2,08	4,43	6,51	1
Почва, развивающаяся на рисской морене Минской возвышенности																
A ₁	0,00-0,15	-	-	0,38	0,58	0,54	0,12	3,66	10,52	19,19	15,92	36,67	1,90	5,39	5,13	0,66:1
A ₂ (E)	0,15-0,52	-	-	0,42	0,32	0,47	1,37	4,43	11,50	20,72	16,49	32,35	2,27	4,60	5,86	0,70:1
B ₁	0,72-1,32	-	0,24	0,30	0,48	0,52	1,16	3,86	11,33	26,52	10,58	16,78	4,13	5,85	18,25	2,18:1
C	1,75-3,62	1,38	1,05	1,50	1,17	1,26	1,80	4,44	10,34	22,32	15,56	24,89	2,04	3,78	8,37	1
Почва, развивающаяся на лессовых породах Минской возвышенности																
A ₁	0,00-0,17	-	-	-	-	-	-	0,05	0,86	1,86	10,46	76,86	3,58	2,95	5,36	0,83:1
A ₂ (E)	0,17-0,61	-	-	-	-	-	-	-	0,39	0,94	10,05	76,00	2,00	3,85	6,07	0,95:1
B ₁	0,61-1,11	-	-	-	-	-	-	-	0,14	1,47	7,77	68,70	2,36	4,23	15,26	2,67:1
C	2,85-4,60	-	-	-	-	-	-	-	0,07	0,08	6,75	80,37	2,84	3,56	6,33	1

Таблица 2

Минералогический состав естественных дерново-подзолистых почв, сформировавшихся

на различных по возрасту и генезису почвообразующих породах (содержание минералов в %)

Минералы и обломки горных пород	Лессовидный суглинок				Вюрмская морена				Рисская морена			
	A ₁	A ₂ (E)	B ₁	C	A ₁	A ₂ (E)	B ₁	C	A ₁	A ₂ (E)	B ₁	C
Обломки горных пород (некарбонатных)	2,5	2,71	3,1	4,0	2,7	3,0	2,3	3,6	2,6	2,4	2,5	4,1
Обломки карбонатных пород и фауны	-	-	-	5,1	-	-	-	9,3	-	-	-	8,2
Кварц кластогенный	77,3	81,1	66,2	70,0	76,3	78,7	67,6	66,6	79,5	82,3	62,1	66,1
Полевые шпаты	9,5	8,1	8,1	11,8	9,0	9,2	9,6	8,0	8,4	8,3	9,0	7,8
Слюды	1,2	1,5	0,6	1,1	1,4	1,5	1,4	1,8	1,3	1,2	1,3	2,1
Халцедон кластогенный	1,2	1,2	1,3	1,0	0,1	0,2	0,8	0,8	-	-	-	0,7
Акцессорные минералы	0,8	0,7	0,8	1,3	1,0	1,0	0,9	1,1	0,7	0,8	0,7	1,3
Опал биогенный	3,8	0,6	-	-	3,5	1,6	0,2	-	3,5	1,1	0,1	-
Опал хемогенный	-	-	2,5	-	-	-	2,4	-	-	-	2,6	-
Халцедон вторичный	-	-	1,4	-	-	-	-	-	-	-	1,2	-
Кварц вторичный	-	-	0,7	-	-	-	-	-	-	-	0,8	-
Глинистые и другие дисперсные минералы	3,7	4,1	15,3	5,7	5,0	4,8	14,8	8,8	4,0	4,0	19,7	9,7

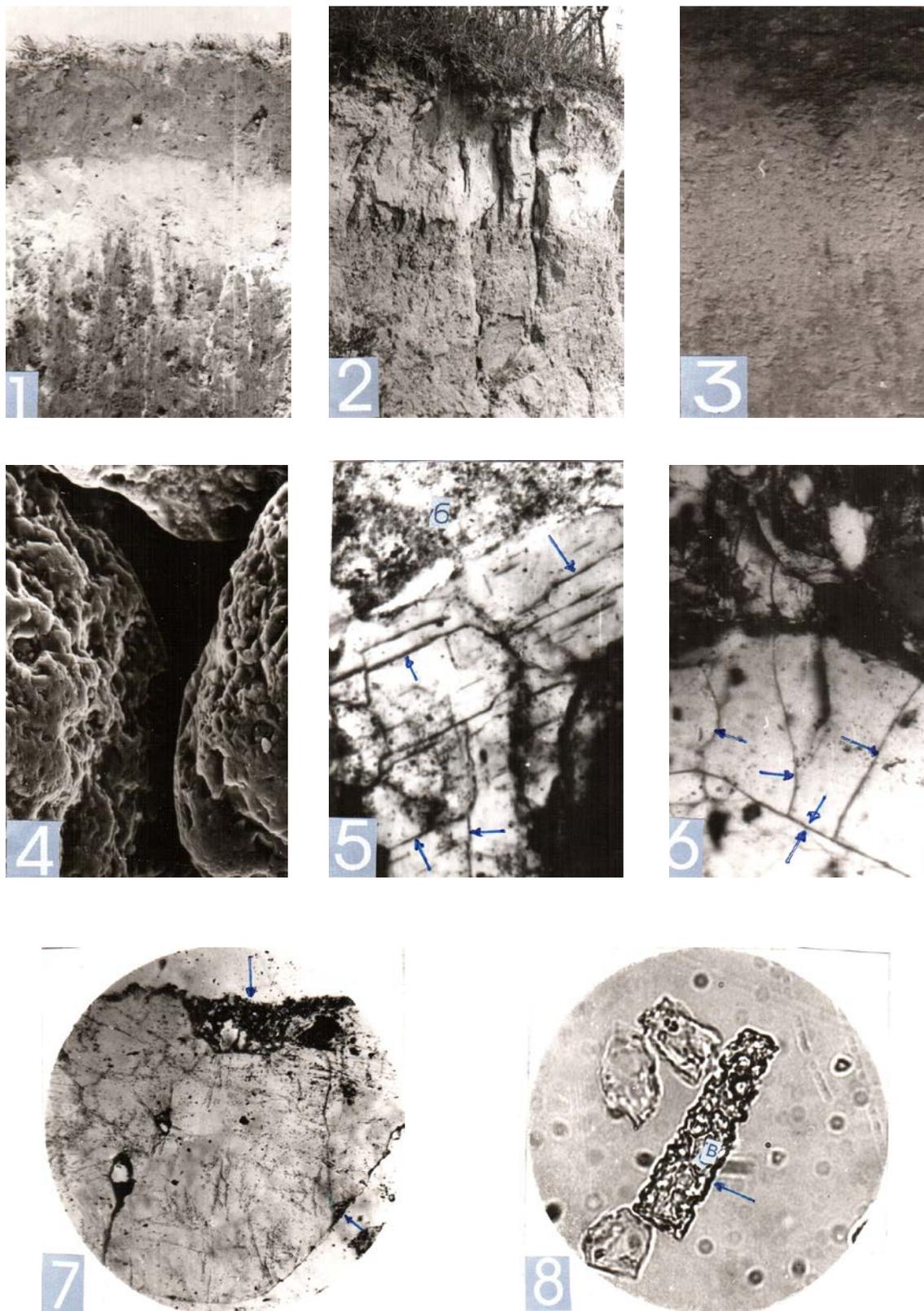
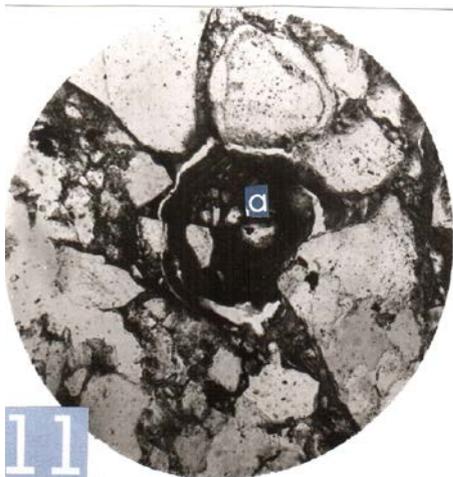


Рис 1. Морфология почв и диагностические элементы их агрегатного уровня структурной организации



Продолжение рис 1. Морфология почв и диагностические элементы их агрегатного уровня структурной организации

№ фото:

1 – почва: дерново-подзолистая, развивающаяся на моренных суглинках;

2, 3 – почва: дерново-подзолистая, развивающаяся на лессовидных суглинках;

4 – ямчатый микрорельеф поверхности кварцевых зерен горизонта A_2 , $\times 240$;

5, 6 – микротрещиноватость (показана стрелками) зерен полевого шпата (5) и кварца (6) горизонта A_{2g} , $\times 90$, ник. =;

7 – физическая глина в отрицательных формах микрорельефа поверхности кварца (показана стрелками) горизонта A_2 (2), $\times 90$, ник. =;

8 – опал биогенный горизонта A_p (2), $\times 90$, ник. =;

9, 10, 12 – разные формы и размеры оптически ориентированной глины (a) горизонта B_{1g} (2), $\times 90$, ник. +;

11 – псевдоморфозы глинистого вещества по карбонатному обломку (a) и полевоому шпату (5b), $\times 90$, ник. =

В среднем голоцене – климатическом оптимуме (7,8-3,3 тыс. л.н.) – продолжается повышение температуры и влажности, что привело к интенсивному заболачиванию суходолов, широкому распространению хвойно-широколиственных лесов из ели, сосны, березы, дуба, липы, вяза, ясеня, клена, граба, господству в подлеске орешника [39]. Вторая половина этого периода характеризуется наиболее высокой температурой воздуха, некоторым понижением уровня грунтовых вод, деградацией широколиственных лесов и возрождением хвойных, местами еловых, лесов. В соответствии с законом Вант-Гоффа (при увеличении температуры на каждые 10⁰С скорость химических реакций, к числу которых относится и большинство почвенных, удваивается) можно предположить, что основные изменения в косной части верхних горизонтов моренных и лессовидных суглинков произошли именно в этот период времени – это усиленный гидролиз всех минералов, деградация слюдистой доминанты физической глины до стадии вермикулита и монтмориллонита (бейделлита), вторичный лессиваж, обусловленный оглеением, увеличение удельной поверхности скелетных зерен за счет разложения их поверхности (фото 4).

Поздний голоцен (3,3 тыс. л.н. – по настоящее время) характеризуется новым похолоданием, увеличением влажности, повышением уровня грунтовых вод, повсеместным господством еловых и сосновых лесов. В этот период существенную роль в изменении окружающей среды начинает играть человек. С развитием подсечно-огневого земледелия облесенность возвышенностей быстро сокращается, обнаженная рыхлая поверхность подвергается усиленной эрозии. Природные ландшафты Беларуси приобретают современный вид. Хотя в историческое время были экстремальные годы и по увлажнению, и по испарению [39]. Например, в первой половине суббореального периода, т.е. 2600 лет назад уровень современных рек и озер Русской равнины понижался на 3 м, во второй половине 2 тысячелетия н.э. он сменился периодом повышенной влажности. В русских летописях указывается, что в 1143 году в Новгородской земле 120 дней шли проливные дожди. В IV веке климатическая обстановка изменилась в худшую сторону. Засухи сменились годами с бурными наводнениями и необычными грозами. Итак, в истории развития почв было более чем достаточно условий и для выщелачивания, и оглеения, и переноса водорастворимых веществ снизу вверх в засушливые периоды. В сложных геологических условиях голоцена сформировался двучленный профиль современных почв, развивающихся на лессовидных и моренных суглинках исходного гомогенного строения. Ключевым процессом, обусловившим вещественную дифференциацию профиля, являлся конвективный перенос илестых частиц из верхнего горизонта в нижележащий.

Окультуривание таких почв характеризуется большой инерционностью и капиталоемкостью. По данным И.М. Богдевича, потребовалось сорок лет упорного труда и больших капиталовложений, чтобы повысить содержание гумуса в пахотном горизонте в среднем на 0,5% [12]. За 52 года окультуривания почв Беларуси удалось увеличить их производительность лишь на 2 зерновые единицы, а именно, с 8 (1913 г.) до 10 (1965 г.) [40]. В.М. Пилько [41] изучал агрономическую ценность генетических горизонтов почв. Оказалось, что на подзолистом горизонте А₂ урожай воздушно-сухой массы зерна составил не более 0,59 г на вегетационный сосуд. В сущности подзолистый горизонт – это остаточная пустая порода (элювий), совершенно непригодная для выращивания сельскохозяйственных культур [2]. Деградация минеральной составляющей на микроуровне отмечается многими исследователями и в пахотных горизонтах [42-48].

Процесс выноса глинистых частиц из пахотного горизонта нам представляется следующим образом. С одной стороны, обработка почвы, внесение органических и минеральных удобрений – меры, несомненно, положительные с точки зрения режима питания растений и увеличения их урожайности, а с другой – применение тяжелых сельскохозяйственных механизмов, внесение в пахотный горизонт физиологически кислых и подщелачивающих удобрений, частое перемешивание и растирание почвы ведут к ряду негативных последствий. К последним мы относим внутripочвенную микроэрозию скелета пахотного горизонта, когда илестые частицы, стертые с поверхности скелетных зерен и перемещенные в межзерновое пространство, под действием гравитационной влаги мигрируют вглубь профиля и за его пределы. При этом с каждой вымытой глинистой частицей необратимо снижается потенциальное плодородие пахотного горизонта. На фоне внесения в почву органических и минеральных удобрений опасность этого процесса не заметна, эффективное плодородие не снижается. Однако, при достижении какой-то «критической массы» вымытых частиц наши усилия по сохранению достигнутого уровня плодородия почв и получению планируемой урожайности станут проблематичными.

Факт облегчения пахотного горизонта дерново-подзолистых почв, вовлекаемых в сельскохозяйственное производство, в настоящее время признан многими учеными. Предлагаются новые термины для обозначения обезиливания пахотного горизонта, например, «агролессиваж», «антропогенное иллювирирование» [43, 45, 46]. По мнению академика Н.И. Смеяна и Г.А. Ржеутской наиболее активной частью почв является ил, который «влияет на агрономические свойства почв, их способность к гумусоаккумуляции и структурообразованию» [11]. В пахотных почвах наименьшим количеством таких частиц характеризуется горизонт А_п, а в целинных – А₂. Причем интенсивное, преимущественно минеральное, агрохимическое воздействие не останавливает процесс обеднения пахотного горизонта

наиболее активными тонкодисперсными фракциями, что негативно сказывается на гумусовом состоянии почв и их производительной способности [11].

В таблице 3 приведено соотношение площадей почвенных разновидностей отдельных административных районов Минской области согласно результатам анализа их гранулометрического состава во II туре почвенных обследований (1974-1980 гг.) и при корректировке (1994-2003 гг.). Данные таблицы показывают, что всего лишь за 20 лет интенсивного использования земель от 11 до 19% суглинков деградировали до рыхло- и связносупесчаных разновидностей [49]. Как справедливо замечает Н.П. Чижикова, состояние агрогенных почв потенциально неустойчиво, в частности, из-за того, что активное техногенное вмешательство меняет минералогические показатели, влияющие на ряд других свойств и процессов, определяющих плодородие: пептизация тонкодисперсной части почв пахотных горизонтов, миграция продуктов пептизации, обезыливание и др. [48].

Цифровой материал таблицы 3 может оспариваться, но довод о деградации пахотных почв, лежащий в ее основе, весьма актуален для теории и практики почвоведения и агрохимии. Не располагая данными по всем почвам пахотных земель Беларуси, в рамках данной работы мы лишь выдвигаем эту проблему перед научной общественностью.

Возникает вопрос, почему несмотря на существование почвозащитных мероприятий пахотный горизонт современных почв легко деградирует? На основании наших исследований и литературных источников это можно объяснить следующим образом. Во-первых, суглинистые породы, кроме ленточных глин, занимают наиболее возвышенные участки рельефа. Во-вторых, они не способны к структурообразованию даже при внесении высоких доз органических удобрений [42]. В-третьих, хозяйства в условиях интенсивного земледелия вкладывают 15-20 ГДж дополнительной энергии, а порог негативных последствий наступает при 15 ГДж [50]. В-четвертых, в интенсивном земледелии пахотный горизонт многократно перетирается, перемешивается, переуплотняется, распыляется. По этим причинам пахотный горизонт почв становится легко уязвимым для водной и ветровой эрозии. По данным А.Ф. Черныша [51, 52], В.В. Жилко [53] ежегодно с гектара водосборной площади смывается или сдувается около 15 т/га мелкозема. Эти обстоятельства провоцируют «агрорессиваж», партлювацию. Ко всему прочему следует добавить вынос илистой фракции с клубнями картофеля и корнеплодами, отчуждение мелкозема протекторами разных машин и механизмов.

Б.П. Градусов [54] считает, что указанные изменения можно считать агротехногенным стрессом почвенной массы. Чтобы существенно ослабить или предотвратить полностью влияние этого стресса на структурное состояние пахотного горизонта и остановить потерю им коллоидных и илистых частиц, нужно, по его мнению, ограничивать применение удобрений со щелочной функцией, избегать чрезмерного физического воздействия на почвенную массу.

ВЫВОДЫ

Вышеизложенное позволяет сделать следующее заключение:

1. Современная почва, сформировавшаяся на литологически одночленных моренных и лессовидных суглинках, есть конечный остаточный продукт изменения материнского субстрата на данной стадии развития педогенеза. Важным обстоятельством, определяющим в значительной степени облик деградированных почв, является конвективный перенос илистых частиц из верхнего горизонта в нижележащий без существенного изменения их кристаллической решетки, деградация и кислотное разложение в элювиальных горизонтах первичных и вторичных минералов.

2. В голоценовое время гомогенные суглинки (моренные и лессовидные) под влиянием природных процессов деградировали до рыхло- и связносупесчаных разновидностей.

3. Интенсивная техногенная нагрузка на почвенный покров республики способствует тому, что легкосуглинистые почвы всего лишь за 20 лет деградировали до уровня рыхло- и супесчаных разновидностей.

4. В ходе естественной эволюции, предполагающей изменение и единство субъекта, облегчение (деградация) почв – явление закономерное, неизбежное, необратимое.

5. Необходимым условием роста производительной способности деградированных почв является восстановление глинистой компоненты элювиальных горизонтов, которая потеряна ими в процессе естественного и антропогенного почвообразования.

Таблица 3

**Изменение гранулометрического состава почв пахотных земель по результатам
II тура почвенных обследований и корректировки почвенных карт**

Классификация почв по гранулометрическому составу (по Н.А. Качинскому)	Площадь пахотных земель по годам				Площадь почв по гранулометрическому составу					
	год обследования	площадь, га	год обследования	площадь, га	год обследования	площадь, га	% площади пашни	год обследования	площадь, га	% площади пашни
Пуховичский район										
	1974-1975	68953	1994	65141						
легкосуглинистые					1974-1975	24568	35,6	1994	10545	16,2
связносупесчаные					1974-1975	14039	20,4	1994	18921	29,0
рыхлосупесчаные					1974-1975	14525	21,1	1994	17347	26,6
связнопесчаные					1974-1975	6123	8,9	1994	9972	6,4
Березинский район										
	1974	48132	1996	45092						
легкосуглинистые					1974	6169	12,8	1996	576	1,3
связносупесчаные					1974	17845	37,1	1996	11754	26,1
рыхлосупесчаные					1974	17079	35,5	1996	23048	51,1
связнопесчаные					1974	4680	9,7	1996	8271	18,3
СПК «Кухчицы» (к-з «Советская Белоруссия») Клецкого района										
	1979	3772	2003	3672						
легкосуглинистые					1979	2183	57,9	2003	285	7,8
связносупесчаные					1979	1205	31,9	2003	2923	79,6
рыхлосупесчаные					1979	306	8,1	2003	424	11,5
связнопесчаные					1979	4	0,1	2003	9	0,2
ОАО «Новая жизнь» Несвижского района										
	1980	3537	2003	3300						
легкосуглинистые					1980	3262	92,2	2003	2609	79,1
связносупесчаные					1980	197	5,6	2003	610	18,5
рыхлосупесчаные					1980	48	1,4	2003	39	1,2
связнопесчаные					1980			2003	1	

ЛИТЕРАТУРА

1. О сельском хозяйстве / Катон, Варрон, Колумелла, Плиний / под ред. М.И. Бурского. – М.: Сельхозгиздат, 1937. – 437 с.
2. Крупеников, И.А. История почвоведения / И.А. Крупеников – М.: Наука, 1981. – 325 с.
3. Ярилов, А.А. Первый немецкий агроном о почве / А.А. Ярилов // Почвоведение. – 1913. – № 1. – С. 32.
4. Докучаев, В.В. Дороже золота русский чернозем / В.В. Докучаев. – М.: Изд. МГУ, 1994. – С. 228-229.
5. Роде, А.А. Подзолообразовательный процесс / А.А. Роде. – М.: АН СССР, 1937. – 452 с.
6. Хан, Д.В. Органоминеральные соединения и структура почвы / Д.В. Хан. – М.: Наука, 1969. – С. 127-131.
7. Пономарева, В.В. Гумус и почвообразование / В.В. Пономарева, Т.А. Плотникова. – Л.: 1980. – 222 с.
8. Гришина, Л.Д. Гумусообразование и гумусовое состояние почв / Л.Д. Гришина. – М.: Изд. МГУ, 1986. – 243 с.
9. Лисица, В.Д. Влияние процессов окультуривания на изменения минералогического состава поглощающего комплекса дерново-подзолистых почв, развивающихся на вюрмской морене северной части территории БССР / В.Д. Лисица // Почв. исслед. и применение удобрений: тр. ин-та почвоведения / Белорус. НИИ почвоведения. – Мн.: Урожай, 1968. – С. 83-93.
10. Тихонов, С.А. Структурная неоднородность и минералогический состав почвенного ила при окультуривании дерново-подзолистых суглинистых почв / С.А. Тихонов // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / Белорус. НИИ почвоведения и агрохимии. – Мн., 1989. – Вып. 25. – С. 30-36.
11. Смяян, Н.И. Влияние минеральных удобрений на генетические свойства дерново-подзолистых заболоченных почв / Н.И. Смяян, Г.А. Ржеутская // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / Белорус. НИИ почвоведения и агрохимии. – Мн., 1996. – Вып. 29. – С. 3-17.
12. Анализ изменения содержания гумуса в почвах пахотных и кормовых угодий Республики Беларусь / И.М. Богдевич, И.Д. Шмигельская, Ю.И. Конашенко, Г.И. Каленик // Почв. исслед. и применение удобрений: Межвед. темат. сб./ Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Мн., 2004. – Вып. 28. – С. 3-18.
13. Динамика плодородия пахотных почв Беларуси / И.М. Богдевич, И.Д. Шмигельская, Т.М. Германович, Ю.И. Конашенко, Г.И. Каленик // Почвоведение и агрохимия. – Мн., 2005. – №1(34). – С. 167-173.
14. Johanson, C.J. Using soil color reflectance in predicting soil properties / C.J. Johanson, L.M. Dacosta // 6th Annu. Simp.: Mach. Process. Remotery Sensed data and soil survey. West Lafayette, ind., 1980. – New York, 1980 – № 1. – P. 233.
15. Schachtchabel, P. Vergleich verschiedener extraktionsmethetoden zur Bestimmung der Kaltumverfugbarkeit in Boden / P. Schachtchabel, W. Koster // Pflanzenah rung Bodenkunde. – 1978. – Vol. 141, №1. – P. 43-55.
16. Ганжара, Н.Ф. О гумусообразовании в почвах черноземного типа / Н.Ф. Ганжара // Почвоведение. – 1974. – № 7. – С. 39-43.
17. Александрова, Л.Н. О природе органо-минеральных коллоидов и о методах их изучения / Л.Н. Александрова, М.О. Надь // Почвоведение. – 1958. – № 10. – С. 26-31.
18. Градусов, Б.П. Сонахождение наноскопического смектита и органического вещества как коренное условие плодородия чернозема / Б.П. Градусов, О.Б. Градусова // Почва-удобрение-плодородие-урожай: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ.100-летию со дня рожд. Иванова С.Н. и 90-летию со дня рожд. Кулаковской Т.Н., 16-18 фев., 2009 г. / редкол.: В.В. Лапа [и др.]. – Ин-т почвоведения и агрохимии. – Мн., 2009. – С. 39-41.
19. Горбунов, Н.И. Природа и прочность связи органических веществ с минералами почвы / Н.И. Горбунов, Д.С. Орлов // Почвоведение. – 1977. – № 7. – С. 90-99.
20. Кундлер, П. Воспроизводство почв в условиях интенсификации и внедрения индустриальных форм в растениеводство Германской Демократической Республики / П. Кундлер // Почвоведение. – 1972. – № 2. – С. 83-87.
21. Минеев, В.Г. Химизация земледелия и природная среда / В.Г. Минеев. – М.: Агропромиздат, 1990. – 237 с.
22. Михайловская, Н.А. Эффективность некорневого внесения калипланта на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах на мощных моренных суглинках / Н.А. Михайловская, А.Ф. Черныш, Е.Г. Тарасюк, Т.В. Барашенко // Почва-удобрение-плодородие-урожай: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ.100-летию со дня рожд. Иванова С.Н. и 90-летию со дня рожд. Кулаковской Т.Н., 16-18 фев., 2009 г. / редкол.: В.В. Лапа [и др.]. – Ин-т почвоведения и агрохимии. – Мн., 2009. – С. 197-199.

23. Лисица, В.Д. Микроморфологические особенности дерново-подзолистых почв, развивающихся на моренных и лессовидных суглинках северной части БССР / В.Д. Лисица, В.С. Болдышев // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / Белорус. НИИ почвоведения и агрохимии. – Мн.: Ураджай, 1973. – Вып. 10. – С. 29-36.
24. Матусевич, Н.А. Особенности микроморфологии иллювиальных горизонтов дерново-палево-подзолистых почв, развивающихся на лессовидных суглинках Белоруссии / Н.А. Матусевич, В.Д. Лисица, Л.Н. Лазовская // Тез. докл. делегат. съезда Всесоюзного об-ва почвоведов. – Тбилиси, 1998. – Т. 4 – С. 150-151.
25. Медведев, А.Г. Химический состав эродированных почв, сформировавшихся на моренных отложениях / А.Г. Медведев, Л.М. Ярошевич // Почв. исслед. и применение удобрений: сб. науч. тр. / Белорус. НИИ почвоведения и агрохимии. – Мн., 1971. – Вып. 2. – С. 51-57.
26. Пашин, В.И. Глебы горацкай лясной дачы як фактар месцапраізрастання лясоў: зб. навук.-даследч. работ па лесазнаўству / В.Г. Пашин. – Мн.: БелАН, 1935. – С. 19–76.
27. Роговой, П.П. Динамика почвенных процессов и ее роль в формировании почв и их плодородии / П.П. Роговой // Тр. ин-та почвоведения. – Мн.: Гос. Изд-во сельхоз. лит. БССР, 1961. – Вып. 1. – С. 34-125.
28. Роговой, П.П. Минералы и химические элементы в профиле сильнооподзоленных дерново-подзолистых почв Белоруссии, образовавшихся на лессовидных породах / П.П. Роговой, П.С. Самодуров // Почвообразующие породы и их роль в формировании почв БССР: сб. науч. тр. / Бел НИИ почвоведения; редкол.: П.П. Роговой (председ.) [и др.]. – Мн.: Гос. изд-во сельхоз. лит. БССР, 1962. – С. 55–146.
29. Минералы в дерново-подзолистых почвах БССР и их преобразование под влиянием подзолообразовательного процесса / П.С. Самодуров, В.Д. Лисица, Г.В. Кандыбо, Н.А. Матусевич // Почвенные исследования и рациональное использование земель: сб. науч. ст. к VIII Междунар. конгрессу почвоведов. – Мн.: Урожай, 1964. – С. 87–111.
30. Закономерность распределения дисперсных минеральных частиц мельче 0,001 мм в основных разновидностях почв Белоруссии / П.С. Самодуров, Т.А. Романова, Н.А. Матусевич, В.Ф. Клебанович // Агрохимическая характеристика почв БССР: сб. ст. – Мн.: Урожай, 1969. – Вып. 6. – С. 39–55.
31. Хох, Н.Я. Условия формирования и физические свойства дерново-подзолистых палево-почв / Н.Я. Хох // Свойства почв и их плодородие: сб. – Мн.: Урожай, 1967. – С. 59-70.
32. Юшкевич, И.А. Почвы колхоза «Заречье» Узденского района / И.А. Юшкевич // Почвообразующие породы и их роль в формировании почв БССР: сб. науч. тр. / БелНИИ почвоведения; редкол.: П.П. Роговой (председ.) [и др.]. – Мн.: Гос. изд-во сельхоз. лит. БССР, 1962. – С. 165.
33. Установить микроморфологические параметры, характеризующие основные почвы на видовом уровне классификации: Отчет о НИР / БелНИИПА; Рук. В.Д. Лисица. – Мн., 1984. – 116 с.
34. Лисица, В.Д. Влияние минералогического состава на устойчивость почв / В.Д. Лисица, В.Т. Сергеенко, С.В. Шульгина // Почвоведение и агрохимия. – Мн., 2006. – №1(36). – С. 78-85.
35. По почвам Белоруссии: путеводитель экскурсии V съезда Всесоюзного общества почвоведов, 6-10 июля 1977 г. / Белорус. НИИ почвоведения и агрохимии; под ред. Н.И. Смяяна, Т.А. Романовой. – Мн.: Ураджай, 1977. – С. 57-94.
36. Бронникова, М.А. Глинистые, железисто-глинистые и гумусово-глинистые кутаны элювиальной части профиля дерново-подзолистых почв / М.А. Бронникова, С.Н. Седов, В.О. Таргульян // Почвоведение. – 2000. – № 6. – С. 661-670.
37. Грим, Р.Е. Минералогия и практическое использование глин / Р.Е. Грим. – М.: Мир, 1967. – 510 с.
38. Волобуев, В.Р. Опыт расчета энергии кристаллической решетки почвенных минералов / В.Р. Волобуев // Почвоведение. – 1968. – № 4. – С. 89-93.
39. Мизун, Ю.В. Азоновые дыры и гибель человечества? / Ю.В. Мизун, Ю.Г. Мизун. – М.: Изд-во Вече, 1998. – 534 с.
40. ЦГАОР: Ф.48, оп. 1, ед. хр. 4640, Л.56.
41. Пилько, В.М. Плодородие почв БССР / В.М. Пилько. – Мн.: Госиздат БССР, 1959. – 195 с.
42. Афанасьев, Н.И. Коэффициенты водопрочности структуры дерново-подзолистых почв как показатель их эрозионной устойчивости / Н.И. Афанасьев // Современные проблемы повышения плодородия почв и защиты их от деградации: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси и III съезда почвоведов, Мн., 27-29 июня 2006 г. / Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси; редкол.: В.В. Лапа (гл. ред.) [и др.]. – Мн., 2006. – С. 25-27.
43. Антропогенное элювиальное дерново-подзолистых почв и методы его изучения / Г.М. Беленко, А.Д. Ивашина, В.Б. Котовицкий, Н.Н. Мирошниченко // Минералогия почв: генезис, география, значение в плодородии и экологии. – М., 1996. – С 160-168.
44. Кирюшин, В.И. Экологические основы земледелия / В.И. Кирюшин. – М.: Колос, 1996. – 366 с.

45. Генетико-гранулометрический метод изучения агрогенеза структурно-дифференцированных почв / Ф.И. Козловский [и др.] // Минералогия почв: генезис, география, значение в плодородии и экологии. – М., 1996. – С. 125-144.
46. Коротков, А.А. О характере почвообразования в пахотных дерново-подзолистых почвах / А.А. Коротков // Почвоведение. – 1972. – № 4. – С. 15-23.
47. Минералого-структурные преобразования в почвах под влиянием техногенных воздействий / В.Д. Лисица [и др.] // Экологические проблемы использования почвенных ресурсов и повышения их производительной способности: тез. докл. науч.-произв. конф. – Мн., 1991. – С. 64-66.
48. Чижикова, Н.П. Изменение минералогического состава тонких фракций почв под влиянием агротехногенеза / Н.П. Чижикова // Почвоведение. – 2002. – № 7. – С. 867-875.
49. Бубен, И.И. Деграляция моренных и лессовидных почв гомогенного строения под влиянием природных и агрогенных процессов / И.И. Бубен, В.Д. Лисица, А.С. Саханьков // Почва-удобрение-плодородие-урожай: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ.100-летию со дня рожд. Иванова С.Н. и 90-летию со дня рожд. Кулаковской Т.Н., 16-18 фев., 2009 г. / редкол.: В.В. Лапа [и др.]. – Ин-т почвоведения и агрохимии. – Мн., 2009. – С.18-20.
50. Реймерс, Н.Ф. Экологические предпосылки сельского хозяйства будущего / Н.Ф. Реймерс // Человек и Земля. – М.: Агропромиздат, 1988. – С. 299-303.
51. Черныш, А.Ф. Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием и деградацией земель и актуальность ее осуществления в Республике Беларусь / А.Ф. Черныш, В.М. Яцухно // Теоретические и прикладные вопросы изучения и использования почвенно-земельных ресурсов: тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию каф. почвоведения БГУ. – Мн., 2003. – С. 203-205.
52. Черныш, А.Ф. Принципы формирования почвозащитных систем земледелия в эрозионных агроландшафтах Беларуси / А.Ф. Черныш // Почвоведение и агрохимия. – Мн., 2005. – №1(34). – С. 70-73.
53. Жилко, В.В. Сельскохозяйственная эрозия в Беларуси и ее последствия / В.В. Жилко, А.В. Юхновец, А.М. Устинова // Современные проблемы повышения плодородия почв и защиты их от деградации: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси и III съезда почвоведов, Мн., 27-29 июня 2006 г. / Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси; редкол.: В.В. Лапа (гл. ред.) [и др.]. – Мн., 2006. – С. 99-101.
54. Градусов, Б.П. Факторы и процессы увеличения ила в пахотных горизонтах дерново-подзолистых суглинистых почв / Б.П. Градусов // Почвоведение и агрохимия. – Мн., 2005. – №1(34). – С. 93-95.

FORMATION OF SOILS ON LITOLOGICAL MONOMIAL PARENT ROCKS AND THEIR DEGRADATION UNDER THE INFLUENCE OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC PROCESSES

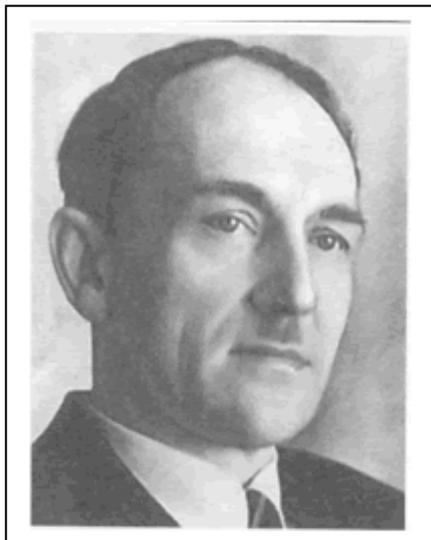
V.D. Lisitsa, T.V. Bubnova, S.V. Shul'gina, I.I. Buben

Summary

On example of sod-podzolic soils of Belarus formed on litological monomial moraine and loess-like loams, it is shown that modern soils are the final residual product of degradation of the parent substratum. At the given stage of pedogenesis development, in holocen time period, homogeneous moraine and loess-like loams degraded to loamy sand varieties under the influence of natural and anthropogenic processes.

Поступила 20 апреля 2010 г.

АКАДЭМІК
ІВАН СЦЯПАНАВІЧ ЛУПІНОВІЧ
(да 110-годдзя з дня нараджэння)



Іван Сцяпанавіч Лупіновіч нарадзіўся 6 ліпеня 1900 г. у мястэчку Шацк былога Ігуменскага павета Мінскай губерні. У 1914 г. ён паступіў у Маладзечанскую настаўніцкую семінарыю, а потым, у 1918 г. – у Мінскае палітэхнічнае вучылішча. Пасля заканчэння вучылішча І.С. Лупіновіч паступае на глебава-агранамічнае аддзяленне Беларускага інстытута сельскай і лясной гаспадаркі. Яшчэ будучы студэнтам, ён працуе малодшым навуковым супрацоўнікам кафедры глебазнаўства, прымае ўдзел у экспедыцыях пад кіраўніцтвам прафесара В.Г. Касаткіна па вывучэнні глебаў Беларусі. У гэты час з'явіўся яго першы навуковы артыкул “Умовы здабычы вапны і яе значэнне для вапнавання глебаў БССР”. Пасля заканчэння інстытута І.С. Лупіновіч некаторы час працуе аграхімікам Беларускай доследнай агранамічнай станцыі, а ў 1926 г. запрашаецца працаваць у Маскоўскі глебавы інстытут. З 1930 да 1934 г. ён начальнік глебай экспедыцыі Усесаюзнага навукова-даследчага інстытута ўгнаенняў і аграглебазнаўства. Адначасова выкладае глебазнаўства ў Маскоўскім гідромеліярацыйным інстытуце. У гэты перыяд з'яўляюцца навуковыя працы І.С. Лупіновіча,

прысвечаныя пытанням распаўсюджвання і ўгнаення глеб Вяцкай губерні.

У 1934 г. І.С. Лупіновіч абраны на пасаду загадчыка кафедры агульнага земляробства Беларускага сельскагаспадарчага інстытута (у Горках). У 1935 г. зацвярджаецца ў вучоным званні в. а. прафесара, яму прысуджана навуковая ступень кандыдата сельскагаспадарчых навук. Ён паспяхова спалучае педагагічную працу з навукова-даследчай. Кіруемая ім кафедра праводзіла шырокія даследаванні пытанняў акультурвання дзярнова-падзолістых глеб. Закладаюцца доследы па эфектыўнасці ўнясення ўгнаенняў пад розныя культуры, па распрацоўцы новых агра-тэхнічных прыёмаў вырошчвання сельскагаспадарчых культур. У навуковую працу ўключаюцца не толькі супрацоўнікі, але і студэнты кафедр земляробства, аграхіміі, глебазнаўства, раслінаводства. У працах інстытута друкуецца шэраг навуковых артыкулаў Івана Сцяпанавіча.

У 1938 г. ён запрашаецца ў Савет па вывучэнні вытворчых сіл АН СССР у Маскву, дзе спачатку працуе кіраўніком групы па прыродна-гістарычным раяніраванні СССР, а з 1939 г. і вучоным сакратаром Савета. Пад яго кіраўніцтвам праводзяцца экспедыцыйныя даследаванні Сярэдняй Азіі, Паволжа, Прыкам'я, Кабардзінскай і Дагестанскай АССР і іншых раёнаў краіны з мэтай іх прыродна-гістарычнага раяніравання, вывучэння прыродных рэсурсаў і зямельнага фонду. Асабліва вялікае значэнне ў час Вялікай Айчыннай вайны мела праца І.С. Лупіновіча ў складзе Камісіі АН СССР па мабілізацыі рэсурсаў для абароны краіны і ў першую чаргу па арганізацыі сельскагаспадарчай вытворчасці ў Сярэдняй Азіі і Паволжы.

Не пакідаў Іван Сцяпанавіч навуковай працы нават у гады вайны. За гэты перыяд ён напісаў 12 навуковых прац. У 1943 г. ён паспяхова абараніў у Казанскім дзяржаўным універсітэце дысертацыю на званне доктара сельскагаспадарчых навук па тэме: “Прыродна-гістарычнае раяніраванне СССР”. Паспяхова праца І.С. Лупіновіча ў гады вайны прынесла свой плён: ён быў узнагароджаны ордэнам Чырвонай Зоркі за навуковыя працы па сельскай гаспадарцы і медалямі “За доблестны труд в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг.” і “За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг.”.

У першыя пасляваенныя гады (1945-1947 гг.) Іван Сцяпанавіч працуе вучоным сакратаром Савета па вывучэнні вытворчых сіл Акадэміі навук СССР і начальнікам Арала-Каспійскай комплекснай экспедыцыі. У 1947 г. АН СССР выпусціла фундаментальную працу І.С. Лупіновіча “Прыродна-гістарычнае раяніраванне СССР” (сааўтар С.Г. Струмілін, навуковы рэдактар Д.Г. Віленскі).

У 1947 г. пачынаецца апошні беларускі перыяд жыцця і творчасці І.С. Лупіновіча, які быў вельмі плённым. У гэтым жа годзе ён быў абраны акадэмікам і Віцэ-прэзідэнтам АН БССР і пераехаў жыць у Мінск. У навукова-даследчым інстытуце меліярацыі і воднай гаспадаркі АН БССР І.С. Лупіновіч арганізаваў навуковую лабараторыю фізікі і біяхіміі тарфяна-балотных глебаў і пачаў праводзіць глыбокія даследаванні па гэтай праграме.

Вынікам даследаванняў стала манаграфія “Тарфяна-балотныя глебы БССР і іх урадлівасць” (1952 г., сааўтар Т.Ф. Голуб). Гэта была фактычна першая манаграфічная зводка, абагульняючая і развіваючая дасягненні глебазнаўства у дачыненні да тарфяна-балотных глебаў. На вялікім фактычным матэрыяле паказана роля прыродных фактараў у фарміраванні балот і змяненняў тарфяных глебаў пад уздзеяннем асушэння. У выніку даследаванняў зроблены вывад, што пад

уздзеяннем гаспадарання ўрадлівасць тарфяна-балотных глебаў можа не толькі не паляпшацца, а нават праз пэўны час пагаршацца.

У 1950 г. І.С. Лупіновіч адначасова з акадэмічнымі насадамі выбіраецца загадчыкам кафедры глебазнаўства Белдзяржуніверсітэта. Гэтую пасаду ён займаў да 1968 г. Тут ён чытаў такія лекцыі, як “Глебазнаўства”, “Асновы агранаміі”, “Фізіка-геаграфічнае раяніраванне”, “Асновы меліярацыі” і інш.

У 1951-1952 гг. І.С. Лупіновіч выконваў абавязкі прэзідэнта Акадэміі навук Беларусі. У 1951 г. яму прысвойваецца ганаровае званне “Заслужаны дзеяч навукі Беларусі”. Ён быў ініцыятарам стварэння Беларускага геаграфічнага таварыства і яго прэзідэнтам з 1954 па 1957 гг.

З утварэннем у 1957 г. Акадэміі сельскагаспадарчых навук БССР І.С. Лупіновіч абіраецца яе прэзідэнтам. За час работы на гэтай пасадзе (да 1961 г.) ім створаны фактычна новы цэнтр сельскагаспадарчай навукі Беларусі з месцам знаходжання ў Курасоўшчыне (ускраіна Мінска).

У 1961 г. І.С. Лупіновіч канчаткова пераходзіць працаваць загадчыкам кафедры глебазнаўства ў БДУ, адначасова з’яўляючыся навуковым кансультантам лабараторыі фізікі і біяхіміі забалочаных і тарфяна-балотных глебаў Беларускага НДІ глебазнаўства. У 1962 г. пры кафедры глебазнаўства БДУ ім створана навукова-даследчая лабараторыя глебавай біягеахіміі. Тут упершыню пачалі вывучацца пытанні мікраэлементнага саставу глебаў, парод, вод, расліннасці Беларусі. Па гэтых праблемах пад кіраўніцтвам І.С. Лупіновіча падрыхтаваны дзве доктарскія і больш за 10 кандыдацкіх дысертацый, напісана манаграфія і складзены дзесяткі карт Беларусі. Усяго пад кіраўніцтвам Івана Сцяпанавіча абаронена больш за 50 кандыдацкіх і 7 доктарскіх дысертацый. Такім чынам была створана школа беларускіх глебазнаўцаў-біягеахімікаў І.С. Лупіновіча з цэнтрам у БДУ.

І.С. Лупіновіч памёр у 1968 г. У 1970 г. яго імя прысвоена Беларускай рэспубліканскай навуковай сельскагаспадарчай бібліятэцы, на будынку Беларускага навукова-даследчага інстытута глебазнаўства і аграхіміі ўсталявана мемарыяльная дошка, на геаграфічным факультэце БДУ ёсць аўдыторыя-лабараторыя імя акадэміка І.С. Лупіновіча.

Асноўныя навуковыя працы І.С. Лупіновіча: “Прыродна-гістарычнае раяніраванне СССР”. – М.-Л., 1947 (сумесная з С.Г. Струміліным); “Тарфяна-балотныя глебы БССР і іх урадлівасць” (2 выданні). – Мінск, 1958 (сумесна з Т.Ф. Голуб); “Пераўтварэнне прыроды Палескай нізіны”. – М., 1953 (сумесна з С.Г. Скарапанавым, З.М. Дзянісавым); “Па Беларускаму Палессю: геаграфічныя нарысы”. – Мінск, 1958 (сумесна з А.Х. Шклярам); “Змяненне фізіка-хімічных уласцівасцей тарфяна-балотных глебаў пад уздзеяннем меліярацыі і сельскагаспадарчага выкарыстання”. – Мінск, 1969; “Мікраэлементы ў глебах БССР і эфектыўнасць мікраўгнаенняў”. – Мінск, 1970 (сумесна з Г.П. Дубікоўскім і інш.).

В.С. Аношка,
доктар геаграфічных навук, прафесар

РЕФЕРАТЫ

УДК 631.452

Лапа В.В. Плодородие почв Республики Беларусь, проблемы и перспективы // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

Приведены данные о динамике агрохимических показателей плодородия пахотных почв Республики Беларусь, их кадастровой оценке. Установлено, что наиболее актуальными в плане дальнейшей интенсификации сельскохозяйственного производства являются проблемы сохранения и повышения запасов органического вещества и подвижных форм фосфора в почвах пахотных угодий.

Показаны проблемы и перспективы сохранения и дальнейшего повышения их плодородия. Табл. 3. Рис. 3.

1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 631.47:633.11

Цытрон Г.С., Шибут Л.И., Матыченкова О.В. Пригодность почв Республики Беларусь для возделывания озимой пшеницы // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

В статье представлены результаты исследований по влиянию типовых различий почв, степени их увлажнения, гранулометрического состава и характера строения почвообразующих пород на продуктивность озимой пшеницы. Приведены уточненная шкала оценочных баллов, агропроизводственная группировка почв пахотных земель по степени пригодности для ее возделывания (наиболее пригодные, пригодные, малопригодные, непригодные), площади пригодных почв по областям и картосхема их распространения по районам.

Табл. 3. Рис. 1. Библиогр. 16.

УДК 631.4

Цытрон Г.С., Матыченков Д.В., Северцов В.В. Методология создания цифровых тематических почвенных карт // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

Впервые для условий республики обобщен и применен опыт проектирования тематической картографической продукции применительно к почвенному покрову. Определены цели и этапы создания цифровых тематических почвенных карт и сопутствующих материалов.

Рис. 3. Библиогр. 15.

УДК 631.445.122:631.41

Семененко Н.Н., Каранкевич Е.В. Модели прогноза химического состава торфяных почв Полесья под влиянием антропогенных факторов // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

В статье представлены результаты исследований по установлению закономерностей трансформации химического состава торфяных почв Полесья под влиянием антропогенных факторов. На основании этих данных разработаны модели прогноза химического состава и диагностические признаки торфяных почв разных стадий эволюции.

Табл. 4. Библиогр. 18.

УДК 631.445:633

Черныш А.Ф., Устинова А.М., Михайловская Н.А., Радюк А.Э., Клус А.А. Сравнительная оценка свойств эродированных почв при бессменном возделывании галеги восточной и культур кормового севооборота // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

В статье приведены результаты сравнительной агроэкологической оценки бессменного возделывания галеги восточной (19 лет) и культур кормового севооборота. Выявлено наиболее благоприятное влияние галеги восточной на агрофизические, агрохимические и биологические свойства и производительную способность исследуемых почв по сравнению с культурами кормового севооборота.

Табл. 3. Рис. 2. Библиогр. 7.

УДК 631.48:543.42.062

Дробыш С.В., Бубнова Т.В., Азарёнок Т.Н. Отражательная способность почв разной степени смытости // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

На основании результатов исследований спектральной отражательной способности рассматривается возможность диагностики почв разной степени смытости (несмытых, слабосмытых и смытых) при их картографировании.

Табл. 1. Рис. 2. Библиогр. 10.

УДК: 631.559:631.423.2

Афанасьев Н. И. Коэффициенты увлажнения почв Беларуси и урожайность сельскохозяйственных культур // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44) – С.

Коэффициенты увлажнения почв есть отношение фактических запасов влаги для растений в слое активного влагооборота (пахотном слое) к оптимальным запасам растениям влаги, равным 85% полевой влагоемкости. Их определение показало следующее: зерновые культуры, возделываемые на супесчаных, легкосуглинистых и торфяных почвах, обеспечены влагой в основном на 60-70%. Вносимые в почву удобрения улучшают не только пищевой режим растений, но и способствуют экономному расходу влаги, что очень важно при ее недостатке.

Главная цель определения коэффициентов увлажнения почв – оценка влагообеспеченности растений, но они могут быть полезны для качественной оценки почв и мониторинга почвенного плодородия.

Табл. 2. Библиогр. 3.

УДК 631.416:541.15:539.163

Агеец В.Ю., Лозовая З.В. Использование естественного изотопа ^{40}K для определения содержания физической глины в дерново-подзолистых почвах // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

Проведенные исследования показывают, что между ^{40}K и содержанием физической глины существует тесная корреляционная связь, позволяющая определить количественное содержание основных гранулометрических фракций при радиологическом мониторинге. Показана возможность определения почвенной разновидности без выполнения лабораторных анализов по установлению гранулометрического состава.

Табл. 2. Рис. 2. Библиогр. 11.

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.8:631.445.2

Лапа В.В., Ломонос М.М. Продуктивность зернотравяного севооборота и изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

Представлено влияние систем удобрения на продуктивность зернотравяного севооборота и изменение агрохимических показателей (рН, содержание гумуса, подвижного фосфора и калия) в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

Установлена зависимость изменения продуктивности зернотравяного севооборота от доз минеральных удобрений.

Табл. 3. Рис. 1. Библиогр. 12.

УДК 631.4(476)

Клебанович Н.В. Определение оптимальных доз извести по комплексу показателей для дерново-подзолистых почв Беларуси // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

Приводится анализ методических подходов к определению доз извести, сделано сравнение подходов зарубежных авторов с подходами отечественной агрохимической науки. Предложен способ уточнения доз извести на основе понятия оптимального уровня кислотности, удельного сдвига рН, учета вида севооборота и содержания подвижного фосфора в почве.

Табл. 6. Библиогр. 14.

УДК 631.821.1:631.445.2

Царук И.А., Германович Т.М., Сафроновская Г.М. Действие различных форм известковых мелиорантов на агрохимические свойства дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

Возделывание сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почве (рН 5,6) через четыре года приводит к росту ее кислотности до кислой среды (рН менее 5,5).

Внесение таких мелиорантов, как мел и карбонатный сапропель, содержащих в своем составе легкодоступную форму кальция, на второй год после проведения известкования дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы приводит к значительному снижению кислотности почвы, однако эффект их действия на третий год затухает быстрее, чем на фоне доломитовой муки. Доломитовая мука имеет более продолжительное действие во времени.

Известкование почвы различными видами мелиорантов в разной мере увеличивает содержание в почве обменных форм кальция и магния, влияя на соотношение данных элементов. В среднем на второй-четвертый годы после известкования соотношение между СаО и MgO в почве при применении доломитовой муки составило 4,1, карбонатного сапропеля – 6,7, мела – 8,5 при исходном значении до закладки опыта 4,8 при оптимальном соотношении 4-6.

При внесении мела в качестве известкового мелиоранта на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах с высоким содержанием обменного магния (более 300 мг/кг) можно избежать резкой диспропорции между СаО и MgO в почве.

Табл. 7. Рис. 1. Библиогр. 10.

УДК 631.811.3:631.821.1:631.445.2

Сатишур В.А., Германович Т.М., Поплетеева Р.Б., Чопчиц Г.С., Евсеенко Г.А. Влияние известкования на содержание форм калия в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С. –

В данной статье приведены результаты наших исследований по влиянию известкования на содержание форм калия в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Известкование оказало различное влияние на динамику форм почвенного калия в зависимости от фона обеспеченности калием на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Между формами почвенного калия установлено динамичное (подвижное) равновесие и, если растение поглощает водорастворимый калий, то его содержание в почве пополняется за счет обменного, а тот, в свою очередь, с течением времени – за счет необменного. Изменение кислотности почвы с рН_{КСИ} 4,8-4,9 до рН_{КСИ} 5,4-5,6 и рН_{КСИ} 6,3-6,5 привело: на уровне содержания подвижного калия 200-250 мг/кг к увеличению содержания водорастворимой, обменной, подвижной форм почвенного калия, в тоже время уменьшилось содержание необменной формы, что свидетельствует о возможности использования необменной формы калия; на уровне содержания подвижного калия 300-350 мг/кг – к увеличению содержания в почве водорастворимой, обменной форм калия, вероятно, за счет уменьшения содержания обменной и подвижной его формы.

Табл. 5. Рис. 5. Библиогр. 23.

УДК 631.8:631.445.2

Богатырева Е.Н., Серая Т.М., Бирюков Р.Н., Бирюкова О.М., Туров В.В., Родина М.Э., Трипутина Т.П. Агроэкономическая эффективность органических и минеральных удобрений в звене севооборота на дерново-подзолистых легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почвах // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

Наиболее высокая продуктивность культур в звене севооборота на дерново-подзолистых почвах получена при органоминеральной системе удобрения, предусматривающей внесение минеральных удобрений (среднегодовая доза N₁₁₀P₆₀K₁₂₀) на фоне действия и последействия 40-60 т/га подстилочного навоза. На легкосуглинистой почве продуктивность составила 110,3-114,1 ц/га к.ед. при оплате 1 т навоза в среднем 25,0 к.ед., 1 кг NPK – 9,1 к.ед., на рыхлосупесчаной почве данные показатели находились на уровне 111,4-116,9 ц/га к.ед., 50,1 и 9,2 к.ед. соответственно.

На дерново-подзолистых почвах в вариантах с максимальной продуктивностью чистый доход составил 701-984 тыс. руб. при рентабельности 88-106%.

Среднегодовой хозяйственный вынос элементов питания при возделывании звена севооборота на дерново-подзолистых почвах в среднем составил 143,4 кг/га азота, 76,8 кг/га фосфора, 122,6 кг/га калия, 36,9 кг/га кальция и 27,3 кг/га магния.

Табл. 4. Рис. 2. Библиогр. 12.

УДК 631.8:633.11:631.445.2

Лапа В.В., Ивахненко Н.Н., Ломонос М.М., Кулеш О.Г., Грачева А.А. Эффективность комплексного применения минеральных удобрений и средств химизации при возделывании яровой пшеницы на дерново-подзолистых легкосуглинистой и супесчаной почвах // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

При возделывании яровой пшеницы сорта Рассвет на дерново-подзолистых легкосуглинистой и супесчаной почвах урожайность на уровне 68-71ц/га формируется при внесении $N_{60}+N_{30}P_{60} K_{120}$ и $N_{60}+N_{30}P_{50} K_{90} + Cu_{50} + Mn_{50}$ + серон или моддус + N_{30} (стадия 51-53). При этом масса 1000 зерен на 4,5 г больше, содержание сырого белка на 1,0% выше, а его сбор на 78 кг/га больше при возделывании пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве. Однако содержание клейковины, незаменимых и критических аминокислот и биологическая ценность белка выше в яровой пшенице при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

Удельный вынос элементов питания яровой пшеницей при возделывании на дерново-подзолистых легкосуглинистых и супесчаных почвах увеличивается при применении минеральных удобрений и средств химизации, а также при нарастании доз минеральных удобрений.

Удельный вынос калия и кальция яровой пшеницей при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве почти в два раза выше, чем при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной.

Табл. 13. Библиогр. 5.

УДК 632.118.3:633.11

Таврыкина О. М., Богдевич И.М., Путятин Ю.В. Продуктивность различных сортов пшеницы и вынос ^{137}Cs на почвах, загрязненных радионуклидами // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

Приводятся данные по урожайности сортов озимой и яровой пшеницы, удельной активности радионуклида ^{137}Cs в основной и побочной продукции, выносу ^{137}Cs и К. Дается оценка районированных сортов пшеницы при возделывании их на продовольственные цели на загрязненных радионуклидом ^{137}Cs почвах с точки зрения снижения индивидуальной и коллективной доз облучения населения.

Табл. 4. Рис. 1. Библиогр. 20.

УДК 631.828:633.1

Головатый С.Е., Ковалевич З.С., Лукашенко Н.К. Влияние содержания натрия и хлора на урожайность яровых зерновых культур // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

В условиях вегетационного опыта установлены допустимые уровни содержания натрия и хлора в дерново-подзолистой супесчаной почве при возделывании яровой пшеницы и ячменя.

Табл. 7. Библиогр. 16.

УДК 631.445.12

Радовня О.С., Радовня В.А., Копылович В.Л. Использование фонов азотного питания в селекции озимой ржи // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

В статье представлены результаты работ по оценке фонов азотного питания в селекции озимой ржи на качество зерна и агрохимическую эффективность. Моделировались фоны N_0 , N_{60} и N_{60+30} , которые дополнялись некорневой подкормкой в фазе колошения (N_{15}). Наилучшая вариация признаков продуктивности зерна и содержания спирторастворимых белков наблюдались в варианте N_{60+30} .

Табл. 4. Библиогр. 4.

УДК 631.82:633.13

Лапа В.В., Лопух М.С. Качество зерна голозёрного овса в зависимости от системы применения минеральных удобрений // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

В статье приведены результаты трёхлетних исследований влияния минеральных макро- и микроудобрений на качественные показатели зерна овса голозёрного, возделываемого на дерново-подзолистой супесчаной почве.

По результатам исследований установлено, что система удобрения, включающая внесение $P_{40}K_{90}+N_{60+30}+Cu+Mn$ +фунгицид, обеспечивала получение 48,7ц/га зерна, при этом сбор белка составлял 5,9 ц/га, содержание протеина в зерне – 14,1%. Применение минеральных удобрений в таком сочетании и фунгицида способствовало увеличению суммы незаменимых аминокислот на 20,4%, а критических – на 18,1% по сравнению с вариантом без удобрений. «Аминокислотный скор» составлял по незаменимым аминокислотам 103,3%, по критическим – 85,0% от норм, рекомендованных ФАО/ВОЗ, а «химическое число» – 80,55% и 64% соответственно. Дальнейшее увеличение дозы азота снижало биологическую ценность белка.

Табл.3. Библиогр. 15.

УДК 633.112.9:631.559

Копылов В.Л., Радовня В.А. Влияние пожнивных крестоцветных культур на урожайность зерна ярового тритикале // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

Представлены результаты исследований по влиянию сроков сева пожнивных крестоцветных культур (редьки масличной, озимого и ярового рапса) на урожайность зерна ярового тритикале. Установлено, что включение пожнивных культур в зерновое звено севооборота (озимая рожь – яровое тритикале) позволяет увеличить урожайность зерна ярового тритикале. Прибавка урожая значительно снижается при переходе от более ранних сроков сева пожнивных к более поздним.

Табл. 4. Библиогр. 12.

УДК 633.11: 631.82: 631.445

Семененко Н.Н., Вага И.И. Эффективность комплексного применения средств химизации при возделывании озимого тритикале на антропогенно-преобразованных торфяных почвах // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

Представлены результаты многолетних исследований по влиянию комплексного применения средств химизации на урожайность озимого тритикале при возделывании на антропогенно-преобразованных торфяных почвах. Наиболее высокая урожайность зерна в среднем за 4 года получена при совместном применении регулятора роста с фунгицидом – 56,3 ц/га, что выше по сравнению с фоновым вариантом на 9,9 ц/га. Однако внесение азотных удобрений в три срока, применение ретарданта в два срока и фунгицида экономически и энергетически обосновано только при благоприятных погодных условиях.

Табл. 1. Библиогр. 10.

УДК 633.853.494:631.821.1:63.445.2

Царук И.А., Германович Т.М., Сафроновская Г.М. Фотосинтетическая продуктивность и урожайность семян ярового рапса при известковании дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

Известкование дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы оказывало благоприятное воздействие на показатели продукционного процесса и урожайность семян ярового рапса.

Урожайность семян ярового рапса при известковании дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы доломитовой мукой, мелом и карбонатным сапропелем на фоне $N_{120}P_{75}K_{90}$ увеличивалась на 3,0-1,5-3,6 ц/га.

Наибольшая урожайность семян ярового рапса на уровне 36,7 ц/га формировалась на фоне известкования доломитовой мукой при внесении $N_{150}P_{75}K_{150}$.

Табл. 9. Библиогр. 13.

УДК 633.494:631.5

Шлапунов В.Н., Радовня В.А., Аляпкин А.В. Влияние агротехнических приемов на накопление послеуборочных остатков ярового рапса // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

Изучены пожнивные и корневые послеуборочные остатки ярового рапса в сравнении с другими культурами на супесчаных почвах. Показано влияние азотных удобрений и норм высева ярового рапса на формирование соломы и корней, а также содержание в них элементов питания.

Табл. 4. Библиогр. 12.

УДК 633.15:631.8:631.445.2

Марцунь О.Н. Продуктивность и вынос элементов питания кукурузой на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

В исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве применение различных видов органических удобрений и отходов промышленности увеличило продуктивность кукурузы на 5,0-31,2 ц/га к.ед., полного минерального удобрения – на 39,4 ц/га к.ед. при общей продуктивности в удобренных вариантах 125,0-156,2 ц/га к.ед.

Наиболее высокие показатели кормовой продуктивности кукурузы получены в вариантах с внесением $N_{90+30}P_{60}K_{120}$ в сочетании с 60 т/га подстилочного навоза КРС (урожайность зеленой массы – 781 ц/га, сбор сухого вещества – 156,2 ц/га, сбор кормовых единиц – 156,2 ц/га, сбор кормопротеиновых единиц – 146,9 ц/га, содержание сырого белка – 11,1%, переваримого протеина – 14,69 г/кг зеленой массы при обеспеченности 1 к.ед. 73,4 г переваримого протеина) и 60 т/га торфонавозного компоста (урожайность зеленой массы составила 769 ц/га, сбор сухого вещества – 153,8 ц/га, сбор кормовых единиц – 153,8 ц/га, сбор кормопротеиновых единиц – 139,3 ц/га, содержание сырого белка – 10,3%, переваримого протеина – 13,5 г/кг зеленой массы при обеспеченности 1 к.ед. 67,7 г переваримого протеина).

Табл. 3. Рис. 1. Библиогр. 21.

УДК 631.8:633.633.52:631.445.2

Рак М.В., Барашкова Е.Н. Влияние борных удобрений на урожайность и качество семян льна масличного в зависимости от обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы бором // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

В полевом опыте при возделывании льна масличного изучено влияние борных удобрений на урожайность и качество семян льна масличного при различной обеспеченности дерново-подзолистой почвы бором. Отмечается, что повышение содержания бора в почве в диапазоне от 0,28 до 0,95 мг/кг и применение борных удобрений в некорневые подкормки сопровождается увеличением урожайности льносемян с 23,5 до 26,3 ц/га, масличности – с 34,9 до 38,3%.

Табл. 2. Рис. 1. Библиогр. 8.

УДК 631.8:633.367

Рак М.В., Николаева Т.Г. Влияние кобальтовых и марганцевых удобрений на кормовую ценность люпина узколистного // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

Изучено влияние различных сроков и доз применения некорневых подкормок кобальтовыми и марганцевыми удобрениями на качественные показатели зеленой массы и зерна люпина узколистного при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Установлено, что максимальное содержание сырого протеина в урожае люпина при оптимальных зоотехнических характеристиках отмечено при проведении некорневых подкормок хелатами кобальта и марганца в дозах по 50 г/га д.в. в фазу конец цветения – начало образования сизых бобов.

Табл. 2. Библиогр. 11.

УДК 631.8:633.1:631.445.2

Михайловская Н.А., Тарасюк Е.Г. Влияние бактериального удобрения Калиплант на качество зерновых культур на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

Установлено положительное влияние бактериального удобрения Калиплант на качество продукции зерновых культур на дерново-подзолистой супесчаной почве. Внесение Калипланта повышало содержание белка в зерне озимой ржи на 0,4-0,5% при содержании K_2O в почве в пределах 105-222 мг/кг, в зерне озимой тритикале – на 0,7-1,3% при обеспеченности почвы K_2O в диапазоне 94-164 мг/кг. Калиплант улучшал аминокислотный состав белка зерновых культур при следующих условиях: озимой ржи – при содержании K_2O в почве 105-222 мг/кг, озимой тритикале – 94-164 мг/кг и яровой пшеницы – 94-164 мг/кг.

Табл. 4 Рис. 7. Библиогр. 10.

УДК 631.8:635.615:635.611

Степуро М.Ф., Ботько А.В. Влияние доз удобрений, листовых подкормок и объёмов субстрата на рост и развитие рассады арбуза и дыни // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

В статье представлены двухлетние данные по определению оптимальных объёмов субстрата для рассады арбуза и дыни, доз удобрений для основного внесения при заправке субстрата из верхнего торфа, различные виды и дозы жидких комплексных удобрений в зависимости от фаз роста и развития растений.

Табл. 7. Библиогр. 12.

УДК 632.15

Пироговская Г.В., Хмелевский С.С. Содержание натрия, хлоридов и сульфатов в почвах г. Минска // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

Приведены результаты исследований по загрязнению почв на объектах наблюдений в г. Минска водорастворимым и обменным натрием, хлоридами и сульфатами. Выявлены закономерности в распределении этих загрязнителей относительно удаленности от автодорог и сезонности.

Табл. 2. Рис. 3. Библиогр. 10.

УДК 631.95:622.277.3:631.821.1

Лисица В.Д., Бубнова Т.В., Шульгина С.В., Бубен И.И. Формирование почв на литологически одночленных материнских породах и их деградация под влиянием природных и агрогенных процессов // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.

На примере дерново-подзолистых почв Беларуси, сформировавшихся на литологически одночленных моренных и лессовидных суглинках, показано, что современные почвы являются конечным остаточным продуктом деградации материнского субстрата. На данной стадии развития педогенеза, в голоценовый период времени, гомогенные моренные и лессовидные суглинки под влиянием природных и агрогенных процессов деградировали до рыхло- и связноупесчаных разновидностей.

Табл. 3. Рис. Библиогр. 54.