

ISSN 0130-8475

Институт почвоведения и агрохимии

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в 1961 г.

**№ 1(48)
Январь – июнь 2012 г.**

Минск
2012

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

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

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

Главный редактор *В.В. ЛАПА*

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

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

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

1(48)

Январь – июнь 2012 г.

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

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

© Республиканское научное дочернее унитарное
предприятие «Институт почвоведения
и агрохимии», 2012

СОДЕРЖАНИЕ

Черныш А.Ф., Сергеев В.Т., Кондаурова А.Г. Новые подходы к количественной оценке эрозийной деградации почв 7

1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Шоба С.А., Алябина И.О., Иванов А.В., Колесникова В.М., Красильников П.В., Урусевская И.С., Медведев В.В., Лактионова Т.Н., Бигун О.Н., Накисько С.Г., Шейко С.Н., Савченко К.В., Цытрон Г.С., Матыченков Д.В., Шульгина С.В., Калюк В.А., Шибут Л.И. К вопросу создания единой базы данных почвенных ресурсов России, Украины и Беларуси 18

Бубнова Т.В., Дробыш С.В., Горбачева Е.В. Отражательная способность агроземов культурных 23

Шик А.С., Устинова А.М., Лихацевич Н.А., Домась А.С. Продуктивность дефляционноопасных почв Полесья и эффективность применения удобрений в дифференцированных севооборотах 29

Лихацевич Н.А. О пороговой скорости ветра при количественной оценке интенсивности дефляции..... 38

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

Лапа В.В., Ивахненко Н.Н., Бачище А.В., Шумак С.М., Грачева А.А. Влияние систем удобрения на качество зерна озимого тритикале при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве..... 45

Серая Т.М., Бирюкова О.М., Богатырева Е.Н., Мезенцева Е.Г. Отзывчивость кукурузы на применение различных видов органических удобрений при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве..... 54

Серая Т.М., Мезенцева Е.Г., Богатырева Е.Н., Бирюкова О.М., Бирюков Р.Н. Влияние систем удобрения на баланс элементов питания и агрохимические показатели дерново-подзолистой супесчаной почвы 62

Богатырева Е.Н., Серая Т.М., Мезенцева Е.Г., Бирюкова О.М., Бирюков Р.Н. Изменение содержания элементов питания и углерода в соломе сельскохозяйственных культур в процессе ее трансформации в дерново-подзолистых почвах..... 70

Вильдфлуш И.Р., Коготько Е.И. Сортовая отзывчивость яровой пшеницы на условия минерального питания на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве..... 82

Таврыкина О.М., Богдевич И.М., Довнар В.А., Третьяков Е.С. Зависимость урожайности зеленой массы кукурузы от обеспеченности дерново-подзолистой суглинистой почвы магнием и применения удобрений 90

Корнейкова Ю.С., Ходянков А.А. Агрономическая и экономическая эффективности совместного применения минеральных удобрений и регуляторов роста растений на льне масличном 99

Рак М.В., Титова С.А., Барашкова Е.Н., Николаева Т.Г. Эффективность жидких удобрений МикроСтим при возделывании пропашных овощных и плодово-ягодных культур на дерново-подзолистых почвах 109

Мишура О.И. Эффективность макро- и микроудобрений при возделывании гороха на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве	117
Минюк О.Н. Влияние удобрений на динамику продукционных процессов спаржевой фасоли на дерново-подзолистой супесчаной почве.....	123
Регилевич А.А. Влияние доз внесения Экосила на продуктивность хмеля обыкновенного (<i>Humulus Lupulus</i>) на дерново-подзолистой супесчаной почве	130
Михайловская Н.А., Богдевич И.М., Миканова О., Тарасюк Е.Г., Барашенко Т.Б., Дюсова С.В., Погирницкая Т.В. Влияние фосфатмобилизирующих бактерий на ростовые процессы, урожайность и фитосанитарное состояние посевов зерновых культур на дерново-подзолистых супесчаных почвах	136
Богдевич И.М., Подоляк А.Г., Новикова И.И. Эффективность минеральных удобрений при возделывании многолетней бобово-злаковой травосмеси на загрязненной ¹³⁷ Cs и ⁹⁰ Sr торфяной почве	150
Головатый С.Е., Ковалевич З.С., Ефимова И.А., Лукашенко Н.К., Сидорейко Н.В. Содержание различных форм натрия в зоне влияния ПО «Беларуськалий»	159
Сафроновская Г.М., Германович Т.М., Сатишур В.А., Царук И.А. Вынос калия урожаем культур севооборота в зависимости от кислотности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, уровня обеспеченности подвижным калием и доз калийного удобрения	167
Марцуль О.Н., Босак В.Н. Продуктивность звена севооборота и динамика агрохимических показателей дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в зависимости от применения различных видов органических удобрений	177

РЕЦЕНЗИИ

Романова Т.А. Фундаментальные исследования почв Беларуси	187
---	-----

ЮБИЛЕИ

Сергеенко В.Г. Уладзімір Данілавіч Лісіца (да 80-годдзя са дня нараджэння)	191
---	-----

Рефераты	193
-----------------------	-----

Правила для авторов	201
----------------------------------	-----

CONTENTS

Chernysh A.F., Sergeenko V.T., Kondaurova A.G. New methods of the measurement of soil erosion degradation	7
--	---

1. SOIL RESOURCES AND THEIR RATIONAL USE

Shoba S.A., Alyabina I.O. , Ivanov A.V. , Kolesnikova V.M. , Krasilnikov P.V., Urusevskaya I.S., Medve-dev V.V., Laktionova T.N., Bigun O.N., Nakis'ko S.G., Sheyko S.N., Savchenko K.V., Tcytron G.S., Matychenkov D.V., Shul'gina S.V., Kaluk V.A., Shibut L.I. On the development of the unified data base of soil resources of Russia, Ukraine and Belarus.....	18
Bubnova T.V., Drobysh S.V., Gorbacheva E.V. The reflective capacity of hortic antrosols	23
Shyk A.S., Ustinova A.M., Lichatsevich N.A., Domas A.S. Productivity of wind erosion dangerous polesye soils and fertilizer efficiency in the differentiated crop rotations	29
Lihatsevich N.A. About the threshold wind velocity at quantitative assessment of wind erosion intensity	38

2. SOIL FERTILITY AND FERTILIZATION

Lapa V.V., Ivakhnenko N.N., Bachische A.V., Shumak S.M., Gracheva A.A. influence of fertilizer system on quality of winter triticales grain grown on luvisol loamy sand soil.....	45
Seraya T.M., Biryukova O.M., Bogatyrova E.N., Mezentsava E.G. Maize responsiveness to the use of organic fertilizers various types in the cultivation on sod-podzolic sandy loam soil.....	54
Seraya T.M., Mezentsava E.G., Bogatyrova E.N., Biryukova O.M., Biryukov R.N. Influence of fertilizer systems balance of nutrients and agrochemical indexes of sod-podzolic loamy sand soil.....	62
Bogatyrova E.N., Seraya T.M., Mezentsava E.G., Biryukova O.M., Biryukov R.N. Content change of nutrients and carbon in agricultural crops straw in processes it transformation in sod-podzolic soils	70
Vildflush I.R., Kogotko E.I. High quality responsiveness of spring wheat on conditions of a mineral food on sod-podzolic light loamy soil.....	82
Tavrykina O.M., Bogdevich I.M., Dovnar V.A., Tret'yakov E.S. The yield of corn green mass in relation to levels of exchangeable magnesium in the podzoluvisol loam soil and fertilizers	90
Korneykova Ju.S., Hodyankov A.A. Agronomical and economic efficiency of joint application of mineral fertilizers and regulators of growth of plants on flax oil	99
Rak M.V., Titova S.A., Barashkova E.N., Nikolaeva T.G. Efficiency of liquid fertilizers MicroStim in cultivation of root crops, vegetables, fruits and berry crops on sod-podzolic soils	109

Mishura O.I. Efficiency of macro- and microfertilizers at cultivation of peas on sod-podzolic light loamy soil.....	117
Minyuk O.N. Influence of fertilizers on producti on sod-podzolic sandy loamy soil	123
Regilevich A.A. influence of doses of introduction of ecosil on efficiency of hop of ordinary (<i>Humulus Lupulus</i>) on luvisol loamy sand soil	130
Mikhailouskaya N.A., Bogdevitch I.M., Mikanova O., Tarasiuk E.G., Barashenko T.B., Duysova S.V., Pogirnitskaya T.V. Influence of phosphorus-mobilizing bacteria on growth, yield and phytopathology state of cereal crop growings on luvisol loamy sand soils.....	136
Bogdevitch I.M., Podolyak A.G., Novikava I.I. Efficiency of fertilizers on perennial clover-grass mixture grown on histosol soil contaminated with ¹³⁷ Cs and ⁹⁰ Sr.....	150
Golovatyi S.E., Kovalevitch Z.S., Efimova I.A., Lukashenko N.K., Sidoreiko N.V. The maintenance of various forms of sodium in the conditions of pollution of soils by this element	159
Safronovskaya G.M., Germanovich T.M., Satishur V.A., Tsaruk I.A. Removal of potash by a crop of cultures crop rotation depending on acidic sod-podzolic light loamy soil, level of security mobile potash and dozes potash of fertilizer.....	167
Martsul O.N., Bosak V.N. Productivity of a crop rotation link and dynamics of agrochemical indicators of sod-podzolic light loamy soil depending on application of various kinds of organic fertilizers	177

REVIEW

Romanova T.A. Fundamental investigations soils of Belarus.....	187
---	-----

OUR JUBILEES

Sergeenko V.G. Vladimir Danilovich Lisitsa (to the 80-th birthday).....	191
Summaries	193
Rules for autors	201

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ ЭРОЗИОННОЙ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ

А.Ф. Черныш, В.Т. Сергеенко, А.Г. Кондаурова

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Эрозионная деградация почв приводит к изменению их функций, количественному и качественному ухудшению состава и свойств, снижению природно-хозяйственной значимости земель.

Пристальное внимание вопросам изучения деградации почв уделяется исследователями ближнего и дальнего зарубежья. Назовем только некоторых авторов: Ф.Р. Зайдельман, 2009; М.С. Кузнецов, М.С. Ремезов, П.Н. Березин, А.С. Владыченский, 2002; И.А. Крупеников, 2008; В.В. Чербарь, 2009; В.В. Медведев, 2007; M. Roch, 2004; A. Dexter, 2004; C. Ritsema, 2005 и другие.

Исследования обусловлены необходимостью установления количественной оценки различных видов и степени деградации почв, позволяющей характеризовать экологическое состояние почвенного покрова. Количественные показатели, отражающие степень деградации почв, позволяют оценить экологический и экономический ущерб сельскому хозяйству от деградации. Поэтому объективная диагностика почв, опирающаяся на комплекс количественных параметров их деградации, а затем разработка приемов предотвращения или минимизации последствий деградации, имеет важное практическое значение.

Цель данной работы заключалась в установлении новых подходов объективной количественной оценки эрозионной деградации почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования явились дерново-подзолистые суглинистые почвы, развивающиеся на лессовидных и моренных почвообразующих породах различной степени эрозионной деградации (неэродированные, слабо-, средне- и сильноэродированные) северной и центральной провинций Беларуси. На рисунке приведена единая в геоморфологическом отношении почвенно-эрозионная катена дерново-подзолистых почв, развивающихся на мощных лессовидных суглинках, на примере которых выполнена количественная оценка эрозионной деградации почв.

Определение основных аналитических характеристик исследуемых почв базировалось на общепринятых методах: гранулометрический состав – по Н.А. Качинскому, валовой химический состав – рентгенофлуорисцентным методом, плотность сложения – весовым, гумус – по Тюрину, внутренняя энергия фаз почв – по В.Р. Волобуеву, максимальная гигроскопичность – весовым.

Существуют различные методы определения эрозионной деградации почв. Рассмотрим некоторые из них. В научной литературе известен метод определения эродированности пахотных дерново-подзолистых почв по спектрам отражения в видимой области спектра (длины волн 750, 620, 470 нм), снятых с эталонных

и исследуемых образцов пахотных горизонтов [1]. Метод не трудоемкий и не занимает много времени на проведение определений. В то же время спектры отражения дают информацию только о поверхности почвенных частиц исследуемых образцов, не затрагивая строения почвенного профиля, мощности горизонтов, вещественного состава образца и гумуса. По этой причине данный метод определения степени эродированности и деградации почв малоинформативный.

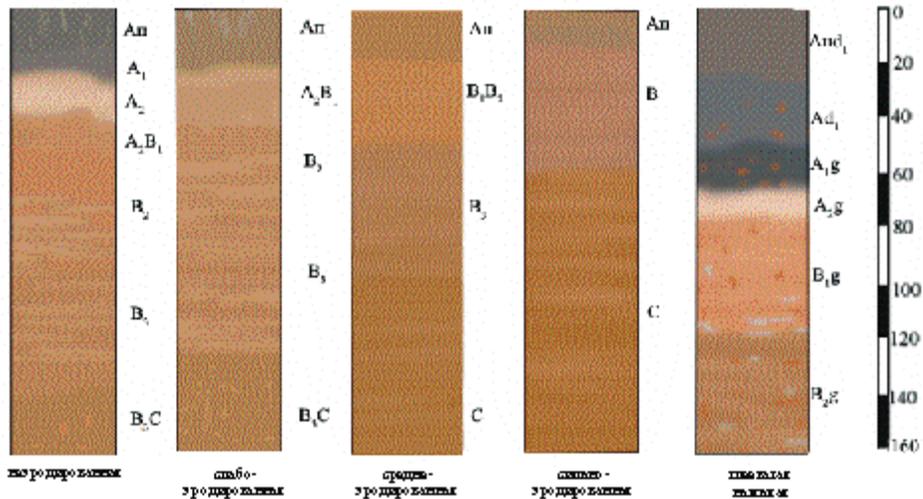


Рис. Почвенно-эрозионная катена дерново-подзолистых почв, развивающихся на мощных лессовидных суглинках

Имеются также методы определения степени эродированности почв по мощности и соотношению генетических горизонтов [3]. В методе определения деградации почв по степени их эродированности возникают трудности в установлении мощности горизонта A_п: чем она меньше, тем глубже идет припашка горизонтов A₂ или B₁. Более того, одни и те же поля обрабатываются под разные культуры на различную глубину. По этой причине установление мощности генетических горизонтов не всегда носит объективный характер.

Существует метод определения степени эрозионной деградации почв по запасам гумуса в пахотном горизонте [4]. Уменьшение его запасов в пахотном горизонте смытой почвы в определенной мере характеризует степень смытости, однако не может в полной мере являться надежным диагностическим признаком. В методе установления эродированности почв путем определения запасов гумуса возникает вопрос о его первоначальном содержании в почве, т.е. неизвестно сколько же гумуса было в гумусово-аккумулятивном горизонте до начала эрозионного процесса. Таким образом, кажущийся на первый взгляд объективным способ определения степени эродированности по запасам гумуса таковым являться не может.

Выполненные нами исследования направлены на получение объективных характеристик для оценки степени эрозионной деградации дерново-подзолистых почв. Данный метод основан на комплексном подходе к учету изменений, происходящих в почвенном слое мощностью 50 см, в котором сосредоточена основная масса корней сельскохозяйственных растений, естественного травостоя, древесно-кустарниковой растительности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЭРОЗИОННОЙ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ

Для достижения поставленной цели предложен метод оценки эрозионной деградации дерново-подзолистых почв по их внутренней энергии с учетом строения профиля, мощности горизонтов, водно-физических свойств, вещественного состава минеральной основы почвенного поглощающего комплекса (ППК) (фракция меньше 0,001 мм) и содержания гумуса.

В процессе разрушения верхних горизонтов почв (эрозии) происходят потери твердой фазы, гумуса, элементов питания растений, а значит и меняется внутренняя энергия этих почв. Сельскохозяйственные культуры и естественная растительность основную массу питательных веществ потребляют из горизонта мощностью 0-50 см, поэтому расчет внутренней энергии фаз почвы целесообразно ограничить такой мощностью почвенного слоя.

Данные для расчета внутренней энергии гумуса и кристаллической решетки минералов фракции меньше 0,001 мм сведены в таблицах 1-3.

Таблица 1

Строение почвенного профиля дерново-подзолистых суглинистых почв

Степень эродированности	Горизонт	Мощность горизонта, см	Глубина взятия образца, см
Неэродированная	A _n	0-25	2-12
	A ₂	25-40	25-35
	B ₁	40-70	40-50
Слабоэродированная	A _n	0-24	2-12
	A ₂ B ₁	24-40	25-35
	B ₂	40-80	40-50
Среднеэродированная	A _n	0-24	2-12
	B ₁	24-39	26-36
	B ₂	39-80	45-55
Сильноэродированная	A _n	0-20	2-12
	B ₂	20-40	25-35
	C	40-115	40-50

Таблица 2

Показатели дерново-подзолистых эродированных легкосуглинистых почв

Степень эродированности	Горизонт	Гумус, %	Плотность, г/см ³	Максимальная гигроскопичность, %	Прочносвязанная вода, %	Содержание фракций	
						меньше 0,001 мм	больше 0,001 мм
Неэродированная	A _n	1,74	1,15	2,69	0,89	8,51	91,49
	A ₂	0,46	1,44	-	-	7,92	92,08
	B ₁	0,28	1,56	-	-	10,24	89,76
Слабоэродированная	A _n	1,42	1,32	2,38	0,79	8,18	91,82
	A ₂ B ₁	0,35	1,45	-	-	9,11	90,89
	B ₂	0,32	1,58	-	-	18,14	81,86

Степень эродированности	Горизонт	Гу-мус, %	Плотность, г/см ³	Максимальная гигроскопичность, весовых %	Прочность-званная вода, весовых %	Содержание фракций	
						меньше 0,001 мм	больше 0,001 мм
Средне-эродированная	A _n	1,27	1,43	2,45	0,81	11,82	88,18
	B ₁	0,36	1,54	-	-	17,00	83,00
	B ₂	0,20	1,57	-	-	11,48	88,52
Сильно-эродированная	A _n	0,77	1,59	3,60	1,20	17,90	82,10
	B ₂	0,28	1,59	-	-	18,42	81,58
	C	0,04	1,62	-	-	16,11	83,89

Таблица 3

Валовой химический состав илистых фракций дерново-подзолистых разной степени эродированных легкосуглинистых почв, % на прокаленное вещество

Горизонт	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	Сумма
Неэродированная									
A _n	<u>83.13*</u>	<u>7.95</u>	<u>1.80</u>	<u>0.84</u>	<u>0.68</u>	<u>0.08</u>	<u>0.86</u>	<u>2.85</u>	<u>98.19</u>
	53,16	22,50	11,83	1,16	2,93	0,81	0,90	2,71	96,00
A ₂	<u>82.87</u>	<u>9.04</u>	<u>2.16</u>	<u>1.03</u>	<u>0.83</u>	<u>0.11</u>	<u>0.85</u>	<u>2.92</u>	<u>99.81</u>
	50,12	26,23	12,45	1,42	2,94	0,56	0,89	2,70	97,31
B ₁	<u>81.89</u>	<u>8.71</u>	<u>2.70</u>	<u>0.98</u>	<u>0.84</u>	<u>0.08</u>	<u>0.90</u>	<u>3.06</u>	<u>98.32</u>
	51,85	26,27	12,24	1,48	2,75	0,83	1,01	2,83	99,26
Слабоэродированная									
A _n	<u>82.16</u>	<u>9.15</u>	<u>2.44</u>	<u>0.79</u>	<u>0.62</u>	<u>0.11</u>	<u>0.93</u>	<u>2.72</u>	<u>98.92</u>
	52,15	26,23	12,11	1,41	2,89	0,56	0,95	3,30	99,60
A ₂ B ₁	<u>80.31</u>	<u>9.30</u>	<u>3.28</u>	<u>0.85</u>	<u>0.66</u>	<u>0.05</u>	<u>1.16</u>	<u>3.04</u>	<u>98.65</u>
	50,85	26,23	12,90	1,79	2,90	0,81	1,10	3,28	99,81
B ₁	<u>82.57</u>	<u>8.44</u>	<u>2.66</u>	<u>0.87</u>	<u>0.58</u>	<u>0.07</u>	<u>0.89</u>	<u>3.00</u>	<u>98.50</u>
	51,16	25,27	12,88	1,65	2,75	0,80	0,90	3,40	98,81
Среднеэродированная									
A _n	<u>82.99</u>	<u>8.14</u>	<u>2.14</u>	<u>0.66</u>	<u>0.62</u>	<u>0.07</u>	<u>0.93</u>	<u>2.78</u>	<u>98.33</u>
	49,46	26,25	13,97	1,48	2,93	0,81	0,99	3,30	99,19
B ₁	<u>81.32</u>	<u>9.28</u>	<u>3.29</u>	<u>0.71</u>	<u>0.63</u>	<u>0.07</u>	<u>0.76</u>	<u>2.87</u>	<u>98.93</u>
	52,00	22,03	13,07	1,73	2,90	0,80	0,83	2,95	96,31
B ₂	<u>83.06</u>	<u>8.87</u>	<u>2.36</u>	<u>0.83</u>	<u>0.83</u>	<u>0.10</u>	<u>0.70</u>	<u>2.80</u>	<u>99.55</u>
	49,81	26,27	13,15	1,16	2,94	0,56	0,80	3,31	98,00
Сильноэродированная									
A _n	<u>83.03</u>	<u>8.59</u>	<u>2.41</u>	<u>0.89</u>	<u>0.72</u>	<u>0.09</u>	<u>0.84</u>	<u>2.95</u>	<u>99.52</u>
	52,16	26,23	12,96	1,16	2,37	0,63	0,92	2,91	99,34
B ₂	<u>83.53</u>	<u>7.98</u>	<u>2.05</u>	<u>0.99</u>	<u>0.71</u>	<u>0.08</u>	<u>0.87</u>	<u>2.85</u>	<u>99.06</u>
	51,00	26,24	11,87	1,42	2,35	0,46	0,99	2,80	97,13
C	<u>85.81</u>	<u>7.37</u>	<u>1.39</u>	<u>0.90</u>	<u>0.64</u>	<u>0.07</u>	<u>0.92</u>	<u>2.59</u>	<u>99.69</u>
	52,64	22,50	12,45	1,41	2,93	0,81	1,02	2,65	96,41
Очень сильноэродированная									
A _n	<u>84.28</u>	<u>7.92</u>	<u>2.07</u>	<u>0.88</u>	<u>0.63</u>	<u>0.10</u>	<u>0.83</u>	<u>2.87</u>	<u>99.58</u>
	52,49	24,11	15,0	0,78	2,50	0,94	0,89	2,37	99,08
B ₂	<u>83.85</u>	<u>7.81</u>	<u>2.51</u>	<u>0.79</u>	<u>0.67</u>	<u>0.12</u>	<u>0.87</u>	<u>2.84</u>	<u>99.46</u>
	52,87	23,89	14,98	0,64	2,54	0,62	0,91	2,26	98,76
C	<u>82.10</u>	<u>8.62</u>	<u>2.70</u>	<u>0.90</u>	<u>0.73</u>	<u>0.12</u>	<u>0.80</u>	<u>2.71</u>	<u>98.74</u>
	53,00	26,24	11,87	1,12	2,96	0,51	0,94	2,65	98,72

* Над чертой – содержание оксидов в почве; под чертой – содержание оксидов в илистой фракции.

Запас внутренней энергии гумуса в дерново-подзолистой незэродированной легкосуглинистой почве в горизонтах A_n , A_2 и B_1 рассчитывался по формуле:

$$U_{rK_r} = S \cdot H \cdot D \cdot C \cdot 5,5 \text{ ккал,}$$

где U_{rK_r} – внутренняя энергия гумуса в слое почвы 50 см на 1 м^2 , ккал;

S – площадь, см^2 ;

H – мощность слоя, см;

D – плотность, $\text{г}/\text{см}^3$;

C – содержание гумуса, %; 5,5 – энергия гумуса, ккал/г [5].

$$U_{rA_n} K_{rA_n} = 100 \cdot 100 \cdot 25 \cdot 1,15 \cdot 0,0174 \cdot 5,5 = 27513 \text{ ккал;}$$

$$U_{rA_2} K_{rA_2} = 100 \cdot 100 \cdot 15 \cdot 1,44 \cdot 0,0046 \cdot 5,5 = 5464 \text{ ккал;}$$

$$U_{rB_1} K_{rB_1} = 100 \cdot 100 \cdot 10 \cdot 1,56 \cdot 0,0028 \cdot 5,5 = 2402 \text{ ккал.}$$

Внутренняя энергия гумуса дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в 50 см слое на 1 м^2 равна 35 379 ккал.

Таким же путем рассчитывается внутренняя энергия гумуса для эродированных почв.

Внутренняя энергия кристаллической решетки минералов фракции меньше $0,001 \text{ мм}$ (минеральная основа почвенного поглощающего комплекса) рассчитывалась методом, при котором энергия кристаллических решеток минералов, составляющих почвенный поглощающий комплекс, рассматривают как сумму бинарных компонентов оксидов [6].

Удельная энергия оксидов по В.Р. Волобуеву [5] равна: H_2O – 55,55 ккал/г; SiO_2 – 51,61; Fe_2O_3 – 24,12; Al_2O_3 – 35,07; TiO_2 – 36,78 ккал/г; CaO – 15,20; MgO – 23,50; K_2O – 6,63; Na_2O – 9,93; MnO – 13,50; P_2O_5 – 3,61 ккал/г; Na_2O – 3,05 ккал/г; энергия гумуса – 5,5 ккал/г.

Используя приведенные данные и результаты валового химического состава илистых фракций почвы, рассчитывалась внутренняя энергия фракций меньше $0,001 \text{ мм}$, то есть энергию минеральной основы почвенного поглощающего комплекса. Внутренняя энергия фракции меньше $0,001 \text{ мм}$ равна произведению массового объема этой фракции на долевую часть каждого оксида с умножением на энергию оксида. Валовой химический состав илистой фракции дерново-подзолистой незэродированной легкосуглинистой почвы отражен в таблице 3.

В качестве примера приводим расчет внутренней энергии кристаллической решетки минералов илистой фракции дерново-подзолистой незэродированной легкосуглинистой почвы горизонта A_n для оксида кремния:

$$U_{\text{фр}(<0,001\text{м})}^{\text{AnSiO}_2} K_{\text{фр}(<0,001\text{м})}^{\text{AnSiO}_2} = 100 \cdot 100 \cdot 25 \cdot 1,15 \cdot 0,0851 \cdot 0,5316 \cdot 51,61 = 671253 \text{ ккал,}$$

где $U_{\text{фр}(<0,001\text{м})}^{\text{AnSiO}_2} K_{\text{фр}(<0,001\text{м})}^{\text{AnSiO}_2}$ – внутренняя энергия оксида кремния фракции

$< 0,001 \text{ мм}$;

$100 \cdot 100$ – площадь, см^2 ;

25 – мощность слоя, см; 1,15 – плотность, $\text{г}/\text{см}^3$;

0,0851 – доля илистой фракции; 0,5316 – доля SiO_2 ; 51,61 – энергия SiO_2 , ккал/г [5].

Таким же образом выполнены расчеты энергии каждого оксида в горизонтах A_n , A_2 и B_1 . Внутренняя энергия кристаллической решетки минералов фракции меньше 0,001 мм (минеральная основа почвенного поглощающего комплекса) дерново-подзолистой неэродированной легкосуглинистой почвы приведена в таблице 4.

Таблица 4

Внутренняя энергия кристаллической решетки минералов фракции меньше 0,001 мм дерново-подзолистой неэродированной легкосуглинистой почвы слоя 50 см 1 м², ккал

Горизонт	Толщина слоя, см	Внутренняя энергия оксидов фракции меньше 0,001 мм ккал								
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	Сумма
A_n	25	671253	193057	69811	4313	16846	715	2186	4395	962576
A_2	15	442510	157366	51371	3692	11819	345	1511	3062	671676
B_1	10	427471	147170	47161	3593	10323	461	1602	2997	640778

Полная внутренняя энергия кристаллической решетки минералов фракции меньше 0.001 мм дерново-подзолистой неэродированной легкосуглинистой почвы слоя 50 см на 1 м² равна 2275030 ккал.

Аналогичным образом рассчитаны внутренние энергии кристаллических решеток минералов фракции меньше 0,001 мм дерново-подзолистых разной степени эродированных легкосуглинистых почв (табл. 5).

Таблица 5

Внутренняя энергия гумуса и кристаллической решетки минералов фракции меньше 0.001 мм дерново-подзолистых неэродированных и эродированных легкосуглинистых почв слоя 50 см 1 м², ккал

Степень эродированности почв	Энергия гумуса	Энергия кристаллической решетки минералов фракции <0,001 мм	Отношение энергии фракции <0,001 мм к энергии гумуса
Неэродированная	35379	2275030	64,30
Слабоэродированная	31988	2963656	92,64
Среднеэродированная	30444	3905647	128,28
Сильноэродированная	21928	5460912	249,03

Из таблицы 5 видно, что по мере нарастания степени эродированности внутренняя энергия кристаллической решетки минералов фракции меньше 0,001 мм возрастает, а внутренняя энергия гумуса уменьшается. Минералогический состав илистой фракции (<0,001 мм) дерново-подзолистых легкосуглинистых почв представлен глинистыми минералами: гидрослюдой, вермикулитом, каолинитом и почвенными хлоритами [7]. Глинистые минералы влияют на физико-химические свойства почв, определяют их плодородие, от них зависит поглощательная способность почв, их гидрофильность. Более того, глинистые минералы способны пополнять почвенные растворы элементами питания растений [8]. Гумус представляет совокупность специфических и неспецифических органических веществ почв, обладает высокой емкостью катионного обмена, содержит элементы пита-

ния в легкодоступной форме [9]. Как отмечает Д.В. Хан, основными закрепителями гумусовых веществ почв являются глинистые минералы фракции меньше 0,001 мм [10]. Гумусовые вещества и глинистые минералы формируют органо-минеральные соединения и создают водопрочную структуру почв [11].

В связи с этим принципиально новым признаком в предлагаемом методе количественной оценки эрозионной деградации дерново-подзолистых почв может быть отношение внутренней энергии минералов кристаллической решетки фракции меньше 0,001 мм к внутренней энергии гумуса.

На большом количестве почвенных разрезов дерново-подзолистых легкосуглинистых почв Минской, Могилевской и Витебской областей (несмытых – 48 разрезов, слабосмытых – 34, среднесмытых – 31, сильносмытых – 20) установлены пределы изменения соотношений внутренних энергий кристаллической решетки минералов фракции <0,001 мм к внутренней энергии гумуса, которые рассматриваются как количественные показатели степени эрозионной деградации почв.

Сравнительный анализ данных по всем исследуемым разрезам свидетельствует, что показатели соотношения внутренней энергии минералов кристаллической решетки фракции <0,001 мм к внутренней энергии гумуса составляют величины: для незэродированных дерново-подзолистых легкосуглинистых почв < 70, для слабоэродированных – 70-110, среднеэродированных – 110-210, сильноэродированных – 210-320.

Примеры использования предлагаемого метода при определении степени эрозионной деградации по показателям соотношения внутренней энергии кристаллической решетки минералов фракции меньше 0,001 мм и энергии гумуса приведены в таблице 5. Анализируемые соотношения для почв разной степени эродированности укладываются в разработанные градации. Это дает основание считать, что предлагаемый метод соответствует критерию применимости и позволяет в количественном выражении оценивать степень эрозионной деградации почв. Необходимо также отметить, что оценка степени эродированности в исследуемых почвенно-эрозионных катенах по ранее известным методам и предлагаемому практически совпадают.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВОГО ПОДХОДА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ЭРОЗИОННОЙ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ ПРИ ЭКОЛОГО- ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ УЩЕРБА ОТ ЭРОЗИИ

Многолетними наблюдениями установлено, что с одного гектара водосборной площади поверхностным стоком смывается в среднем 10-15 т твердой фазы почвы, около 150-180 кг гумусовых веществ, одновременно теряется до 10 кг азота, 4-5 кг фосфора и калия, 5-6 кг кальция и магния. Потери элементов питания, гумуса приводят к значительному ухудшению агрофизических и биологических свойств эрозионно деградированных почв, что влияет на их производительную способность. В результате деградации почв средний недобор урожаев по нашим многолетним данным составляет в зависимости от степени эрозионной деградации: зерновых культур – 12-40%, пропашных – 20-60%, льна – 15-40%, многолетних трав – 5-30% [12]. В количественной оценке эрозионной деградации дерново-подзолистых почв верхний предел отношения внутренней энергии ППК к внутренней энергии гумуса составляет 320. При наличии данных по максимальному недобору в процентах

урожая сельскохозяйственных культур (для зерновых – 40%, пропашных – 60%, льна – 40%, многолетних трав – 30% и т.д.) легко определить, какой процент недобора приходится на одну единицу отношения. В нашем случае для зерновых культур – 40:320 = 0,125%, для пропашных 60:320=0,187%, для льна 40:320 = 0,125% и многолетних трав 30:320 = 0,093%.

Недобор урожая сельскохозяйственных культур рассчитывается по выражению:

$$N\% = \frac{U_{\text{фр}<0,001\text{мм}} \cdot K_{\text{фр. 0,001мм}}}{U_r \cdot K_r} \cdot \frac{P_{\text{с/х культур}}}{320}$$

где N% – недобор урожая от эрозионной деградации;

$U_{\text{фр}<0,001\text{мм}} \cdot K_{\text{фр. 0,001мм}}$ – внутренняя энергия ППК (Фракция < 0,001мм);

$U_r \cdot K_r$ – внутренняя энергия гумуса; $P_{\text{с/х культур}}$ – максимальный недобор урожая с/х культур;

320 – минимальное отношение внутренней энергии почвенного поглощающего комплекса к энергии гумуса очень сильно эрозионно деградированной почвы.

Для нашей почвенно-эрозионной катены на дерново-подзолистых почвах, развивающихся на лессовидных суглинках недобор урожая сельскохозяйственных культур сведен в таблице 6.

Таблица 6

Недобор урожая сельскохозяйственных культур от эрозионной деградации, %

Эрозионная деградация почв	Сельскохозяйственные культуры			
	Зерновые	Пропашные	Лен	Многолетние травы
Слабоэродированные	12	17	12	8
Среднеэродированные	16	24	16	12
Сильноэродированные	36	54	36	27

Таким образом, определив количественные показатели эрозионной деградации дерново-подзолистых почв, можно рассчитать недоборы урожая сельскохозяйственных культур, а значит, можно прогнозировать экономический ущерб на деградированных почвах при условии соблюдения агротехники, сроков посадки и посева растений, мероприятий защиты.

Вторым направлением использования нового подхода количественной оценки степени может быть установление количества смываемого мелкозема почвы. При этом внутренняя энергия пахотных горизонтов является достаточно надежным критерием.

В процессе разрушения верхних горизонтов почв (эрозии) происходят потери твердой фазы, гумуса, элементов питания растений, следовательно, меняется и внутренняя энергия этих почв. По внутренней энергии пахотных горизонтов эрозионно деградированных почв можно установить количество потерянного мелкозема почвы со склонов.

На долю первых четырех составляющих приходится свыше 99% всей внутренней энергии почвы [13], поэтому расчет внутренней энергии почвы целесообразно проводить по четырем составляющим (гумусу, воде, фракциям больше 0,001 мм и меньше 0,001 мм).

Известно, что в результате эрозии потери почвенного мелкозема происходят из верхних горизонтов почвы, что позволяет расчет внутренней энергии почвы

ограничить мощностью пахотного слоя. Для расчета внутренней энергии почвы используются данные о почвах, приведенные в таблицах 1-3.

Запас внутренней энергии прочносвязанной влаги определяется для воды, имеющей определенную, упорядоченную структуру, то есть химически связанную в решетках минералов. В наших исследования прочносвязанная вода принята как 1/3 часть максимальной гигроскопичности [13]. Внутреннюю энергию почвенной влаги рассчитывают по формуле:

$$U_{в}K_{в} = S \cdot H \cdot D \cdot C \cdot 55,55 \text{ ккал,}$$

где $U_{в}K_{в}$ – внутренняя энергия прочносвязанной влаги, ккал;

S – площадь, см²; H – мощность слоя, см;

D – плотность, г/см³; C – доля прочно связанной почвенной влаги; 55,55 – энергия H₂O, ккал/г [4].

$$U_{вАп} K_{вАп} = 100 \cdot 100 \cdot 25 \cdot 1,15 \cdot 0,087 \cdot 55,55 = 130\,944 \text{ ккал.}$$

Запас внутренней энергии прочносвязанной влаги дерново-подзолистой неэродированной легкосуглинистой почвы в слое 25 см на 1 м² равен 130944 ккал.

Таким же образом определяется запас внутренней энергии прочносвязанной влаги для эродированных почв.

Запас внутренней энергии кристаллических решеток минералов фракций более 0,001 мм равен произведению объемной части этой фракции на долевую часть составляющих ее оксидов с умножением на энергию каждого оксида. В данном случае используют валовой химический состав дерново-подзолистой неэродированной легкосуглинистой почвы (табл. 3).

Пример расчета внутренней энергии кристаллической решетки минералов фракции больше 0,001 мм в 25 см слое горизонта А_п оксида кремния дерново-подзолистой неэродированной почвы (табл. 7):

$$U_{фр(<0,001м)}^{AnSiO_2} K_{фр(<0,001м)}^{AnSiO_2} = 100 \cdot 100 \cdot 25 \cdot 1,15 \cdot 0,9149 \cdot 0,8313 \cdot 51,61 = 1\,228\,1129 \text{ ккал,}$$

где $U_{фр(<0,001м)}^{AnSiO_2} K_{фр(<0,001м)}^{AnSiO_2}$ – внутренняя энергия оксида кремния горизонта А_п

фракции больше 0,001мм;

100 · 100 – площадь, см²;

25 – мощность слоя, см; 1,15 – плотность, г/см³; 0,9149 – доля фракции больше 0,001 мм;

0,8313 – доля оксида кремния;

51,61 – энергия оксида кремния, ккал/г [5].

Таблица 7

Внутренняя энергия кристаллической решетки минералов фракции больше 0,001 мм дерново-подзолистой легкосуглинистой неэродированной почвы слоя 25 см 1 м², ккал

Горизонт	Толщина слоя, см	Внутренняя энергия оксидов фракции больше 0,001 мм, ккал								
		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	Сумма
А _п	25	11285040	733353	114198	33584	42032	759	22462	49701	12281129

Полная внутренняя энергия кристаллической решетки минералов фракции больше 0,001 мм 25 см слоя 1 м² A_n дерново-подзолистой неэродированной легкосуглинистой почвы равна 12281129 ккал.

Аналогичным образом рассчитывают внутренние энергии кристаллических решеток минералов дерново-подзолистых легкосуглинистых почв (табл. 8).

Таблица 8

Внутренняя энергия дерново-подзолистых неэродированных и эродированных легкосуглинистых почв в A_n слое 1 м², ккал

Степень эродированности почв	Внутренняя энергия 1 м ²				полная внутренняя энергия
	гумуса	прочной связанной воды	кристаллической решетки минералов		
			фр.<0,001 мм	фр.>0,001 мм	
Неэродированная	27513	130944	962567	12281129	13402153
Слабоэродированная	24742	139026	1043368	13595328	14802464
Среднеэродированная	23972	154424	1596738	14141193	15916327
Сильноэродированная	13467	211978	2293093	20001804	22520342

Из таблицы 8 видно, что по мере нарастания степени эродированности сумма внутренних энергий кристаллической решетки фракций меньше и больше 0,001 мм² почв и энергия прочно связанной воды возрастают.

Прирост внутренней энергии пахотного горизонта за счет припашки нижележащих горизонтов для слабосмытых почв составляет 1400311 ккал на 1 м², для среднесмытых – 2514174 ккал на 1 м² и для сильносмытых – 9118189 ккал на 1 м². По величине прироста внутренней энергии пахотного горизонта масса припаханной почвы нижележащих горизонтов рассчитываются по соотношению:

$$m = U / (C \cdot 10), \text{ кг/га,}$$

где m – масса, кг;

C – удельная внутренняя энергия, ккал/г;

10 – коэффициент для перевода массы в кг на 1 га.

Удельная внутренняя энергия пахотного горизонта слабосмытой почвы равна 46,72 ккал/г, для среднесмытой – 46,37 ккал/г и сильносмытой – 70,81 ккал/г.

Масса смытого пахотного горизонта составляет для слабосмытой почвы 1400311/(10*46,72)=2997 кг/га примерно 3 т/га, для среднесмытой – 5422 кг/га более 5 т/га, для сильносмытой – 12876 кг/га около 13 т/га. По существующей градации смыва 3 т/га почва относится к слабосмытой, 5 т/га – среднесмытой, 13 т/га – сильносмытой [12].

ВЫВОДЫ

1. Количественная оценка степени эрозионной деградации дерново-подзолистых почв может осуществляться по внутренней энергии активных составляющих – почвенного поглощающего комплекса и гумуса. При этом надежным критерием является отношение энергии фракции < 0,001 мм к энергии гумуса. Для исследуемых неэродированных почв это отношение составляет < 70, для слабоэродированных – 70-110, для среднеэродированных – 110-210, для сильноэродированных – 210-320.

2. Количественные показатели эрозионной деградации почв, основанные на внутренней энергии, позволяют прогнозировать недоборы урожая сельскохозяйственных культур при соблюдении соответствующей агротехники, а также обеспечивают возможность установления потерь почвенного мелкозема в результате водной эрозии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Способ определения степени смывности пахотных дерново-подзолистых почв: а.с. 1062531. Афіцыйны бюл. – № 47, 23, 12, 83.
2. Соболев, С.С. Защита почв от эрозии / С.С. Соболев. – М.: Колос, 1961. – С. 26
3. Жилко, В.В. Эродированные почвы Белоруссии и их использование / В.В. Жилко. – Минск: Ураджай, 1976. – 168 с.
4. Заславский, М.Н. Эрозия почв / М.Н. Заславский. – М., Высшая школа, 1979. – С. 108.
5. Волобуев, В.Р. Введение в энергетику почвообразования / В.Р. Волобуев. – М.: Наука, 1974. – 180 с.
6. Ковда, В.А. Основы учения о почвах / В.А. Ковда. – М.: Наука, 1973. – 447 с.
7. Сергеенко, В.Т. Минералогический количественный состав и свойства илистой части основных типов почв Белоруссии: дис. ... канд. с.-х. наук / В.Т. Сергеенко. – Минск, 1984. – 242 с.
8. Горбунов, Н.И. Высокодисперсные минералы и методы их изучения / Н.И. Горбунов. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 302 с.
9. Орлов, Д.С. Химия почв / Д.С. Орлов. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1985. – 376 с.
10. Хан, Д.В. Процессы взаимодействия гумусовых веществ с минеральной частью почвы и значение их в формировании почвенной структуры: автореф. дис. ... доктора с.-х. наук / Д.В. Хан. – М., 1963. – 40 с.
11. Хан, Д.В. Органо-минеральные соединения и структура почвы / Д.В. Хан. – М.: Наука, 1969. – 141 с.
12. Проектирование противозерозионных комплексов и использование эрозионноопасных земель в разных ландшафтных зонах Беларуси: рекомендации. – / Институт почвоведения и агрохимии; под общ. ред. А.Ф. Черныша. – Минск, 2005. – 52 с.
13. Роде, А.А. Почвенная влага / А.А. Роде. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 445 с.

NEW METHODS OF THE MEASUREMENT OF SOIL EROSION DEGRADATION

A.F. Chernysh, V.T. Sergeenko, A.G. Kondaurova

Summary

The measurement of erosion degradation degree of the sod-podzolic soils by attitude of internal energy of soil absorbed complex to the internal energy of humus are presented at the article. For Noneroded soils this ratio is less 70, slightly eroded – 70-110, moderately eroded – 110-210, severely eroded – 210-320. Quantitative measures of erosion soil degradation can predict crop shortage and loss of melkozema.

Поступила 2 мая 2012 г.

1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 631.42

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ ЕДИНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ РОССИИ, УКРАИНЫ И БЕЛАРУСИ

С.А. Шоба¹, И.О. Алябина¹, А.В. Иванов¹, В.М. Колесникова¹, П.В. Красильников¹,
И.С. Урусевская¹, В.В. Медведев², Т.Н. Лактионова², О.Н. Бигун²,
С.Г. Накисько², С.Н. Шейко², К.В. Савченко², Г.С. Цытрон³, Д.В. Матыченков³,
С.В. Шульгина³, В.А. Калюк³, Л.И. Шибут³

¹ Факультет почвоведения МГУ им. Ломоносова, г. Москва, Россия

² Институт почвоведения

и агрохимии имени А.Н. Соколовского, г. Харьков, Украина

³ Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Создание единой базы данных почвенных ресурсов России, Украины и Беларуси осуществляется в рамках международного проекта, финансируемого национальными фондами фундаментальных исследований наших стран.

Актуальность данного проекта связана с необходимостью создания единого информационного обеспечения для проведения совместных научно-исследовательских работ, разработки образовательных программ и межгосударственных проектов по рациональному использованию, мониторингу и охране почвенных ресурсов и решения этих же вопросов с выходом на международную арену.

К моменту реализации проекта во всех странах – России, Украине и Беларуси – уже существовали определенные наработки по созданию национальных баз данных почвенных ресурсов, отличающиеся некоторой спецификой.

Почвенно-географическая база данных (ПГБД) России [1-3], Почвенная Информационная Система Беларуси (ПИСБ) [4, 5] и База данных (БД) «Свойства почв Украины» [6] весьма схожи по структуре построения. Основу баз данных почвенных ресурсов составляет концепция репрезентативных почвенных профилей, которые характеризуются целым набором показателей свойств на определенных иерархических уровнях организации: почва – разрез – профиль – горизонт – морфологический элемент – образец. В ПИСБ и БД «Свойства почв Украины» уровень «морфологический элемент» отсутствует, так как он является составной частью более высокого организационного уровня – «горизонт». Наборы показателей, входящих в базы данных, отличаются незначительно. Структура БД «Свойства почв Украины» по набору показателей более ориентирована на физические и водно-физические свойства почв.

Цели создания всех трех баз данных почвенных ресурсов близки и в общих чертах сводятся к обеспечению научно-технической основы государственной стратегии экологически безопасного и экономически выгодного использования почвенных ресурсов, мониторинга состояния почвенного покрова, охраны почв,

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

управления их плодородием, формирования государственных стандартов качества и систем сертификации почв [1, 2, 7].

Результаты исследований первого этапа проекта, чему и посвящена данная публикация, были обсуждены на встрече участников-исполнителей трех стран в октябре 2011 года в МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований является накопленное к настоящему времени из многочисленных источников большое количество данных о почвах России, Украины и Беларуси.

В основу разработки структуры единой базы данных положены результаты исследований по созданию Почвенно-географической базы данных почвенных ресурсов России [1-3], украинской БД «Свойства почв Украины» [6], «Методики формирования почвенных баз данных Беларуси, их интерпретации и использования (для создания геоинформационной системы характеристики почвенного покрова)» [4] и «Методических указаний по созданию Почвенной Информационной Системы Беларуси» [5].

Основными методами, используемыми при создании единой базы данных почвенных ресурсов трех стран, являются системный подход, формализация, статистическая обработка, математическое моделирование и метод экспертной оценки.

Для ввода, редактирования и вывода информации о почвах используется программа Soil-DB [2, 3].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Концепция создания единой базы данных почвенных ресурсов России, Украины и Беларуси предусматривает прежде всего разработку ее структуры и системы управления. Принципы создания единой базы данных почвенных ресурсов трех государств базируются на близости основных принципов создания и функционирования национальных почвенных баз данных, которые заключаются в открытости, доступности, возможности пополнения информацией (постоянного расширения) с использованием различных ее источников и привлечением широкого круга специа-листов, целевом использовании накопленных данных о свойствах почв в различных отраслях народного хозяйства. Одновременность появления в трех странах почвенных баз данных, имеющих сходный характер, подчеркивает актуальность поставленных задач, позволяет выявить общность и различия подходов, определить специфические требования к структурам и механизмам сбора и хранения данных. Общим для национальных проектов России, Украины и Беларуси является учет почвенной информации за большой промежуток времени, объединение данных различной тематики, использование в качестве основы почвенных карт и материалов крупномасштабных почвенных обследований.

Наполнение единой базы данных почвенных ресурсов осуществляется путем инвентаризации и формализации информации о почвах каждой из стран с отбором репрезентативных разрезов и привлечением обширных сведений о факторах дифференциации почвенного покрова.

Отбор репрезентативных почвенных профилей осуществляется на следующих условиях:

- ▶ почвы, представленные ими, занимают доминирующую площадь в компонентном составе территории в целом;
- ▶ почвенные профили наиболее характерны для определенных территорий стран;
- ▶ почвенные профили имеют строгую координатную привязку;
- ▶ почвенные профили обладают наиболее полным набором аналитических показателей свойств почв и описательных морфологических характеристик, которые прошли экспертизу.

Привлечение экспертов для анализа поступающей информации – обязательное условие, выдвинутое со стороны российских исполнителей [2, 3, 7].

Систематизированный список показателей включает два больших раздела:

- 1) показатели, характеризующие адрес и природные условия места заложения разреза (факторы почвообразования) и морфологические свойства почв;
- 2) показатели, характеризующие свойства почвы (физические, химические, биологические).

Первая часть единой базы данных содержит информацию о месте и времени заложения разреза, источнике информации, внешних природных и антропогенных условиях, классификационной принадлежности почвы (в национальных и международных классификациях), а также о морфологических свойствах почвы. Природные условия места заложения разреза включают в себя: рельеф (в том числе макро-, мезо-, и микрорельеф, экспозицию, уклон, форму склона), растительность, уровень грунтовых вод, генетический тип и гранулометрический состав почвообразующих пород, общие сведения (дату заложения разреза, источник и автора информации, административно-территориальную привязку, координаты и высоту над уровнем моря), хозяйственное использование, проявление и степень эрозионных процессов (рис. 1).

Далее следует описание профиля: его тип, нарушенность, общее число горизонтов. В группу показателей, характеризующих почвенные горизонты, входят: индексы почвенных горизонтов, морфологические показатели – влажность, окраска, преобладающий и добавочные цвета, гранулометрический состав, структура, плотность, сложение, вскипание от HCl, характеристика корней, характер границ и мощность горизонта. Затем следует описание почвенных морфологических элементов (растительных остатков, зоогенных проявлений, педов, обломков горных пород, включений, новообразований, кутан, пор).

Вторую часть единой базы данных (группу аналитических данных) составляют показатели, характеризующие физические и химические свойства почв (рис. 1) и включают представленный с различной полнотой перечень следующих свойств почв: содержание органического углерода, азота, гумуса, CO₂ карбонатов, CaCO₃, CaSO₄, обменных Ca, Mg, Na, H и Al, сумма обменных катионов, гидролитическая кислотность, степень насыщенности основаниями, pH солевой и водный, электропроводность, потеря при прокаливании, валовое содержание SiO₂, R₂O₃, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, K₂O, Na₂O, содержание физической глины, ила, песка, структурное состояние (индекс), общая порозность, плотность сложения почвы. Перечень атрибутов физических и химических свойств в процессе работы будет расширен. Они заносятся в базу с обязательным указанием метода исследования и единиц измерения по единым унифицированным стандартам. Это особенно актуально,

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

так как существуют некоторые различия в методах аналитических исследований и полевых измерений в трех странах. Для этого разработаны единые стандарты унификации почвенной информации. Составлены списки классификаторов, включая разработки российской, украинской и белорусской сторон. Благодаря возможности выбрать или добавить тот или иной метод определения аналитической характеристики становится возможным отобразить все разнообразие как почвенного покрова разных стран, так и существующих методов определения качественного состава его отдельных компонентов.

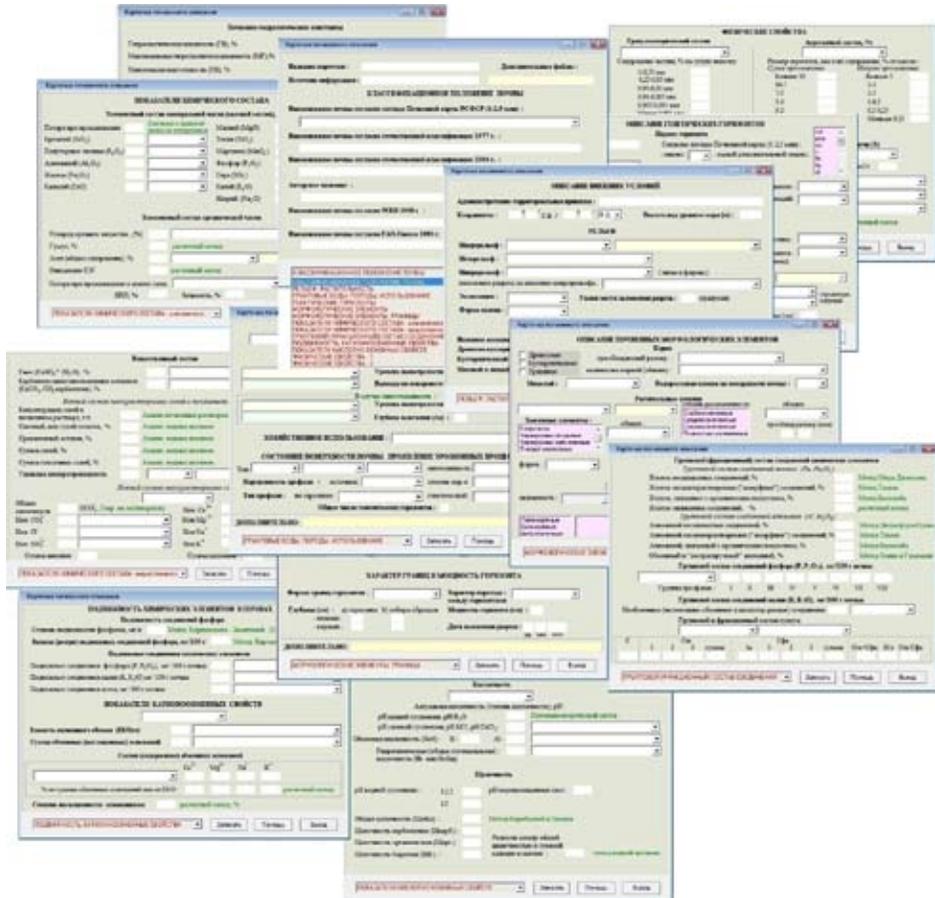


Рис. 1. Карточки описания почвенного профиля единой базы данных почвенных ресурсов России, Украины и Беларуси

При разработке единых стандартов унификации информации о почвах учитывается специфика почвообразования территории каждой из стран участниц проекта, а также национальные особенности их научных школ. Классификационная принадлежность почв и их номенклатура соответствуют принятым классификациям почв России, Украины и Беларуси.

В качестве основы единой базы данных решено использовать программу Soil-DB (ver.2) [2, 3], включающую в себя программу для локального ввода и редактирования почвенных данных, модуль удаленных запросов в СУБД (поиска дан-

ных по метаданным), а также модуль администрирования и выдачи информации через Интернет. Основным информационным элементом в программе является карточка – это описание одного почвенного образца (рис. 1). Из множества отдельных карточек в процессе работы формируется картотека. Любую карточку можно заполнять/редактировать произвольное количество раз, сохраняя вносимые изменения. В силу большого объема и для удобства работы каждая карточка разбита на страницы – присутствующий в данный момент на экране компьютера пользователя тематический фрагмент. Переход с одной страницы на другую осуществляется при помощи меню, в котором выбираются названия страниц. На каждой странице присутствуют необходимые списки, представляющие собой либо меню для выбора одного или нескольких пунктов, либо обычное окно для ввода текстовой или числовой информации. Разработаны также структура организации информации в общей базе данных почвенных ресурсов России, Украины и Беларуси и инфологическая схема ее атрибутивной части. В настоящее время идет разработка версии программы с учетом требований, предъявляемых трехсторонним сотрудничеством в целях создания единого мультязычного портала для ее использования специалистами трех стран.

ВЫВОДЫ

Использование геоинформационных технологий для инвентаризации почвенно-ресурсных данных, их хранения и научно-прикладного анализа является одним из перспективных направлений исследований. Компьютерная инвентаризация информации о свойствах почв России, Украины и Беларуси, совмещение ее с имеющимся цифровым картографическим материалом дает возможность создать единую базу данных почвенных ресурсов, которая послужит основой оценки качества почв, а также глобального и регионального мониторинга состояния почв. Использование программы Soil-DB соответствует мировому уровню и позволит использовать многочисленные данные о почвах России, Украины и Беларуси в международных информационных системах глобального уровня (таких как SOTER, ISRIC), а полнота описания почв, предлагаемая при наполнении этой базы данных, превосходит уровень информационных систем других стран.

ЛИТЕРАТУРА

1. Почвенно-географическая база данных России / С.А. Шоба [и др.]. // Почвоведение. – 2008. – № 9. – С. 1029-1036.
2. Почвенно-географическая база данных России / В.А. Рожков [и др.] // Почвоведение. – 2010 – № 1. – С. 3-6.
3. Почвенные ресурсы России. Почвенно-географическая база данных. / С.А. Шоба [и др.]. – М.: ГЕОС, 2010. – 128 с.
4. Методика формирования почвенных баз данных Беларуси, их интерпретация и использование (для создания геоинформационной системы характеристики почвенного покрова) / Г.С. Цытрон [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии., 2008. – 44 с.
5. Методические указания по созданию Почвенной Информационной Системы Беларуси / Г.С. Цытрон [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2011. – 68 с.

6. Структура и порядок использования базы данных «Свойства почв Украины» (Инструкция) / Т.Н. Лактионова [и др.]. – Харьков: Издат. группа «Апостроф», 2010. – 96 с.

7. Особенности построения и использования почвенных баз данных России, Украины и Беларуси (по материалам международной встречи) / С.А. Шоба [и др.] // Агротехніка і ґрунтознавство: Міжвід. темат. наук. зб. / Інститут ґрунтознавства та агротехніки ім. О.Н. Соколовського. – Харків. – 2011. – Вып. 76. – С. 64-73.

ON THE DEVELOPMENT OF THE UNIFIED DATABASE OF SOIL RESOURCES OF RUSSIA, UKRAINE AND BELARUS

S.A. Shoba, I.O. Alyabina, A.V. Ivanov, V.M. Kolesnikova,
P.V. Krasilnikov, I.S. Urusevskaya, V.V. Medvedev, T.N. Laktionova,
O.N. Bigun, S.G. Nakis'ko, S.N. Sheyko, K.V. Savchenko, G.S. Tcytron,
D.V. Matychenkov, S.V. Shul'gina, V.A. Kaluk, L.I. Shibut

Summary

The concept of creating of the unified soils database of Russia, Ukraine and Belarus is discussed in article, and the results of the researches on the development of database structure and management system are presented.

Поступила 6 февраля 2012 г.

УДК 631.47

ОТРАЖАТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ АГРОЗЕМОВ КУЛЬТУРНЫХ

T.B. Бубнова¹, С.В. Дробыш², Е.В. Горбачева³

¹Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

²Проектный институт «Белгипрозем», г. Минск, Беларусь

³Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Цвет почвы наиболее доступный морфологический признак, по которому выделяются генетические горизонты в профиле, поскольку он непосредственно связан с составом, свойствами и сложением почвы; все изменения цвета являются отражением внутренних изменений почвенного материала [1].

При почвенном картографировании в полевых условиях определение цвета почвы осуществляется визуально.

Для более объективной визуальной характеристики цвета почв глазомерное его определение сравнивается с эталоном стандартных окрасок. В настоящее время для этих целей широко используется международный атлас цветов Манселла, где цвет почв имеет свой определенный код. Оценка окраски по цветовой шкале атласа Манселла позволяет получить только три показателя: тон окраски, степень насыщенности и степень интенсивности (осветленности). Сочетая визуаль-

ные (глазомерный и по атласу Манселла) методы, можно получить дифференциацию окрасок горизонтов почвенного профиля.

Самое объективное и доступное установление цвета почвенных горизонтов возможно с использованием кривых их спектральной отражательной способности в видимой области спектра, то есть в диапазоне длин волн от 400 до 750 нм.

Спектральная характеристика оптических свойств помогает выразить в количественной форме результат почвообразовательных процессов и может служить определенным критерием в диагностике почв.

В новой классификации почв Беларуси почвы, утратившие специфические морфологические черты зональных (в нашем случае дерново-подзолистых) и обладающие высокой производительной способностью, выделены на уровне самостоятельного типа – агроземы культурные [2].

Правомерность такого выделения мы попытаемся рассмотреть на основании спектральной отражательной способности агроземов культурных связнопесчаного гранулометрического состава, образовавшихся на месте агродерново-подзолистых почв, что и является целью данной публикации

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований явились агроземы культурные связнопесчаного гранулометрического состава:

- ▶ разрез 3А-08, характеризует агрозем культурный типичный, развивающийся на древнеаллювиальных песках, глубокооуглеенный, связнопесчаный;
- ▶ разрез 5А-08, характеризует агрозем культурный типичный, развивающийся на водно-ледниковых песках, связнопесчаный;
- ▶ разрез 7А-08, характеризует агрозем культурный типичный, развивающийся на озерно-ледниковых песках, связнопесчаный.

Кривые спектрального отражения почв регистрировались на спектрофотометре СФ-18. Спектральные коэффициенты определены расчетным путем по методу И.И. Карманова. Им найдено такое числовое выражение формы кривой спектрального отражения почв, которое наиболее полно раскрывает связи между вещественным составом и свойствами почв, с одной стороны, и спектральным составом света, отраженного почвами, – с другой. Количественно цвет почв характеризовали с помощью коэффициента цветности (ЦУ), интегрального коэффициента спектрального отражения (КО), коэффициента относительного поглощения света (ОПС), коэффициента дифференциации профиля (КД) [3].

Д.С. Орлов считает, что наибольшее значение при изучении спектральной отражательной способности почв имеет коэффициент отражения света при длине волны 750 нм (ρ_{750}) [4]. Поэтому нами в исследованиях использован также и спектральный коэффициент отражения при длине волны 750 нм.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Многочисленными исследованиями спектральной отражательной способности почв [3, 4, 5, 6, 7] доказано, что для элювиального горизонта Е (A_2) агродерново-подзолистых (дерново-подзолистых) почв характерны самые низкие значения в профиле коэффициента цветности (ЦУ), коэффициента дифференциации профиля (КД) и коэффициента относительного поглощения света (ОПС), указывающие

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

на четкую дифференциацию верхней части профиля на три генетических горизонта (гумусовый, элювиальный, иллювиальный). Все эти особенности горизонта E (A₂) обусловлены почти полным отсутствием на поверхности песчано-пылеватых зерен красящих железистых пленок и низким содержанием в них гумуса. Этот вывод подтверждают и исследования, проведенные в секторе методики картографирования и бонитировки почв РУП «Институт почвоведения и агрохимии» [8].

О специфическом строении профиля агроземов культурных, отличном от строения профиля естественных дерново-подзолистых почв и их агроестественных аналогов (агродерново-подзолистых), говорит морфологическое описание этих разрезов.

Разрез 3А-08 заложен на пахотных землях (зять) СПК «Голевичи» Калинковичского района Гомельской области (52° 6' 39" с.ш.; 29° 29' 9" в.д.; h = 125 м). Водное питание – смешанное.

- PK(Aп) (0-41 (43)см) – агрокультурный (пахотный) горизонт интенсивно темно-серого цвета (по атласу цветов Манселла во влажном состоянии 2,5 У3/1, в сухом – 2,5 У4/2), окраска однородная, влажный, рыхлый, мелкокомковатой структуры, переход резкий, почти ровной линией, песок связный;
- B₁ (41 (43) – 70 см) – иллювиальный горизонт светло-желтого цвета (по атласу цветов Манселла во влажном состоянии 2,5 У 5/4, в сухом – 2,5 У 7/4), влажный, рыхлый, бесструктурный, переход в нижележащий горизонт постепенный, песок связный;
- B_{2g} (70-100 см) – иллювиальный горизонт оливково-желтого цвета с отдельными ржаво-охристыми пятнами (по атласу цветов Манселла во влажном состоянии 2,5 У 5/4, в сухом – 2,5 У 7/4), влажный, рыхлый, бесструктурный, переход в нижележащий горизонт постепенный, песок связный;
- BCg (100-120 см) – переходный к почвообразующей породе горизонт желтого цвета с сизоватым оттенком (по атласу цветов Манселла во влажном состоянии 2,5 У 6/4, в сухом – 2,5 У 7/4), сырой, рыхлый, бесструктурный, песок рыхлый.

Почва: агрозём культурный типичный, развивающийся на древнеаллювиальных песках, глубокоооглеенный, связнопесчаный.

Разрез 5А-08 заложен в СПК «Большевик-Агро» Солигорского района Минской области на пахотных землях в посевах озимой ржи (52°49' 18" с.ш.; 27° 22' 42" в.д.; h=151 м). Водное питание – атмосферное.

- PK(Aп) (0-41 см) – агрокультурный (пахотный) горизонт темно-серого цвета (по атласу цветов Манселла во влажном состоянии 2,5 У3/2, в сухом – 2,5 У4/2), окраска однородная, в верхней части обильно пронизан корнями растений, свежий, рыхлый, мелкокомковатой структуры, переход в нижележащий горизонт резкий, почти ровной линией, песок связный;
- B₁ (41-80 см) – иллювиальный горизонт желтого цвета (по атласу цветов Манселла во влажном состоянии 2,5 У 6/4, в сухом – 2,5 У 7/4), влажный, рыхлый, бесструктурный, переход в нижележащий горизонт постепенный, песок связный;

B_2C (80-100 см) – переходный к почвообразующей породе горизонт желтого цвета с редкими бурыми прослойками (по атласу цветов Манселла во влажном состоянии 2,5 У 6/4, в сухом – 2,5 У 7/4), влажный, рыхлый, бесструктурный, песок рыхлый.

Почва: *агрозём культурный типичный, развивающийся на водно-ледниковых песках, связнопесчаный.*

Разрез 7А-08 заложен на пахотных землях в посевах ячменя в СПК «Озеры» Гродненского района Гродненской области (53° 43' 38" с.ш.; 24° 07' 53" в.д.; h = 125 м). Водное питание – атмосферное.

PK(Ап) (0-38 см) – агрокультурный (пахотный) горизонт темно-серого цвета (по атласу цветов Манселла во влажном состоянии 10 УР 3/2, в сухом – 10 УР 4/2), окраска однородная, пронизан густо корнями растений, свежий, слегка уплотнен, мелкокомковатой структуры, переход в нижележащий горизонт резкий, ровной линией, песок связный;

B_1 (38-55 см) – иллювиальный горизонт коричневатого-желтого цвета (по атласу цветов Манселла во влажном состоянии 10 УР 5/6, в сухом – 10 УР 6/6), свежий, рыхлый, бесструктурный, переход в нижележащий горизонт заметный, песок связный;

B_2C (55-110 см) – переходный к почвообразующей породе горизонт светло-желтого цвета с прерывистыми буроватыми ортзандами (по атласу цветов Манселла во влажном состоянии 10 УР 6/4, в сухом – 10 УР 7/4), влажный, рыхлый, бесструктурный, песок рыхлый.

Почва: *агрозём культурный типичный, развивающийся на озерно-ледниковых песках, связнопесчаный.*

Описание морфологического строения профиля агроземов культурных показывает, что верхний антропогенно-преобразованный агрокультурный горизонт залегает непосредственно на иллювиальной толще, а элювиальный горизонт здесь отсутствует. Такое строение профиля агроземов культурных подтверждают и результаты исследований их спектральной отражательной способности (табл. 1).

Таблица 1

Спектральная отражательная способность агроземов культурных

Разрез	Горизонт, мощность, (см)	Глубина отбора образца, см	ρ_{750} нм	ЦУ	КО	ОПС	КД
3А-08	PK (0-42)	5-10	31,0	5,8	23,7	19,7	2,3
		15-20	31,1	6,2	23,9	19,5	2,4
		25-30	30,8	5,3	23,8	19,7	2,3
		35-40	31,7	7,4	24,5	18,9	2,8
	B_1 (42-70)	55-60	58,8	17,7	42,2	9,3	4,5
	B_2C (70-100)	75-85	60,5	19,8	44,2	8,6	4,8
5А-08	PK (0-41)	110-120	63,8	13,4	48,3	7,5	3,1
		5-10	35,6	8,4	26,7	17,1	3,0
		20-25	35,6	8,4	26,7	17,1	3,0
	B_1 (41-80)	30-35	36,0	8,2	27,1	16,9	3,0
		45-50	63,5	14,8	47,9	7,5	3,1
	B_2C (80-100)	60-70	64,3	13,8	48,8	7,3	3,0
		90-100	63,1	15,6	48,2	7,5	3,2

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Окончание табл. 1

Разрез	Горизонт, мощность, (см)	Глубина отбора образца, см	ρ_{750} нм	ЦУ	КО	ОПС	КД
7А-08	РК (0-38)	5-10	36,8	8,2	28,7	15,7	2,7
		15-20	37,6	8,0	29,3	15,3	2,7
		25-30	38,0	8,7	29,4	15,2	2,9
		30-35	37,1	8,1	28,9	15,6	2,7
	В ₁ (38-55)	35-40	56,6	20,1	40,9	9,7	5,3
		40-45	55,0	28,9	38,6	10,7	7,4
		45-50	58,5	26,4	42,0	9,4	6,5
	В ₂ С (55-110)	55-60	55,0	33,7	37,6	11,0	8,6
		65-70	55,0	28,4	39,0	10,5	7,1
		90-100	55,6	29,3	38,3	10,8	7,5

Из данных, представленных в таблице 1, видно, что в профиле исследуемых почв дифференциация, характерная для агродерново-подзолистых почв, отсутствует, о чем свидетельствуют практически не изменяющиеся на глубину до 40 см – ЦУ (коэффициент цветности по оси У); КО (интегральный коэффициент спектрального отражения); ОПС (коэффициент относительного поглощения света); КД (коэффициент дифференциации профиля); ρ_{750} нм (коэффициент отражения света при длине волны 750 нм) – в агрокультурном горизонте. В иллювиальном горизонте с глубины 35-40 см значения коэффициентов ЦУ, КО, КД и ρ_{750} нм возрастают примерно в 2 раза, а величины коэффициента ОПС соответственно убывают.

Так, например, во всех разрезах ρ_{750} нм плавно изменяется с поверхности до глубины соответствующей мощности агрокультурного горизонта (РК) и возрастает в иллювиальном горизонте. Та же закономерность характерна и для ЦУ. То есть элювиально-иллювиальная дифференциация профиля, характерная для почв дерново-подзолистого типа, в агроземах культурных отсутствует. Это также четко подтверждается среднестатистическими значениями спектрофотометрических коэффициентов (ρ_{750} нм, ЦУ, КО, ОПС, КД) исследуемых почв (табл. 2).

Таблица 2

Среднестатистические значения спектрофотометрических коэффициентов агроземов культурных

Разрез	Горизонт	ρ_{750} нм	ЦУ	КО	ОПС	КД
3А-08	РК	$\frac{31,2 \pm 0,5}{10}$	$6,3 \pm 0,5$ 10	$23,9 \pm 0,4$ 10	$19,5 \pm 0,5$ 10	$2,5 \pm 0,2$ 10
	В	$\frac{59,7 \pm 1,4}{12}$	$18,2 \pm 1,8$ 12	$42,9 \pm 1,8$ 12	$9,1 \pm 0,8$ 12	$4,1 \pm 0,6$ 12
5А-08	РК	$\frac{35,8 \pm 1,3}{14}$	$8,2 \pm 0,2$ 14	$26,7 \pm 1,5$ 14	$17,1 \pm 1,3$ 14	$3,0 \pm 0,3$ 14
	В	$\frac{63,7 \pm 0,5}{12}$	$15,2 \pm 0,8$ 12	$47,4 \pm 0,5$ 12	$7,7 \pm 0,2$ 12	$3,2 \pm 0,8$ 12
7А-08	РК	$\frac{37,3 \pm 1,8}{21}$	$8,3 \pm 1,3$ 21	$28,9 \pm 1,8$ 21	$15,6 \pm 1,6$ 21	$2,9 \pm 0,2$ 21
	В	$\frac{56,2 \pm 1,2}{12}$	$28,7 \pm 2,3$ 12	$41,3 \pm 1,2$ 12	$9,6 \pm 0,7$ 12	$7,2 \pm 1,2$ 12

Среднестатистические значения спектрофотометрических коэффициентов (ρ_{750} нм, ЦУ, КО, ОПС, КД) данных объектов отчетливо разделяют профиль на 2 горизонта: агрокультурный и иллювиальный.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что агроземы культурные имеют строение профиля, отличное от строения профиля зональных дерново-подзолистых почв и их агроестественных аналогов – агродерново-подзолистых почв, что и не позволяет выделять эти почвы на одном классификационном уровне.

ВЫВОДЫ

Результаты исследований спектральной отражательной способности агроземов культурных связнопесчаного гранулометрического состава позволили сделать следующие выводы:

- ▶ агроземы культурные имеют специфическое морфологическое строение профиля – отсутствие в нем элювиальных и элювиально-иллювиальных горизонтов, характерных для дерново-подзолистых почв, на месте которых они сформировались, и наличие мощного антропогенно-преобразованного агрокультурного горизонта, залегающего непосредственно на иллювиальном горизонте;

- ▶ в профиле исследуемых почв не наблюдается характерного для элювиального горизонта резкого снижения значений спектрофотометрических коэффициентов (ЦУ, ОПС и КД) – коэффициенты в верхней части профиля изменяются плавно, постепенно увеличиваясь с глубиной.

Данные спектральной отражательной способности почв подтверждают, что в процессе интенсивного и целенаправленного окультуривания агродерново-подзолистые (дерново-подзолистые) почвы теряют свои классификационно-диагностические признаки, а на их месте идет формирование новых почв, которые в классификации почв Беларуси [2] выделены на уровне самостоятельного типа – агроземы культурные.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полевая диагностика почв Беларуси. Практическое пособие / Гос. ком. по имуществу Респ. Беларусь, Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии; под ред. Г.С. Цытрон. – Минск: Учебн. центр подгот., повышения квалификации и переподгот. кадров землеустроит. и картографогеодез. службы. – 2011. – 175 с.
2. Смяян, Н.И. Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси / Н.И. Смяян, Г.С. Цытрон. – Минск, 2007. – 220 с.
3. Карманов, И.И. Спектральная отражательная способность и цвет почв как показатели их свойств / И.И. Карманов. – М.: Колос, 1974. – 351 с.
4. 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.
5. Михайлова, Н.А. Отражательная способность почв морских побережий Дальнего Востока / Н.А. Михайлова [и др.] // Почвоведение. – 1999. – №3. – С. 342-348.
6. Михайлова, Н.А. Оптические свойства почв и почвенных компонентов / Н.А. Михайлова, Д.С. Орлов. – М.: Наука, 1986. – 118 с.
7. Караванова, Е.И. Оптические свойства почв и их природа / Е.И. Караванова. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 187 с.

8. Цытрон, Г.С. Использование показателей спектральной отражательной способности дерново-подзолистых почв в диагностике степени их антропогенной трансформации / Г.С. Цытрон [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 1(46). – С. 29-37.

THE REFLECTIVE CAPACITY OF HORTIC ANTROSOLS

T.V. Bubnova, S.V. Drobysch, E.V. Gorbacheva

Summary

In the article was presented the results of the research of spectrum reflective capacity of the Hortic Antrosols, of sandy granulometric composition. It was shown the validity to define the Hortic Antrosols at a level of the individual types on the basis of data spectrum reflective capacity, which clearly indicate a lack of differentiation of the soil profile into genetic horizons characteristic of sod-podzolic soils.

Поступила 7 февраля 2012 г.

УДК 631.459.3:631.8.022.3:631.582

ПРОДУКТИВНОСТЬ ДЕФЛЯЦИОННООПАСНЫХ ПОЧВ ПОЛЕСЬЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ СЕВООБОРОТАХ

А.С. Шик¹, А.М. Устинова², Н.А. Лихацевич², А.С. Домась¹

¹Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина,
г. Брест, Беларусь

²Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие негативное влияние дефляционных процессов (ветровой эрозии) значительно увеличилось. В первую очередь это касается Полесской почвенно-экологической провинции, где в 60-е годы XX века проведена осушительная мелиорация. Полесье характеризуется более высокими положительными температурами воздуха в течение вегетационного периода и преобладанием дефляционно неустойчивых почвообразующих пород – песчаных и осушенных торфяных [3].

Масштабы проявления ветровой эрозии и вызываемого ею эколого-экономического ущерба требуют новых подходов в разработке методик по ее предотвращению или уменьшению.

К настоящему времени общеизвестны методы снижения потерь почвы от дефляции путем создания полезащитных лесных полос, применения специальных агротехнологических приемов, наиболее доступный из которых – правильный подбор культур в севооборотах и структура посевных площадей.

До недавнего времени организация севооборотов в целом осуществлялась в расчете на строгое чередование культур на каждом поле севооборотной площади по заданной схеме. При этом возрастали недоборы продукции из-за почвенной

неоднородности и размещения культур на непригодных почвах. В сложившихся экономических условиях подбор культур и структуры посевных площадей в севооборотах должны осуществляться не только в расчете на получение максимального количества продукции и экономического эффекта на данный момент, но и так, чтобы не допустить снижения содержания органического вещества в почве, а также создать условия для его положительного баланса [7-8].

Наряду с правильным подбором и чередованием культур в севооборотах регулировать процессы создания и разложения органического вещества в почве возможно путем применения сбалансированных систем удобрения, которые являются важным и неотъемлемым фактором интенсификации земледелия. В сочетании со средствами защиты растений они обеспечивают около половины формируемого урожая сельскохозяйственных культур [2, 4]. В современных условиях воспроизводство плодородия невозможно без рационального использования минеральных и органических удобрений [1].

Потребность сельского хозяйства в минеральных удобрениях определяется состоянием плодородия почв (содержание макро- и микроэлементов), их гранулометрическим составом и величиной планируемых урожаев. Повышение плодородия почв и рациональное применение удобрений – основные инструменты повышения экономической эффективности капиталовложений в растениеводческую отрасль. Важным резервом снижения себестоимости растениеводческой продукции является интенсификация производства, включающая, наряду с увеличением объемов, рост окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая [5].

Требования к повышению экономической эффективности применения органических и минеральных удобрений с каждым годом возрастают, поэтому исследования по разработке эффективных систем удобрения сельскохозяйственных культур, возделываемых на дефляционноопасных почвах Полесья, являются актуальными.

Цель данной работы заключалась в оценке производительной способности дефляционноопасных почв Полесья и определении экономической эффективности применения удобрений в дифференцированных севооборотах.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования проводили на опытном стационаре в ЧУАП «Озяты» Жабинковского района в 2006-2010 гг., лабораторные – в Полесском аграрно-экологическом институте НАН Беларуси и Институте почвоведения и агрохимии.

Почвы опытного стационара:

1) Торфяно-глеевая низинная осушенная на тростниково-осоковых торфах, подстилаемая с глубины 0,5 м рыхлым песком. Перед закладкой опыта пахотный горизонт характеризовался следующими агрохимическими показателями: $pH_{(KCl)}$ – 5,37, содержание фосфора (P_2O_5) – 123 мг/кг, калия (K_2O) – 322 мг/кг почвы;

2) Дерново-глееватая осушенная песчаная на связном песке, сменяемом с глубины 0,3 м рыхлым песком. Агрохимическая характеристика слоя 0-20 см: $pH_{(KCl)}$ – 7,03, содержание гумуса – 3,99%, P_2O_5 – 254 мг/кг, K_2O – 104 мг/кг почвы;

3) Дерново-подзолистая глееватая осушенная песчаная почва на связном песке, сменяемом с глубины 0,3 м рыхлым песком. Агрохимические показатели пахотного горизонта почвы: $pH_{(KCl)}$ – 6,10, содержание гумуса – 1,95%, P_2O_5 – 150 мг/кг, K_2O – 88 мг/кг почвы.

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Объектом исследований являлись различные системы удобрения в травяно-зерновом (почвозащитном) и зернопропашном (традиционном) севооборотах (табл. 1).

Таблица 1

Схема полевого опыта

Год	Культура (сорт)		Варианты			
травяно-зерновой (почвозащитный) севооборот						
2006	ячмень яровой (Якуб)		контроль	$P_{60} K_{120}$	$N_{90} P_{60} K_{120}$	$N_{60+30} P_{60} K_{120} + Cu_{0,05}$
2007	клевер луговой (Цудоўны)	1 г.п.	контроль	$P_{60} K_{70}$	$P_{80} K_{140(70+70)}$	$N_{20} P_{80} K_{140(70+70)} + Mo_{0,04}$
2008		2 г.п.	контроль	$P_{60} K_{70}$	$P_{80} K_{140(70+70)}$	$N_{20} P_{80} K_{140(70+70)} + Mo_{0,04}$
2009	озимая рожь (Завея-2) на зеленую массу + редька масличная (Прыгажуня)		контроль	$P_{60} K_{120}$	$N_{60} P_{60} K_{120}$	$N_{60+30} P_{60} K_{120}$
			контроль	$P_{60} K_{120}$	$N_{30} P_{60} K_{120}$	$N_{45} P_{60} K_{120} + Cu_{0,05}$
2010	горох посевной (Белус)		контроль	$P_{60} K_{90}$	$P_{80} K_{120}$	$N_{15} P_{80} K_{120} + B_{0,05} + Cu_{0,05}$
в сумме за ротацию			-	$P_{360} K_{520}$	$N_{180} P_{420} K_{640}$	$N_{270} P_{420} K_{640} + B_{0,05} + Cu_{0,15} + Mo_{0,08}$
зернопропашной (традиционный) севооборот						
2006	кукуруза (F ₁ Бемо 172 СВ) на зеленую массу		контроль	$P_{60} K_{120}$	$N_{80} P_{60} K_{120}$	$N_{80} P_{60} K_{120} + 50 \text{ т/га навоза}$
2007	овес (Запавет)		контроль	$P_{60} K_{120}$	$N_{90} P_{60} K_{120}$	$N_{60+30} P_{60} K_{120} + Cu_{0,05}$
2008	ячмень яровой (Якуб)		контроль	$P_{60} K_{120}$	$N_{90} P_{60} K_{120}$	$N_{60+30} P_{60} K_{120} + Cu_{0,05}$
2009	озимая рожь (Завея-2)		контроль	$P_{60} K_{120}$	$N_{60} P_{60} K_{120}$	$N_{60+30} P_{60} K_{120}$
2010	горох посевной (Белус)		контроль	$P_{60} K_{90}$	$P_{80} K_{120}$	$N_{15} P_{80} K_{120} + B_{0,05} + Cu_{0,05}$
в сумме за ротацию			-	$P_{300} K_{570}$	$N_{400} P_{320} K_{600}$	$N_{445} P_{320} K_{600} + B_{0,05} + Cu_{0,15}$

Повторность вариантов опытов 3-кратная. Площадь учетной делянки – 24 м².

Агротехника возделывания культур – общепринятая для республики. Минеральные удобрения (карбамид, суперфосфат и хлористый калий) внесены в предпосевную культивацию. Учет урожайности сельскохозяйственных культур проводили методом пробного снопа.

Эффективность применения удобрений рассчитана по методике Института почвоведения и агрохимии [5] на основании прибавок, полученных за севооборот, стоимости 1 т к.е. на пашне (на 01.01.2010), стоимости удобрений и нормативов затрат на внесение удобрений, уборку, доработку и реализацию прибавки урожая, полученной за счет применения удобрений.

Метеоусловия в период проведения исследований характеризовались неравномерностью внутрисезонного распределения осадков. Отметим, что ежегодно отмечалось 2-3 засушливых периода продолжительностью 15-20 дней.

Так, в 2006 году в июне выпало всего 30 мм при среднегодовой сумме осадков 78,0 мм. Аналогичная ситуация наблюдалась и в июле – 32,0 мм против 77,0 (42 % осадков). В то же время в августе количество выпавших осадков превысило среднеемноголетний показатель приблизительно в 4 раза (табл. 2).

Метеорологические условия в годы проведения опыта

Месяц	Температура воздуха, °С						Осадки, мм					
	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	1*	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	1*
Апрель	9,0	8,8	9,7	10,8	9,5	7,3	36	19	48	26	36	41
Май	14,0	15,4	13,2	13,7	15,1	13,6	61	79	117	67	98	55
Июнь	17,6	19,2	18,2	16,2	18,6	16,7	30	67	39	156	64	78
Июль	22,6	19,3	19,0	20,0	22,4	18,4	32	125	53	67	62	78
Август	18,5	19,2	19,5	18,0	20,7	17,4	292	62	53	67	73	76
Сумма	2500	2506	2436	2408	2632	2246	451	352	310	383	332	328

Примечание: 1* – среднее многолетнее значение.

В третьей декаде апреля 2007 года выпало всего 0,9 мм осадков при многолетней сумме осадков в этой декаде 14,0 мм. В июне-июле господствовала теплая, сухая, временами жаркая погода с сильными ветрами, которая вызывала иссушение верхнего слоя почвы. Это привело к резкому снижению запасов продуктивной влаги. Обильные осадки наблюдались лишь в начале июля и в августе.

В апреле-мае 2008 года в целом количество осадков и среднемесячные температуры незначительно отличались от среднемноголетних. Во второй половине вегетационного периода, особенно в июне, ощущался острый дефицит влаги (выпало 39 мм – в 2 раза меньше нормы).

Первая половина вегетации 2009 года происходила в условиях крайней засушливости. Сумма осадков составило всего 6,3 % от многолетних данных, а в июне, июле и сентябре – незначительно превышало многолетние данные.

Распределение осадков и температуры воздуха в течение вегетационного периода 2010 года были также неравномерными. За апрель месяц выпало 36 мм осадков, что составило 87,8% от среднемноголетней нормы. Май был самым влажным: сумма выпавших осадков приблизительно в 2 раза превышала среднемноголетний показатель. Количество осадков, выпавших за июнь-август, было на 14% ниже среднемноголетнего.

Только в 2007 году значение гидротермического коэффициента (ГТК) было близко к среднемноголетнему и составляло 1,40, что характеризует условия года как оптимальные по влагообеспеченности для возделывания сельскохозяйственных культур (рис.). Также оптимальны условия 2009 г. К слабозасушливым можно отнести вегетационный период 2008 и 2010 годов (ГТК менее 1,3).

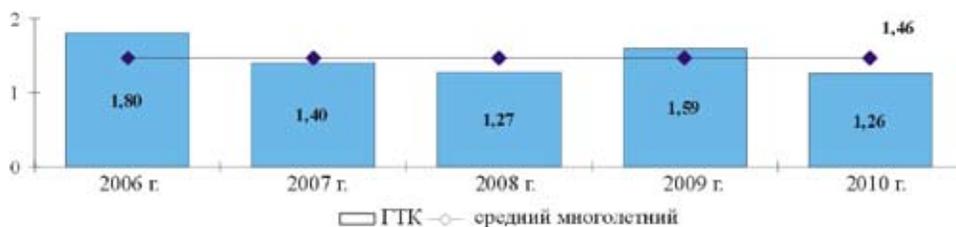


Рис. Значения гидротермического коэффициента по годам исследований

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований, проведенных в условиях гетерогенного почвенного покрова западной части Белорусского Полесья, установлено, что производительная способность исследуемых почв в зернопропашном (традиционном) севообороте на 1-14% выше, чем в почвозащитном (травяно-зерновом). Самая большая разница отмечена на дерново-подзолистой песчаной почве, наименьшая – на дерново-глееватой независимо от системы удобрения (табл. 3).

Самый высокий выход кормовых единиц за звено почвозащитного севооборота отмечен в 2009 г. при возделывании озимой ржи на зеленую массу с подсевом промежуточной культуры (редька масличная на зеленую массу) – от 47,8-63,1 ц/га к.ед. на дерново-подзолистой песчаной почве до 87,9-96,0 ц/га к.ед. на торфяно-глеевой.

Вопросы эффективного использования минеральных удобрений являются приоритетными в народном хозяйстве Республики Беларусь. Расчет экономической и энергетической эффективности в агрохимии представляют собой важный критерий определения оптимальности исследуемых факторов под различные сельскохозяйственные культуры. Экономическая эффективность позволяет рассмотреть исследуемый фактор на предмет получения максимального дохода, что особенно важно при внедрении его в производство [6].

Таблица 3

Продуктивность сельскохозяйственных культур, возделываемых на дефляционноопасных почвах Полесья, ц/га к.ед. (в сумме за ротацию севооборота)

Вариант	Почва		
	дерново-подзолистая глееватая осушенная песчаная	дерново-глееватая осушенная песчаная	торфяно-глеевая осушенная
Травяно-зерновой (почвозащитный) севооборот			
Контроль	193,5	210,6	261,5
$P_{360} K_{520}$	243,7	275,1	313,2
$N_{180} P_{420} K_{640}$	265,0	315,0	342,6
$N_{270} P_{420} K_{640} + B_{0,05} + Cu_{0,15} + Mo_{0,08}$	280,3	328,1	367,1
НСР _{0,05}	31,9	33,7	44,9
Зернопропашной (традиционный) севооборот			
Контроль	205,9	216,2	251,7
$P_{300} K_{570}$	246,6	264,6	316,0
$N_{400} P_{320} K_{600}$	302,9	312,9	364,7
$N_{445} P_{320} K_{600} + B_{0,05} + Cu_{0,15} + 50 \text{ т/га навоза}$	327,7	336,6	393,1
НСР _{0,05}	33,5	36,7	46,4

При определении экономической эффективности применения удобрений мы исходили не из натуральных показателей, а из сопоставления стоимости произ-

веденной продукции с затратами, выраженными в условных единицах. Эффективность удобрений в севообороте зависит от его типа, насыщенности удобрениями, отзывчивости различных культур на удобренность предшественников и последствие удобрений.

Внесение удобрений на дерново-подзолистой песчаной почве способствовало увеличению продуктивности культур традиционного севооборота на 40,7-121,8 ц/га к. ед., почвозащитного – на 50,2- 86,8 ц/га к.ед. (табл. 4). На дерново-глееватой песчаной почве сбор к.ед. с 1 га при внесении различных доз удобрений за ротацию зернопропашного севооборота вырос на 48,4-120,4 ц/га, травяно-зернового – на 64,5-117,5 ц/га. В традиционном севообороте наиболее отзывчива на применение удобрений торфяно-глеевая почва: в сумме за 5 лет прибавка составила 64,3-141,4 ц/га к.ед. За ротацию почвозащитного севооборота на торфяно-глеевой почве получено 51,7-105,6 ц/га к.ед. прибавки.

Наибольшая продуктивность культур зернопропашного севооборота получена при внесении в сумме за ротацию $N_{445}P_{320}K_{600} + V_{0,05} + Cu_{0,15} + 50$ т/га навоза (120,4-141,4 ц/га к.ед.), причем наибольший урожай сформирован на торфяно-глеевой почве.

В травяно-зерновом севообороте применение минеральных удобрений в дозе $N_{270}P_{420}K_{640} + V_{0,05} + Cu_{0,15} + Mo_{0,08}$ за ротацию обеспечило самый высокий выход к.ед. – 86,8-117,5 ц/га. Наибольшая прибавка получена на дерново-глееватой почве.

При оценке агрономической эффективности применения удобрений важным является определение окупаемости внесенных удобрений прибавкой урожая. Проведенные расчеты показали, что в почвозащитном севообороте 1 кг минеральных удобрений окупался прибавкой урожая от 5,7 до 8,8 кг к.ед. В традиционном севообороте окупаемость несколько выше – от 4,7 до 10,4 кг к.ед. С увеличением доз удобрений наблюдался рост их окупаемости прибавкой продукции.

В зернопропашном севообороте наибольшая окупаемость удобрений получена при внесении $N_{445}P_{320}K_{600} + V_{0,05} + Cu_{0,15} + 50$ т/га навоза: на торфяно-глеевой почве – 10,4 кг к.ед., дерново-глееватой песчаной – 8,8, на дерново-подзолистой песчаной – 6,5 кг к.ед.

В травяно-зерновом севообороте в лучшем варианте ($N_{270}P_{420}K_{640} + V_{0,05} + Cu_{0,15} + Mo_{0,08}$) окупаемость по сравнению с традиционным севооборотом на 17-24% ниже и составила на дерново-глееватой песчаной почве 8,8 кг к.ед., торфяно-глеевой – 7,9, дерново-подзолистой песчаной – 6,5 кг к.ед.

Расчет показателей экономической эффективности показал, что применение различных систем удобрения на исследуемых почвах как в традиционном (зернопропашном), так и в почвозащитном (травяно-зерновом) севооборотах высоко эффективно.

Стоимость прибавки от внесения удобрений в традиционном севообороте составила на дерново-подзолистой песчаной почве 457-1368 \$/га, на дерново-глееватой – 544-1352, на торфяно-глеевой – 722-1588 \$/га. Самая высокая общая прибыль на всех почвах получена при внесении $N_{445}P_{320}K_{600} + V_{0,05} + Cu_{0,15} + 50$ т/га навоза.

В почвозащитном севообороте стоимость прибавки несколько ниже по сравнению с традиционным севооборотом – 564-1186 \$/га. Применение $N_{270}P_{420}K_{640}$ + микроэлементы обеспечило наибольший общий доход: на дерново-подзолистой песчаной почве – 975 \$/га, на торфяно-глеевой – 1186, на дерново-глееватой – 1320 \$/га.

Таблица 4
Экономическая эффективность применения удобрений в дифференцированных севооборотах на исследуемых почвах (в сумме за ротацию севооборота)

Почва	Вариант	Прибавка, ц/га к.ед.	Окупаемость минеральных удобрений, кг к.ед.	Стоимость прибавки	Сумма затрат* \$/га	Чистая прибыль	Рентабельность, %	П _{НК}
дерново-подзолистая глееватая осушенная песчаная	Контроль	-	-	-	-	-	-	-
	$P_{360}K_{520}$	50,2	5,70	563,7	561,1	2,7	0	3
	$N_{180}P_{420}K_{640}$	71,5	5,77	802,9	789,1	13,8	2	11
	$N_{270}P_{420}K_{640} + V_{0,05} + Cu_{0,15} + Mo_{0,08}$	86,8	6,53	974,8	876,1	98,7	11	74
	Контроль	-	-	-	-	-	-	-
дерново-глееватая осушенная песчаная	$P_{360}K_{520}$	64,5	7,33	724,3	596,8	127,5	21	145
	$N_{180}P_{420}K_{640}$	104,4	8,42	1172,4	871,4	301,0	35	243
	$N_{270}P_{420}K_{640} + V_{0,05} + Cu_{0,15} + Mo_{0,08}$	117,5	8,83	1319,5	952,8	366,7	38	276
	Контроль	-	-	-	-	-	-	-
	$P_{360}K_{520}$	51,7	5,88	580,6	564,8	15,8	3	18
торфяно-глееватая осушенная	$N_{180}P_{420}K_{640}$	81,1	6,54	910,8	813,1	97,6	12	79
	$N_{270}P_{420}K_{640} + V_{0,05} + Cu_{0,15} + Mo_{0,08}$	105,6	7,94	1185,9	923,1	262,8	28	198
	Контроль	-	-	-	-	-	-	-
	зернопропашной (традиционный) севооборот	-	-	-	-	-	-	-
	Контроль	-	-	-	-	-	-	-
дерново-подзолистая глееватая осушенная песчаная	Контроль	-	-	-	-	-	-	-
	$P_{300}K_{570}$	40,7	4,68	457,1	484,5	-27,5	-	-3
	$N_{400}P_{320}K_{600}$	97,0	7,35	1089,3	866,1	223,3	26	169
	$N_{445}P_{320}K_{600} + V_{0,05} + Cu_{0,15} + 50 \text{ т/га навоза}$	121,8	8,92	1367,8	1036,9	330,9	32	242
	Контроль	-	-	-	-	-	-	-
дерново-глееватая осушенная песчаная	$P_{300}K_{570}$	48,4	5,56	543,5	503,8	39,7	8	46
	$N_{400}P_{320}K_{600}$	96,7	7,33	1085,9	865,3	220,6	25	167
	$N_{445}P_{320}K_{600} + V_{0,05} + Cu_{0,15} + 50 \text{ т/га навоза}$	120,4	8,82	1352,1	1033,4	318,7	31	233
	Контроль	-	-	-	-	-	-	-
	$P_{300}K_{570}$	64,3	7,39	722,1	543,5	178,5	33	205
торфяно-глееватая осушенная	$N_{400}P_{320}K_{600}$	113,0	8,56	1269,0	906,1	362,9	40	275
	$N_{445}P_{320}K_{600} + V_{0,05} + Cu_{0,15} + 50 \text{ т/га навоза}$	141,4	10,36	1587,9	1085,9	502,0	46	368
	Контроль	-	-	-	-	-	-	-
	зернопропашной (традиционный) севооборот	-	-	-	-	-	-	-
	Контроль	-	-	-	-	-	-	-

*Сумма затрат включает затраты на внесение, приобретение удобрений и доработку продукции.

Однако в вариантах, где стоимость прибавки наибольшая и затраты на ее получение самые высокие: в традиционном севообороте – 1033-1086 \$/га, в почвозащитном – 876-953 \$/га.

Чистый доход (прибыль) с 1 га от применения удобрений – это разница между стоимостью прибавки и затратами на ее получение. За ротацию традиционного (зернопропашного) севооборота максимальная прибыль от внесения удобрений получена на торфяно-глеевой почве – 179-502 \$. Из предлагаемых вариантов наилучший результат (319-502 \$/га чистого дохода) показал $N_{445}P_{320}K_{600} + B_{0,05} + Cu_{0,15} + 50$ т/га навоза.

В сумме за ротацию почвозащитного севооборота возможно получить на осушенной дерново-подзолистой песчаной почве 3-99 \$ чистой прибыли, дерново-глееватой песчаной – 128-367, торфяно-глеевой – 16-263 \$. Наиболее экономически эффективным является применение минеральных удобрений в дозе $N_{270}P_{420}K_{640}$ + микроэлементы с чистым доходом – 99-367 \$, из них максимальный – на дерново-глееватой осушенной песчаной почве (367 \$).

Сравнивая севообороты, отметим, что чистая прибыль от применения удобрений в почвозащитном севообороте значительно ниже, чем в традиционном.

Максимальная рентабельность от применения удобрений в традиционном севообороте получена в варианте $N_{445}P_{320}K_{600} + B_{0,05} + Cu_{0,15} + 50$ т/га навоза: на торфяно-глеевой почве – 46%, на минеральных почвах – 31-32%.

Уровень рентабельности в почвозащитном севообороте был на 2-38% ниже, чем в традиционном. Наиболее рентабельно применение удобрений в дозе $N_{270}P_{420}K_{640}$ + микроэлементы – от 11% на дерново-подзолистой глееватой песчаной почве до 38% на дерново-глееватой песчаной.

Оценка прибыли на 1 т действующего вещества (Π_{NPK}) также показала, что применение удобрений в традиционном севообороте наиболее выгодно. В зависимости от варианта и типа почвы Π_{NPK} за ротацию зернопропашного севооборота составила 46-368 \$, а травяно-зернового – 3-276 \$.

ВЫВОДЫ

Продуктивность дефляционноопасных почв Полесья как в традиционном (зернопропашном), так и почвозащитном (травяно-зерновом) севооборотах зависит от уровня питания сельскохозяйственных культур. При внесении удобрений сбор к.ед. увеличился на 41-141 ц/га, или 20-68% в сумме за ротацию зернопропашного севооборота и на 50-118 ц/га, или 26-61% – в травяно-зерновом.

В почвозащитном севообороте 1 кг внесенных минеральных удобрений окупался прибавкой урожая от 5,7 до 8,8 кг к.ед., в традиционном – от 4,7 до 10,4 кг к.ед. С увеличением доз удобрений наблюдался рост их окупаемости прибавкой продукции.

На дефляционноопасных почвах западной части Белорусского Полесья более высокий экономический эффект получен в традиционном севообороте. Максимальная чистая прибыль отмечена при внесении $N_{445}P_{320}K_{600} + B_{0,05} + Cu_{0,15} + 50$ т/га навоза – 319-502 \$/га при уровне рентабельности – 31-46%.

В травяно-зерновом севообороте самым экономически эффективным является применение $N_{270}P_{420}K_{640}$ + микроэлементы – 99-367 \$ чистого дохода с рентабельностью 11-38%, из них максимальный – на дерново-глееватой осушенной песчаной почве (367 \$ чистого дохода, уровень рентабельности – 38%).

ЛИТЕРАТУРА

1. Богдевич, И.М. Концепция повышения плодородия почв Республики Беларусь / И.М. Богдевич, Н.И. Смеян, В.В. Лапа // Ахова раслін. – 2002. – № 1. – С.8-11.
2. Гусаков, В.Г. Сущность, средства и факторы интенсификации сельского хозяйства / В.Г. Гусаков, А.П. Святогор // Известия НАН Беларуси. – 2005. – № 2. – С. 2-15.
3. Деградация земель Беларуси: Состояние проблемы и основные направления её решения. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. – Минск, 2004. – 20 с.
4. Лапа, В.В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В. Лапа, В.Н. Босак. – Минск: БелНИИПА, 2002. – 184 с.
5. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [и др.] – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии. 2010. – 24 с.
6. Методика определения энергетической эффективности применения минеральных, органических и известковых удобрений / Г. В. Василюк [и др.]. – Минск: Беларус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии, 1996. – 50 с.
7. Никончик, П.И. Роль севооборота в воспроизводстве плодородия почвы / П.И. Никончик, С.В. Круглый // Белорусское сельское хозяйство. – 2004. – № 2. – С. 10-12.
8. Новоселов, Ю.К. Продуктивность и долголетие многолетних трав в севообороте / Ю.К. Новоселов, И.Е. Асланов, Н.В. Гришина // Кормопроизводство. – 1987. – № 9. – С. 38.

PRODUCTIVITY OF WIND EROSION DANGEROUS POLESYE SOILS AND FERTILIZER EFFICIENCY IN THE DIFFERENTIATED CROP ROTATIONS

A.S. Shik, A.M. Ustinova, N.A. Lichatsevich, A.S. Domas

Summary

It was established, that productivity of deflation dangerous Polesye soils in traditional crop rotations increased on 1-14% in compare with soil-protective crop rotations.

Net income of fertilizer using in soil-protective crop rotations was less, than in traditional crop rotations. For example, in the best variant ($N_{270}P_{420}K_{640}$ + micronutrient) of grass-grain crop rotation net income was equal 99-367 \$/ha and profitability level was 11-38%. In grain-row crop rotation application of $N_{445}P_{320}K_{600}+B_{0,05}+Cu_{0,15}$ + 50 t/ha manure is more economically efficient (319-502 \$/ha of net income, profitability – 31-46%).

Поступила 2 апреля 2012 г.

О ПОРОГОВОЙ СКОРОСТИ ВЕТРА ПРИ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ДЕФЛЯЦИИ

Н.А. Лихацевич

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Главными, наиболее быстротекущими факторами нарушения агропроизводительных функций почвы являются водная и ветровая эрозия (дефляция). Доля территорий со сниженным плодородием почв или выведенных из сельскохозяйственной по причине эрозии, в большей части ветровой, составляет 83% от площади всех деградированных почв [1]. Частота и масштабы проявления дефляции, ее распространение и влияние на отрасли сельского хозяйства, энергетики, транспорта привлекают к изучению данного явления исследователей, работающих в области фундаментальных и прикладных наук (механика, биология, грунтоведение, климатология, физика атмосферы и др.). Изучение процесса ветровой эрозии является одной из приоритетных задач почвоведения, поскольку результаты исследований в этой области используются для разработки систем почвозащитного земледелия.

Особенно активизировались исследования дефляции в последние годы. Благодаря им появилось несколько эмпирических моделей выдувания, разработанных на основе результатов лабораторных и полевых опытов [2-8]. Однако их применение ограничено условиями, в которых были проведены опыты и получены соответствующие эмпирические расчетные уравнения и коэффициенты.

Преодолеть трудности при обобщении эмпирических моделей возможно, используя известные физические теории, с помощью которых можно описать природные явления, составляющие процесс дефляции почвы. Подобный подход применили Глазунов Г.П. и Гендугов В.М., предложившие обобщенную теорию ветровой эрозии почвы [9,10].

Не вызывает сомнений актуальность разработки универсальной теории ветровой эрозии, позволяющей количественно определять (прогнозировать) интенсивность развития дефляции в любых условиях, в том числе в пределах Беларуси, особенно для территории Белорусского Полесья, где процессы ветровой эрозии достаточно интенсивны и наносят наибольший ущерб плодородию легких минеральных и осушенных торфяных почв. Поэтому несомненно важной является адаптация к условиям Беларуси выводов, вытекающих из обобщенной модели Гендугова В.М. и Глазунова Г.П. При этом важно проанализировать параметры, характеризующие дефляцию, и предложенные расчетные зависимости, используя возможность улучшения их статистических характеристик.

Одним из основных факторов, влияющих на вынос почвенных частиц с поверхности почвы, является *касательное напряжение трения*, вызываемое ветром. На территории бывшего СССР Андрейчук А.Л. первым использовал показатель «критическое напряжение трения» как фактор, определяющий начало развития дефляции [11]. При определении напряжения трения на поверхности почвы он рекомендовал в первую очередь учитывать скорость ветра и силу тяжести (размеры) почвенных частиц в качестве противодействия подъемной силе воздушного потока, вызываемой ветром.

Касательное напряжение трения вызывается воздействием ветра на поверхность почвы, которая всегда имеет некоторую противодефляционную устойчивость (шероховатость, размер и плотность сложения почвенных частиц). Величина касательного напряжения трения находится в прямой зависимости от скорости ветра: с ростом скорости она увеличивается. И наоборот, уменьшение скорости ветра вызывает уменьшение касательного напряжения трения, что объясняет меньшую силу воздействия на почвенные частицы.

Многие исследователи, работавшие над эмпирическими моделями дефляции, анализируя опытные данные по величине дефляции и соответствующей ей скорости ветра, доказывали, что наиболее точную аппроксимацию экспериментальных точек в зависимости дефляции от ветра дает скорость ветра в кубе (М.П. О'Брайен и Б.Д. Риндлауб, 1936, Р. Багнольд, 1941, А.В. Гвоздилов, 1962, А.К. Дюнин, 1963, Закиров, 1968 и др.). Поскольку величина дефляции однозначно связана прямой пропорциональностью с касательным напряжением трения, вызываемым ветром на поверхности почвы, аналогичная структура связи (скорость ветра в кубе) должна присутствовать и в зависимости касательного напряжения трения от скорости ветра. Однако В.М. Гендуговым и Г.П. Глазуновым было замечено, что в соответствии с теорией размерностей физических величин касательное напряжение трения на поверхности почвы, вызванное ветром, имеет размерность $(кг/м)/с^2$ и прямо пропорционально произведению плотности воздуха на квадрат скорости ветра, т.е. $(кг/м)/с^2 = (кг/м^3)(м^2/с^2)$. Поэтому авторы справедливо утверждали, что интерполяционная зависимость касательного напряжения трения, вызванного ветром на поверхности почвы, обоснованная с соблюдением соотношения размерностей физических величин (с учетом плотности воздуха), должна зависеть от квадрата скорости ветра.

Цель данной работы заключается в проверке гипотез разных авторов о форме связи касательного напряжения трения и скорости ветра, а также обосновании расчетной зависимости для количественной оценки дефляции.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проверку гипотез разных авторов о форме зависимости касательного напряжения трения от скорости ветра мы осуществили, используя опытные данные В.М. Гендугова и Г.П. Глазунова, опубликованные в монографии [10]. Прежде всего при анализе зависимости касательного напряжения трения на почвенной поверхности от скорости ветра наше внимание привлекла возможность использования экспериментальных данных упомянутых авторов для оценки тесноты связи и совершенствования структуры расчетного эмпирического уравнения. Желая определить со степенью, в которую следует возводить скорость ветра в расчетной формуле, и разрешить давний спор о ее величине, мы в первую очередь проанализировали зависимость, предложенную В.М. Гендуговым и Г.П. Глазуновым [10]. Для аппроксимации опытных данных авторы использовали линейную форму связи (рис. 1)

$$\tau_1 = a_1 \rho u^2, \quad (1)$$

где τ_1 – касательное напряжение трения на поверхности почвы, $(кг/м)/с^2$;

a_1 – эмпирический коэффициент пропорциональности (безразмерная величина);

ρ – плотность воздуха, $кг/м^3$;

u – скорость ветра, $м/с$.

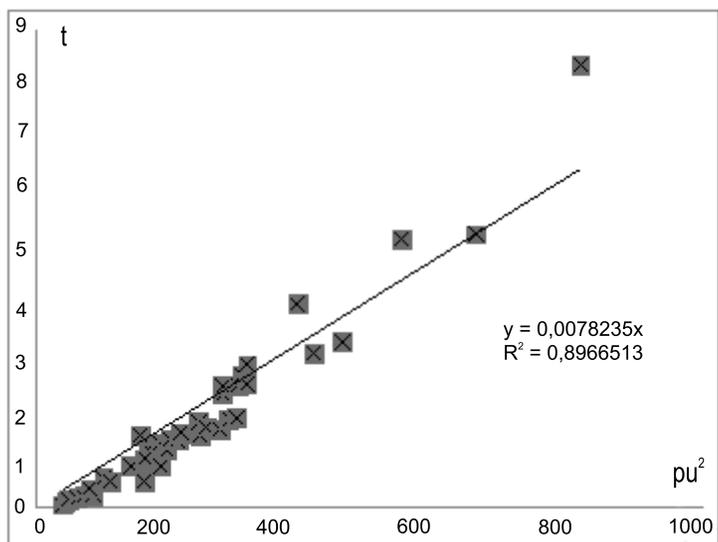


Рис. 1. Интерполяционная зависимость касательного напряжения трения на поверхности почвы от скорости ветра по данным В.М. Гендугова и Г.П. Глазунова [10]

Достаточно высокие статистические характеристики эмпирического представления связи (1), приведенные на рисунке 1 (коэффициент детерминации $R^2 = 0,897$), позволяют с доверием относиться к гипотезе В.М. Гендугова и Г.П. Глазунова о форме искомой зависимости со скоростью ветра в квадрате. Вместе с тем, расположение точек на интерполяционном поле (рис. 1) показывает, что следует проанализировать и другие варианты интерполяционного уравнения с надеждой на повышение тесноты связи. При этом наиболее интересно проверить предположение других авторов о зависимости касательного напряжения трения на поверхности почвы от скорости ветра в кубе.

На рисунке 2 показан результат подобного анализа, который подтверждает, что использование куба скорости ветра при построении эмпирической зависимости (по экспериментальным данным В.М. Гендугова и Г.П. Глазунова) дает лучший результат. В нашем случае при анализе тех же экспериментальных точек коэффициент детерминации зависимости с кубом скорости ветра оказался существенно выше ($R^2 = 0,951$).

Однако здесь возникает противоречие: если строить зависимость касательного напряжения трения от скорости ветра, возведенной в третью степень, происходит нарушение размерностей величин. Это представляет собой серьезное затруднение. При построении теоретически непротиворечивой модели ветровой эрозии зависимость касательного напряжения трения все же необходимо связывать с квадратом скорости ветра, тогда проблемы с балансом размерностей не возникает.

Здесь возможно альтернативное предложение: в соответствии с принятыми нормами при построении эмпирических уравнений, правомерным в данном случае является введение в расчетное уравнение эмпирического параметра с размерностью, обратной размерности скорости ветра, т.е.

$$\tau_2 = a_2 \rho u^3, \quad (2)$$

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

где a_2 – эмпирический параметр с размерностью $(\text{м/с})^{-1}$, т.е. $a_2 = a_3/u_x$; a_3 – эмпирический коэффициент пропорциональности (безразмерная величина).

В уравнении (2) параметр u_x представляет собой некую скорость ветра, обратно пропорциональную касательному напряжению трения. Однако известно, что касательное напряжение трения, создаваемое ветром на поверхности почвы, всегда прямо пропорционально силе (скорости) ветра. Поэтому возникает неопределенность при установлении скорости u_x , а структура уравнения (2) не позволяет вложить в данный параметр какой-то физический смысл и хотя бы приблизительно задать его количественное значение.

В связи с возникшими трудностями при использовании эмпирической зависимости (2) для аппроксимации опытных данных у нас появилась уверенность, что в основе зависимости следует использовать именно квадрат скорости ветра, но с определенной поправкой, а именно: квадрат скорости ветра за минусом некоторой величины. Во избежание нарушения размерностей данная величина также должна иметь размерность скорости ветра.

Наиболее простое решение состоит в том, чтобы приравнять эту величину так называемой «критической скорости ветра», которая успешно используется многими исследователями как характеристика начала дефляции. Однако критическая скорость ветра зависит от противодефляционной устойчивости поверхности почвы (шероховатости поверхности, размера и плотности сложения почвенных частиц и т.п.) и для разных почв различна (является переменной величиной). Поэтому возникла идея проверить гипотезу о существовании в процессе дефляции некой пороговой скорости ветра, создающей касательное напряжение трения на поверхности почвы, которая меньше критической, причем постоянна для любой поверхности, с любой шероховатостью, размером и плотностью сложения частиц. С достижением этой скорости ветра еще не наблюдается перемещения и отрыва от поверхности почвенных частиц, но уже возникает касательное напряжение трения, вызванное ветром, и появляются предпосылки к началу развития процесса дефляции, который реально начинается при достижении ветром критической скорости.

Эту гипотетическую скорость ветра мы называем «пороговой скоростью касательного напряжения трения (пороговой скоростью ветра)». Расчетная зависимость в таком случае приобретает вид:

$$\tau = a_4 \rho (u - u_0)^2, \quad (3)$$

где u_0 – пороговая скорость касательного напряжения трения (пороговая скорость ветра), м/с.

В соответствии со структурой зависимости (3) касательное напряжение трения возникает на поверхности почвы только при превышении ветром пороговой скорости, т.е.

$$\tau > 0 \text{ при } u > u_0, \text{ а при } u \leq u_0 \text{ } \tau = 0.$$

Следующим этапом анализа было обоснование численного значения пороговой скорости ветра, вызывающей касательное напряжение трения на поверхности почвы, по экспериментальным данным Глазунова Г.П. и Гендугова В.М. [10]. Отправной точкой анализа явилась известная нам наименьшая критическая скорость ветра, которая, по результатам исследований, выполненных в Беларуси, является минимальной для песчаных почв без растительности и составляет около 4,6 м/с [12].

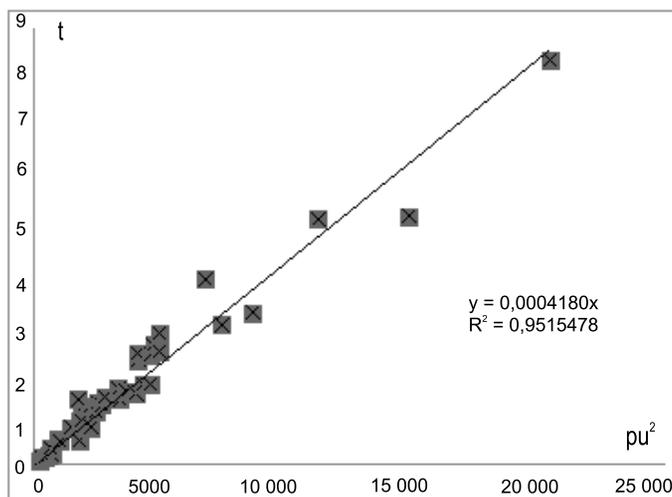
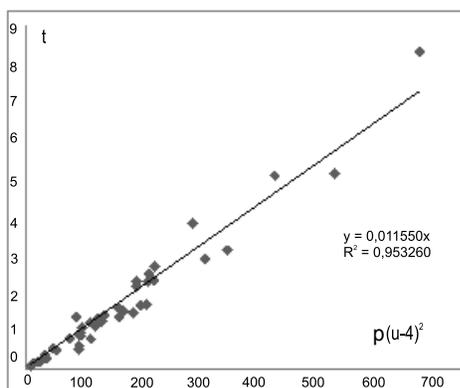
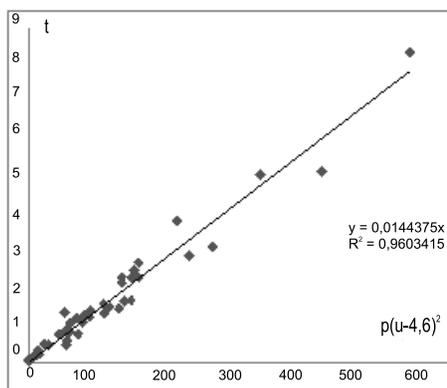


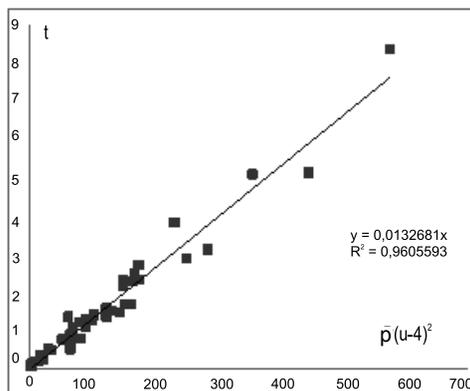
Рис. 2. Расположение опытных точек, приведенных на рис. 1, при выражении зависимости касательного напряжения трения от скорости ветра в кубе



а



б



в

Рис. 3. Интерполяционные зависимости касательного напряжения трения на поверхности почвы от скорости ветра: а) $u_0=3$ м/с; б) $u_0=4,6$ м/с; в) $u_0=4$ м/с.

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

При обосновании численного значения пороговой скорости ветра, вызывающей касательное напряжение трения на поверхности почвы, мы использовали три варианта наиболее вероятных значений скорости ветра: 3; 4 и 4,6 м/с (рис. 3). Статистический анализ опытного материала показал, что, во-первых, теснота связи во всех вариантах оказалась выше, чем у скорости ветра в кубе (рис. 2), а во-вторых, лучшие характеристики имеет зависимость, где $u_0=4$ м/с.

Таким образом, полученные выше результаты анализа зависимости касательного напряжения трения на поверхности почвы от скорости ветра убедительно свидетельствуют о правомерности включения в расчетное уравнение принципиально нового параметра – *пороговой скорости ветра* (вызывающей касательное напряжение трения на поверхности почвы), имеющей ясный физический смысл и конкретное численное значение. Следовательно,

$$\tau > 0 \text{ при } u_0 > 4 \text{ м/с, а при } u_0 \leq 4 \text{ м/с } \tau = 0.$$

В дальнейших исследованиях, безусловно, следует проверять точность сделанной количественной оценки этой скорости, но в любом случае будет некорректным игнорировать данный параметр, введенный нами и показавший свою эффективность в повышении точности расчета (прогнозирования) касательного напряжения трения на поверхности почвы, вызывающего дефляцию.

ВЫВОДЫ

Гипотеза о существовании пороговой скорости ветра, при которой возникает (и начинает расти при дальнейшем росте скорости ветра) касательное напряжение трения на поверхности почвы, получила экспериментальное подтверждение. Нами определено количественное значение пороговой скорости ветра, которое в соответствии с опытными данными В.М. Гендугова и Г.П. Глазунова составляет около 4 м/с.

Пороговая скорость ветра (в отличие от критической скорости) постоянна для любой поверхности, с любой шероховатостью, размером и плотностью сложения частиц. С достижением ветром пороговой скорости еще не наблюдается перемещения и отрыва от поверхности почвенных частиц, но уже возникает касательное напряжение трения и появляются предпосылки к началу развития процесса дефляции, который реально начинается при достижении ветром критической скорости.

ЛИТЕРАТУРА

1. The Extent of Human-Induced Soil Degradation / L.R. Oldeman [et al] // In: World Map of the Status of Human-Induced Soil Degradation. Wageningen. 1991. Proceedings of the 16-th World Congress of Soil Science. Montpellier, 20-26/08/1998.
2. Азаров, Н.К. Уточнение расчетного метода возможных потерь почвы от ветровой эрозии для оценки вариантов почвозащитных мероприятий с учетом элементов рельефа территории / Н.К. Азаров // Обработка почвы и агротехника полевых культур в Северном Казахстане. – Целиноград, 1986. – С. 30-40.
3. Долгилевич, М.И. Механизм отрыва эрозионной частицы от поверхности почвы / М.И. Долгилевич, Ю.И. Васильев // Бюллетень Всесоюзного научно-исслед. института агролесомелиорации. – Волгоград. – Вып. 12. – № 66. – 1973. – С. 3-7.
4. Дюнин, А.К. Механика метелей / А.К. Дюнин. – Новосибирск: Изд-во АН СССР, 1963. – 377 с.
5. Иванов, А.П. Физические основы дефляции песков пустыни / А.П. Иванов. – Ашхабад: Ылым, 1972.

6. Шиятый, Е.И. Эродлируемость южных карбонатных черноземов в зависимости от шероховатости поверхности почвы / Е.И. Шиятый // Вестник с.-х. науки. – Алма-Ата, 1965. – № 10. – С. 92-100.

7. Chepil, W.S. The physics of wind erosion and its control / W.S. Chepil, N.P. Woodruff // *Advances in Agronomy*, 1963. – V. 15. – P. 211-302.

8. Ларионов, Г.А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки / Г.А. Ларионов. – М.: МГУ, 1993. – 200 с.

9. Глазунов, Г.П. Теория ветровой эрозии почв: автореф. дис. ... д-ра биол. наук.: 03.00.27 / Г.П. Глазунов; Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева. – Москва, 2005. – 44 с.

10. Гендугов, В.М. Ветровая эрозия почвы и запыление воздуха / В.М. Гендугов, Г.П. Глазунов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 240 с.

11. Андрейчук, А.Л. Устойчивость почв к дефляции и теоретические аспекты почвозащитной технологии: автореф. ... д-ра биол. наук.: 06.01.03 / А.Л. Андрейчук. – Москва, 1983. – 39 с.

12. Методические указания по прогнозированию водно-эрозионных и дефляционных процессов на обрабатываемых землях Беларуси – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2006. – 44 с.

ABOUT THE THRESHHOLD WIND VELOCITY AT QUANTITATIVE ASSESSMENT OF WIND EROSION INTENSITY

N.A. Lihatsевич

Summary

Short analysis of present empirical dependences introduced for wind soil erosion calculation and generalized empirical model developed by V.M. Gendugov and G.P. Glazunov for the purpose of their further approbation and adaptation for conditions of Belarusian Polesie, where wind erosion is the most intensive and inflict the largest damage to soils, is performed in the article. The main factor influencing the carrying out of soil particles by air stream – friction shear stress invoked by wind on soil surface, is considered. Test of hypothesis about dependence form between friction shear stress and wind velocity at approximation of published experimental data received by V.M. Gendugov and G.P. Glazunov in the wind tunnel is realized. For the first time has established, that wind velocity minus value called by us “threshold wind velocity” having clear physical sense: only during obtaining threshold wind velocity friction shear stress appears on soil surface (and begins to grow with further wind velocity growth), should be used as argument of calculated quadratic dependence. Has determined, that transference and removal of soil particles from surface during obtaining threshold wind velocity are not yet may be observed, but friction shear stress appears and preconditions of wind soil erosion occur.

Experimental data statistical analysis has shown, that strength of links of derived dependence higher than of earlier suggested wind soil erosion models with use of cube and squared wind velocity, what authenticates about the competence of the proposed parameter introduction. Substantiation of numerical value of threshold wind velocity is realized, which is permanent for any soil surface with any roughness, size and particles composition density, and is about 4 m/s.

Поступила 27 апреля 2012 г.

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.8.022.3:633.112.9:631.445.2

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко, А.В. Бачище, С.М. Шумак, А.А. Грачева
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Озимое тритикале в настоящее время по посевным площадям в Беларуси занимает третье место в мире, уступая лишь Польше и Германии. Озимое тритикале, являясь гибридом между озимыми пшеницей и рожью, удачно сочетает ценные признаки и свойства как ржи (высокая экологическая пластичность), так и пшеницы (урожайность и качество зерна). Кроме того, она является менее требовательной культурой к условиям произрастания, чем пшеница, при ее возделывании применяют меньше азотных удобрений и химических обработок от болезней. Многие сорта этой культуры по урожайности превосходят пшеницу, а по содержанию белка и хлебопекарным качествам – озимую рожь. Повышенное содержание белка с полноценным аминокислотным составом позволяет считать тритикале культурой, пригодной как для пищевых, так и кормовых целей. Корм на основе зерна озимого тритикале обладает высокой усвояемостью животными. Зеленую массу этой культуры также используют на корм животным. Вследствие позднего колошения тритикале хорошо заполняет разрыв в зеленом конвейере между укосами озимой ржи и многолетних трав. Зерно озимого тритикале – перспективный источник для получения крахмала и пива, а также его можно использовать и в виноделии.

На улучшение 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 повышение белковости зерна и биологической ценности белка оказывают минеральные удобрения и состояние почвенного плодородия.

Урожайность озимого тритикале и качество зерна в значительной мере зависят от обеспеченности растений элементами минерального питания и научно обоснованных систем применения удобрений. Ранее проведенными исследованиями установлена различная отзывчивость сортов озимого тритикале на изменение доз минеральных удобрений и плодородие почвы [1-4]. В связи с недостаточно разработанной системой удобрения с учетом биологических особенностей сорта озимого тритикале исследования в этой области являются актуальными.

Повышение биологической ценности белка, обусловленной аминокислотным составом, решает одну из основных проблем качества зерна. Недостаток и низкая

биологическая ценность белка в кормах приводят к их перерасходу и, как следствие, к повышению себестоимости животноводческой продукции.

Цель исследований – изучить и определить наиболее эффективные дозы и соотношения минеральных удобрений под озимое тритикале, исходя из критериев полученной урожайности, агрономической окупаемости применяемых доз удобрений и качества зерна при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению влияния систем удобрения на качество зерна озимого тритикале Вольтарио при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой с глубины 30-50 см песком почве проводили в РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района в 2008-2010 гг.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя дерново-подзолистой супесчаной почвы: pH_{KCl} 5,9-6,2, гидролитическая кислотность – 1,58-1,92, сумма обменных оснований – 9,10-9,52 смоль(+)/кг почвы, обменные: кальций и магний 4,4-4,8 и 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%.

Изучали три варианта системы применения удобрений под озимое тритикале: возрастающие уровни азота на фоне фосфорных и калийных удобрений, рассчитанные на положительные, поддерживающие и дефицитные балансы фосфора и калия.

Сорт Вольтарио включен в Государственный реестр Республики Беларусь в 2007 г. Заявитель – Польша. Сорт имеет хорошую зимостойкость, выровненный стеблестой, устойчив к полеганию, среднеустойчив к засухе. Листовыми болезнями и корневыми гнилями поражается слабо. Сорт кормового направления.

Минеральные удобрения (аммофос и хлористый калий) вносили перед посевом с заделкой культиватором на глубину 10-12 см, карбамид (мочевину) – весной при возобновлении вегетации растений и согласно схеме опыта (табл. 1).

Общая площадь делянки – 45 м² (9м x 5м), учетная – 28 м² (8м x 3,5м). Повторность вариантов – четырехкратная.

Предпосевную обработку почвы и уход за растениями осуществляли в соответствии с отраслевыми регламентами [5].

Исследования проводили в зернотравяном севообороте: горохо-овсяная смесь – ячмень – озимая рожь с подсевом клевера лугового – клевер луговой – озимое тритикале. Органические удобрения – 40 т/га навоза крупного рогатого скота вносили под горохо-овсяную смесь.

Анализ почвенных и растительных образцов проводили в соответствии с общепринятыми методиками. В растительных образцах после мокрого озоления проб в смеси серной кислоты и пергидроля определяли: азот и фосфор фотокolorиметрическим индофенольным и ванадо-молибдатным методами, калий на пламенном фотометре, кальций и магний на атомно-абсорбционном спектрофотометре. Качественные характеристики зерна включают также массу 1000 семян, содержание сырого протеина, рассчитанное по общему азоту с последующим умножением на коэффициент 6,25, содержание белка, рассчитанное по белковому азоту (определение по методу Барнштейна) с последующим умножением на коэффициент 5,65 (ГОСТ 10846–91, содержание критических (лизин, треонин, метионин) и незаменимых аминокислот (лизин, треонин, валин, метионин, изо-

лейцин, лейцин, фенилаланин), определение которых проводили на жидкостном хроматографе «Agilent–1100».

Биологическая оценка белка проводилась расчетным методом [6]. При этом следует иметь в виду, что расчетные методы дают возможность определить лишь относительную биологическую ценность продукта, в то время как на живых организмах можно получить более объективное представление о питательности исследуемого продукта. Показатели, полученные расчетными и биологическими методами, не всегда совпадают. Это обусловлено рядом факторов, которые трудно заранее учесть для внесения поправки в расчеты биологической ценности. К таким факторам относится образование биологически неактивных комплексов при технологической обработке продуктов, разрушение аминокислот до небелковых азотсодержащих веществ, химически определяемых как белок и т.д. При расчете биологической ценности невозможно учесть взаимодействие между собой отдельных составляющих (технологическая несовместимость). Недостаточно изучена физиологическая регуляция обмена веществ, что вносит изменения в результат биологического исследования и в расчеты предполагаемой биологической ценности.

В исследованиях были использованы расчетные методы биологической ценности зерна озимого тритикале согласно [6].

На формирование урожая сельскохозяйственных культур, наряду с питанием растений, большое влияние оказывают водный и температурный режимы в течение вегетационного периода. Как избыток, так и недостаток влаги и тепла негативно сказываются на урожае сельскохозяйственных культур. Наиболее близкими к формированию оптимального водного и теплового режимов являются средне-многолетние показатели осадков и тепла.

Агрометеорологические условия в вегетационный период озимого тритикале в 2008 г., хотя несколько и отличались от средне-многолетних величин, но были благоприятными для формирования урожая зерна. За апрель–август выпало 310,1 мм осадков, что на 40 мм меньше средней многолетней величины (350 мм). Обильные осадки и повышенная температура воздуха в марте и апреле ускорили начало фазы возобновления вегетации растений. В июле количество осадков было на уровне нормы, а среднемесячная температура воздуха – выше на 0,6 °С, что являлось благоприятным для налива и созревания зерна.

Гидротермический коэффициент (условный показатель увлажнения) в течение вегетационного периода изменялся в пределах от 0,8 (июнь) до 1,7 (апрель), что позволяет сделать заключение о некотором недостатке влаги в мае, июне и августе, т. к. месяцы с ГТК от 1,0 до 1,3 относятся к слабозасушливым, от 1,0 до 0,8 (июнь) – к засушливым, а от 1,3 до 1,6 (июль) – к оптимальным.

Агрометеорологические условия в 2009 г. были менее благоприятными, чем в 2008 г., т.к. в районе проведения исследований за апрель–август выпало 495,4 мм осадков. Однако в апреле только 4,6 мм (средняя многолетняя величина – 46 мм), а в июне – 255 мм (12 июня – 48,1 мм, а 23 июня – 91,5 мм при средней многолетней величине 78 мм). Несколько раз шквальные дожди сопровождались градом. Гидротермический коэффициент изменялся в пределах от 0,3 (апрель) до 5,6 (июнь), что позволяет сделать заключение о высоком избытке влаги не только в июне, но и в мае, и в июле, т.к. месяцы с ГТК выше 1,6 характеризуются как избыточно влажные.

В 2010 году распределение осадков, температура воздуха и сумма температур выше 10°C и ГТК отличались от средне-многолетних величин. За апрель–август вы-

пало 338,6 мм осадков при средней многолетней величине 350 мм. Температура воздуха в июне, июле и августе значительно превышала средний многолетний показатель: на 1,9°C в июне, на 5,4°C в июле и на 4,7°C в августе. Гидротермический коэффициент изменялся в пределах 0,9-1,9, что позволяет сделать заключение о слабозасушливом периоде в июне и июле.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На урожайность озимого тритикале Вольтарио в годы исследований 2008-2010 г. оказали влияние как погодные условия, так и минеральные удобрения [7].

В среднем за три года максимальная урожайность зерна 73,6 ц/га и сбор кормовых 102,3 ц к.ед./га получены в варианте с внесением 150 кг д.в. на гектар азотных удобрений в три срока (90 кг/га д.в. весной при возобновлении вегетации растений + 30 кг/га д.в. в фазу 1 узел стеблевания + 30 кг/га в фазу последний лист) на фоне фосфорных и калийных в расчете на положительные балансы – $P_{70}K_{120}$. Однако оптимальная (математически достоверная) урожайность 72,6 ц/га получена в варианте с внесением 150 кг д. в. на гектар азотных удобрений в три срока (90 кг/га весной при возобновлении вегетации растений + 30 кг/га в фазу 1 узел стеблевания + 30 кг/га в фазу последний лист) на фоне фосфорных и калийных в расчете на поддерживающие балансы – $P_{40}K_{80}$. Прибавка зерна от NPK составила 31,1 ц/га, в том числе от азотных удобрений – 25,6 ц/га при оплате 1 кг NPK 11,5 кг, а 1 кг азота – 17,1 кг зерна. Последствие органических удобрений (четвертый год) не оказало достоверного влияния на урожайность зерна озимого тритикале. Внесение возрастающих доз азотных удобрений на фоне $P_{20-70}K_{40-120}$ обеспечило прибавку урожайности зерна озимого тритикале 17,0-25,6 ц/га при окупаемости 1 кг N 16,8-21,5 кг зерна. Прибавка от применения парных комбинаций фосфорных и калийных удобрений в дозах $P_{20-70}K_{40-120}$ составила 4,4-6,6 ц/га при окупаемости 7,3-3,5 кг зерна. Эффективность парных комбинаций NP и NK практически на одном уровне – 67,5 и 65,4 ц/га с прибавкой к фону 26,1 и 23,9 ц/га и окупаемости 1 кг NPK 13,7 и 10,0 кг зерна соответственно. Прибавка зерна за счет только фосфорных или калийных удобрений составила 2,8 и 0,7 ц/га соответственно (табл. 1).

Наряду с показателями урожайности, при возделывании озимого тритикале большое значение имеет качество зерна. Масса 1000 семян как один из показателей качества зерна изменялась в зависимости от погодных условий и системы удобрения. Если в благоприятном по метеоусловиям 2008 году при внесении азотных удобрений в дозах 90-150 кг/га д.в. на фоне $P_{20-70}K_{40-120}$ масса 1000 семян увеличивалась на 1,73-6,85 г и изменялась в пределах от 43,81 г до 49,69 г, то в 2009 г. из-за обильных дождей произошло «стекание» зерна, в результате чего масса 1000 семян изменялась от 33,28 г при применении $N_{90+30+30}P_{70}K_{120}$ до 41,20 г в фоновом варианте. Азотные удобрения снизили массу 1000 семян в 2009 г. на 0,48-5,81 г. В 2010 г. масса 1000 семян была больше, чем в 2008 и 2009 гг. Разница в массе 1000 семян по годам исследований в варианте без удобрений составила 8,25 г, а при применении азотных удобрений на фоне фосфорных и калийных – 16,40 г.

В среднем за три года масса 1000 семян изменялась от 41,96 г при внесении $N_{120}P_{70}$ до 45,69 г при применении системы удобрения $N_{90+30+30}P_{40}K_{80}$. Внесение азотных удобрений в дозах $N_{120,150}$ на фоне $P_{70}K_{120}$ снизило массу 1000 семян на 0,11-1,40 г (табл. 1).

**Влияние систем удобрения на урожайность
и качество зерна озимого тритикале**

Вариант	Урожай- ность зерна, ц/га	Сбор к.ед., ц/га	Масса 1000 семян, г	Сырой протеин, %	Сбор сыро- го протеина, кг/га	Бе- лок, %	Сбор белка, кг/га
1. Без удобрений	40,5	53,5	44,42	9,4	320	7,66	266
2. Послед. 40 т/га НКРС – фон	41,5	55,7	45,30	9,4	331	7,61	271
3. N ₉₀₊₃₀ P ₇₀	67,5	91,9	41,96	10,8	621	8,8	509
4. N ₉₀₊₃₀ K ₁₂₀	65,4	88,9	44,73	11,2	614	9,12	511
5. P ₇₀ K ₁₂₀	48,1	65,6	44,81	9,5	389	7,71	317
6. N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀	65,8	91,8	44,70	10,2	579	8,31	468
7. N ₉₀₊₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀	68,2	95,4	43,41	11,0	650	8,98	526
8. N ₉₀₊₃₀₊₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀	73,6	102,3	43,57	12,6	781	10,22	640
9. P ₄₀ K ₈₀	47,0	63,4	44,24	9,4	376	7,63	306
10. N ₉₀ P ₄₀ K ₈₀	66,3	91,8	45,06	9,9	557	8,05	458
11. N ₉₀₊₃₀ P ₄₀ K ₈₀	69,1	94,3	44,46	11,1	655	9,02	534
12. N ₉₀₊₃₀₊₃₀ P ₄₀ K ₈₀	72,6	98,7	45,69	12,2	768	9,92	615
13. P ₂₀ K ₄₀	45,9	62,3	44,33	9,1	356	7,44	293
14. N ₉₀ P ₂₀ K ₄₀	62,9	83,9	43,91	9,8	540	8,0	432
15. N ₉₀₊₃₀ P ₂₀ K ₄₀	66,1	90,0	43,60	10,9	628	8,9	506
НСР ₀₅	1,4	2,1	1,35	0,7	1,4	0,34	1,3

Увеличение общего количества белка в зерне решает одну из проблем качества зерна, идущего на корм. Известно, что азотные удобрения – основное средство повышения белковости зерна.

Содержание сырого протеина в зерне изменялось по годам исследований. Так, в 2009 г. при применении минеральных удобрений оно было на 0,4-3,3% выше, чем в 2008 г., но ниже на 0,1-1,8%, чем в 2010 г. В среднем за три года содержание сырого протеина в зерне озимого тритикале изменялось от 9,4% при отсутствии удобрений до 12,2-12,6% при применении максимальной дозы азотных удобрений – 150 кг/га д.в., которую вносили в три срока (90 кг/га весной при возобновлении вегетации + 30 кг/га в фазу 1 узел стеблевания + 30 кг/га в фазу последний лист) на фоне фосфорных и калийных удобрений в расчете на поддерживающий и положительный баланс (N₉₀₊₃₀₊₃₀ P₄₀ K₈₀ и N₉₀₊₃₀₊₃₀ P₇₀ K₁₂₀) соответственно. Азотные удобрения в дозах 90-150 кг/га д.в. на фоне P₂₀₋₇₀ K₄₀₋₁₂₀ повышали содержание сырого протеина на 0,5-1,6%, содержание белка – на 0,42-1,24%. Применение парных комбинаций фосфорных и калийных удобрений не оказывало достоверного влияния на содержание сырого протеина и белка, но наблюдалась положительная тенденция их увеличения (табл. 1).

Сбор сырого протеина и белка определялся их содержанием и урожайностью зерна. В 2009 и 2010 г. максимальный сбор сырого протеина – 808 и 847 кг/га, белка – 657 и 643 кг/га обнаружен при внесении N₉₀₊₃₀₊₃₀ P₇₀ K₁₂₀. В среднем за три года при применении фосфорных и калийных удобрений в дозах P₂₀₋₇₀ K₄₀₋₁₂₀ наблюдался рост сбора сырого протеина на 15, 14 кг/га и белка на 13, 11 кг/га. За счет

азотных удобрений, внесенных в дозах 90-150кг/га д.в. на фоне $P_{20-70}K_{40-120}$, дополнительно получено 166-399 кг/га сырого протеина и 139-322 кг/га белка (табл. 1).

Содержание основных элементов питания (азота, фосфора, калия, кальция, магния), влияющих на биохимические и физиологические процессы, протекающие в клетках растений в период вегетации, и, следовательно, на урожай и его качество, изменялось в зависимости от доз и соотношений минеральных удобрений.

В среднем за три года максимальное содержание фосфора и калия в зерне наблюдалось при применении $N_{90+30+30}P_{40}K_{80}$, а азота – при внесении $N_{90+30+30}P_{70}K_{120}$. Увеличение доз азотных удобрений и внесение их в два и три срока способствовало росту содержания азота, фосфора, калия, оксидов кальция и магния в зерне озимого тритикале [7].

В зерне озимого тритикале за три года определено содержание незаменимых аминокислот и биологическая ценность белка. При благоприятных погодных условиях в 2008 г. содержание критических аминокислот, в основном лизина, значительно выше, чем в 2009 и 2010 гг. Однако сумма незаменимых аминокислот (в основном за счет фенилаланина, изолейцина и лейцина) значительно выше в 2010 г., чем в 2008 и 2009 гг. Внесение минеральных удобрений способствовало увеличению в зерне незаменимых и критических аминокислот. В среднем за три года сумма критических аминокислот изменялась от 6,44 г (фоновый вариант с последствием 40 т/га навоза КРС) до 7,24; 7,27 г/кг зерна при внесении N_{150} на фоне $P_{40,70}K_{80,120}$ (табл. 2).

Содержание семи незаменимых аминокислот в зерне озимого тритикале с нарастанием доз фосфорных и калийных удобрений увеличилось. При нарастании доз азотных удобрений на фоне $P_{40}K_{80}$ содержание семи незаменимых аминокислот выросло на 0,95-2,95 г, а на фоне $P_{70}K_{120}$ – на 0,45-2,70 г/кг зерна (табл. 2).

Таблица 2

Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на содержание незаменимых аминокислот в зерне озимого тритикале, 2008-2010 гг.

№ п/п	Аминокислоты, г/кг зерна								
	треонин*	валин	метионин*	фенилаланин	изолейцин	лейцин	лизин*	сумма	
								критических	незаменимых
1	2,64	4,63	1,04	3,93	3,56	5,98	2,89	6,57	24,67
2	2,37	4,26	1,20	3,53	2,75	5,54	2,87	6,44	22,53
3	2,65	4,56	1,21	3,83	3,31	5,97	3,08	6,94	24,60
4	2,80	4,52	1,25	4,13	3,55	6,13	3,13	7,18	25,52
5	2,76	4,68	1,28	3,98	3,44	5,96	2,95	6,99	25,05
6	2,80	4,75	1,26	4,03	3,55	6,13	2,97	7,03	25,50
7	2,92	4,91	1,31	4,32	3,63	6,29	2,95	7,18	26,34
8	2,91	4,90	1,36	4,99	4,01	6,59	2,98	7,24	27,75
9	2,77	4,53	1,17	3,92	3,37	6,07	2,93	6,87	24,76
10	2,38	4,30	1,27	3,91	3,57	5,68	2,81	6,46	23,92
11	2,77	4,61	1,28	4,32	3,85	6,09	2,80	6,85	25,71
12	2,81	4,95	1,41	5,02	4,05	6,43	3,04	7,27	27,71
13	2,75	4,44	1,23	3,65	3,22	5,80	2,93	6,91	24,02
14	2,97	4,32	1,11	3,55	3,21	5,60	2,94	7,02	23,70
15	3,24	4,58	1,23	3,85	3,49	5,96	3,00	7,48	25,35

* Критические аминокислоты.

2. Плодородие почв и применение удобрений

Что касается содержания незаменимых аминокислот в пересчете на белок, то в среднем за три года максимальное их накопление – 331,12 мг/г белка обнаружено при внесении $P_{40}K_{80}$. Максимальная сумма критических аминокислот – 90,97 мг/г белка получена при применении $P_{20}K_{40}$. При нарастании доз парной комбинации РК содержание критических аминокислот снижалось. При применении $P_{20^{40},70}K_{40,80,120}$ самое высокое содержание лизина составляло 38,31-39,34 мг/г белка, лейцина – 77,26-79,55, метионина – 14,25-14,67 мг/г и валина – 59,37-60,74 мг/г белка. При применении азотных удобрений на фоне $P_{20^{40},70}K_{40,80,120}$ содержание критических и незаменимых аминокислот в пересчете на белок снижалось (табл. 3).

Расчетные методы биологической ценности белка озимого тритикале по «химическому числу» (процентное отношении аминокислоты к ее содержанию в белке цельного куриного яйца) свидетельствуют об удовлетворительном содержании критических аминокислот – 43,0-56,7%. Необходимо отметить, что самая низкая биологическая ценность критических аминокислот белка (43,0-43,9%) наблюдалась

Таблица 3

Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на содержание аминокислот в белке озимого тритикале Вольтарио, 2008-2010 гг.

№ п/п	Аминокислоты, мг/г белка							Сумма аминокислот	
	треонин	валин	метионин	фенилаланин	изолейцин	лейцин	лизин	критических	незаменимых
1	34,42	60,49	14,09	51,31	46,52	78,02	37,77	86,29	330,28
2	31,19	55,94	14,34	46,43	36,18	72,80	37,71	83,24	302,20
3	30,11	51,86	12,57	43,48	37,58	67,80	35,00	77,69	287,21
4	30,74	49,60	12,21	45,32	38,96	67,18	34,32	77,27	287,45
5	35,75	60,74	14,25	51,58	44,66	77,26	38,31	88,31	330,26
6	33,69	57,16	13,29	48,54	42,68	73,81	35,78	82,77	313,26
7	32,55	54,68	12,45	48,14	40,39	70,08	32,85	77,85	300,12
8	28,44	47,98	11,14	48,86	39,27	64,51	29,13	68,71	279,55
9	36,30	59,37	14,27	51,38	44,17	79,55	38,44	89,02	331,12
10	29,61	53,46	13,69	48,61	44,31	70,56	34,87	78,16	303,15
11	30,67	51,07	12,36	47,86	42,65	67,55	31,08	74,11	292,26
12	28,36	49,87	11,49	50,60	40,79	64,82	30,65	70,50	286,50
13	36,96	59,68	14,67	49,10	43,32	77,91	39,34	90,97	328,43
14	37,17	53,96	13,61	44,33	40,17	70,00	36,79	87,57	304,02
15	36,44	51,42	12,47	43,26	39,18	67,00	33,71	82,62	292,38

Таблица 4

Биологическая ценность белка озимого тритикале Вольтарио

Вариант	Содержание лизина, мг в г белка			Биологическая ценность белка, %			
	опыт	цельное яйцо	шкала ФАО/ ВОЗ	химическое число		аминокислотный скор	
				АКкр	АКн	АКкр	АКн
1 Без удобрений	37,77	71	55	53,7	78,5	71,2	101,2
2. Последействие навоза – Фон	37,71	71	55	51,6	71,2	68,8	92,2

Вариант	Содержание лизина, мг в г белка			Биологическая ценность белка, %			
	опыт	цельное яйцо	шкала ФАО/ ВОЗ	химическое число		аминокислотный скор	
				АКкр	АКн	АКкр	АКн
3. N ₉₀₊₃₀ P ₇₀	35,00	71	55	48,1	67,5	63,8	87,2
4. N ₉₀₊₃₀ K ₁₂₀	34,32	71	55	47,9	67,7	63,4	87,5
5. P ₇₀ K ₁₂₀	38,31	71	55	55,0	78,5	72,8	101,3
6. N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀	35,78	71	55	51,6	74,2	68,2	95,7
7. N ₉₀₊₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀	32,85	71	55	48,7	70,9	64,3	91,6
8. N ₉₀₊₃₀₊₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀	29,13	71	55	43,0	65,8	56,8	85,2
9. P ₄₀ K ₈₀	38,44	71	55	55,5	78,6	73,4	101,4
10. N ₉₀ P ₄₀ K ₈₀	34,87	71	55	48,6	72,0	64,8	93,1
11. N ₉₀₊₃₀ P ₄₀ K ₈₀	31,08	71	55	46,5	69,3	61,6	89,5
12. N ₉₀₊₃₀₊₃₀ P ₄₀ K ₈₀	30,65	71	55	43,9	67,7	58,2	87,6
13. P ₂₀ K ₄₀	39,34	71	55	56,7	78,0	75,0	100,6
14. N ₉₀ P ₂₀ K ₄₀	36,79	71	55	54,7	72,2	72,2	93,1
15. N ₉₀₊₃₀ P ₂₀ K ₄₀	33,71	71	55	51,8	69,3	68,1	89,2

АКкр – критические аминокислоты (лизин, треонин, метионин).

АКн – незаменимые аминокислоты (лизин, треонин, метионин, валин, изолейцин, лейцин, фенилаланин).

в вариантах с максимальным внесением азотных удобрений N₁₅₀ на фоне P_{70,40}K_{120,80}, а самая высокая – 55,0-56,7% в вариантах с внесением только фосфорных и калийных удобрений P_{20,40,70}K_{40,80,120}. Биологическая ценность незаменимых аминокислот белка по «химическому числу» изменялась в пределах 65,8-78,6%. Максимальная биологическая ценность незаменимых аминокислот – 78,5 и 78,6 % характерна для вариантов с применением P₇₀K₁₂₀ и P₄₀K₈₀ соответственно (табл. 4).

Биологическая ценность незаменимых аминокислот белка («аминокислотный скор» АКн) в варианте без удобрений и при внесении только фосфорных и калийных удобрений (P_{20,40,70}K_{40,80,120}) высокая и практически на одном уровне – 100,6-101,4%, что даже несколько выше рекомендуемых норм комитета по продовольствию ООН и Всемирной организации здравоохранения (ФАО/ВОЗ). Важно отметить, что содержание лизина и метионина как в зерне озимого тритикале, так и в белке во всех вариантах ниже рекомендуемых ФАО/ВОЗ норм. При применении N₉₀P_{20,40,70}K_{40,80,120} биологическая ценность белка по «аминокислотному скору» незаменимых аминокислот (АКн) также на достаточно высоком уровне – 93,1-95,7%. При увеличении доз азотных удобрений на фоне P_{20,40,70}K_{40,80,120} биологическая ценность белка как по «химическому числу», так и по «аминокислотному скору» снижалась (табл. 2, 3, 4).

Таким образом, при возделывании озимого тритикале Вольгарио на дерново-подзолистой супесчаной почве применение минеральных удобрений оказало значительное влияние как на урожайность зерна, так и на его качество.

ВЫВОДЫ

1. Оптимальная урожайность 72,6 ц/га зерна озимого тритикале Вольтарио формировалась при внесении $N_{90+30+30}P_{40}K_{80}$ (PK – на поддерживающий баланс, N_{90} – весной при возобновлении вегетации растений + N_{30} в фазу начала стеблевания + N_{30} в фазу последний лист). При применении указанной системы удобрения прибавка зерна от NPK составила 31,1 ц/га, в том числе от азотных удобрений – 25,6 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 11,5 кг зерна и 1 кг азота 17,1 ц/га.

2. При применении $N_{90+30+30}P_{40}K_{80}$ обеспечивается: сбор кормовых единиц – 98,7 ц к.ед./га, масса 1000 семян – 42,59 г, содержание белка и сырого протеина – 9,9% и 12,2%, сбор белка – 615 кг/га и сырого протеина – 768 кг/га соответственно.

3. Увеличение дозы азотных удобрений от 90 до 150 кг/га д.в. и внесение ее в два или три срока способствовало росту содержания азота, фосфора, калия, оксидов кальция и магния в зерне озимого тритикале. При оптимальной урожайности содержание элементов питания в зерне следующее: азот – 1,93%, фосфор – 0,93, калий – 0,67, кальций – 0,05, магний – 0,17%.

4. При нарастании доз азотных, фосфорных и калийных удобрений сумма семи незаменимых аминокислот в зерне озимого тритикале увеличилась. Максимальная сумма 7 незаменимых аминокислот – 27,71-27,75 г/кг, в том числе трех критических аминокислот – 7,24-7,27 г/кг, в зерне характерна для систем удобрения $N_{90+30+30}P_{70}K_{120}$ и $N_{90+30+30}P_{40}K_{80}$. Применение азотных удобрений снижает сумму незаменимых и критических аминокислот в белке озимого тритикале. Биологическая ценность белка озимого тритикале, оцененная по «химическому числу» критических аминокислот АКк – 56,7% и по «аминокислотному скору» АКк – 75,0%, максимальная при применении $P_{20}K_{40}$. Биологическая ценность белка озимого тритикале, оцененная по «химическому числу» незаменимых аминокислот АКн – 78,6% и по «аминокислотному скору» АКн – 101,4%, максимальная при применении $P_{40}K_{80}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочурко, В.И. Особенности формирования урожая зерна озимого тритикале в зависимости от приемов возделывания / В.И. Кочурко. – Горки: БГСХА, 2002. – 112 с.

2. Лапа В.В., Ивахненко Н.Н. Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимого тритикале при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве / В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко – Агрохимия. – 2008. – № 5. – С. 1-7.

3. Савчик, М.В. Озимое тритикале / М.В.Савчик, И.Е. Мартыненко. – Минск, 2001. – 42 с.

4. Бутшевич, В.Н. Семеноводство озимого тритикале / В.Н. Бутшевич, Т.М. Буланова, Т.М. Крылова // Белорус. сел. хоз-во. – 2004. – № 1. – С.23-25.

5. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов / В.Г. Гусаков [и др.]; рук. разработ. В.Г. Гусаков. – Минск: Бел. наука, 2005. – 460 с.

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

7. Эффективность систем удобрения озимого тритикале при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве / В.В. Лапа [и др.] // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2011. – № 3. – С.46-53.

INFLUENCE OF FERTILIZER SYSTEM ON QUALITY OF WINTER TRITICALE GRAIN GROWN ON LUVISOL LOAMY SAND SOIL

V.V. Lapa, N.N. Ivakhnenko, A.V. Bachische, S.M. Shumak, A.A. Gracheva

Summary

It was found that 3-term nitrogen introduction in doses of 150 kg ha⁻¹ (N₉₀ at the beginning of vegetation + N₃₀ at 31 Zaddoks stage + N₃₀ at 47 Zaddoks stage) at the background of P₄₀K₈₀ and aftereffect of 40 t ha⁻¹ FYM for winter triticale cultivation after clover on Luvisol loamy sand soil resulted in grain yield 72.6 c ha⁻¹, output 98.7 c ha⁻¹ f.u. At applied fertilizer system the content and output of raw protein were equal to 12.2% and 768 kg ha⁻¹ respectively, mass of 1000 seeds – 45.69 g, critical amino acid sum 7.27 g kg⁻¹ (grain) and 70.50 mg g⁻¹ (protein), biological value of protein – 101,4% (ir-replaceable amino acid, FAO/WHO).

Поступила 5 марта 2012 г.

УДК 631.8.022:633.15:631.445.2

ОТЗЫВЧИВОСТЬ КУКУРУЗЫ НА ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Т.М. Серая, О.М. Бирюкова, Е.Н. Богатырева, Е.Г. Мезенцева
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в мире, в том числе и в Беларуси, все больше внимания уделяется выращиванию кукурузы. Благодаря своим свойствам кукуруза является универсальной культурой и широко используется на кормовые, технические и пищевые цели [1, 2, 3]. В Беларуси кукуруза традиционно возделывается как силосная культура [4]. В отличие от многих трав, содержание энергии в растениях кукурузы выше не только в исходном сырье, но и в готовом силосном корме, что связано с быстрым его концентрированием после скашивания и наличием благоприятной среды для развития направленного молочнокислого брожения.

В Республике Беларусь ежегодно увеличиваются объемы производства кукурузы не только на силос, но и на зерно. Так, в 2010 г. под кукурузой было занято 809,7 тыс. га, из них 111,8 тыс. га на зерно, в 2011 г. – 978,0 тыс. га, в т.ч. на зерно – 184,6 тыс. га, в 2012 г. планируется посеять более 1200, тыс. га кукурузы, в т.ч. на зерно – более 400 тыс. га. Появление новых сортов и гибридов позволило значительно продвинуть зону выращивания кукурузы на север. Однако потенциал

этой ценной культуры используется далеко не полностью. В основном средняя урожайность зеленой массы кукурузы по республике в последнее десятилетие была на уровне 240-260 ц/га и только в 2011 г. достигла 320 ц/га.

Кукуруза требовательна к почвенному плодородию, так как питательные элементы потребляет в течение всего вегетационного периода вплоть до восковой спелости зерна. При возделывании кукурузы целесообразно вносить органические удобрения, обладающие пролонгированным действием и способные обеспечить культуру питательными элементами в течение длительного периода времени. Данные опытов НПЦ НАН Беларуси по земледелию показывают, что если при возделывании кукурузы не применять органические удобрения, то при внесении минеральных туков даже в высоких дозах на легких почвах недобор урожая составляет более 10%. В сравнении с другими зерновыми культурами кукуруза лучше использует последствие органических удобрений [5, 6].

Цель исследований – изучить сравнительную эффективность органических компостов, сапропелей и подстилочного навоза КРС при возделывании кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по изучению эффективности применения органических удобрений под кукурузу проводили в стационарном полевом опыте, заложенном в ГП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области на дерново-подзолистой оглеенной внизу супесчаной почве, развивающейся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 80 см моренным суглинком. Исследуемая почва перед закладкой опыта характеризовалась следующими агрохимическими показателями: pH_{KCl} – 5,51–5,63; содержание гумуса – 2,21-2,41%; P_2O_5 – 155-205 мг/кг; K_2O – 227-246 мг/кг.

Опыт развернут в двух полях, повторность вариантов в опыте – четырехкратная. В 2010–2011 гг. возделывали кукурузу гибрид Дельфин в звене севооборота: кукуруза – яровой рапс – озимое тритикале.

Фосфорные (аммонизированный суперфосфат), калийные (хлористый калий) удобрения вносили весной под предпосевную культивацию, азотные (карбамид) – весной (N_{90}) и в качестве подкормки в фазу 6–8 листьев кукурузы (N_{60}).

Подстилочный навоз КРС, торфо-лигино-соломисто-навозный компост (ТЛСНК), торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компост (ТЖДСНК), сапропели органо-известковистый и кремнеземистый вносили весной под вспашку.

Применяемые органические удобрения характеризовались следующими качественными показателями:

подстилочный навоз КРС: N – 0,43%, P_2O_5 – 0,26%, K_2O – 0,33%, органическое вещество в пересчете на углерод – 9,56%, влажность – 77%;

ТЛСНК: N – 0,43%, P_2O_5 – 0,23%, K_2O – 0,36%, органическое вещество в пересчете на углерод – 10,48%, влажность – 71%;

ТЖДСНК: N – 0,42%, P_2O_5 – 0,36%, K_2O – 0,36%, органическое вещество в пересчете на углерод – 9,78%, влажность – 70%;

сапропель органо-известковистый: N – 0,66%, P_2O_5 – 0,40%, K_2O – 0,39%, органическое вещество в пересчете на углерод – 8,77%, влажность – 48%;

сапропель кремнеземистый: N – 0,57%, P₂O₅ – 0,25%, K₂O – 0,51%, органическое вещество в пересчете на углерод – 6,01%, влажность – 50%.

Дозы органических удобрений (ТЛСНК, ТЖДСНК, сапропелей) выровнены по азоту с учетом его содержания в 60 т/га подстилочного навоза КРС.

Агротехника возделывания кукурузы – общепринятая для Республики Беларусь [7]. Дисперсионный анализ экспериментальных данных выполняли согласно методике полевого опыта Б.А. Доспехова (1985) с использованием компьютерной программы MS Excel. Расчет баланса элементов питания проводили по методике Института почвоведения и агрохимии [8].

В почвенных образцах определяли основные агрохимические показатели по общепринятым методикам: гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91); обменную кислотность pH_{ккл} – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85); подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207-91).

В растительных образцах общий азот, фосфор, калий определяли из одной навески после мокрого озоления серной кислотой; азот – методом Къельдаля (ГОСТ 13496.4–93), фосфор – на фотоэлектроколориметре (ГОСТ 26657–85), калий – на пламенном фотометре (ГОСТ 30504–97), кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре (ГОСТ 26570–95, ГОСТ 305–97).

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

Кукуруза убрана в фазу молочно-восковой спелости. Урожайность зеленой массы по всем вариантам приведена к влажности 75%.

Метеорологические условия в период проведения исследований были в целом благоприятными для роста и развития кукурузы. В сравнении со среднемноголетними данными вегетационный период 2010 г. оказался более засушливым и характеризовался более высокими температурами. ГТК за период вегетации составил 1,4 при среднемноголетнем 1,6. 2011 г. при благоприятном температурном режиме характеризовался неравномерным выпадением осадков. В начале вегетации осадков выпало значительно меньше нормы, а в июне вдвое больше нормы (ГТК вегетационного периода – 1,5).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ урожайных данных зеленой массы кукурузы показал, что погодные условия в 2011 г. были более благоприятны для роста и развития растений, чем в 2010 г. В среднем по опытным вариантам в погодных условиях 2011 г. урожайность зеленой массы кукурузы составила 622 ц/га, в 2010 г. – 534 ц/га, или на 16,4% меньше (табл. 1).

В среднем за 2010-2011 гг. за счет плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы, при соблюдении основных элементов технологии возделывания кукурузы урожайность зеленой массы составила 371 ц/га.

Внесение органических и минеральных удобрений достоверно увеличивало урожайность зеленой массы кукурузы. Прибавка от внесения N90+60P60K140 составила 179 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 53 кг зеленой массы кукурузы.

2. Плодородие почв и применение удобрений

Внесение подстилочного навоза КРС и компостов в дозах, выровненных по азоту, способствовало дополнительному сбору 159-171 ц/га зеленой массы при окупаемости 1 т подстилочного навоза 272 кг, 1 т ТЛСНК – 265 кг, 1 т ТЖДСНК – 285 кг зеленой массы. Прибавка урожайности от внесенных доз подстилочного навоза и компостов была аналогична прибавке, полученной в варианте с внесением N90+60P60K140.

Наиболее высокая урожайность зеленой массы кукурузы получена в вариантах с органоминеральной системой удобрения и составила 636-662 ц/га. За счет внесения минеральных удобрений на фоне подстилочного навоза и компостов получено 120-130 ц/га зеленой массы кукурузы, при этом 1 кг NPK, содержащийся в органических удобрениях обеспечил 16-18 кг зеленой массы, 1 кг NPK минеральных удобрений – 35-38 кг.

Внесение N90+60P60K140 на фоне кремнеземистого и органо-известковистого сапропелей по сравнению с вариантом без удобрений обеспечило дополнительный сбор 265-267 ц/га зеленой массы кукурузы при окупаемости 1 т сапропеля 191-220 кг зеленой массы.

Результаты, полученные в ходе исследований, показали, что торфо-лигниносоломисто-навозный, торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компосты, сапропели и подстилочный навоз, внесенные в эквивалентных по азоту дозах, по влиянию на урожайность были равнозначны. Разница в урожайности находится в пределах НСР₀₅.

Таблица 1

Влияние органических удобрений на урожайность зеленой массы кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Урожайность зеленой массы, ц/га			Прибавка, ц/га		Окупаемость удобрений, кг зеленой массы	
	2010 г.	2011 г.	среднее за 2 года	от органических удобрений	от NPK	от органических удобрений	1 кг д.в. NPK
Без удобрений	343	398	371	–	–	–	–
N90+60P50K140 – Фон	500	599	550	–	179	–	53
Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	492	576	534	163	–	272	–
Фон + Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	604	712	658	108	124	180	36
ТЛСНК, 60 т/га	484	576	530	159	–	265	–
Фон + ТЛСНК, 60 т/га	598	721	660	110	130	183	38
ТЖДСНК, 60 т/га	500	583	542	171	–	285	–
Фон + ТЖДСНК, 60 т/га	612	712	662	112	120	187	35
Фон + Сапропель кремнеземистый, 45 т/га	602	670	636	86	–	191	–
Фон + Сапропель органо-известковистый, 40 т/га	607	669	638	88	–	220	–
НСР ₀₅	24	42	23				

В среднем за два года доля почвенного плодородия в формировании урожайности зеленой массы кукурузы составила 57%, органических удобрений – 16%,

минеральных удобрений – 19%, за счет эффекта взаимодействия органических и минеральных удобрений получено 8% урожая (рис. 1).

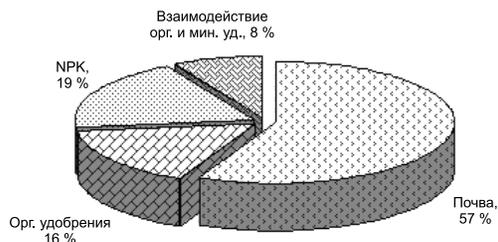


Рис. 1. Роль отдельных факторов в формировании урожайности зеленой массы кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве

Полученные данные по химическому составу зеленой массы кукурузы показывают, что внесение удобрений оказывало влияние на содержание элементов питания (табл. 2). Статистически значимым явилось увеличение показателей по содержанию азота, калия и кальция.

В вариантах с органической системой удобрения достоверное увеличение содержания азота в зеленой массе установлено только при внесении торфо-жомо-дефекато-соломистого компоста (на 0,11%). Применение минеральной системы удобрения способствовало увеличению содержания азота на 0,20% по сравнению с неудобренным вариантом.

В вариантах с органоминеральной системой удобрения содержание азота в зеленой массе по сравнению с вариантом без удобрений увеличилось на 0,18-0,25%, по сравнению с вариантом с односторонним внесением минеральных удобрений изменение содержания азота в зеленой массе было недостоверным. Аналогичная закономерность отмечена и в изменении содержания калия в зеленой массе кукурузы. Наибольшее накопление калия установлено в вариантах с минеральной и органоминеральной системами удобрения – 2,26-2,46%.

Таблица 2

Влияние удобрений на содержание основных элементов питания в зеленой массе кукурузы, % в сухом веществе (среднее за 2010-2011 гг.)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Без удобрений	1,40	0,64	1,97	0,15	0,18
N90+60P50K140 – Фон	1,60	0,65	2,32	0,13	0,16
Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	1,41	0,69	2,10	0,18	0,17
Фон + Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	1,64	0,73	2,37	0,17	0,17
ТЛСНК, 60 т/га	1,35	0,68	2,00	0,16	0,19
Фон + ТЛСНК, 60 т/га	1,58	0,68	2,33	0,16	0,19
ТЖДСНК, 60 т/га	1,51	0,68	2,01	0,22	0,20
Фон + ТЖДСНК, 60 т/га	1,65	0,73	2,33	0,22	0,19
Фон + Сапрпель кремнеземистый, 45 т/га	1,65	0,66	2,46	0,22	0,20
Фон + Сапрпель органо-известковистый, 40 т/га	1,62	0,68	2,26	0,22	0,20
НСР ₀₅	0,10	0,10	0,13	0,05	0,05

2. Плодородие почв и применение удобрений

С увеличением поступления количества фосфора с вносимыми удобрениями наблюдалась тенденция увеличения его содержания в зеленой массе, однако влияние видов применяемых удобрений на накопление данного элемента питания было равнозначным.

Существенное увеличение (на 0,07%) содержания кальция в зеленой массе кукурузы отмечено в вариантах с внесением торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозного компоста и сапропелей.

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 общий вынос элементов питания зависел от доз вносимых удобрений, урожайности и содержания элементов питания в основной и побочной продукции. Минимальный вынос элементов питания с урожаем зеленой массы кукурузы отмечен в варианте без удобрений, где из почвы вынесено азота 128 кг/га, фосфора – 59, калия – 182 кг/га (табл. 3). Применение минеральных удобрений увеличило общий вынос азота на 88 кг/га, фосфора – на 30, калия – на 138 кг/га. Применение подстилочного навоза и компостов по сравнению с неудобренным вариантом способствовало увеличению общего выноса азота на 45-72 кг/га, фосфора – на 30-33, калия – на 83-99 кг/га. Максимальный хозяйственный вынос отмечен в вариантах с органоминеральной системой удобрения: азот – 256-269 кг/га, фосфор – 105-120, калий – 359-391 кг/га.

Таблица 3

Вынос элементов питания зеленой массой кукурузы в зависимости от применяемых удобрений на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Хозяйственный вынос, кг/га			Удельный вынос, кг/т		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений	128	59	182	3,4	1,6	4,9
N90+60P50K140 – Фон	216	89	320	3,9	1,6	5,8
Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	184	92	281	3,4	1,7	5,3
Фон + Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	265	119	390	4,0	1,8	5,9
ТЛСНК, 60 т/га	173	89	265	3,3	1,7	5,0
Фон + ТЛСНК, 60 т/га	256	111	385	3,9	1,7	5,8
ТЖДСНК, 60 т/га	200	92	271	3,7	1,7	5,0
Фон + ТЖДСНК, 60 т/га	269	120	386	4,1	1,8	5,8
Фон + Сапрпель кремнеземистый, 45 т/га	261	105	391	4,1	1,7	6,1
Фон + Сапрпель органоминеральный, 40 т/га	256	107	359	4,0	1,7	5,6
Среднее	221	98	323	3,8	1,7	5,5

Для расчета баланса элементов питания, а также доз удобрений важным и достаточно стабильным показателем является удельный (нормативный) вынос питательных элементов с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции. Установлено, что удельный вынос основных элементов питания мало изменялся по вариантам опыта. В среднем по опыту с 1 т зеленой массы кукурузы 75% влажности вынос азота составил 3,8 кг, фосфора – 1,7 кг, калия – 5,5 кг (табл. 3).

Научные основы применения удобрений в земледелии базируются на познании круговорота веществ и их баланса. Дефицит элементов питания и, соответственно, возможное истощение почвенных запасов определяется на основе балансовых расчетов (путем сопоставления приходных статей элементов питания с расходными статьями), которые являются одним из способов проверки предполагаемой системы удобрения. Расчеты показали, что при урожайности зеленой массы кукурузы 550 ц/га применение минеральных удобрений в дозе N90+60P60K140 было недостаточным для обеспечения бездефицитного баланса элементов питания (табл. 4). Положительный баланс азота и фосфора отмечен во всех вариантах, где вносили органические удобрения. При возделывании сельскохозяйственных культур на зеленую массу очень сложно достичь положительного баланса по калию, т.к. чем больше вносится данного элемента с удобрениями, тем выше его содержание в растениях, а на легких почвах еще увеличивается и миграция вниз по профилю. В наших исследованиях бездефицитный баланс калия не обеспечила ни одна из изучаемых систем удобрения.

Установлено, что применение навоза, компостов и сапропеля позволило вернуть в почву 74-112% азота, 107-235% фосфора и 41-76% калия, вынесенных с урожаем.

Таблица 4

Баланс элементов питания при возделывании кукурузы на зеленую массу на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	баланс, ± кг/га	реутилизация, %	баланс, ± кг/га	реутилизация, %	баланс, ± кг/га	реутилизация, %
Без удобрений	-116,2	0	-57,1	0	-199,7	0
N90+60P50K140 – Фон	-77,4	0	-27,7	0	-197,6	0
Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	47,1	107	65,9	170	-100,4	66
Фон + Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	92,7	75	98,5	131	-69,0	48
ТЛСНК, 60 т/га	58,0	112	110,7	155	-66,0	76
Фон + ТЛСНК, 60 т/га	102,0	77	88,3	124	-46,2	53
ТЖДСНК, 60 т/га	30,9	101	185,8	235	-72,5	74
Фон + ТЖДСНК, 60 т/га	89,5	74	157,7	180	-47,6	53
Фон + Сапропель кремнеземистый, 45 т/га	95,9	75	69,5	107	-38,5	56
Фон + Сапропель органо-известковистый, 40 т/га	107,0	78	114,3	149	-80,5	41

ВЫВОДЫ

1. При возделывании кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве торфо-лигново-соломисто-навозный, торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компосты и подстилочный навоз, внесенные в эквивалентных по азоту дозах, по влиянию на урожайность были равнозначны и обеспечили дополнительный сбор зеленой массы на уровне 159-171 ц/га при окупаемости 1 т подстилочного навоза 272 кг, 1 т ТЛСНК – 265 кг, 1 т ТЖДСНК – 285 кг зеленой массы.

2. Плодородие почв и применение удобрений

Наибольшая урожайность зеленой массы кукурузы получена в вариантах с органоминеральной системой удобрения и составила 636-662 ц/га, при этом 1 кг NPK, содержащийся в органических удобрениях обеспечил получение 16-18 кг зеленой массы, 1 кг NPK минеральных удобрений – 35-38 кг.

2. В среднем за два года доля почвенного плодородия в формировании урожайности зеленой массы кукурузы составила 57%, органических удобрений – 16%, минеральных удобрений – 19%, за счет эффекта взаимодействия органических и минеральных удобрений получено 8% урожая.

3. Вынос основных элементов питания с 1 т зеленой массы кукурузы 75% влажности мало изменялся по вариантам и в среднем по опыту составил: азот – 3,8 кг, фосфор – 1,7 кг, калий – 5,5 кг.

4. Применение минеральных удобрений в дозе N90+60P60K140 было недостаточным для обеспечения бездефицитного баланса элементов питания. Положительный баланс азота и фосфора отмечен во всех вариантах, где вносили органические удобрения, бездефицитный баланс калия не обеспечила ни одна из изучаемых систем удобрения.

Применение навоза, компостов и сапропеля позволило вернуть в почву 74-112% азота, 107-235% фосфора и 41-76% калия, вынесенных с урожаем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Надточаев, Н.Ф. Кукуруза на полях Беларуси / Н.Ф. Надточаев. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 412 с.
2. Шпаар, Д. Кукуруза / Д. Шпаар и [и др.]. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 192 с.
3. Smith, C.W. Corn: Origin, History, Technology and Production / C.W. Smith, J. Betran, E.C. Rung. – John Wiley and Sons, 2004. – 949 p.
4. Справочник агронома / А.Н. Анохин [и др.] – Минск: Ураджай, 1982 – 386 с.
5. Надточаев, Н.Ф. Досье на кукурузу. В помощь агроному / Н.Ф. Надточаев // Белорусское сельское хозяйство – 2003 – № 4. – С.37-38.
6. Надточаев, Н.Ф. Кукуруза в Беларуси / Н.Ф. Надточаев, Л.П. Шиманский, М.А. Мелешкевич // Кукуруза и сорго. – 2008. – № 4 – С. 22-24.
7. Методика расчета элементов питания в земледелии Республики Беларусь / Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 24 с.
8. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов / Ин-т аграрной экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Бел. наука, 2005. – С. 270-281.

MAISE RESPONSIVENESS TO THE USE OF ORGANIC FERTILIZERS VARIOUS TYPES IN THE CULTIVATION ON SOD-PODSOLIC SANDY LOAM SOIL

T.M. Seraya, O.M. Biryukova, E.N. Bogatyreva, E.G. Mezentseva

Summary

The comparative efficacy of organic composts, sapropel and litter cattle manure in the maize green mass cultivation on sod-podzolic sandy loam soil is studied.

Поступила 18 мая 2012 г.

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

Т.М. Серая, Е.Г. Мезенцева, Е.Н. Богатырева, О.М. Бирюкова, Р.Н. Бирюков
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Баланс питательных веществ в системе почва-растение-удобрение составляет часть общего процесса взаимодействия элементов питания. Показатели баланса отражают пути превращения и расхода питательных веществ минеральных и органических удобрений, долю элементов питания, продуктивно используемую и отчуждаемую растениями из почвы и воспроизводимую за счет органических и минеральных удобрений. В современной земледелии вынос элементов питания многократно превышает их поступление в почву, что ведет к резкому нарушению одного из основных законов земледелия – закона возврата – и некомпенсированному расходу ресурсов почвенного плодородия. Интенсивное использование почв пахотных земель под полевыми севооборотами снижает потенциальное плодородие почвы: уменьшается содержание гумуса, повышается кислотность, снижается количество питательных легкоусвояемых веществ [1-3].

В этой связи незаменима роль органических удобрений в круговороте и балансе биогенных элементов в земледелии. В общем балансе элементов питания, вносимых ежегодно под сельскохозяйственные культуры, на долю органических удобрений приходится от 30 до 40%, при этом около 75% органических удобрений от внесенного количества минерализуется, оказывая влияние на изменение агрохимических показателей почвы и участвуя в питании растений. Остальное количество органических удобрений (25%) гумифицируется и идет на восполнение потерь гумуса при возделывании сельскохозяйственных культур [4].

Стандартным органическим удобрением является подстилочный навоз, однако нужно учитывать затратность его транспортировки на удаленные поля. Запашка соломы возделываемых культур может стать альтернативой солоmistому навозу. Солома без остатка повторно включается в круговорот минерального и органического питания растений для формирования новой биомассы. Однако данных по оценке влияния запашки соломы на баланс элементов питания, агрохимические свойства почвы и урожайность культур недостаточно [5].

Цель исследований – оценить влияние органической, минеральной и органоминеральной систем удобрения на баланс элементов питания и агрохимические показатели дерново-подзолистой супесчаной почвы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2006-2011 гг. в ГП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области. Почва опытного участка

2. Плодородие почв и применение удобрений

дерново-подзолистая, оглеенная внизу, супесчаная, развивающаяся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 80 см моренным суглинком. Пахотный слой перед закладкой опыта характеризовался следующими агрохимическими показателями: pH_{KCl} 5,6-5,9, содержание подвижных форм P_2O_5 – 140-160 мг/кг, K_2O – 160-180 мг/кг почвы, гумуса – 2,23–2,52%.

Опыт проводили в пятипольном севообороте со следующим чередованием культур: кукуруза на зеленую массу (з.м.) – рапс яровой – озимое тритикале – люпин узколистный на зерно – ячмень яровой. Агротехника возделывания изучаемых культур – общепринятая для Республики Беларусь [6]. Повторность вариантов в опыте 4-кратная. Общая площадь делянки – 72 м², учетная – 48 м².

Опыт развернут на двух уровнях: без заправки соломы и на фоне заправки соломы возделываемых культур. За ротацию севооборота в зависимости от вариантов опыта было запахано в почву соломы возделываемых культур (рапса, тритикале, люпина и ячменя) от 8,3 до 15,7 т/га. С этим количеством соломы в почву было внесено 3,3-6,2 т/га углерода, 62-125 кг/га азота, 26-52 кг фосфора, 133-318 кг/га калия, 40-78 кг/га кальция и 19-34 кг/га магния.

При заправке соломы для создания оптимального соотношения C/N в почву было дополнительно внесено 48-116 кг/га азота в зависимости от количества запахиваемой соломы. В результате, в пересчете на условный навоз, за ротацию севооборота за счет заправки соломы с учетом дополнительного азота в почву было внесено 29-55 т/га условного навоза.

Подстилочный навоз КРС (подстилка – солома) в дозах 20, 40 и 60 т/га вносили под кукурузу. В 1 т подстилочного навоза на естественную влажность содержалось 108 кг органического углерода, 5,0 кг азота, 2,5 кг фосфора и 5,0 кг калия. Суперфосфат аммонизированный и калий хлористый вносили под культивацию. Азотные удобрения (карбамид) в зависимости от культуры вносили под предпосевную культивацию и в подкормки. Дозы минеральных удобрений: под кукурузу – N90+30P60K120, рапс – N80+30P60K120, тритикале – N 70+30P60K120, люпин – N13P50K110, ячмень – N60+30P60K120. В целом за севооборот внесено N433P290K590, среднегодовая доза составила N7P58K118.

Определение агрохимических показателей почвы проводили по общепринятым методикам: гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91); pH_{KCl} – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85); подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207-91); обменные кальций и магний в 1 М KCl – вытяжке с определением на атомно-абсорбционном спектрофотометре AAS-30 (ГОСТ 26487-85).

Химический анализ подстилочного навоза КРС выполнен в соответствии с государственными отраслевыми стандартами: определение влаги и сухого остатка по ГОСТ 26713–85, золы – по ГОСТ 2671485, органического вещества – по ГОСТ 27980–88, общего азота – по ГОСТ 26715–85, общего фосфора – по ГОСТ 26717–85, общего калия – по ГОСТ 26718–85.

В растительных образцах общий азот, фосфор, калий определяли из одной навески после мокрого озоления серной кислотой; азот – методом Кьельдаля (ГОСТ 13496.4–93); фосфор – на фотоэлектроколориметре (ГОСТ 26657–85); калий – на пламенном фотометре (ГОСТ 30504–97); кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре (ГОСТ 26570–95, ГОСТ 305–97).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Продуктивность севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве в значительной степени зависела от применяемых систем удобрения. В целом продуктивность севооборота на фоне без заправки соломы в варианте без применения удобрений составила 267,5 ц к.ед. или 53,5 ц к.ед. в год.

При минеральной системе удобрения со среднегодовой дозой N87P58K118 получено 84,3 ц к.ед./га при окупаемости 1 кг NPK 11,7 к.ед. При органической системе удобрения (60 т/га навоза под кукурузу) получено в среднем в год 71,7 ц к.ед. Максимальную продуктивность севооборота обеспечило внесение полного минерального удобрения ($N_{433}P_{290}K_{590}$) на фоне 40 и 60 т/га навоза – 453,4 и 473,9 ц к.ед./га. Среднегодовая продуктивность при этом составила в среднем по опыту 92,8 ц к.ед./га при окупаемости 1 кг NPK минеральных удобрений 9,0 к.ед., 1 т подстилочного навоза КРС – 83,5 к.ед. [7].

Заправка соломы возделываемых культур в севообороте не оказала существенного влияния на его продуктивность по сравнению с аналогичными вариантами без заправки соломы.

Научные основы применения удобрений в земледелии базируются на познании круговорота веществ и их баланса. Для обоснования наиболее эффективных систем удобрения и целенаправленного регулирования почвенного плодородия рассчитывается хозяйственный баланс, интенсивность баланса и реутилизация основных элементов питания.

Интенсивные процессы минерализации гумуса, характерные для дерново-подзолистых почв, определили неблагоприятный баланс гумуса за ротацию севооборота. Установлено, что на фоне без заправки соломы при продуктивности севооборота 267,5-473,9 ц к.ед. минерализация гумуса в зависимости от системы удобрения составила 5551-7479 кг/га. Наибольшие значения минерализации гумуса отмечены в вариантах с максимальными дозами удобрений. За счет пожнивнокорневых остатков за ротацию севооборота восстановилось 2315-3653 кг/га гумуса, за счет гумификации навоза в почве образовалось 800-2400 кг/га гумуса. Внесение органических и минеральных удобрений несколько снижало дефицит гумуса в почве, однако баланс гумуса оставался отрицательным во всех изучаемых вариантах.

Не оказав существенного влияния на продуктивность севооборота, заправка соломы оказала положительное влияние на баланс гумуса (табл. 1).

На фоне заправки соломы минерализация гумуса за ротацию севооборота и его образование за счет пожнивнокорневых остатков и навоза были аналогичны данным, полученным на фоне без заправки соломы. Однако с запаханной соломой за севооборот в почву поступило углерода от 3,3 до 6,2 т/га, что способствовало увеличению приростных статей гумуса на 1295-2346 кг/га, и в результате в вариантах с органоминеральной системой удобрения с дозой навоза 40-60 т/га за севооборот получен положительный баланс гумуса.

Высокие показатели продуктивности севооборота определили отрицательный баланс основных элементов питания. Закономерно, что при отрицательном балансе гумуса получен и отрицательный баланс азота (табл. 2). Небольшой положительный баланс фосфора (11-70 кг/га) отмечен только в вариантах с внесением полного минерального удобрения на фоне 20-60 т/га навоза. Положительный ба-

2. Плодородие почв и применение удобрений

ланс калия (27-208 кг/га) обеспечен внесением за севооборот N433P290K590 как на безнавозном фоне, так и на фоне применения органических удобрений.

Установлено, что при органоминеральной системе удобрения с внесением 60 т/га навоза в почву возвращается 25% азота, 42% фосфора, 46% калия, 53% кальция и 38% магния, вынесенных с урожаем.

Запашка соломы возделываемых в севообороте культур обеспечила более благоприятный баланс основных элементов питания по сравнению с вариантами, где солома убиралась с поля. На фоне запашки соломы в вариантах с органо-минеральной и минеральной системами удобрения достигнут положительный баланс азота, где интенсивность баланса по азоту составила 109-129% (табл. 2). Реутилизация азота в зависимости от варианта опыта составила 12-47%, в том числе за счет запашки соломы – 12%.

С запаханной соломой за ротацию севооборота в почву поступило в зависимости от варианта опыта 26-52 кг P_2O_5 на 1 га. В результате положительный баланс фосфора достигнут в вариантах с применением полного минерального удобрения не только на фоне навоза, но и без него при интенсивности баланса 106-135%. Реутилизация фосфора составила 13-55%.

Таблица 1

Баланс гумуса за ротацию севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве (с запашкой соломы)

Вариант	Минерализация, кг/га	Гумификация, кг/га			Баланс гумуса, кг/га
		пожнивнo-корневые остатки	навоз	солома	
Без удобрений	5876	2392	–	1295	-2189
N433	5527	3072	–	1858	-597
N433P290K590	6234	3425	–	1998	-811
Навоз КРС, 20 т/га – Фон 1	5521	2465	800	1581	-675
Фон 1+N433	6003	3124	800	1873	-206
Фон 1+ N433P290K590	6632	3460	800	2107	-265
Навоз КРС, 40 т/га – Фон 2	6034	2727	1600	1663	-44
Фон 2+N433	6347	3309	1600	1934	496
Фон 2+ N433P290K590	6968	3549	1600	2213	394
Навоз КРС, 60 т/га – Фон 3	6320	2855	2400	1696	630
Фон 3+N433	6678	3371	2400	2108	1201
Фон 3+ N433P290K590	7451	3688	2400	2346	984

Таблица 2

Баланс элементов питания за севооборот на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	N		P_2O_5		K_2O	
	баланс, ± кг/га	реутилизация, %	баланс, ± кг/га	реутилизация, %	баланс, ± кг/га	реутилизация, %
без запашки соломы						
Без удобрений	-241	–	-186	–	-342	–
N433	-58	–	-273	–	-484	–
N433P290K590	-127	–	-32	–	27	–

Вариант	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	баланс, ± кг/га	реутили- зация, %	баланс, ± кг/га	реутили- зация, %	баланс, ± кг/га	реутили- зация, %
Навоз КРС, 20 т/га – Фон 1	-222	13	-160	23	-287	24
Фон 1 + N433	-47	9	-250	16	-409	19
Фон 1 + N433P290K590	-96	9	11	15	95	17
Навоз КРС, 40 т/га – Фон 2	-198	24	-135	41	-220	44
Фон 2 + N433	-20	18	-216	31	-347	35
Фон 2 + N433P290K590	-66	17	38	28	147	30
Навоз КРС, 60 т/га – Фон 3	-178	34	-108	56	-149	61
Фон 3 + N433	28	26	-183	44	-284	49
Фон 3 + N433P290K590	-37	24	70	40	208	43
на фоне заправки соломы						
Без удобрений	-112	12	-149	14	-207	33
N433	137	12	-224	15	-289	37
N433P290K590	74	12	18	13	266	38
Навоз КРС, 20 т/га – Фон 1	-83	26	-124	38	-121	61
Фон 1 + N433	163	22	-194	31	-193	57
Фон 1 + N433P290K590	122	21	60	28	368	57
Навоз КРС, 40 т/га – Фон 2	-45	37	-93	57	-27	83
Фон 2 + N433	212	30	-158	46	-108	74
Фон 2 + N433P290K590	173	29	95	42	454	72
Навоз КРС, 60 т/га – Фон 3	-11	47	-66	72	57	100
Фон 3 + N433	269	39	-122	60	-20	88
Фон 3 + N433P290K590	214	37	130	55	540	86

Больше всего с соломой в почву за севооборот поступило калия – 133-318 кг/га. Тем не менее, бездефицитный баланс калия без внесения калийных удобрений достигнут только в варианте с органической системой удобрения при дозе навоза 60 т/га, где реутилизация калия составила 100%. В варианте без применения удобрений за счет запаханной соломы реутилизация калия составила 33% при интенсивности баланса 48%.

С соломой в почву также поступило 40-78 кг/га кальция и 19-34 кг/га магния, что способствовало существенному уменьшению отрицательного баланса данных элементов.

Балансовые методы расчета позволяют лишь приблизительно оценить влияние изучаемых систем удобрения на состояние плодородия почвы, более точным критерием оценки является фактическое изменение содержания основных элементов питания за ротацию севооборота (табл. 3). Установлено, что на дерново-подзолистой супесчаной почве на фоне без заправки соломы возделывание культур без применения удобрений способствовало снижению содержания гумуса в почве за ротацию севооборота на 0,14% (табл. 3). Органическая система удобрения обеспечила стабилизацию гумуса на исходном уровне, увеличение дозы органических удобрений в 3 раза (с 20 до 60 т/га) позволило лишь уменьшить потери гумуса с 0,12 до 0,06%. При органоминеральной системе удобрения также отмечена тенденция замедления темпов потери гумуса.

2. Плодородие почв и применение удобрений

За период исследований обменная кислотность почвы увеличилась по всем вариантам опыта на 0,01-0,07 ед. pH_{KCl} в зависимости от применяемой системы удобрения. Наибольшее подкисление почвы отмечено при минеральной системе удобрения, органические удобрения незначительно замедляли этот процесс (табл. 4).

Исследования показали, что при высокой продуктивности севооборота среднегодовое внесение 58 кг/га д.в. фосфорных удобрений было недостаточным для поддержания подвижных форм фосфора в почве на исходном уровне. Лишь при внесении полного минерального удобрения на фоне навоза получено незначительное превышение к исходному содержанию подвижных форм фосфора в почве (+5-+11 мг/кг).

Максимальное снижение содержания подвижных форм калия отмечено в вариантах без калийных удобрений (22-49 мг/кг). Применение полного минерального удобрения со среднегодовой дозой калия 118 кг/га как отдельно, так и на фоне 20-60 т/га навоза обеспечила небольшое увеличение подвижных форм его в почве (6-27 мг/кг).

Таблица 3

Влияние удобрений на изменение содержания гумуса в дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Без заправки соломы			С заправкой соломы			За счет соломы, ±
	гумус, %						
	2006 г.	2011 г.	±	2006 г.	2011 г.	±	
Без удобрений	2,50	2,36	-0,14	2,50	2,41	-0,09	0,05
N433	2,28	2,18	-0,10	2,52	2,46	-0,06	0,04
N433P290K590	2,27	2,19	-0,08	2,32	2,28	-0,04	0,04
Навоз КРС, 20 т/га – Фон 1	2,33	2,21	-0,12	2,39	2,31	-0,08	0,04
Фон 1 + N433	2,28	2,21	-0,07	2,24	2,23	-0,01	0,06
Фон 1 + N433P290K590	2,30	2,24	-0,06	2,23	2,24	0,01	0,05
Навоз КРС, 40 т/га – Фон 2	2,45	2,35	-0,10	2,27	2,23	-0,04	0,06
Фон 2 + N433	2,44	2,39	-0,05	2,25	2,26	0,01	0,04
Фон 2 + N433P290K590	2,48	2,42	-0,06	2,25	2,26	0,01	0,05
Навоз КРС, 60 т/га – Фон 3	2,30	2,24	-0,06	2,39	2,38	-0,01	0,05
Фон 3 + N433	2,50	2,45	-0,05	2,29	2,28	-0,01	0,04
Фон 3 + N433P290K590	2,33	2,29	-0,04	2,27	2,28	0,01	0,03
НСП ₀₅	0,11	0,12		0,12	0,12		

Таким образом, на дерново-подзолистой супесчаной почве при высокой продуктивности севооборота (473,9 ц к.ед.) внесение N433P290K590 на фоне 60 т/га навоза было недостаточным для сохранения содержания гумуса в почве на исходном уровне, эта доза удобрений обеспечила только небольшой прирост подвижных форм фосфора и калия.

Установлено положительное влияние заправленной соломы на динамику основных агрохимических показателей почвенного плодородия (табл. 4). За счет заправки соломы содержание гумуса в почве увеличилось на 0,04-0,06%, подвижных форм P_2O_5 – на 8-16 мг/кг, K_2O – на 20-29 мг/кг. Заправка соломы способствовала бездефицитному балансу гумуса при органо-минеральной системе удобрения с дозой навоза 20 т/га.

Влияние систем удобрения на изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой супесчаной почвы

Вариант	рН _{KCl}			P ₂ O ₅ , мг/кг			K ₂ O, мг/кг		
	2006 г.	2011 г.	±	2006 г.	2011 г.	±	2006 г.	2011 г.	±
без заправки соломы									
Без удобрений	5,92	5,86	-0,06	163	141	-22	164	125	-39
N433	5,96	5,89	-0,07	159	122	-37	184	137	-47
N433P290K590	5,71	5,64	-0,07	152	148	-4	148	154	6
Навоз КРС, 20 т/га – Фон 1	5,62	5,58	-0,04	163	144	-19	185	160	-25
Фон 1+N433	5,65	5,60	-0,05	169	138	-31	187	138	-49
Фон 1+ N433P290K590	5,66	5,62	-0,04	163	168	5	169	175	6
Навоз КРС, 40 т/га – Фон 2	5,91	5,89	-0,02	150	133	-17	167	140	-27
Фон 2+N433	5,92	5,89	-0,03	165	138	-27	186	153	-33
Фон 2+ N433P290K590	5,94	5,91	-0,03	147	155	8	163	172	9
Навоз КРС, 60 т/га – Фон 3	5,98	5,97	-0,01	159	142	-17	157	135	-22
Фон 3+N433	5,84	5,81	-0,03	176	153	-23	176	150	-26
Фон 3+ N433P290K590	5,88	5,86	-0,02	151	162	11	171	198	27
НСР ₀₅	0,22	0,23		8	10		10	12	
на фоне заправки соломы									
Без удобрений	5,66	5,63	-0,03	149	140	-9	159	140	-19
N433	5,77	5,73	-0,04	162	141	-21	168	145	-23
N433P290K590	5,78	5,74	-0,04	142	146	4	162	189	27
Навоз КРС, 20 т/га – Фон 1	5,93	5,91	-0,02	151	144	-7	172	169	-3
Фон 1+N433	6,08	6,06	-0,02	163	147	-16	149	126	-23
Фон 1+ N433P290K590	6,23	6,2	-0,03	158	171	13	154	189	35
Навоз КРС, 40 т/га – Фон 2	6,04	6,03	-0,01	160	154	-6	162	161	-1
Фон 2+N433	5,78	5,77	-0,01	152	135	-17	166	154	-12
Фон 2+ N433P290K590	5,97	5,95	-0,02	165	182	17	152	190	38
Навоз КРС, 60 т/га – Фон 3	6,06	6,07	0,01	163	157	-6	173	176	3
Фон 3+N433	5,49	5,49	0	153	144	-9	171	166	-5
Фон 3+ N433P290K590	5,50	5,49	-0,01	161	184	23	162	211	49
НСР ₀₅	0,25	0,27		10	9		11	12	

ВЫВОДЫ

1. На дерново-подзолистой супесчаной почве органоминеральная система удобрения при максимальной продуктивности севооборота кукуруза – яровой рапс – озимое тритикале – люпин узколистный – ячмень на уровне 473,9 ц/га определила отрицательный баланс гумуса при слаболожительном балансе фосфора и калия. Заправка соломы обеспечила более благоприятный баланс основных элементов питания, при этом расчетный положительный баланс гумуса (+394...+1201 кг/га) получен при внесении N433P290K590 на фоне 40-60 т/га навоза.

2. Фактическое содержание гумуса в почве на фоне без заправки соломы за ротацию севооборота без применения удобрений уменьшилось на 0,14%. Органическая система удобрения способствовала снижению потерь гумуса до 0,06%. Со-

2. Плодородие почв и применение удобрений

держание подвижных форм фосфора и калия за ротацию севооборота осталось на исходном уровне только в вариантах, где вносили данные элементы в составе минеральных удобрений. В остальных вариантах содержание подвижных форм фосфора уменьшилось на 17-37 мг/кг, калия – на 22-49 мг/кг.

Запашка соломы возделываемых культур (8,3-15,7 т/га) обеспечила поступление в почву 3,3-6,2 т/га углерода, 62-125 кг/га азота, 26-52 кг фосфора, 133-318 кг/га калия, 40-78 кг/га кальция и 19-34 кг/га магния, что в свою очередь обеспечило повышение содержания гумуса в почве на 0,04-0,07%, подвижных форм фосфора – на 8-16 мг/кг, калия – на 20-29 мг/кг.

3. Внесение навоза 20-60 т/га и запашка соломы 8,3-15,7 т/га обеспечили возвращение в почву 21-47% азота, 28-72% фосфора, 57-100% калия, вынесенного с урожаем возделываемых в севообороте культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В.В. Лапа [и.др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2007. – 26 с.
2. Еськов, А.И. Повысить эффективность использования органических удобрений / А.И. Еськов // Земледелие. – 2008 – № 4. – С. 18-19.
3. Корчагин, В.А. О воспроизводстве почвенного плодородия / В.А. Корчагин, О.В. Терентьев // Аграрная наука. – 2007. – № 3. – С. 10-11.
4. Применение органических удобрений в севооборотах: рекомендации / В.В. Лапа [и.др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2006. – 20 с.
5. Применение соломы и минеральных удобрений в зернопропашном севообороте / И.М. Землянов // Земледелие. – № 5. – 2008. – С. 18-19.
6. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отрас. регламентов / под общ. ред. В. Г. Гусакова. – Минск: Белорус. науча, 2005. – 462 с.
7. Влияние систем удобрения на продуктивность севооборота на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве / Т.М. Серая [и.др.]. // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2011. – № 3. – С. 40-45.

INFLUENCE OF FERTILIZER SYSTEMS BALANCE OF NUTRIENTS AND AGROCHEMICAL INDEXES OF SOD-PODZOLIC LOAMY SAND SOIL

T.M. Seraya, E.G. Mezentseva, E.N. Bogatyreva,
O.M. Biryukova, R.N. Biryukov

Summary

On sod-podzolic sand soil at high efficiency of crop rotation (473,9 centner of fodder unit) N433P290K590 application against 60 t/hectare of manure was insufficient for preservation of humus content in soil at initial level, this rate of fertilizers has provided only a small gain of mobile forms of phosphorus and potassium.

Due to tillage of straw the humus content in soil has increased on 0,04-0,07%, mobile forms P₂O₅ – on 8-16 mg/kg, K₂O – on 20-29 mg/kg.

Поступила 17 апреля 2012 г.

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ И УГЛЕРОДА В СОЛОМЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ПРОЦЕССЕ ЕЕ ТРАНСФОРМАЦИИ В ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

**Е.Н. Богатырева, Т.М. Серая, Е.Г. Мезенцева,
О.М. Бирюкова, Р.Н. Бирюков**

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время применение интенсивных систем земледелия в сложившейся экономической ситуации особенно остро требует разработки технологических приемов возделывания культур на основе рентабельности производства сельскохозяйственной продукции. Значительным резервом в улучшении оптимизации аграрных биоценозов в условиях изменения структуры посевных площадей и переходом на бесподстилочное содержание скота является запашка соломы в качестве органического удобрения. Использование этого агротехнического приема оказывает положительное влияние на гумус, обогащая почву органическим веществом; повышает биологическую активность почвы, являясь доступным энергетическим материалом для почвенной микрофлоры; улучшает агрохимические показатели почвенного плодородия за счет поступления биофильных элементов питания; оптимизирует физические свойства почвы [1-4].

Запашка соломы способствует не только повышению плодородия почвы и имеет большую экологическую значимость, но и является экономически выгодным приемом, обеспечивающим экономии материальных, энергетических и трудовых затрат, что в конечном итоге увеличивает рентабельность производства сельскохозяйственной продукции [5, 6].

Основным показателем эффективности применения любого агротехнического приема является прибавка урожайности возделываемых культур. Действие соломы как удобрения на урожайность сельскохозяйственных культур противоречиво и неоднозначно. По данным В.И. Ульяновика с соавторами [7], запашка соломы озимой ржи (4,7-5,2 т/га) не оказала заметного влияния на сбор клубней картофеля. В работе [8] установлено отрицательное действие соломы озимой пшеницы, запаханной в дозе 7 т/га без внесения азота, что проявилось в уменьшении урожая ячменя на 3,5 ц/га. По данным П.И. Никончика с соавторами [9], на фоне минеральных удобрений при запашке соломы озимой ржи дважды за ротацию 8-польного севооборота наблюдалась тенденция снижения его продуктивности.

В то же время в ряде опытов установлено, что запаханная солома оказывает положительное влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур уже в первый год использования [2, 10]. В исследованиях некоторых авторов отмечено положительное влияние соломы на урожайность во второй и третий годы после запашки. Так, А.А. Каликинским с соавторами [11] не установлено существенной прибавки урожая семян люпина от запашки 5 т/га соломы на фоне внесения ком-

2. Плодородие почв и применение удобрений

пенсирующей дозы азота в год внесения; не оказала запаханная солома влияния на урожайность зерна озимой ржи и в первый год последействия; положительное влияние соломы проявилось только на третий год после ее внесения в почву – получена прибавка клубней картофеля на уровне 18,2-38,5 ц/га. В работе [12] также не отмечено положительного эффекта от применения соломы озимой ржи в количестве 5 т/га в прямом действии на урожайность картофеля. Однако, в первый год последействия при выращивании ячменя солома обеспечила прибавку урожая зерна на уровне 28%; во второй год на посевах смеси сераделлы с овсом запаханная солома увеличила урожайность кормовой массы на 30%.

Противоречивость полученных результатов обусловлена тем, что влияние соломы на урожайность сельскохозяйственных культур зависит от комплекса взаимосвязанных факторов: почвенно-климатических условий, предшественника, биологических особенностей возделываемой культуры, химических компонентов, входящих в состав соломы, ее анатомического строения и т.п. Немаловажное значение при этом имеет соотношение C/N, поскольку чем это соотношение уже, тем быстрее разлагается солома, при увеличении этого соотношения деструкция соломы микроорганизмами затруднена. Наиболее благоприятным соотношением углерода к азоту, обеспечивающим активное функционирование почвенных микроорганизмов, энергичное разложение соломы и необходимый уровень азотного питания растений, считают 20-30:1 [13]. При широком соотношении углерода к азоту (80-100:1) происходит биологическое закрепление минерального азота почвы в плазме размножающихся микроорганизмов. Это связано с тем, что внесение соломы в почву всегда активизирует микрофлору почвы, однако доступного азота соломы недостаточно для покрытия потребности микроорганизмов в этом элементе, используемом при синтезе белка. Следовательно, недостаток азота микроорганизмы будут компенсировать путем использования азотного запаса почвы из-за сравнительно большого потребления ими этого элемента, вследствие чего ухудшаются условия азотного питания растений, что в конечном итоге может привести к снижению урожайности культуры, под которую была запахана солома. Для того, чтобы уменьшить иммобилизацию минерального азота почвы при удобрении соломой и обеспечить оптимальное соотношение C/N для беспрепятственного разложения растительных остатков, вносят компенсирующую дозу азота с удобрениями. При последующем отмирании почвенной микрофлоры иммобилизованный азот вновь становится доступным для растений и используется последующими культурами, что положительно сказывается на их урожайности. При этом в зависимости от условий разложения и химического состава соломы в течение первых трех месяцев минерализуется около 30-50% запаханной побочной продукции, за год – 50-80%, остальная часть минерализуется позднее [14-17]. Поэтому ценность соломы как органического удобрения заключается в том, что она обладает длительным действием.

Научно-практический интерес представляет количественная оценка содержания элементов питания в неразложившихся остатках соломы в зависимости от ее видового состава и удобрения азотом при разложении побочной продукции на протяжении вегетационного периода.

Цель исследований – оценить содержание элементов питания и углерода в неминерализованных остатках соломы сельскохозяйственных культур при ее трансформации в дерново-подзолистых почвах.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Модельно-полевые исследования по оценке изменения содержания элементов питания и углерода в неминерализованных остатках при заделке соломы в почву в зависимости от степени ее минерализации были проведены с разными видами соломы в 2008-2011 гг. В 2008 г. была заложена на минерализацию солома рапса, в 2009 г. – солома люпина, в 2010 г. – солома ячменя и кукурузы.

Исследования проводили в ГП «Экспериментальная база им. Суворова» на дерново-подзолистой супесчаной на морене почве и в СПК «Щемыслица» на дерново-подзолистой легкосуглинистой, развивающейся на мощном лессовидном суглинке, почве. Дерново-подзолистая супесчаная почва перед закладкой опыта характеризовалась следующими агрохимическими показателями: pH_{KCl} 5,6-5,9, содержание P_2O_5 – 140-160 мг/кг, K_2O – 160-180 мг/кг почвы, гумуса – 2,23-2,52%. Пахотный слой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы имел следующие агрохимические характеристики: pH_{KCl} 5,4-5,7, содержание P_2O_5 – 275-315 мг/кг, K_2O – 180-200 мг/кг почвы, гумуса – 1,65-1,80%. Определение агрохимических показателей почвы проводили по общепринятым методикам: гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91); pH_{KCl} – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85); подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207-91).

Опыт предусматривал изучение содержания основных элементов питания и углерода в неминерализованных остатках разных видов соломы с дополнительным внесением азота и без него. Компенсирующие дозы минерального азота рассчитаны с учетом создания оптимального соотношения C:N = 20-30:1. В качестве минерального удобрения использовали карбамид.

В мешочки из стеклоткани размером 25×40 см помещали 1,0 кг почвы (в пересчете на воздушно-сухую) и 25 г соломы изучаемых культур (в пересчете на стандартную влажность – 16%). Глубина заделки мешочков – 15-17 см. Все образцы закладывали одновременно на весь период исследований.

Образцы извлекали из почвы в трех повторностях в четыре срока: 1-й – осенью перед наступлением устойчивых заморозков (ноябрь); 2-й – весной в начале активной вегетации озимых зерновых культур (апрель); 3-й – в период активного потребления элементов минерального питания сельскохозяйственными культурами (июнь); 4-й – в период уборки зерновых культур (август) (табл. 1). Данный опыт имитировал изменение содержания элементов питания и углерода в неминерализованных остатках соломы на протяжении вегетационного периода.

Таблица 1

Сроки отбора неминерализованных остатков соломы, заложенной на минерализацию в дерново-подзолистые почвы

Срок отбора образца	Рапс яровой	Люпин узколистный	Кукуруза	Ячмень яровой
Закладка опыта	18.09.2008 г.	24.09.2009 г.	20.09.2010 г.	20.09.2010 г.
Извлечение образцов через 2 мес.	18.11.2008 г.	24.11.2009 г.	24.11.2010 г.	24.11.2010 г.
Извлечение образцов через 7 мес.	20.04.2009 г.	26.04.2010 г.	25.04.2011 г.	25.04.2011 г.
Извлечение образцов через 9 мес.	19.06.2009 г.	23.06.2010 г.	22.06.2011 г.	22.06.2011 г.
Извлечение образцов через 11 мес.	21.08.2009 г.	25.08.2010 г.	26.08.2011 г.	26.08.2011 г.

Для определения массы неминерализованного остатка и химического состава образцов после извлечения мешочков из почвы высыпали из них смесь почвы с соломой, из которой удаляли проникшие туда корни растений (если таковые имелись). После этого методом декантации в воде отделяли остатки соломы от почвы, сливая всплывшие остатки через сито с диаметром отверстий 0,25 мм. Отмытую массу сушили в термостате до сухого состояния при температуре 105 °С и взвешивали. После чего образцы анализировали на содержание основных элементов питания и углерода.

В исходных образцах соломы и извлеченных из почвы определяли зольность (ГОСТ 26714-85), содержание сухого вещества (ГОСТ 26713-85), органического углерода (ГОСТ 27980-88) и основных элементов питания (азот (ГОСТ 13496.4-93), фосфор (ГОСТ 26657-85), калий (ГОСТ 30504-97), кальций (ГОСТ 28901-91), магний (ГОСТ 30502-97)).

Метеорологические условия в СПК “Щемыслица” и ГП “Экспериментальная база им. Суворова” в годы проведения модельно-полевых опытов характеризовались довольно близкими значениями как по количеству выпавших осадков, так и по среднесуточной температуре воздуха, поскольку опытные поля расположены на расстоянии 30 км друг от друга. В целом, гидротермический режим во время проведения исследований был близким к средним многолетним значениям с небольшими колебаниями по отдельным месяцам.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении динамики минерализации соломы выявлена однотипность в темпах ее разложения в дерново-подзолистых легкосуглинистой и супесчаной почвах. Разница заключалась только в несколько меньшей скорости разложения соломы в супесчаной почве, что, возможно, обусловлено более низкими показателями ее микробиологической активности [18].

Установлено, что с увеличением срока минерализации на обеих почвах независимо от опытных вариантов, вес неминерализованного остатка при разложении соломы изучаемых культур в дерново-подзолистых почвах последовательно уменьшался при наиболее интенсивных потерях органической массы в начальный период проведения модельно-полевых исследований (табл. 2). Через два месяца после заделки соломы в дерново-подзолистые почвы в вариантах без азота вес неминерализованного остатка соломы кукурузы составил 56%, люпина – 61%, ячменя – 65%, рапса – 85% от исходного. Удобрение соломы азотом активизировало интенсивность минерализационных процессов, увеличивая темпы ее разложения на 7-11% по сравнению с вариантами без азота.

В течение следующих пяти месяцев в связи с низкой температурой почвы темпы убыли: вес неминерализованного остатка всех видов соломы снижался. За зимне-ранневесенний период (декабрь-апрель) он по сравнению с предшествующим уменьшился только на 12-26%.

С наступлением теплого периода в результате активизации жизнедеятельности микроорганизмов интенсивность трансформации заделанной соломы увеличивалась. Установлено, что с течением времени различия в темпах минерализации побочной продукции в вариантах с компенсирующей дозой азота и без него постепенно нивелировались. Несмотря на то, что к концу первого года после заделки

соломы в дерново-подзолистые почвы преимущество вариантов с добавлением азота еще сохранялось, разница в вариантах с азотом и без него была незначительной, варьируя в пределах 2-5% в зависимости от вида соломы. Неминерализованный остаток соломы кукурузы в зависимости от опытных вариантов составлял 16-19% от его исходного количества, люпина – 24-27%, ячменя – 29-31%, рапса – 48-53%.

Исследования показали, что содержание золы в исходных образцах в зависимости от вида соломы варьировало в пределах 4,6-6,1% (табл. 3). По мере увеличения степени минерализации побочной продукции зольность неразложившихся остатков соломы изучаемых культур возрастала. В начальный период эти изменения по сравнению с соломой других культур были менее значительными у кукурузы и люпина. За осенний период зольность неминерализованных остатков соломы этих культур в зависимости от вариантов опыта увеличилась в 1,6-2 раза по сравнению с аналогичными показателями в исходной массе. Через 11 месяцев содержание золы в неразложившемся остатке соломы люпина было выше в среднем на 12,9% (или в 3,1 раза), кукурузы – на 13,5% (или в 3,9 раза), чем в образцах до закладки опыта.

При минерализации соломы ячменя по истечении двух месяцев в варианте без азота зольность неминерализованного остатка повысилась на 12,9%, с добавлением азота – на 15,6% по сравнению с первоначальными величинами; через 11 месяцев эти показатели увеличились в 4,9 и 5,6 раза соответственно.

В соломе изучаемых культур, в пересчете на 1 тонну, содержание элементов питания до начала опыта изменялось в широких пределах при довольно постоянном содержании углерода. В исходных образцах содержалось 6,5-8,6 кг/т азота, 4,4-6,9 кг фосфора, 19,0-31,8 кг калия, 4,1-9,2 кг кальция, 1,5-3,8 кг магния и 469-477 кг/т углерода (табл. 2).

В результате развития минерализационных процессов химический состав соломы сельскохозяйственных культур заметно изменялся, причем эти изменения были типичны как для вариантов с азотом, так и для вариантов без азота и подчинялись одним и тем же закономерностям независимо от гранулометрического состава почвы. При этом на начальном этапе в связи с более интенсивной трансформацией соломы при внесении компенсирующей дозы азота содержание элементов питания и углерода в неминерализованных остатках было несколько ниже, чем в вариантах с чистой соломой, которое в дальнейшем практически исчезало.

В неразложившихся остатках соломы всех культур наиболее быстрыми темпами уменьшалось как абсолютное, так и относительное содержание калия (табл. 2, 3). При этом динамика изменения содержания этого элемента во времени однотипна для всех видов соломы. В образцах, извлеченных из дерново-подзолистых почв через два месяца после закладки опыта, абсолютное содержание калия уменьшилось в соломе рапса с 31,8 кг/т сухой массы до 2,9-3,0 кг/т, люпина – с 20,4 до 1,7-2,0 кг/т, кукурузы – с 21,0 до 1,6-2,1 кг/т, ячменя – с 19,0 до 1,6-1,8 кг/т, т.е. в неминерализованном остатке соломы содержалось всего 8-10% калия от исходного его количества. Относительное содержание калия за осенний период в среднем по опытным вариантам снизилось в соломе рапса с 3,18% до 0,37%, люпина – с 2,04% до 0,32%, кукурузы – с 2,10% до 0,37%, ячменя – с 1,90% до 0,28%.

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 2

Содержание элементов питания и углерода в неминерализованных остатках при минерализации соломы в дерново-подзолистых почвах

Вариант	Срок отбора образца	Неминерализованный остаток, кг/т	Содержание в неминерализованном остатке											
			N		P ₂ O ₅		K ₂ O		CaO		MgO		C	
			кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%
солома рапса ярового														
со-ло-ма	до закладки опыта	1000	7,0	100	4,7	100	31,8	100	9,2	100	1,5	100	471	100
	через 2 мес.	846	6,5	92	2,5	54	3,0	10	2,2	23	1,1	71	354	75
	через 7 мес.	742	6,1	87	2,1	45	2,4	8	2,0	21	1,0	64	300	64
	через 9 мес.	617	5,6	79	1,7	37	2,0	6	1,8	19	0,9	58	242	51
	через 11 мес.	526	5,2	74	1,4	30	1,7	5	1,7	18	0,8	53	194	41
со-ло-ма + N	через 2 мес.	780	6,2	89	2,4	51	2,9	9	2,0	22	1,0	65	316	67
	через 7 мес.	669	5,8	83	2,0	43	2,3	7	1,8	19	0,9	60	256	54
	через 9 мес.	563	5,3	76	1,6	34	1,8	6	1,6	17	0,8	54	210	45
	через 11 мес.	483	5,1	73	1,4	29	1,6	5	1,6	17	0,7	48	172	37
солома люпина узколистного														
со-ло-ма	до закладки опыта	1000	8,6	100	6,9	100	20,4	100	4,6	100	3,8	100	469	100
	через 2 мес.	613	5,9	69	3,7	53	2,0	10	1,5	32	0,7	19	276	59
	через 7 мес.	498	5,5	64	1,5	22	1,1	5	1,4	30	0,5	14	221	47
	через 9 мес.	309	4,3	50	0,9	14	0,6	3	1,0	22	0,4	10	128	27
	через 11 мес.	265	3,8	44	0,8	11	0,3	2	0,9	20	0,3	9	108	23
со-ло-ма + N	через 2 мес.	533	5,5	64	3,3	48	1,7	8	1,2	26	0,6	17	235	50
	через 7 мес.	420	5,1	60	1,4	20	1,0	5	1,2	26	0,4	12	184	39
	через 9 мес.	284	4,1	47	0,9	13	0,5	3	0,9	20	0,3	9	116	25
	через 11 мес.	238	3,6	41	0,7	10	0,3	1	0,8	18	0,3	8	96	20
солома кукурузы														
со-ло-ма	до закладки опыта	1000	7,0	100	6,0	100	21,0	100	4,1	100	2,5	100	477	100
	через 2 мес.	560	6,1	87	2,9	49	2,1	10	1,6	40	0,9	35	259	54
	через 7 мес.	415	5,4	78	2,0	33	1,1	5	1,5	36	0,7	27	188	40
	через 9 мес.	268	3,8	54	1,2	21	0,6	3	1,2	28	0,5	21	114	24
	через 11 мес.	185	3,0	42	1,0	17	0,4	2	0,9	22	0,4	16	76	16
со-ло-ма + N	через 2 мес.	451	5,3	76	2,5	41	1,6	8	1,4	34	0,7	29	205	43
	через 7 мес.	354	4,8	69	1,8	30	1,0	5	1,3	32	0,6	22	158	33
	через 9 мес.	220	3,4	49	1,1	19	0,5	2	1,1	26	0,5	18	91	19
	через 11 мес.	164	2,7	39	0,9	15	0,3	1	0,8	20	0,4	15	67	14
солома ячменя ярового														
со-ло-ма	до закладки опыта	1000	6,5	100	4,4	100	19,0	100	4,2	100	1,7	100	474	100
	через 2 мес.	653	6,0	92	2,6	60	1,8	10	2,4	57	0,8	49	268	56
	через 7 мес.	528	5,5	85	2,1	48	1,3	7	2,2	53	0,8	47	214	45
	через 9 мес.	360	5,0	76	1,3	29	0,6	3	1,6	38	0,7	40	136	29
	через 11 мес.	312	4,8	75	1,0	22	0,5	3	1,4	33	0,7	38	116	25

Вариант	Срок отбора образца	Неминерализованный остаток, кг/т	Содержание в неминерализованном остатке											
			N		P ₂ O ₅		K ₂ O		CaO		MgO		C	
			кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%
со-ло-ма + N	через 2 мес.	563	5,2	80	2,4	55	1,6	8	2,1	51	0,7	43	223	47
	через 7 мес.	472	4,9	76	1,9	43	1,2	6	2,0	47	0,6	37	180	38
	через 9 мес.	320	4,9	75	1,2	28	0,5	3	1,4	34	0,6	36	117	25
	через 11 мес.	286	4,7	73	0,9	20	0,5	3	1,3	30	0,6	33	102	21

Таблица 3

Изменение химического состава соломы сельскохозяйственных культур при ее минерализации в дерново-подзолистых почвах

Вариант	Срок отбора образца	Зольность, %	Содержание в неминерализованном остатке, % на сухое вещество						C/N
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	C	
солома рапса ярового									
солома	до закладки опыта	5,9	0,70	0,47	3,18	0,92	0,15	47	67
	через 2 мес.	16,3	0,77	0,30	0,36	0,26	0,13	42	55
	через 7 мес.	19,1	0,83	0,29	0,33	0,27	0,13	40	49
	через 9 мес.	21,7	0,90	0,28	0,33	0,29	0,14	39	44
	через 11 мес.	26,3	0,99	0,27	0,32	0,32	0,15	37	37
солома + N	через 2 мес.	19,0	0,80	0,31	0,37	0,26	0,13	41	51
	через 7 мес.	23,3	0,87	0,30	0,35	0,27	0,14	38	44
	через 9 мес.	25,5	0,95	0,29	0,33	0,29	0,15	37	39
	через 11 мес.	28,7	1,06	0,28	0,33	0,33	0,15	36	34
солома люпина узколистного									
солома	до закладки опыта	6,1	0,86	0,69	2,04	0,46	0,38	47	54
	через 2 мес.	10,0	0,97	0,60	0,32	0,24	0,12	45	47
	через 7 мес.	11,5	1,11	0,31	0,22	0,28	0,11	44	40
	через 9 мес.	17,2	1,39	0,30	0,19	0,33	0,12	41	30
	через 11 мес.	18,5	1,44	0,29	0,13	0,35	0,12	41	28
солома + N	через 2 мес.	11,7	1,03	0,62	0,31	0,23	0,12	44	43
	через 7 мес.	12,5	1,23	0,33	0,23	0,28	0,11	44	36
	через 9 мес.	18,3	1,44	0,31	0,19	0,33	0,12	41	28
	через 11 мес.	19,5	1,49	0,30	0,12	0,34	0,12	40	27
солома кукурузы									
солома	до закладки опыта	4,6	0,70	0,60	2,10	0,41	0,25	48	68
	через 2 мес.	7,4	1,08	0,52	0,37	0,29	0,16	46	43
	через 7 мес.	9,1	1,31	0,48	0,26	0,36	0,16	45	35
	через 9 мес.	14,7	1,42	0,46	0,24	0,43	0,20	43	30
	через 11 мес.	17,5	1,60	0,54	0,20	0,50	0,22	41	26
солома + N	через 2 мес.	9,1	1,18	0,55	0,36	0,31	0,16	45	39
	через 7 мес.	11,1	1,36	0,51	0,28	0,37	0,16	44	33
	через 9 мес.	17,3	1,55	0,51	0,22	0,48	0,21	41	27
	через 11 мес.	18,7	1,65	0,56	0,18	0,51	0,23	41	25

Вариант	Срок отбора образца	Зольность, %	Содержание в неминерализованном остатке, % на сухое вещество						C/N
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	C	
солома ячменя ярового									
солома	до закладки опыта	5,2	0,65	0,44	1,90	0,42	0,17	47	73
	через 2 мес.	18,1	0,91	0,40	0,28	0,37	0,13	41	45
	через 7 мес.	18,8	1,05	0,40	0,25	0,42	0,15	41	39
	через 9 мес.	24,2	1,38	0,36	0,18	0,44	0,19	38	28
	через 11 мес.	25,3	1,56	0,31	0,17	0,44	0,21	37	24
солома + N	через 2 мес.	20,8	0,92	0,43	0,28	0,38	0,13	40	43
	через 7 мес.	23,8	1,04	0,41	0,25	0,42	0,13	38	37
	через 9 мес.	26,6	1,53	0,38	0,17	0,44	0,19	37	24
	через 11 мес.	28,9	1,65	0,31	0,17	0,45	0,20	36	22

В образцах, извлеченных через 11 месяцев после закладки соломы в дерново-подзолистые почвы, абсолютное содержание калия составляло только 1-5% (или 0,3-1,7 кг/т) от исходных величин.

В отличие от калия, темпы снижения содержания кальция и магния в неминерализованных остатках в результате развития процессов трансформации соломы изучаемых культур в дерново-подзолистых почвах зависели от ее вида. Через 2 месяца абсолютное содержание кальция в неразложившихся остатках в зависимости от видового состава соломы в среднем варьировало в пределах 1,4-2,3 кг/т побочной продукции, что было на 46-77% меньше по сравнению с первоначальными значениями. Данные показатели для магния находились на уровне 0,7-1,1 кг/т и 32-82% соответственно. При этом за осенний период максимальная убыль содержания кальция в неминерализованном остатке характерна для соломы рапса, минимальная – для соломы ячменя. В то время как наиболее сильное снижение содержания магния отмечено в соломе люпина, наименьшее – в соломе рапса. Через 11 месяцев после закладки опыта абсолютное содержание кальция в соломе рапса в среднем по опытным вариантам составило 1,7 кг/т, люпина – 0,9 кг/т, кукурузы – 0,9 кг/т, ячменя – 1,4 кг/т, что в зависимости от вида соломы было в 3-6 раз ниже от первоначального количества. Различия в содержании магния были еще более существенными – количество магния уменьшалось от 2 до 13 раз. Несколько иная зависимость наблюдалась по относительному содержанию данных элементов в неминерализованных остатках соломы. В наибольшей степени их относительное количество по сравнению с исходным содержанием уменьшалось в начальный период разложения. В дальнейшем наблюдался некоторый прирост в относительном накоплении кальция и магния.

Наиболее высокие темпы убыли абсолютного содержания фосфора в соломе, заложенной на минерализацию в дерново-подзолистые почвы, отмечены в первые два месяца. За этот период содержание фосфора в неразложившихся остатках независимо от вида соломы уменьшилось в среднем на 50%, за 11 месяцев – на 70-89% (или 3,3-6,2 кг/т) по сравнению с исходным его количеством.

Что касается относительного содержания фосфора, то на первоначальном этапе наиболее выраженное снижение данного показателя наблюдалось в не-

разложившихся остатках соломы рапса (с 0,47% в исходном образце до 0,31%). В неминерализованных остатках соломы других культур изменения были менее выражены. В последующие периоды относительное содержание фосфора мало менялось на протяжении всего опыта, за исключением данного показателя в соломе люпина.

В отличие от зольных элементов, между абсолютным и относительным содержанием азота наблюдалась обратная зависимость. В разлагающейся соломе изучаемых культур на протяжении всего периода минерализации при уменьшении абсолютного содержания азота отмечено увеличение его относительных величин. При этом установлено, что снижение абсолютного содержания азота, в отличие от других элементов питания, характеризовалось более низкими темпами. В среднем этот показатель в неминерализованных остатках соломы, извлеченных из дерново-подзолистых почв, в процессе разложения органической массы в течение двух месяцев уменьшился на 9-33%. К концу проведения модельно-полевых опытов в неразложившейся соломе сохранялось 41-74% азота от его исходного содержания при более низких показателях в соломе люпина и кукурузы, при более высоких – в соломе рапса и ячменя.

Относительное содержание азота в остатках соломы рапса за осенний период увеличилось в зависимости от опытных вариантов с 0,70% до 0,77-0,80%, люпина – с 0,86% до 0,97-1,03%, кукурузы – с 0,70% до 1,08-1,18%, ячменя – с 0,65% до 0,91-0,92%. Наиболее высокое относительное содержание азота в неразложившихся остатках соломы сельскохозяйственных культур (в 1,4-2,4 раза превышающее первоначальные значения) для всех вариантов опыта было отмечено через 11 месяцев после закладки опыта. На аналогичное поведение азота, приводящее к существенному накоплению относительного его содержания при снижении абсолютного, указано также в работах [19, 20]. По мнению авторов работ [14, 17, 21], столь своеобразное поведение азота при разложении растительных остатков, приводящее к уменьшению его абсолютного и увеличению относительного содержания, по-видимому, является вторичным и обусловлено ресинтезом белковых соединений в виде плазмы микроорганизмов, при отмирании которых образуются высокомолекулярные азотсодержащие органические соединения. Эти вещества могут взаимодействовать с трудно разлагаемыми продуктами соломы, в частности, с лигнином, вследствие чего процентное содержание азота при разложении соломы может увеличиваться.

Абсолютное содержание углерода в неминерализованных остатках при разложении соломы рапса в дерново-подзолистых почвах с течением времени уменьшалось. Через 2 месяца в зависимости от опытных вариантов его содержание снизилось на 25-33% (или на 117-155 кг/т сухой массы) к концу опыта данные показатели составили 37-41% от исходной величины.

Для соломы люпина, кукурузы и ячменя по всем опытным вариантам характерны аналогичные закономерности по снижению содержания углерода в неразложившихся остатках. Отличие заключается в том, что в остатке соломы этих культур, по сравнению с соломой рапса, к концу проведения исследований содержание углерода было ниже в 1,7-2,6 раза при практически одинаковом его количестве в побочной продукции до закладки опыта.

Относительное содержание углерода в неминерализованных остатках в процессе разложения соломы изучаемых культур также уменьшалось. Через 11 месяцев в

2. Плодородие почв и применение удобрений

образцах, извлеченных из дерново-подзолистых почв, в относительном выражении содержание углерода в остатке соломы рапса упало в среднем с 47% до 37%, люпина – с 47% до 41%, кукурузы – с 48% до 41%, ячменя – с 47% до 37%.

Вполне закономерно, что в результате изменений, которым подвержен химический состав соломы сельскохозяйственных культур при минерализации в дерново-подзолистых почвах, меняется соотношение между элементами питания. В этом случае важным моментом является определение изменений в углеродно-азотном соотношении в процессе развития деструкционных процессов. Установлено, что с увеличением срока минерализации всех видов соломы отношение углерода к азоту в неминерализованных остатках менялось в сторону уменьшения. При этом для соломы всех культур характерно некоторое сужение этого соотношения в вариантах с добавлением азота. К концу проведения модельно-полевых исследований во всех неразложившихся остатках соломы, извлеченных из дерново-подзолистых почв, соотношение C/N характеризовалось благоприятными показателями (20-30:1). Исключение составила солома рапса, в которой даже через 11 месяцев протекания процессов разложения данное соотношение было несколько выше оптимального и достигало 34-37:1.

ВЫВОДЫ

1. В модельно-полевых опытах на дерново-подзолистых легкосуглинистой и супесчаной почвах установлено, что через 11 месяцев после закладки количество неразложившегося остатка соломы кукурузы в среднем составляло 17%, люпина – 25%, ячменя – 30%, рапса – 50% от исходной массы. Наиболее интенсивные потери в массе соломы наблюдались в течение первых двух месяцев после закладки опыта.

2. За осенний период абсолютное содержание калия в соломе в зависимости от ее видового состава в среднем снизилось на 90-91%, фосфора – на 42-55%, кальция – на 46-77%, магния – на 32-82% по сравнению с исходным количеством. По истечении 11 месяцев содержание данных элементов в неминерализованных остатках составляло 2-5%, 11-30%, 18-32% и 9-51% соответственно от первоначальных показателей. Относительное содержание калия в соломе уменьшилось в среднем до уровня 0,13-0,33%, фосфора – 0,28-0,55%, кальция – 0,33-0,51%, магния – 0,12-0,23% против 1,90-3,18%, 0,65-0,86%, 0,41-0,92%, 0,15-0,38% в первоначальных образцах соответственно.

3. Через два месяца абсолютное содержание азота в неминерализованных остатках соломы в результате разложения органической массы в среднем уменьшилось на 9-33%. Через 11 месяцев в неразложившейся соломе сохранялось 41-74% азота от его исходного содержания. Уменьшение абсолютного содержания азота в соломе, заложенной на минерализацию, по сравнению с другими элементами питания характеризовалось более низкими темпами. Для азота наблюдалась обратная зависимость между абсолютными и относительными показателями. Наиболее высокое относительное накопление азота в неразложившихся остатках соломы сельскохозяйственных культур (в 1,4-2,4 раза превышающее первоначальные значения) отмечено через 11 месяцев после закладки опыта.

4. При разложении соломы в дерново-подзолистых почвах абсолютное содержание углерода в неминерализованных остатках с течением времени уменьша-

лось. Через 2 месяца в зависимости от вида соломы абсолютное содержание углерода в среднем снизилось на 29-51%, к концу опыта данные показатели составили 15-39% от исходной величины. В относительном выражении содержание углерода через 11 месяцев в остатках соломы упало с 47-48% до 37-41%.

5. К концу проведения модельно-полевых исследований во всех извлеченных из дерново-подзолистых почв неразложившихся остатках соломы соотношение C/N характеризовалось благоприятными показателями (20-30:1). Исключение составила солома рапса, в которой данное соотношение было несколько выше оптимального и достигало 34-37:1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Продуктивность севооборота и изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в зависимости от систем удобрения / Т.М. Серая [и др.] // Агрохимия. – 2011. – № 11 – С. 28-35.

2. Сидоров, М.И. Использование соломы на удобрение / М.И. Сидоров, Н.И. Зезюков // Земледелие. – 1988. – № 11. – С. 48-50.

3. Русакова, И.В. Солома – важный фактор биологизации земледелия / И.В. Русакова, Н.А. Кулинский, А.А. Мосалева // Земледелие. – 2003. – № 1. – С. 9.

4. Нурмухаметов, Н.М. Солома и сидераты – важные средства повышения микробиологической активности почвы / Н.М. Нурмухаметов // Земледелие. – 2001. – № 6. – С. 14.

5. Анохина, Т.А. Запашка соломы гречихи как элемент биологического земледелия / Т.А. Анохина, Р.М. Кадыров, Т.Г. Бардиян // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2009. – №2. – С. 62-67.

6. Черкасов, Г.Н. Использование растительных остатков как органических удобрений / Г.Н. Черкасов, Н.А. Чуян, Р.Ф. Еремина // Плодородие. – 2007. – № 6. – С. 22-23.

7. Ульяновчик, В.И. Роль зеленой массы, растительных остатков редьки масличной, соломы и минеральных удобрений на продуктивность картофеля и ячменя / В.И. Ульяновчик, С.Н. Кобринец, Т.В. Гончаревич // Почва – удобрение – плодородие – урожай: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 16-18 февр. 2009 г. / НАН Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию, Ин-т почвоведения и агрохимии, БОП; редкол. В.В. Лапа [и др.]. – Минск, 2009. – С. 221-223.

8. Карелин, Г. Наиболее целесообразное использование соломы / Г. Карелин, Н. Володарская // Земледелие. – 1974. – № 8. – С. 57-59.

9. Никончик, П.И. Комплексное влияние систем удобрений, способа использования пожнивной культуры и запашки соломы на продуктивность зернового севооборота / П.И. Никончик, А.Ч. Скируха, А.А. Усеня // Земляробства і ахова раслін. – 2009. – № 6 (67). – С. 24-28.

10. Солома на удобрение / Ю.В. Буденный [и др.] // Земледелие. – 1990. – № 12. – С. 53-55.

11. Каликинский, А.А. Влияние удобрения соломой на урожай сельскохозяйственных культур в звене севооборота / А.А. Каликинский, Р.Р. Вильдфлуш, В.И. Барейша // Проблемы накопления и использования органических удобрений: материалы науч. конф., Минск, 17-18 сент. 1975 г. / БелНИИПА; редкол.: С.Г. Скоропанов [и др.]. – Минск, 1976. – С. 87-90.

12. Мерзлая, Г.Е. Сравнительная эффективность систем удобрения в севообороте на дерново-подзолистой песчаной почве / Г.Е. Мерзлая, Н.М. Белоус, М.Г. Драганская // *Агрохимия*. – 2002. – №1. – С. 42-47.

13. Кольбе, Г. Солома как удобрение / Г. Кольбе, Г. Штумпе (пер. с нем.). – М.: Колос, 1972. – 88 с.

14. Александрова, Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л.Н. Александрова. – Л.: Наука, 1980. – 288 с.

15. Солома – органическое удобрение: рекомендации / В.А. Деревягин, М.Е. Кравченко, И.В. Русакова; ВНИПТИОУ. – Владимир, 1989. – 68 с.

16. Лебедева, Т.Б. Трансформация растительного вещества и гумусное состояние чернозема выщелоченного при использовании удобрений и известковании / Т.Б. Лебедева, С.М. Надежкин, М.В. Арефьева // *Агрохимия*. – 2006. – № 11 – С. 18-24.

17. Гришина, Л.А. Трансформация органического вещества почвы / Л.А. Гришина, Г.Н. Копчик, М.И. Макаров. – М.: Изд-во ИГУ, 1990. – 88 с.

18. Мезенцева, Е.Г. Ферментативная активность дерново-подзолистых почв в зависимости от систем удобрения / Е.Г. Мезенцева, Е.Н. Богатырева, Т.М. Серая // *Плодородие почв и эффективное применение удобрений. Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию основания ин-та (5-8 июля 2011 г.)*. – Минск, 2011. – С. 257-259.

19. Минерализация растительных остатков в дерново-подзолистой суглинистой почве / Н.А. Павловец [и др.] // *Межведомст. темат. сб. / БелНИИПА*. – Минск, 1989. – Вып. 20: Почвенные исследования и применение удобрений. – С. 106-110.

20. Павловец, Н.А. Минерализация послеуборочных растительных остатков озимой ржи, картофеля, клевера красного в дерново-подзолистой суглинистой почве / Н.А. Павловец, В.В. Мудрагелова, Л.И. Берестова // *Сб. науч. тр. / БелНИИПА*. – Минск, 1990. – Вып. 26: Почвоведение и агрохимия. – С. 71-79.

21. Кононова, М.М. Органическое вещество почвы / М.М. Кононова. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 314 с.

CONTENT CHANGE OF NUTRIENTS AND CARBON IN AGRICULTURAL CROPS STRAW IN PROCESSES IT TRANSFORMATION IN SOD-PODZOLIC SOILS

**E.N. Bogatyreva, T.M. Seraya, E.G. Mezentseva,
O.M. Biryukova, R.N. Biryukov**

Summary

In model-field experiments the dynamics of nutrients and carbon content in inmineralizing residues of the different straw kinds in processes of its transformation in sod-podzolic soils is studied.

Поступила 6 февраля 2012 г.

СОРТОВАЯ ОТЗЫВЧИВОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА УСЛОВИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

И.Р. Вильдфлуш, Е.И. Коготько

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Зерно – это основной источник питания человека, корм для сельскохозяйственных животных и сырье для промышленности. В последние годы в Республике Беларусь значительное место в обеспечении населения продовольственным зерном занимает яровая пшеница. По урожайности в производстве яровая пшеница превосходит рожь и овес, уступая озимым пшенице, тритикале и яровому ячменю. Генетически зерно яровой пшеницы характеризуется более высокими показателями качества (содержание белка, клейковины и др.) по сравнению с озимой. Недостаток благоприятных предшественников в осенний период для посева озимой пшеницы в оптимальные сроки, меньшие затраты на средства защиты растений, широкий спектр районированных сортов – все это определило рост посевных площадей этой культуры в республике до 180 тыс. га (в 2006-2009 гг.) [1, 2, 3].

На современном этапе развития сельского хозяйства ставится задача в различных погодных условиях получать устойчивые урожаи. Для удовлетворения потребности населения Беларуси в белом хлебе ежегодно требуется примерно 0,5 млн. т пшеничного зерна. Эта задача должна решаться путем дифференцированной агротехники, включающей выбор технологии (рациональная энергосберегающая обработка почвы, качество сева, сбалансированное минеральное питание, химическая защита, а также техническое обеспечение этих мероприятий) и сорта [4, 5]. В среднем в общей прибавке урожая на долю удобрений приходится 65%, а сорта – 35%. Однако в зависимости от зоны выращивания эти прибавки могут колебаться. В районах с недостатком влаги роль сорта возрастает, при оптимальной влагообеспеченности – снижается. Таким образом, сорт играет исключительную роль в эффективности использования удобрений [6].

В качестве важнейшего агроприема для повышения стрессоустойчивости растений к неблагоприятным факторам среды является применение специальных химических и биологических препаратов, которые обладают физиологической активностью (гуматы, брассинолиды, комплексные препараты и биопрепараты) [5, 7].

Исходя из вышеизложенного, целью наших исследований являлось изучение влияния минеральных удобрений и комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста на продуктивность и качество зерна сортов яровой пшеницы в условиях северо-восточной зоны Беларуси.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2009-2011 гг. на опытном поле «Тушково» учебного хозяйства БГСХА на дерново-подзолистой легкосуглинистой, развивающейся на лёгком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком, почве с яровой пшеницей сортов Тома и Сабина. Почва опытного участка

2. Плодородие почв и применение удобрений

по годам исследований имела слабокислую и близкую к нейтральной реакцию почвенной среды (pH_{KCl} 5,9-6,2), низкое и недостаточное содержание гумуса (1,41-1,58%), повышенное содержание подвижного фосфора (172-242 мг/кг), среднюю и повышенную обеспеченность подвижным калием (176-212 мг/кг).

Годы исследований были различны по погодным условиям вегетационного периода. Расчет ГТК по Селянинову показал, что в 2009 году для роста и развития растений складывались хорошие условия. Так, в фазы кущения и выхода в трубку (июнь) ГТК составил 2,4; в фазу колошения и цветения (июль) – 1,8, что способствовало получению высоких урожаев. В 2010 году поздний срок сева (из-за избыточного увлажнения) и резкий недостаток влаги (ГТК = 0,3) во второй половине вегетации (период колошения-цветения) отрицательно сказались на урожайности яровой пшеницы. За май-июль 2011 года ГТК изменялся: в период от посева до всходов – 1,3 (слабозасушливые условия), в период формирования продуктивности колоса (колошение-выход в трубку) – 1,1 (слабозасушливые условия) и в период формирования и налива зерна – 2,2 (избыточно влажные условия).

Агротехника опыта – общепринятая, согласно отраслевого регламента. Предшественник – яровой рапс. Учет урожая производился сплошным поделяночным способом.

В опытах с яровой пшеницей применяли карбамид (46% N), КАС (30% N), аммонизированный суперфосфат (8% N, 30% P_2O_5), хлористый калий (60% K_2O), новые комплексные препараты ЭлеГум Медь (в 1 л раствора содержит 50 г меди и 10 г гуминовых веществ) и Фитовитал (активатор устойчивости растений, содержащий комплекс микроэлементов с включением карбоновых кислот и их производных). Проведены некорневые подкормки КАС (разведение 1:4) в стадии первого узла совместно с ЭлеГум Медь (1л/га) и Фитовитал (0,6 л/га).

Перед закладкой опыта определили подвижные формы фосфора и калия по методу Кирсанова (ГОСТ 26207-91), содержание гумуса – по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), pH (KCl) – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85).

Общий азот определяли после мокрого озоления методом Кьельдаля (ГОСТ 13496.4-93). Массовую долю сырого протеина (X_2) в % вычисляли по формуле:

$$X_2 = 5,7 \times X,$$

где X – массовая доля азота в растительном образце, %;

5,7 – коэффициент пересчета общего азота на сырой протеин.

Расчет экономической эффективности применения минеральных удобрений проведен по методике, разработанной РУП «Институт почвоведения и агрохимии» [8].

Статистическая обработка результатов исследований проводилась при помощи двухфакторного дисперсионного анализа на ЭВМ, где фактор А – это сорта яровой пшеницы (Тома и Сабина), фактор Б – варианты опыта.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований, проведенных на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с повышенным содержанием подвижного фосфора, средней и повышенной обеспеченностью подвижным калием, показали, что за счет естественного плодородия в контрольном варианте без внесения удобрений урожайность зерна яровой пшеницы сорта Сабина в среднем за 3 года исследований была на 2,0 ц/га выше, чем у сорта Тома (табл. 1).

**Влияние минеральных удобрений и комплексных препаратов
на урожайность зерна яровой пшеницы**

Вариант (фактор Б)	Урожайность зерна, ц/га				Прибавка, ц/га		Оплата 1 кг удобрений, кг зерна
	2009 г.	2010 г.	2011г.	Ø	НРК	КП	
Сорт Тома (фактор А)							
Без удобрений	26,1	24,5	31,7	27,4	-	-	-
$N_{16}P_{60}K_{90}$	29,1	28,1	37,8	31,7	4,3	-	2,6
$N_{65}P_{60}K_{90}$	46,1	30,1	50,4	42,2	14,8	-	6,9
$N_{90}P_{60}K_{90}$	50,6	29,6	55,0	45,5	17,7	-	7,4
$N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$	48,3	28,3	53,1	43,2	15,8	-	6,6
$N_{75}P_{70}K_{120} + N_{25}КАС + N_{20}$	56,1	30,1	59,7	48,6	21,2	-	6,8
$N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ с ЭлеГум Медь	57,4	28,6	54,5	46,8	19,4	3,6	8,1
$N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ с Фито- виталом	53,1	31,5	62,5	49,0	21,6	5,8	9,0
Сорт Сабина (фактор Б)							
Без удобрений	31,4	24,3	32,4	29,4	-	-	-
$N_{16}P_{60}K_{90}$	34,1	26,2	38,2	32,9	3,5	-	2,3
$N_{65}P_{60}K_{90}$	53,3	34,2	46,7	44,7	15,3	-	7,1
$N_{90}P_{60}K_{90}$	53,8	34,4	51,0	46,4	17,0	-	7,1
$N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$	56,9	36,1	50,9	48,0	18,6	-	7,7
$N_{75}P_{70}K_{120} + N_{25}КАС + N_{20}$	52,8	39,4	52,5	48,2	18,8	-	6,1
$N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ с ЭлеГум Медь	64,4	35,1	53,3	50,9	21,5	2,9	8,9
$N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ с Фито- виталом	64,3	40,2	57,5	54,0	24,6	6,0	10,2
НСР _{0,05} (А)	0,8	0,5	0,3	0,3			
НСР _{0,05} (Б)	2,2	1,4	1,1	0,9			
НСР _{0,05} (АБ)	3,2	2,0	1,5	1,3			

Примечание: КП – комплексные препараты ЭлеГум Медь и Фитовитал.

Применение фосфорных и калийных удобрений в дозах $P_{60}K_{90}$ на фоне N_{16} достоверно увеличивало урожайность зерна на сорте Тома на 4,3 ц/га и на сорте Сабина на 3,5 ц/га.

Наибольшее влияние на урожайность зерна яровой пшеницы оказали возрастающие дозы азотных удобрений. Прибавка урожайности при внесении минеральных удобрений (НРК) к необудренному контролю в среднем за 3 года исследований составила на сорте Тома от 14,8 до 17,7 ц/га, на сорте Сабина – от 15,3 до 18,6 ц/га. При этом следует отметить, что на сорте Тома при повышении дозы азота с 65 кг д.в./га до 90 кг д.в./га урожайность зерна в среднем за 3 года исследований увеличивалась на 2,9 ц/га при увеличении окупаемости 1 кг НРК с 6,9 до 7,4 кг зерна. На сорте Сабина статистически доказуемая прибавка урожайности зерна

2. Плодородие почв и применение удобрений

была получена при увеличении дозы азота с 65 кг д.в./га до 90 кг д.в./га только в одном году (2011) из трех лет проведения опытов.

Дробное внесение азота в варианте $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ по сравнению с разовым $N_{90}P_{60}K_{90}$ до посева по действию было примерно на одном уровне по годам исследования. В среднем за 3 года исследований на сорте Тома прослеживалась тенденция к снижению урожайности зерна при дробном внесении азота по сравнению с разовым, а у сорта Сабина, наоборот, к повышению.

Повышенные дозы минеральных удобрений ($N_{75}P_{70}K_{120} + N_{25}КАС + N_{20}$) позволили получить в среднем за 3 года исследований прибавку урожайности зерна по сравнению с контрольным вариантом 21,2 и 18,8 ц/га соответственно по сортам Тома и Сабина, но окупаемость 1 кг удобрений кг зерна по сравнению с другими вариантами опыта снизилась и составила 6,8 и 6,1 кг соответственно. Сорт Тома оказался более отзывчивым на применение повышенных доз минеральных удобрений, чем сорт Сабина. Увеличение доз удобрений с $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ до $N_{75}P_{70}K_{120} + N_{25}КАС + N_{20}$ повышало урожайность зерна сорта Тома на 5,4 ц/га и не способствовало увеличению урожайности зерна сорта Сабина.

Значительно повысить урожайность зерна и окупаемость 1 кг удобрений кг зерна позволяет применение комплексных препаратов, содержащих регуляторы роста и микроэлементы. Так, применение препарата ЭлеГум Медь на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ на сорте Тома повышало урожайность зерна в среднем за 3 года исследований на 3,6 ц/га (8,3%) и окупаемость 1 кг NPK кг зерна до 8,1 кг. При этом повышение урожайности от данного приема было наибольшим в благоприятном 2009 году.

Некорневая подкормка ЭлеГум Медь на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ на сорте Сабина была эффективна в 2009 и 2011 году: прибавка урожайности составила в среднем за 3 года исследований 2,9 ц/га при окупаемости 1кг NPK кг зерна в этом варианте 8,9 кг.

Наибольшая урожайность зерна яровой пшеницы и агрономическая эффективность применения удобрений по двум сортам была получена при применении комплексного препарата Фитовитал на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$.

На сорте Тома эффективнее было применение данного препарата в 2011 году, где прибавка урожая составила 9,4 ц/га (17,7%), а в среднем за 3 года исследований прибавка урожайности составила 5,8 ц/га (13,4%), окупаемость 1 кг NPK – 9,0 кг зерна.

На сорте Сабина применение данного препарата обеспечивало получение достоверной прибавки урожая по трем годам исследований. В среднем за три года исследований была получена урожайность зерна 54,0 ц/га, что на 6,0 ц/га (12,5%) выше, чем на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$. Оплата 1 кг NPK составила 10,2 кг зерна. Следует отметить, что в оптимальном варианте опыта $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС + Фитовитал$ урожайность зерна сорта Сабина была на 5,0 ц/га выше, чем у сорта Тома.

При возделывании яровой пшеницы наряду с урожайностью большое значение имеет качество зерна. Содержание сырого белка в первую очередь зависело от погодных условий в годы исследований и от условий питания (табл. 2).

В среднем за 3 года исследований содержание сырого белка в зерне яровой пшеницы сорта Тома было на уровне 8,7-15,4%. На сорте Сабина содержание сырого белка колебалось по вариантам опыта от 10,9 до 14,1%. При этом наблюдались значительные изменения этого показателя по годам исследований, обусловленные погодными условиями. Дождливое лето 2009 г. привело к небольшому полеганию вариантов опыта, продолжительная вегетация растений отодвинула сроки уборки, и, как следствие, получены более низкие показатели содержания

белка в зерне (6,9-14,9% по сорту Тома и 10,2-13,2% по сорту Сабина). В сухое и жаркое лето 2010 г. показатели по содержанию сырого белка были на более высоком уровне (9,9-17,8% и 12,2-16,0% по сортам Тома и Сабина соответственно). Избыточно влажные условия второй половины вегетации 2011 года негативно отразились на содержании сырого белка, составившего по сорту Тома 9,3-14,7% и по сорту Сабина – 10,2-13,7%.

Таблица 2

**Влияние минеральных удобрений и комплексных препаратов
на содержание сырого белка в зерне**

Вариант (фактор Б)	Сырой белок, %				Выход сырого белка, ц/га (среднее за 3 года)
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	Ø	
Сорт Тома (фактор А)					
Без удобрений	6,9	9,9	9,3	8,7	2,0
$N_{16}P_{60}K_{90}$	7,0	12,1	10,6	9,9	2,7
$N_{65}P_{60}K_{90}$	12,0	13,7	12,2	12,6	4,6
$N_{90}P_{60}K_{90}$	12,9	14,8	12,5	13,4	5,2
$N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$	12,7	15,0	12,0	13,2	4,9
$N_{75}P_{70}K_{120} + N_{25}КАС + N_{20}$	14,9	17,2	14,2	15,4	6,4
$N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ с ЭлеГум Медь	12,5	15,6	13,3	13,8	5,5
$N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ с Фитовиталом	12,8	17,8	14,7	15,1	6,4
Сорт Сабина (фактор Б)					
Без удобрений	10,2	12,2	10,2	10,9	2,7
$N_{16}P_{60}K_{90}$	10,6	12,5	10,5	11,2	3,2
$N_{65}P_{60}K_{90}$	12,0	13,5	12,2	12,6	4,8
$N_{90}P_{60}K_{90}$	12,3	13,7	12,6	12,9	5,1
$N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$	12,6	14,1	13,7	13,5	5,6
$N_{75}P_{70}K_{120} + N_{25}КАС + N_{20}$	12,8	16,0	12,9	13,9	5,8
$N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ с ЭлеГум Медь	12,9	15,8	12,8	13,8	6,0
$N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ с Фитовиталом	13,2	15,6	13,4	14,1	6,5
НСР _{0,05} (А)	0,1	0,1	0,1	0,06	
НСР _{0,05} (Б)	0,3	0,2	0,4	0,2	
НСР _{0,05} (АБ)	0,4	0,3	0,6	0,3	

Внесение под предпосевную культивацию на фоне $P_{60}K_{90}$ 65 кг д.в./га азотных удобрений увеличивало содержание сырого белка по сравнению с вариантом $N_{16}P_{60}K_{90}$ на 2,7%; 90 кг д.в./га – на 3,5%. Применение в фазу начала трубкования некорневой подкормки с КАС (25 кг д.в./га) на фоне $N_{65}P_{60}K_{90}$ не приводило к достоверному увеличению белковости зерна яровой пшеницы сорта Тома.

На сорте Сабина увеличение содержания сырого белка в зерне по сравнению с вариантом $N_{16}P_{60}K_{90}$ при внесении азотных удобрений в дозе 65 кг д.в./га на фоне $P_{60}K_{90}$ составило 1,4%; 90 кг д.в./га – 1,7%. В варианте $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ содержание сырого белка увеличивалось по сравнению с вариантом $N_{65}P_{60}K_{90}$ на 0,9%.

Таблица 3

Экономическая эффективность применения удобрений и комплексных препаратов на яровой пшенице (по ценам 2011 г.)

Вариант	Прибавка урожая, ц/га (в среднем за 3 года)	Стоимость прибавки, \$	Всего затрат, \$	Прибыль, \$/га	Рентабельность, %
Сорт Тома*					
Без удобрений	-	-	-	-	-
$N_{16}P_{60}K_{90}$	4,3	47,3	74,8	-	-
$N_{65}P_{60}K_{90}$	14,8	162,8	160,5	2,3	1,4
$N_{90}P_{60}K_{90}$	17,7	194,7	184,8	9,9	5,3
$N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$	15,8	173,8	181,1	-	-
$N_{75}P_{70}K_{120} + N_{25}КАС + N_{20}$	21,2	233,2	233,7	-	-
$N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ с ЭлеГум Медь	19,4	213,4	195,4	18,0	9,2
$N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ с Фитовиталом	21,6	237,6	202,5	35,1	17,3
Сорт Сабина**					
Без удобрений	-	-	-	-	-
$N_{16}P_{60}K_{90}$	3,5	36,0	72,2	-	-
$N_{65}P_{60}K_{90}$	15,3	157,4	162,2	-	-
$N_{90}P_{60}K_{90}$	17,0	174,8	182,5	-	-
$N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$	18,6	191,3	190,3	1,0	0,5
$N_{75}P_{70}K_{120} + N_{25}КАС + N_{20}$	18,8	193,4	225,7	-	-
$N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ с ЭлеГум Медь	21,5	221,1	201,9	19,2	9,5
$N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ с Фитовиталом	24,6	253,0	212,4	40,6	19,1

Примечание: за 1 т пшеницы 2 класса* – 924 тыс. руб., 3 класса** – 864 тыс. руб. (с НДС), стоимость ЭлеГум Медь ≈ 2 \$/л, Фитовитала ≈ 2,3 \$/0,6 л, курс \$ – 8400.

В колонку «Всего затрат» включены затраты на поупку и внесение удобрений, а также затраты на уборку и доработку прибавки урожая.

Внесение повышенных доз минеральных удобрений $N_{75}P_{70}K_{120} + N_{25}КАС + N_{20}$ в среднем за 3 года исследований повышало содержание сырого белка до 15,4% на сорте Тома. На сорте Сабина в данном варианте применения удобрений в среднем за 3 года исследований содержание сырого белка составило 13,9%.

Положительную роль на накопление сырого белка в зерне оказал комплексный препарат Фитовитал на сорте Тома, где в среднем за 3 года содержание сырого белка повысилось по отношению к фону $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ на 1,9 %. Выход сырого белка с 1 га составил в данном варианте 6,4 ц/га. При внесении препаратов ЭлеГум Медь содержание сырого белка в среднем за 3 года было выше, чем в фоновом варианте на 0,6%, а выход сырого белка увеличился до 5,5 ц/га за счет увеличения урожайности.

На сорте Сабина применение комплексных препаратов на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ в 2009-2010 годах повышало содержание сырого белка в зерне. Так, при

применении препарата ЭлеГум Медь этот показатель был выше фонового на 0,3-1,7% соответственно по годам. Применение Фитовитал повышало содержание сырого белка по сравнению с фоном $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ на 0,6-1,5% соответственно в 2009 и 2010 годах.

В среднем за 3 года исследований наиболее высокий сбор сырого белка с 1 га на сорте Тома был в вариантах $N_{75}P_{70}K_{120} + N_{25}КАС + N_{20}$ и $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС +$ Фитовитал и составил 6,4 ц/га. Наибольший сбор сырого белка (6,5 ц/га) у сорта Сабина был в варианте $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС +$ Фитовитал.

Расчет экономической эффективности производился, исходя из сопоставления стоимости прибавки урожая в среднем за три года исследований и затрат на приобретение, доставку и внесение удобрений, комплексных препаратов, на уборку и доработку дополнительного урожая, полученного за счет применения удобрений.

Наибольший экономический эффект был получен в вариантах с применением ЭлеГум Медь и Фитовитал на фоне удобрений $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$, где прибыль составила 18,0-35,1 \$/га, рентабельность – 9,2-17,3% соответственно по препаратам на сорте Тома. На сорте Сабина применение препарата ЭлеГум Медь повышало прибыль с гектара до 19,2 \$, а рентабельность до 9,5%. При применении Фитовитала прибыль составила 40,6 \$/га, рентабельность – 19,1%.

ВЫВОДЫ

1. Сорты яровой пшеницы Тома по сравнению с сортом Сабина были более отзывчивыми на увеличение доз минеральных удобрений с $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}$ до $N_{75}P_{70}K_{120} + N_{25} + N_{20}$. В тоже время в оптимальном варианте опыта при сочетании $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}$ с комплексным препаратом Фитовитал, содержащим регулятор роста и комплекс микроэлементов, сорт Сабина обеспечивал получение более высокой урожайности зерна по сравнению с сортом Тома, которая в среднем за 2009-2010 гг. составила 54 и 49 ц/га соответственно по сортам.

2. При возделывании яровой пшеницы сорта Тома на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве целесообразно использование в фазу начала выхода в трубку на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ комплексного препарата Фитовитал, где по результатам трех лет исследований получена урожайность 49,0 ц/га и окупаемость 1 кг удобрений – 9,0 кг зерна. При возделывании яровой пшеницы сорта Сабина наибольшая урожайность зерна и окупаемость 1 кг NPK кг зерна по результатам трех лет исследований также получена в варианте $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ с Фитовиталом – 54,0 ц/га и 10,2 кг зерна.

3. Повышение содержания сырого белка в зерне и сбора его с гектара наблюдалось на сорте Тома при применении двух азотных подкормок ($N_{75}P_{70}K_{120} + N_{25}КАС + N_{20}$) и комплексного препарата Фитовитал на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$. В данных вариантах в среднем за 3 года исследований содержание сырого белка составило 15,4 и 15,1% соответственно по вариантам, а сбор с 1 га – 6,4 ц/га. На сорте Сабина применение подкормки Фитовиталом в фазу начала выхода в трубку на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ приводило к увеличению содержания сырого белка в зерне с 13,5 до 14,1% и его выхода с 1 га до 6,5 ц/га.

4. Расчет экономической эффективности применения удобрений показал, что повысить рентабельность и прибыль при возделывании яровой пшеницы можно за счет применения комплексных препаратов. В вариантах с применением ЭлеГум Медь и Фитовитал на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ прибыль составила 18,0-35,1 \$/га, рентабельность – 9,2-17,3% соответственно по препаратам на сорте Тома. На

сорта Сабина применение препарата ЭлеГум Медь повышало прибыль с гектара до 19,2 \$, а рентабельность до 9,5%. При применении Фитовитала прибыль составила 40,6 \$/га, рентабельность – 19,1%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / НПЦ НАН РБ по земледелию; под ред. Ф.И. Привалова. – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.

2. Проблемы и пути повышения эффективности растениеводства в Беларуси: тезисы Юбилейной Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию образования Ин-та земледелия, Жодино, 29 июня 2007 г. / НПЦ НАН РБ по земледелию. – Минск, 2007. – 320 с.

3. Гриб, С.И. Прогресс в селекции яровой пшеницы в Беларуси / С.И. Гриб // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – 2009. – № 3. – С. 37-41.

4. Гурбан, К.А. Влияние удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество зерна яровой пшеницы и ячменя на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах северо-восточной части Беларуси: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.04 / К.А. Гурбан; Белорус. НИИ почвоведения и агрохимии. – Минск, 2001. – 24 с.

5. Лапа, В.В. Плодородие почв и применение удобрений как основа устойчивого развития аграрной отрасли Республики Беларусь / В.В. Лапа // Проблемы управления. – 2007. – № 4. – С. 43-48.

6. Кошкин, Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур: учебник / Е.И. Кошкин. – М: Дрофа, 2010. – 638 с.

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

8. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [и др.] / Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 24 с.

HIGH-QUALITY RESPONSIVENESS OF SPRING WHEAT ON CONDITIONS OF A MINERAL FOOD OF PODZOLUVISOL

I.R. Vildflush, E.I. Kogotko

Summary

The effect of different doses of fertilizers and integrated products based on micronutrients and growth regulators on productivity and grain quality of spring wheat varieties.

It is established that a variety of Tom was the most responsive to increasing doses of mineral fertilizers with $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}UAN$ to $N_{75}P_{70}K_{120} + N_{25}UAN + N_{20}$, where the observed increase in grain yield of 5.4 t/ha of crude protein in the grain by 2.2%. The best option was the use of fertilizer Fitovitala against $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}UAN$, where the yield was 49.0 t/ha and crude protein content of 15.1%.

Grade Sabine provides a higher grain yield compared with a grade of Tom. The highest grain yield and crude protein content obtained in the form $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}UAN + Fitovital - 54.0$ t/ha and 14.1%.

Поступила 5 марта 2012 г.

ЗАВИСИМОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ КУКУРУЗЫ ОТ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ МАГНИЕМ И ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

О.М. Таврыкина, И.М. Богдевич, В.А. Довнар, Е.С. Третьяков
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время магний рассматривают как полифункциональный элемент питания: он выполняет структурообразующую роль, входя в состав органелл, клеток, мембран, клеточных стенок, и важную функциональную роль в составе большого числа ферментов (около 300). Связь этого элемента с деятельностью ферментов в значительной степени определяет его участие в обмене веществ в растениях и в биохимических процессах. Он входит в состав хлорофилла, фитина и ряда других важных соединений в растениях. Очень велика его роль в образовании и развитии генеративных органов [6, 7, 9, 13, 14, 18].

Дерново-подзолистые почвы Беларуси характеризовались крайне низким наличием магния в поглощающем комплексе. В 80-х годах прошлого столетия средневзвешенное содержание магния в пахотных почвах республики не превышало 56 мг Mg/kg почвы. Интенсивное известкование почв доломитовой мукой в течение 40 лет привело к повышению содержания в почве обменных форм магния более чем в 2 раза. Увеличение средневзвешенного содержания магния в пахотных почвах республики в последние годы несколько замедлилось и достигло уровня 147 мг Mg на кг почвы. Обеспеченность луговых почв магнием продолжает заметно повышаться, а средневзвешенное содержание Mg достигло величины 163 мг на кг почвы [1]. Однако содержание обменного магния по отдельным полям и участкам сильно различается – от 24 до 300 мг/kg почвы. На значительной части площади пахотных земель нарушено требуемое соотношение катионов $Ca^{2+}:Mg^{2+}$, а возделываемые культуры испытывают недостаток или избыток магния для формирования урожайности.

Повышение содержания магния в почве, как и других элементов питания, сопровождается увеличением урожайности сельскохозяйственных культур до определенных оптимальных параметров концентрации магния в почвенном растворе. О возможном негативном действии на развитие растений избытка или несбалансированного содержания магния в почве указывают многие исследователи [2, 4, 5, 7, 10, 13, 14, 19, 22].

В тоже время известно, что магний относится к группе металлов со слабыми фитотоксичными свойствами (наряду с Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Rb^+ , Sr^{2+} , Li^+), которые редко показывают отрицательный эффект даже при уровнях концентрации более 1800 мг/л. Принято считать, что избыточное количество магния способно накапливаться в растениях и оставаться там надолго без ущерба “здоровью клетки” [21, 23].

Многие исследователи процессы магниевой токсичности связывают с недостатком в почве таких катионов, как калия, кальция, аммония и марганца [14, 16, 17, 18, 24, 25,

27, 28]. К.П. Магницкий, W. Bergmann [6, 14] отмечают, что увеличение концентрации калия в питательном растворе уменьшает поступление магния в растение и наоборот. Подобные явления описаны и после внесения больших доз извести.

Таким образом, в научной литературе 60-80 гг. есть ряд ссылок на количественные параметры недостатка обменного магния в почве, вызывающего недобор урожайности ряда зерновых, технических и овощных культур. Отдельные количественные параметры оптимального содержания магния в почвах приводятся по некоторым культурам в источниках последних 20 лет. Однако эти параметры приводятся в крайне широком диапазоне концентраций и соотношения $Ca^{2+}:Mg^{2+}$ [2, 3, 4, 5, 15, 17, 18]. Параметры избыточного содержания магния в почве не установлены, мнения различных авторов противоречивы. Это подтверждает необходимость установления количественных параметров магниевой диагностики в полевом эксперименте.

Цель исследований – установить параметры количественной зависимости урожайности зеленой массы кукурузы от содержания обменного магния в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве и удобрений.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в 2010-2011 годах в модельном стационарном полевом опыте, заложенном в двух полях в СПК «Щеmysлица» Минского района, на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на мощных лессовидных суглинках.

В 2010 году на поле №1, в 2011 году на поле №2 было создано четыре уровня (блока) обеспеченности почвы Mg (1M KCl) – 71-84-181-243 и 76-146-181-235 мг/кг почвы соответственно. Различные уровни содержания обменного магния в почве уже были созданы в предыдущие годы различными дозами доломитовой муки и мела. В последние два года корректировались преимущественно третий и четвертый уровни для создания различий, отражающих агрохимическую пестроту в условиях производства. Для этого использовали сульфат магния $MgSO_4 \cdot 7H_2O$. Содержание обменного кальция выравнивали по каждой деланке путем внесения расчетных доз мела. В результате на поле №1 содержание обменного Ca было выровнено в пределах 908-1145 мг/кг почвы, а на поле №2 - 1002-1122 мг/кг почвы. Таким образом, были созданы контрастные эквивалентные уровни соотношений $Ca^{2+}:Mg^{2+}$: на первом поле – 9,8-7,2-3,0-2,3, на втором поле – 9,0-4,2-3,4-2,7 соответственно. Реакция почв, pH KCl, различалась на данных полях незначительно: в пределах 6,11-6,25 и 6,28-6,42 соответственно. Опытные деланки не имели существенных различий по содержанию подвижных фосфатов, содержание P_2O_5 (0,2 M HCl) на первом поле было в пределах 278-295 мг/кг почвы, а на втором поле – 211-229 мг/кг почвы. Содержание гумуса (по Тюрину) составило по опыту 1,72-2,02%. Различия в содержании подвижных форм калия (K_2O (0,2 M HCl) – 237-313 мг/кг почву) были определенным образом связаны с уровнями содержания конкурирующего катиона магния, о чем будет дополнительно сказано ниже.

Посев гибрида кукурузы Дельфин согласно севообороту на поле №1 был произведен в 2010 году, на поле №2 – в 2011 в оптимальные сроки.

На каждом блоке в обоих полях исследовано действие современного базового варианта системы удобрений и некорневых подкормок 4%-раствором сульфата магния по схеме опыта:

1. Контроль (без удобрений);
2. $N_{110+30}P_{60}K_{120}$ – фон;
3. Фон+S₆₀;
4. Фон+S₆₀+Mg₁₀+Mg₁₀.

Минеральные удобрения в виде карбамида, калия хлористого, аммофоса, сульфата аммония внесены весной под предпосевную культивацию согласно схеме опыта. Источником серы в дозе 60 кг/га в варианте 3 был сульфат аммония.

Некорневые подкормки на кукурузе проводились дважды – в стадию раннего развития растений (6-8 листьев) до отбора растительных образцов и перед фазой начала выхода кукурузы в метелку. Агротехника возделывания кукурузы на опытных полях – общепринятая для данной зоны. Учет урожая зеленой массы и зерна кукурузы был проведен методом учетных площадок. Повторность опыта 4-кратная, размещение делянок рендомизированное. Общая площадь делянки – 12 м², учетная – 8 м².

В образцах растений определяли: сухое вещество – высушиванием в сушильном шкафу; общий азот, фосфор, калий, кальций, магний из одной навески после мокрого озоления – серной кислотой; азот – методом Къельдаля; фосфор – на фотоэлектроколориметре; калий – на пламенном фотометре; кальций и магний на атомно-абсорбционном спектрофотометре. Статистическая обработка результатов исследований выполнена по Б.А. Доспехову (1985) с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа на компьютере.

Гидротермические условия вегетационных периодов в годы исследования оказались благоприятными для роста и развития кукурузы, что отразилось на показателях урожайности культуры. Среднемесячная температура воздуха за вегетационный период 2010-2011 годов оказалась выше нормы на 3,5°С и 2,3°С соответственно, количество осадков в отдельные месяцы превышало многолетние показатели в 2 и более раза. Результаты расчета ГТК показали, что май и июнь 2010-2011 годов характеризовались как избыточно увлажненные месяцы (ГТК 1,9-2,6), а июль и август – как благоприятные, с хорошим увлажнением месяца (ГТК 1,3-1,5). ГТК за вегетационный период в 2011 году составил 2,0, в 2010 – 1,7.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Насыщение поглощающего комплекса почвы магнием. Для оценки устойчивости во времени созданных уровней содержания магния в почве образцы почвы были отобраны через 35 дней после внесения сульфата магния, в конце вегетационного периода и через год после внесения (рис. 1). Непосредственно после внесения весь магний перешел в обменное состояние, что подтверждает наличие тесной линейной зависимости повышения содержания обменного магния в почве относительно внесенных доз мелиоранта ($n = 20$, $R^2 = 0,92$, $p = 0,05$). Содержание обменного магния повысилось на 60-120 мг Mg на кг почвы в зависимости от исходного его содержания и количества внесенного сульфата магния. Однако в результате выщелачивания обильными осадками в конце вегетационного периода содержание магния заметно снизилось на обоих полях. Можно считать, что динамическое равновесие по содержанию обменного магния в почве установилось уже в конце периода вегетации, так как уровни содержания обменного магния, определенные через год после насыщения на поле №1, изменились незначительно (рис. 1).

2. Плодородие почв и применение удобрений

Необходимо отметить, что на низких исходных уровнях содержания магния и при внесении меньших количеств сульфата магния переход оказывался более полным. При внесении 50-100 мг Mg/kg почвы он практически весь перешел в обменное состояние. При более высоких вносимых концентрациях, видимо, при достижении насыщения, часть магния вымывалась, и содержание его повышалось в меньшей степени. Зависимость содержания обменного магния в почве (x) от доз сульфата магния (y) после насыщения описывается полиномиальной кривой второго порядка ($n = 40$, $p = 0,05$) (рис. 2).

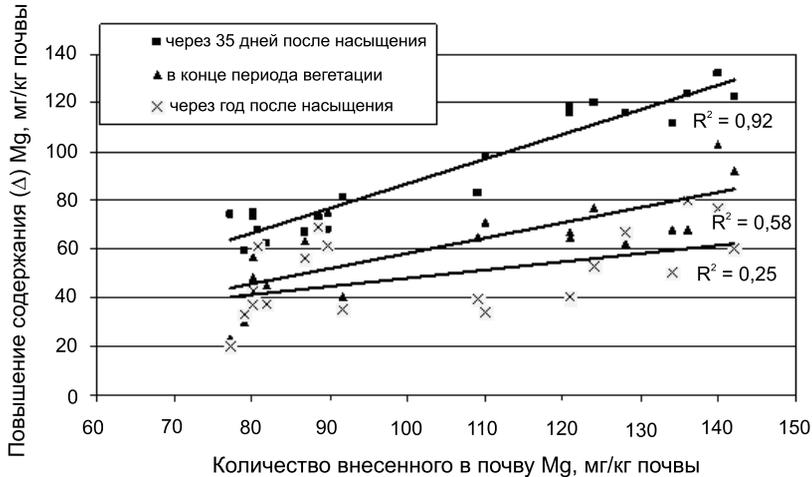


Рис. 1. Динамика повышения содержания обменного магния в почве поля №1 после внесения сульфата магния ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$)

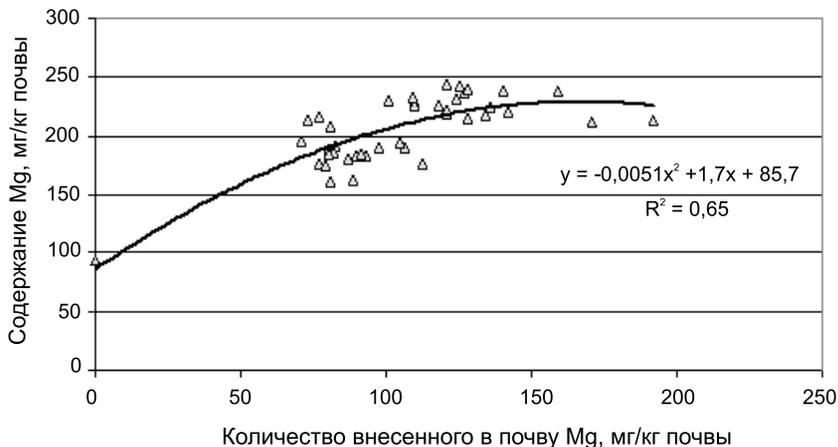


Рис.2. Содержание обменного магния в почве после насыщения участков сульфатом магния

Расход сульфата магния для повышения содержания обменного магния на 1 мг/kg почвы увеличивается по мере насыщения поглощающего комплекса магни-

ем. В нашем эксперименте для этого требовалось 4,0 кг Mg на гектар в диапазоне содержания 90-130 мг Mg на кг почвы, до 7,0 кг Mg/га при содержании Mg в почве 131-180 мг/кг.

Известна активная конкуренция ионов калия и магния при адсорбции поглощающим комплексом почвы [6, 14]. В нашем эксперименте установлена количественная зависимость уменьшения содержания подвижных форм калия при повышении насыщенности почвы обменным магнием (рис. 3).

Это проявилось и на контрольных вариантах, и на вариантах с внесением калийных удобрений. По данным 80 сопряженных учетов зависимость описывается

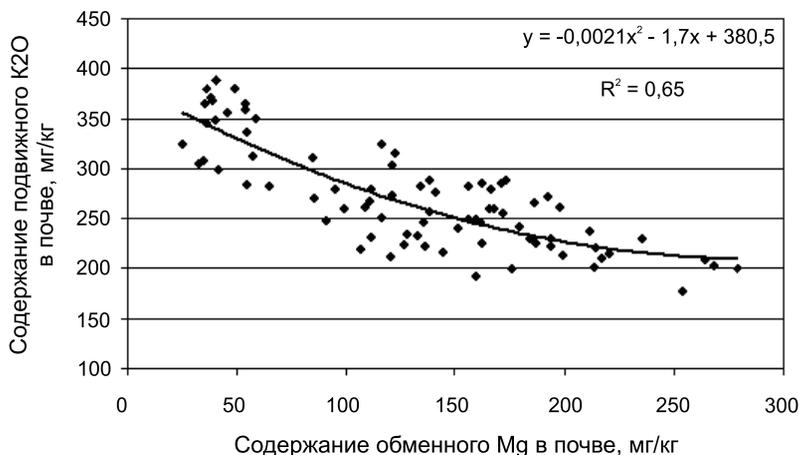


Рис. 3. Корреляционная зависимость между содержанием обменного магния и подвижных форм калия в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

уравнением $y = 0,021 \cdot x^2 - 1,7 \cdot x + 380,5$, где y – содержание подвижных форм калия, K_2O мг/кг почвы, а x – содержание обменного Mg, мг/кг почвы ($R^2 = 0,65$, $p = 0,05$). По результатам нашего эксперимента по мере повышения содержания магния в почве наблюдалось постепенное снижение содержания калия. Видимо, высокие концентрации Mg^{2+} способствовали вытеснению катионов K^+ из поглощающего комплекса почвы, которые затем вымывались из почвы. Следует отметить, что в условиях легкосуглинистой почвы, богатой калием, даже на самом высоком уровне обеспеченности обменным магнием содержание подвижных форм калия было выше уровня 200 мг K_2O на кг почвы. Однако, на бедных калием почвах высокие концентрации обменного магния могут существенно препятствовать поглощению растениями калия. Подобный антагонизм, существующий между Mg^{2+} и K^+ , был описан в работах авторов Ruan et al и Venkatesan [24, 26].

Урожайность зеленой массы кукурузы. Учет урожайности проведен в фазу молочно-восковой спелости (табл. 1). Урожайность зеленой массы кукурузы на контрольных вариантах повышалась по мере увеличения содержания обменного магния в почве вплоть до уровня 235-243 мг Mg на кг почвы. Прибавка урожайности за счет повышения обеспеченности почвы магнием в среднем за два года составила 112 ц зеленой массы с гектара. Эффективность фонового удобрения $N_{110+30} P_{60} K_{120}$ была наибольшей. Урожайность зеленой массы кукурузы в среднем за два года повышалась до третьего уровня содержания обменного Mg на 9-20%

2. Плодородие почв и применение удобрений

(181 мг Mg на кг почвы), снижаясь на 5-8% (36-61 ц/га) при повышении уровня обменного магния на 62 мг/кг почвы.

Прибавка урожайности от фонового внесения удобрения $N_{110+30}P_{60}K_{120}$ оказалась наибольшей (108 ц/га) на третьем уровне содержания обменного Mg – 181 мг/ на кг почвы. На четвертом уровне обеспеченности почвы обменным магнием прибавка урожайности от минеральных удобрений снизилась до 59 ц/га. Внесение серы 60 кг/га в составе сульфата аммония было также эффективным на первых трех уровнях содержания обменного магния, обеспечивая небольшие прибавки урожайности зеленой массы – 21-22 ц/га.

Таблица 1

Урожайность зеленой массы кукурузы на разных уровнях обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием

Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка зеленой массы, ц/га от		
	2010 г.	2011 г.	Ø	Mg в почве	N, P, K, (S) удобрений	Mg подкормки
Mg 71, 76 мг/кг почвы; Ca²⁺:Mg²⁺ = 9,8-9,0						
Контроль (без удобрений)	585	578	582	–	–	–
$N_{110+30}P_{60}K_{120}$ – фон	653	669	661	–	79	–
Фон + S ₆₀	673	691	682	–	100	–
Фон + S ₆₀ + Mg ₁₀₊₁₀	706	758	732	–	150	50
Mg 84, 146 мг /кг почвы; Ca²⁺:Mg²⁺ = 7,2-4,2						
Контроль (без удобрений)	676	620	648	66	-	–
$N_{110+30}P_{60}K_{120}$ – фон	712	740	726	65	78	–
Фон + S ₆₀	727	767	747	65	99	–
Фон + S ₆₀ + Mg ₁₀₊₁₀	764	817	791	59	143	27
Mg 181 мг /кг почвы; Ca²⁺:Mg²⁺ = 3,0-3,4						
Контроль (без удобрений)	709	652	681	99	-	–
$N_{110+30}P_{60}K_{120}$ – фон	816	762	789	128	108	–
Фон + S ₆₀	845	776	811	129	130	–
Фон + S ₆₀ + Mg ₁₀₊₁₀	806	812	809	77	128	-2
Mg 243, 235 мг/кг почвы; Ca²⁺:Mg²⁺ = 2,3-2,7						
Контроль (без удобрений)	718	670	694	112	-	–
$N_{110+30}P_{60}K_{120}$ – фон	758	748	753	92	59	–
Фон + S ₆₀	763	737	750	68	56	–
Фон + S ₆₀ + Mg ₁₀₊₁₀	721	726	724	-8	30	-26
НСР ₀₅ варианты уровни			34,2 38,3	19,7 22,8	19,3 21,8	

В наших исследованиях наибольшая урожайность кукурузы была получена на удобренных вариантах при эквивалентном соотношении Ca²⁺:Mg²⁺ в почве 3,0-4,2. Расширение этого соотношения до уровня 9,0-9,8 или снижение до уровня 2,3-2,7

сопровождалось недобором урожайности зеленой массы. Вопрос об определении оптимального соотношения между кальцием и магнием для различных культур и для разных почв остается еще открытым. Имеющиеся в научной литературе сведения противоречивы, так как получены в различных, чаще несравнимых условиях. Сложилось мнение, что избыток магния в почве не оказывает отрицательного влияния на урожайность большинства сельскохозяйственных культур до тех пор, пока обменного кальция в почве существенно больше, чем магния. По мнению С.А. Барбера [2], избыток магния не проявляется на снижении урожайности сельскохозяйственных культур пока соотношение $Ca^{2+}:Mg^{2+}$ существенно больше единицы, а оптимальное соотношение находится в пределах 2-7. Однако его значение может изменяться в силу того, что почвы различаются по относительной силе связывания этих элементов на катионообменных частицах.

И.А. Кожуро с соавторами [5] отмечали, что недостаток магния наблюдался при соотношении $Ca^{2+}:Mg^{2+}$ более 6,1. Jokinen R. [17] считает, что оптимальное соотношение $Ca^{2+}:Mg^{2+}$ для плодородных почв Финляндии равно 6. В исследованиях McLean et al [21] при отборе сопряженных образцов почвы и растений на разных почвах было выявлено, что как высокие, так и низкие урожаи кукурузы встречаются при весьма широком соотношении $Ca^{2+}:Mg^{2+}$ в почве 5,0-16,1. В публикациях [15-16] подчеркивается, что соотношение $Ca^{2+}:Mg^{2+}$ в почве может быть значимым для влияния на урожайность культур только в сочетании с конкретной концентрацией в почве обоих катионов.

Некорневые подкормки растворами сульфата магния в наших опытах подтвердили недостаток магния для растений на первых двух уровнях. Прибавки урожайности от некорневых подкормок были значительными по двум годам исследований только при низком и среднем содержании обменного Mg в диапазоне 76-146 мг/кг почвы. На повышенном и высоком уровнях обеспеченности почвы обменным магнием некорневые подкормки были неэффективными или сопровождалась снижением урожайности зеленой массы кукурузы.

Наряду с определением обменных форм магния в почве, необходимых для определения обеспеченности растений этим элементом, большое значение имеет и растительная диагностика недостатка или избытка магния. В нашем опыте был произведен отбор растений кукурузы на стадии развития 6-8 листа для определения в них элементов минерального питания.

Содержание магния в листьях кукурузы в удобренном базовом варианте повышалось в годы исследований в 1,6-1,8 раза по мере повышения содержания обменного магния в почве с 71-76 до 235-243 мг/кг почвы (рис. 4А).

Известно, что Mg^{2+} является одним из основных катионов, а его доступность напрямую зависит от катионообменной емкости почвы и влияния конкурирующих катионов Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ , Fe^{2+} , Al^{3+} . В то же время, повышение концентрации магния в питательной среде снижает поступление конкурирующих катионов в растение, в первую очередь – калия и кальция [14, 19].

В нашем эксперименте повышение концентрации обменного магния в почве сопровождалось снижением содержания калия и кальция в листьях кукурузы (рис. 4Б). При повышении содержания обменного Mg с 71-76 до 235-243 мг на кг почвы содержания K и Ca в листьях снижалось: с 5,01 до 4,52% и с 0,42 до 0,30% сухого вещества соответственно. Приведенные данные говорят об имеющейся перспективе разработки растительной диагностики магниевых питания растений кукурузы.

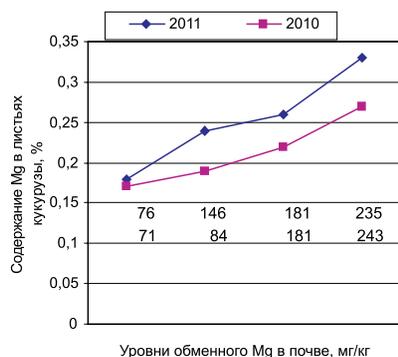


Рис. 4А. Содержание Mg в листьях кукурузы (стадия 6-8 листьев) при различной обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием (вариант $N_{140}P_{60}K_{120}S_{60}$)

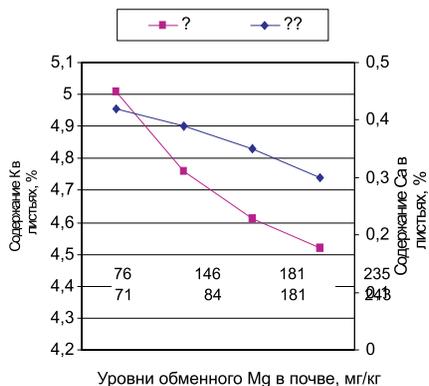


Рис. 4Б. Содержание K и Ca в листьях кукурузы (стадия 6-8 листьев) при различной обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием (вариант $N_{140}P_{60}K_{120}S_{60}$) (среднее за 2010-2011 гг.)

ВЫВОДЫ

1. Повышение содержания обменного магния в модельном опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в диапазоне 76-235 мг Mg на кг почвы за счет внесения сульфата магния сопровождалось снижением содержания подвижных форм калия с уровня 300-350 до 200-250 мг K_2O на кг почвы.

2. По данным двухлетнего опыта установлено повышение урожайности зеленой массы кукурузы на 11-19% за счет повышения содержания обменного магния в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в диапазоне 73-181 мг Mg^{2+} на кг почвы. Дальнейшее повышение содержания Mg^{2+} до уровня 235-243 мг/кг почвы приводило к снижению урожайности кукурузы на 5-9%.

3. Получены существенные прибавки урожайности зеленой массы кукурузы от некорневых подкормок раствором сульфата магния – 50-27 и от серосодержащего удобрения – 21 ц/га при низком и среднем содержании обменного магния в почве. При повышенном и высоком содержании обменного магния (181-235 мг Mg на кг почвы) применение некорневых магниевых подкормок кукурузы неэффективно.

4. Повышение содержания обменного магния в почве приводило к увеличению содержания его в листьях кукурузы в 1,6-1,8 раза на ранней стадии развития, в фазе 6-8 листьев. Установлено также снижение содержания конкурирующих катионов кальция и калия в растениях кукурузы по мере повышения содержания обменного магния в почве. Отмеченные закономерности говорят о перспективе разработки растительной диагностики магниевых питания кукурузы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И.М. Богдевича. – Минск.: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012. – 276 с.

2. Барбер, С.А. Биологическая доступность питательных веществ в почве. Механистический подход / С.А. Барбер; под ред. Э.Е. Хавкина. – М.: Агропромиздат, 1988. – 376 с.
3. Глазкова, Л.Н. Магний в почвах Белорусского Полесья: автореф. дис.... канд. биол. наук: 06.01.03 / Л.Н. Глазкова; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. – М., 1981. – 22 с.
4. Детковская, Л.П. Потребление магния растениями и его баланс в пахотных почвах БССР / Л.П. Детковская, Н.Е. Мирейко. – Минск, 1977. – С. 149-151.
5. Содержание магния и оптимальные параметры плодородия почв / И.А. Кожуро [и др.]. – М.: Колос, 1984. – С. 162-172.
6. Магницкий, К.П. Магниевые удобрения / К.П. Магницкий. – М.: Колос, 1967. – 200 с.
7. Мазаева, М.М. О критическом содержании магния в почвах / М.М. Мазаева // Агрохимия. – 1967. – № 10. – С. 93-105.
8. Мелехов, В.В. Руководство по возделыванию кукурузы на зерно / В.В. Мелехов [и др.]. – Волгоград, 2003. – 123 с.
9. Прокошев, В.В. Магниевые удобрения в интенсивном земледелии. Обзорная информация / В.В. Прокошев [и др.] // ВНИИТЭИагропром, 1987. – 51 с.
10. Рекомендации по применению магниесодержащих удобрений в Московской области в условиях интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. – М., 1988. – 23 с.
11. Трещов, А.Г. Влияние магниевых удобрений на качество урожая сельскохозяйственных культур / А.Г. Трещов // Бюл. ВИУА им. Д.Н. Прянишникова; редкол.: В.Д. Панников [и др.]. – М., 1978. – № 39. – С. 76-78.
12. Шкляев, Н.И. Магний в жизни растений / Н.И. Шкляев. – М.: Наука, 1981. – 96 с.
13. Aikawa, J.K. The Role of Magnesium in Biological Processes / J.K. Aikawa, I.L. Springfield, C. Charles // Thomas Publisher, 1975. – P. 3-14.
14. Bergmann, W. Nutritional disorders of plants – development, visual and analytical diagnosis / W. Bergmann [et al.] // Stuttgart, New York. – 1992. – 234 p.
15. Brady, K.U. Evolutionary ecology of plant adaptation to serpentine soils / K.U. Brady, A.R. Kruckeberg, H. Bradshaw // Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst., 2005. – P. 36: 243-266.
16. Calcium Magnesium Ratio [Electronic resource]. – Mode of access: <http://blog.calciumproducts.com/posts/calcium-magnesium-ratio.cfm>
17. Jokinen, R. The magnesium status of Finnish mineral soils and the requirement of the magnesium supply / R. Jokinen // Magnesium Bulletin. – 1981. – № 3. – P 1-5.
18. Kirkby, E.A. The role of magnesium in plant nutrition / E.A. Kirkby, K.Z. Mengal // Pflanzern, Bodenk. – 1976. – P. 209-222.
19. Loide, V. The content of available magnesium of Estonian soils, its ratio to potassium and calcium and effect on the field crops. Thesis for the degree of D. Agr.Sc / V. Loide // Tartu, 2002. – 118 p.
20. Marler, T.E. Solution pH influences on growth and mineral element concentrations of 'Waimanalo' papaya seedlings / T.E. Marler // J. Plant Nutr. – 1998. – P. 21:2601-2612.
21. McLean, E.O. Basic cation saturation rations as a basis for fertilizing and liming agronomic crops. II. Field studies / E.O. McLean [et al.]. – Agronomy Journal. – 1983. – P. 75: 635-639.

22. Munson, R. Rd. Interaction of potassium and other ions / R. Rd. Munson [et al.] // Madison, Wisconsin USA. – 1968. – P. 321-353.
23. Rehm, G. Magnesium for crop production in Minnesota / G. Rehm, C. Rosen, M. Schmitt // University of Minnesota, 2002. – 3 p.
24. Ruan, J.Y. Effect of potassium, magnesium and sulphur applied in different forms of fertilisers on free amino acid content in leaves of tea (*Camellia sinensis* L.) / J.Y. Ruan [et al.] / J. Sci. Food Agric., 1998. – 76. – P. 389-396.
25. Simson, CR. Effect of varying Ca:Mg ratios on yield and composition of corn (zea mays) and alfalfa (medicago sativa) / CR. Simson, R. Corey, M. Sumner // Commun. in soil science and plant analysis, 1979. - № 10 (1&2). – P. 153-162.
26. Venkatesan, S. Characterisation of magnesium toxicity, its influence on amino acid synthesis pathway and biochemical parameters of tea / S.Venkatesan, S. Jayaganesh / Research Journal of Phytochemistry, 4, 2010. – p. 67-77.
27. Walworth, J.L. A re-examination of optimum foliar magnesium levels in corn / J.L. Walworth, S. Ceccotti // Commun. Soil Sci. Plant Anal. – 1990. – 21(13-16). – P. 1457-1473.
28. Welte, E. Potassium-magnesium antagonism in soils and crops / E. Welte, W. Werner // J. Sci. Food Agric. – 1963. – P. 186-187.

THE YIELD OF CORN GREEN MASS IN RELATION TO LEVELS OF EXCHANGEABLE MAGNESIUM IN THE PODZOLUVISOL LOAM SOIL AND FERTILIZERS

O.M. Tavrykina, I.M. Bogdevich, V.A. Dovnar, E.S. Tret'yakov

Summary

The two years studies of green mass corn yield responses in model field experiment with four different levels of exchangeable magnesium content in soil has been presented. It was found the positive yield response on 11-19% in the limits of Mg content 73-181 mg kg⁻¹ of soil. Further increase of Mg content in soil up to 235-243 mg kg⁻¹ was excessive, it followed by reduction of green mass yield on 5-9%. Significant yield response to foliar spray of Mg fertilizer was noted only on low and medium content of exchangeable Mg in soil.

Поступила 10 апреля 2012 г.

УДК 633.854.54:[631.82+661.162.6]

АГРОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ НА ЛЬНЕ МАСЛИЧНОМ

Ю.С. Корнейкова, А.А. Ходянков

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Лен масличный является одной из перспективных сельскохозяйственных культур комплексного использования. Возделывается в основном для получения

масла, широко используемого в промышленности и медицине, а также для изготовления технического волокна [1].

Семена льна масличного содержат до 52% жира. В льняном семени, согласно исследованиям Б.П. Плешкова, также содержится до 30% белка и до 22% углеводов. Льняной белок (линулин) обладает комплексом незаменимых для человека аминокислот, которые по своему составу не уступают соевому. Известно, что единица масла заменяет 2,25 единиц сахара, 4 единицы хлеба и 8 единиц картофеля. По приблизительным расчетам 1 га посевов льна масличного обеспечивает показатели 1 га озимой пшеницы с урожайностью зерна 42 ц/га [2, 3].

Льняное масло содержит в больших количествах витамин С и бета-каротин, а также жирную кислоту омега-3. Включение последней в обменные процессы организма чувствительно их оптимизирует и стабилизирует. Совместное воздействие указанных антиоксидантов и кислоты омега-3 придает льносемену уникальные свойства, обеспечивающие снижение и стабилизацию уровня холестерина и сахара в крови, уменьшение опасности возникновения некоторых видов раковых заболеваний [4, 5], нормализует работу сердца по ряду показателей. В настоящее время в связи с развитием фармакологии питания вышеуказанные соединения приобретают особую актуальность, так как используются при получении биологически активных добавок [6].

В Республике Беларусь практически отсутствуют производственные посевы льна масличного. На ближайшую перспективу возделывание его планируется на площади 10 тыс. га. Ведутся работы по созданию собственных сортов и технологии их возделывания. Урожайность льна масличного в Беларуси достигает 12-20 ц/га семян, а в благоприятные годы – более 20 ц/га. Ежегодная потребность для населения республики в масле составляет 100-120 тыс. т [7].

Развитие производства льна масличного в республике ставит перед сельскохозяйственной наукой и практикой задачу совершенствования приемов его выращивания и переработки. Резервом повышения урожайности и качества льнопродукции является более полное использование природных факторов, разработка ресурсосберегающих и экологически обоснованных агрохимических приемов, создающих оптимальные условия для роста и развития льна масличного.

Научно-технический прогресс в земледелии неразрывно связан с интенсивным использованием средств химизации (удобрений, пестицидов, регуляторов роста). В мировом земледелии наблюдается прямая зависимость уровня сельскохозяйственного производства от их применения, что позволяет заметно ослабить влияние неблагоприятных погодных условий, повысить урожайность сельскохозяйственных культур. Очень важно научиться управлять продуктивностью растений и качеством растениеводческой продукции, обеспечивая оптимальные условия питания растений на протяжении вегетационного периода за счет научно-обоснованного внесения удобрений и других средств химизации. Существенным фактором дальнейшего повышения урожайности сельскохозяйственных культур, по мнению ряда ученых [8, 9], является применение регуляторов роста растений класса brassinosteroidов. Разработаны различные способы применения эпина и гомобрассинолида, повышающие продуктивность льна-долгунца. На льне же масличном в полевых опытах brassinosteroidы изучены недостаточно. Это обуславливает актуальность проводимых нами исследований.

При совместном применении с традиционными пестицидами brassinosteroidы повышают их эффективность, что позволяет снизить нормы расхода послед-

них и кратность обработок ими. Все это, вместе взятое, дает как экономический, так и социальный эффект [10].

Цель исследований – определение эффективности отечественных росторегуляторов эпина и гомобрассинолида на льне масличном как при инкрустировании семян, так и при совместном применении в баковой смеси с гербицидами.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на опытном поле «Тушково» УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» в 2008-2010 гг. Почва опытного участка – дерново-подзолистая легкосуглинистая, характеризующаяся близкой к нейтральной реакцией среды; повышенной обеспеченностью подвижными соединениями фосфора и средней – обменным калием; недостаточным содержанием гумуса, средним содержанием бора и низким – цинка.

Общий размер делянок – 28,8 м², учетный – 24,5 м². Повторность в опыте четырехкратная. Исследуемый сорт льна масличного – Брестский (позднеспелый, селекции РУП «Института льна»). Из минеральных удобрений применяли карбамид, суперфосфат двойной гранулированный, хлористый калий. Агротехника в опыте – общепринятая для условий Могилевской области. Качество льносоломы определяли инструментальным методом на Горецком льнозаводе [11]. Жир в семенах анализировали методом инфракрасной спектроскопии с использованием компьютеризованной аналитической системы PS Co/ISI IBM – PC 4250. Данные опытов обработаны на ПЭВМ дисперсионным методом анализа по Доспехову [12].

Из росторегуляторов в опытах использовали эпин и гомобрассинолид, синтезированные в ГНУ «Институт биоорганической химии НАН Беларуси».

Эпин – препарат на основе эпибрассинолида, который относится к недавно открытому классу природных фитогормонов – брассиностероидам. Он является биорегулятором роста и развития растений, антистрессовым адаптогеном, который повышает устойчивость растений к неблагоприятным факторам внешней среды (погодные условия, болезни, ядохимикаты и т. п.). Эпин взаимодействует с компонентами гормональной системы растений, регулирует синтез и активность эндогенных ауксинов, цитокининов и абсцизовой кислоты, повышает активность фотосинтеза. Его регуляторная роль проявляется в растениях в процессе роста, фотосинтеза, белкового обмена, поступления ионов и других сторон обмена веществ. Очень важным свойством эпина является способность положительно влиять на элементы продуктивности растений, что приводит к существенному повышению урожайности и качества сельскохозяйственных культур [9].

Гомобрассинолид, обладая полифункциональным действием, существенно влияет на регуляцию процессов фотосинтеза белоксинтезирующей системы. Данный препарат характеризуется фунгицидными свойствами в отношении ряда заболеваний, вызванных грибами, бактериями и вирусами [9].

Предпосевную обработку семян регуляторами роста проводили полусухим методом, основой служил 0,5%-ный раствор крахмального геля. На 1 т семян льна расход воды составлял 5 л. Концентрация эпин- и гомобрассинолида в растворе – 1·10⁻⁵% [13]. Дозы брассиностероидов, вносимых по вегетирующим растениям, – 20 мг/га д.в. Из гербицидов использовали агритокс (0,6 л/га) + хармони (10 г/га).

Погодные условия в годы исследований имели ярко выраженную своеобразность. Так, в 2008 и 2009 гг. метеорологические условия были близкими к средне-многолетним показателям, 2010 г. отличался повышенной температурой воздуха

и недостаточным количеством атмосферных осадков, в то же время, запасы продуктивной влаги в мае–июле были оптимальными.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В технологии возделывания льна масличного при определении эффективности регуляторов роста растений большое значение имеет оценка показателей урожайности и качества получаемой продукции.

Полевые опыты показали, что оптимальной дозой минеральных удобрений для льна масличного сорта Брестский является $N_{60}P_{60}K_{90}$, обеспечившая получение в среднем за три года 16,0 ц/га семян при их масличности 49,6 %. Брассиностероиды достоверно повышали урожайность основной продукции. Так, при внесении эпина на фоне полного минерального питания семенная продуктивность составила 15,7-16,7 ц/га, при использовании для регуляции роста и развития растений гомобрассинолида урожайность семян повысилась до 17,2 ц/га (табл. 1).

При этом содержание жира в семенах льна изменялось в пределах 49,8-50,1%.

Максимальная урожайность льносемян получена при внесении брассиностероидов в два приема: с семенами (инкрустирование) и обработке посевов в фазе «елочки» баковой смесью росторегуляторов и гербицидов на фоне полного минерального питания в дозе $N_{45}P_{60}K_{90}$. Эффект, полученный от брассиностероидов, можно приравнять к действию 30 кг/га минерального азота. Выход жира зависел от урожайности и масличности льносемян и был самым высоким (8,62 ц/га) при внесении под лен на фоне $N_{45}P_{60}K_{90}$ гомобрассинолида в 2 приема.

Опытами установлена возможность двухстороннего использования продукции льна масличного сорта Брестский: не только для получения маслосемян, но и для изготовления технических тканей. В среднем за 3 года исследований урожайность льносолемы составила 31,6-42,3 ц/га; льнотресты – 26,3-35,1 ц/га при выходе общего волокна 5,17-8,77 ц/га и среднем номере тресты 0,5-1,0. Наиболее эффективным условием питания, обеспечившим получение более высоких показателей побочной продукции, оказалось совместное применение минеральных удобрений с брассиностероидами (табл.2), вносимыми с семенами (инкрустирование) и при обработке посевов в фазу «елочки».

Подтверждена совместимость эпина и гомобрассинолида в баковых смесях с гербицидами агритокс (0,6 л/га) + хармони (10 г/га). Пищевые и технические достоинства любого растительного масла определяются соотношением жирных кислот. Для использования растительных масел в пищевых целях важны следующие качественные показатели: содержание масла 42-52%; содержание протеина 16-23%; низкое содержание насыщенных жирных кислот, особенно пальметиновой 4-6% и стеариновой 2-5%; адекватное содержание многократно ненасыщенных жирных кислот 50-68% (линоленовая) и 11-19% (линолевая); превалирование простых ненасыщенных жирных кислот 15-25% (олеиновая).

Особенно ценным в семенах льна масличного является содержание олеиновой кислоты, которая снижает уровень холестерина в крови, предохраняет от атеросклеротических изменений сосудистую систему человека, регулирует уровень кровяного давления, снижает степень гипертонической болезни [14]. По содержанию жирных кислот и общей биологической ценности льняное масло превосходит другие растительные масла.

Состав важных жирных кислот в льняном масле приведен в таблице 3.

Таблица 1
Урожайность и качество семян льна масличного в зависимости от вносимых минеральных удобрений и регуляторов роста растений

Вариант	Урожайность семян, ц/га			Масличность, %			Выход жира, ц/га			
	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	
1. Контроль (без удобрений)	9,5	10,2	7,8	9,2	46,5	47,3	46,3	4,42	4,82	3,61
2. P ₆₀ K ₉₀	11,8	13,2	10,4	11,8	48,0	49,2	48,1	5,66	6,49	5,00
3. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	13,5	17,7	12,1	14,4	49,3	49,4	48,5	6,65	8,74	5,87
4. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	13,8	18,4	12,7	15,0	49,4	50,0	48,9	6,82	9,20	6,21
5. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	15,2	19,6	13,2	16,0	49,4	50,4	49,2	7,51	9,88	6,49
6. N ₇₅ P ₉₀ K ₁₂₀	14,3	18,9	13,6	15,6	49,6	50,3	49,2	7,09	9,51	6,69
7. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + ЭП ¹ (семена)	14,1	19	14,1	15,7	49,4	50,9	49,0	6,96	9,67	6,91
8. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + ЭП + гербицид («елочка»)	14,4	18,9	14,8	16,0	49,1	50,4	49,4	7,07	9,52	7,31
9. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + ЭП (семена) + ЭП + гербицид («елочка»)	14,8	19	16,2	16,7	49,4	50,3	49,5	7,31	9,56	8,02
10. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + ГД ² (семена)	14,3	18,4	14,4	15,7	49,8	50,1	49,1	7,12	9,22	7,07
11. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + ГД + гербицид («елочка»)	14,7	18,9	15,1	16,2	49,5	50,6	49,4	7,28	9,56	7,46
12. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + ГД (семена) + ГД + гербицид («елочка»)	15,4	19,8	16,5	17,2	49,9	50,9	49,6	7,68	10,01	8,18
НСР ₀₅	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2			

Примечание: 1 – ЭП – эпин; 2 – ГД – гомобрасинолипид

Таблица 2
Влияние минеральных удобрений и регуляторов роста растений на урожайность и качество побочной продукции льна масличного

Вариант	Урожайность, ц/га												Средний номер льнотресты		
	солома			треста			волокно (всего)			2008 г.	2009 г.	2010 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
	2008 г.	2009 г.	2010 г.	среднее	2008 г.	2009 г.	2010 г.	среднее	2008 г.	2009 г.	2010 г.	среднее	2008 г.	2009 г.	2010 г.
1. Контроль (без удобрений)	31,2	34,2	29,5	31,6	25,9	28,4	24,5	26,3	5,18	5,68	4,66	5,17	0,5	0,5	0,5
2. P ₆₀ K ₉₀	34,0	37,8	32,7	34,8	28,2	31,4	27,1	28,9	5,92	6,59	5,42	5,98	0,5	0,5	0,5
3. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	36,0	41,8	34,4	37,4	29,9	34,7	28,6	31,0	6,88	8,33	5,72	6,98	0,5	0,75	0,5
4. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	38,2	40,6	34,7	37,8	31,7	33,7	28,8	31,4	7,29	8,09	6,62	7,33	0,5	0,75	0,5
5. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	42,6	42,6	35,2	40,1	35,4	35,4	29,2	33,3	7,79	8,14	6,42	7,45	0,75	0,75	0,5
6. N ₇₅ P ₉₀ K ₁₂₀	41,3	42,7	35,9	40,0	34,3	35,4	29,8	33,2	7,55	8,14	6,56	7,42	0,75	0,75	0,5
7. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + ЭП (семена)	41,4	41,6	39,6	40,9	34,4	34,5	32,9	33,9	7,91	8,28	7,57	7,92	0,75	0,75	0,5
8. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + ЭП + гербицид («елочка»)	39,5	43,2	38,4	40,4	32,8	35,9	31,9	33,5	7,54	8,62	7,34	7,83	0,5	1,0	0,5
9. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + ЭП (семена) + ЭП + гербицид («елочка»)	39,0	48,2	38,0	41,7	32,4	40,0	31,5	34,6	7,78	9,60	7,25	8,21	0,5	1,0	0,5
10. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + ГД (семена)	40,7	41,0	39,2	40,3	33,8	34,0	32,5	33,4	8,11	8,50	7,80	8,14	0,75	0,75	0,5
11. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + ГД + гербицид («елочка»)	41,3	44,0	39,5	41,6	34,3	36,5	32,8	34,5	8,23	9,13	7,87	8,41	0,75	1,0	0,75
12. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + ГД (семена) + ГД + гербицид («елочка»)	42,9	43,0	40,9	42,3	35,6	35,7	33,9	35,1	8,90	8,93	8,48	8,77	1,0	1,0	0,75
НСР ₀₅	0,6	0,7	0,5	0,6											

Таблица 3

Жирнокислотный состав масла семян льна в зависимости от условий его питания

Вариант	Массовая доля, % к сумме жирных кислот											
	пальме- тиновая		стеариновая		олеиновая		линоленовая		линолевая		2010 г.	2009 г.
	2009 г.	2010 г.	2009 г.	2010 г.	2009 г.	2010 г.	2009 г.	2010 г.	2009 г.	2010 г.		
1. Контроль (без удобрений)	4,83	3,95	2,85	3,11	15,74	17,05	57,37	56,37	11,58	12,24	2010 г.	2009 г.
2. P ₆₀ K ₉₀	5,11	4,28	2,92	3,30	15,79	17,92	57,53	56,82	11,40	12,31	2010 г.	2009 г.
3. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	5,16	4,37	3,23	3,59	15,85	17,98	58,08	57,05	11,12	12,30	2010 г.	2009 г.
4. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	5,25	4,52	3,34	3,67	15,94	18,07	58,17	57,24	11,18	12,27	2010 г.	2009 г.
5. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	5,38	4,46	3,43	3,75	16,12	18,29	58,29	57,39	11,23	12,34	2010 г.	2009 г.
6. N ₇₅ P ₉₀ K ₁₂₀	5,50	4,61	3,47	3,71	16,25	18,42	58,41	57,08	12,29	12,35	2010 г.	2009 г.
7. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + ЭП (семена)	5,24	4,49	3,42	3,64	16,07	18,26	58,33	57,12	11,26	12,38	2010 г.	2009 г.
8. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + ЭП + гербицид («елочка»)	5,29	4,58	3,50	3,83	16,18	18,39	58,42	57,41	11,47	12,51	2010 г.	2009 г.
9. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + ЭП (семена) + ЭП+гербицид («елочка»)	5,35	4,64	3,54	3,88	16,23	18,54	58,54	57,50	11,52	12,47	2010 г.	2009 г.
10. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + ГД (семена)	5,32	4,66	3,55	3,92	16,41	18,57	58,78	57,64	11,63	12,56	2010 г.	2009 г.
11. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + ГД + гербицид («елочка»)	5,41	4,69	3,58	3,84	16,47	18,61	58,77	57,58	11,71	12,59	2010 г.	2009 г.
12. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + ГД (семена) + ГД+ гербицид («елочка»)	5,48	4,65	3,61	3,90	16,62	18,55	58,84	57,76	11,78	12,53	2010 г.	2009 г.
НСР ₀₅	0,09	0,07	0,06	0,08	0,06	0,05	0,06	0,04	0,08	0,05	2010 г.	2009 г.

Согласно представленным данным, содержание жирных кислот в масле семян льна в оба года исследований соответствовало уровню предъявляемых стандартами требований на всех вариантах опыта.

Установлено, что брассиностероиды оказали влияние на жирнокислотный состав масла семян льна, но не всегда эта зависимость была достоверной. Так, содержание пальмитиновой и стеариновой кислот при различных способах внесения росторегуляторов было более стабильным и изменялось в пределах ошибки опыта. Содержание олеиновой кислоты под влиянием брассиностероидов существенно повышалось: в 2009 г. с 16,07 до 16,22%, в 2010 г. – с 18,26 до 18,61% – и было максимальным при внесении эпина и гомобрассинолида за вегетацию дважды.

Содержание линоленовой кислоты в пределах опыта варьировалось в зависимости от применяемых фитогормонов с 57,12 до 58,84%, а линолевой – от 11,26 до 12,59%.

Отмечено достоверное влияние на жирнокислотный состав семян возрастающих доз азотных удобрений.

Целесообразность применения минеральных удобрений, регуляторов роста растений и других агрохимических средств обосновывается их экономической эффективностью. Показатели интенсификации производства позволяют выявлять наиболее перспективные для АПК республики агроприемы.

Применение средств химизации в наших опытах сопровождалось увеличением затрат труда и средств. Однако за счет реализации дополнительной продукции эти затраты в большинстве случаев компенсировались.

Расчеты проводили в соответствии с оптовыми ценами на минеральные удобрения, химические средства и др., а также с закупочными ценами на льнопродукцию по состоянию на 01.10.2010 г. Общая сумма затрат, связанных с применением минеральных удобрений определялась по технологическим картам. Все расчеты произведены на прибавку урожайности от изучаемых агроприемов по отношению к контролю.

Экономические показатели подтвердили результаты исследований (табл. 4). Наиболее оптимальной дозой минеральных удобрений для льна масличного сорта Брестский в среднем за 3 года исследований оказалась $N_{60}P_{60}K_{90}$, обеспечившая получение с 1 га 1072702 руб. условного чистого дохода при рентабельности 225,8%.

Таблица 4

Экономическая эффективность применения удобрений и регуляторов роста под лен масличный, среднее за 2008-2010 гг.

Вариант	Всего затрат на получение прибавки урожайности от удобрений и регуляторов роста, руб./га	Стоимость прибавки урожайности, полученной от удобрений и регуляторов роста, руб./га	Условный чистый доход, руб./га	Рентабельность, %
1. Контроль (без удобрений)	–	—	–	–
2. $P_{60}K_{90}$	241379	569673	328294	136,0
3. $N_{30}P_{60}K_{90}$	377622	1116947	739325	195,8
4. $N_{45}P_{60}K_{90}$	423501	1243957	820456	193,7

Окончание табл. 4

5. $N_{60}P_{60}K_{90}$	474981	1547683	1072702	225,8
6. $N_{75}P_{90}K_{120}$	500894	1466947	966053	192,9
7. $N_{45}P_{60}K_{90}$ + ЭП (семена)	476445	1520253	1043809	219,1
8. $N_{45}P_{60}K_{90}$ + ЭП + гербицид («елочка»)	504078	1556127	1052049	208,7
9. $N_{45}P_{60}K_{90}$ + ЭП (семена) + ЭП + гербицид («елочка»)	549699	1743833	1194134	217,2
10. $N_{45}P_{60}K_{90}$ + ГД (семена)	485687	1488243	1002556	206,4
11. $N_{45}P_{60}K_{90}$ + ГД + гербицид («елочка»)	527543	1701503	1173960	222,5
12. $N_{45}P_{60}K_{90}$ + ГД (семена) + ГД + гербицид («елочка»)	584134	1937953	1353820	231,8

Применение brassinosterоидов на более низком фоне минерального питания ($N_{45}P_{60}K_{90}$) позволило получить экономические показатели примерно такого же уровня и даже выше (табл. 4). При совместном использовании $N_{45}P_{60}K_{90}$ и гомобрассинолида в два приема условный чистый доход составил 1353820 руб./га, уровень рентабельности – 231,8%.

ВЫВОДЫ

1. В полевых исследованиях, проведенных в 2008-2010 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве северо-восточной части Республики Беларусь, установлена возможность возделывания льна масличного сорта Брестский для двухстороннего использования: на семена и солому, пригодную для технических целей.

2. Наиболее оптимальной дозой минерального питания для данного сорта оказалась $N_{60}P_{60}K_{90}$, обеспечившая в среднем за годы исследований 16,0 ц/га семян при их масличности 49,6%, а также 40,1 ц/га льносоломы средним номером 0,5-0,75.

3. Применение brassinosterоидов на более низком фоне минерального питания ($N_{45}P_{60}K_{90}$) позволило получить до 17,2 ц/га семян с масличностью 49,8-50,1% и до 42,3 ц/га соломы номерностью 0,75-1,00.

4. Как агрономически, так и экономически обосновано, что лучшие условия питания льна и формирования высококачественной продукции обеспечило использование brassinosterоидов в два приема: с семенами при инкрустировании и опрыскивании посевов в фазу «елочки» на фоне полного минерального питания в дозе $N_{45}P_{60}K_{90}$ (урожайность семян – 16,7-17,2 ц/га с содержанием в них масла – 49,7-50,1%; урожайность соломы – 41,7-42,3 ц/га средним номером 0,5-1,0; условный чистый доход с 1 га – 1194134-1353820 руб. при рентабельности – 217,2-231,8%).

5. Подтверждена совместимость эпина и гомобрассинолида в баковых смесях с гербицидами агритокс (0,6 л/га) + хармони (10 г/га).

6. По уровню содержания жирных кислот масло семян льна на всех вариантах опыта отвечало предъявляемым стандартами требованиям. Brassinosterоиды

способствовали существенному повышению в масле содержания олеиновой кислоты, что позволит шире использовать его в медицине и пищевой промышленности.

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.-прак. конф., посвящ. 80-летию образования Института земледелия, Жодино, 29 июня 2007г. / 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. 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. – С. 10-11.
4. Flax: overview / Thomas Jefferson Agricultural Institute [Electronic resource]. 2007. Mode of access: <http://www.jeffersoninstitute.org/flax.php>. Date of access: 21.01.09.
5. Trautwein, E.A. N-3 Fatty acids – physiological and technical aspects for their use in food / E.A. Trautwein // Eur. J. Lipid Sci. Technol. – 2001. – Vol. 103, № 1. – P. 45-55.
6. Зубцов, В. А. Фосфолипидная биологически активная добавка, полученная из семян льна / В. А. Зубцова, И.Н. Григорьева, Л.Л. Осипова // Итоги и перспективы развития селекции, семеноводства, совершенствования технологии возделывания и первичной переработки льна-долгунца: материалы Междунар. науч. – практ. конф. – Торжок, 2000. – С. 82-83.
7. Основные элементы технологии возделывания льна масличного / В.А. Прудников [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2007. – №2. – С. 14-16.
8. Чайлахян, Л.А. Регуляторы роста в жизни растений и в практике сельского хозяйства / Л.А. Чайлахян // Вестник АН СССР. – 1982. – №1. – С. 11-26.
9. Хрипач, В.А. Брассиностероиды / В.А. Хрипач [и др.]. – Минск: Наука и техника, 1993. – С. 287.
10. Хрипач, В.А. Перспективы практического применения брассиностероидов – нового класса фитогормонов / В.А. Хрипач [и др.] // С.-х. биология. – 1995. – №1. – С. 3.
11. Справочник льновода / Н. Г. Коренский [и др.]; под ред. А.М. Старовойтова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: Ураджай, 1987. – 240 с.
12. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1973. – 336 с.
13. Жарина, И.А. Влияние физиологически активных веществ на морфофизиологические показатели и продуктивность различных генотипов льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.): автореф. дис. ... канд. биологических наук: 03.00.12 / И.А. Жарина; ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича». – Минск, 2005. – 22 с.
14. Яровые масличные культуры / Д. Шпаар [и др.] / под общ. ред. В.А. Щербакова. – Минск: ФУ Аинформ, 1999. – 285 с.

AGRONOMICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF JOINT APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS AND REGULATORS OF GROWTH OF PLANTS ON FLAX OIL

Ju.S. Korneykova, A.A. Hodyankov

Summary

In article results of researches for 2008-2010 with flax oil grades Brestsky, conducted in north-eastern part of Belarus on sod-podzolic loamy soil are resulted. In field experiments examined the effect of sharing of mineral fertilizers and plant growth regulators on yield and quality of flax.

The most effective was the use of brassinosteroids in two stages: the seeds in their inlaying and spraying of crops in a phase of "fur-tree" on the background of complete fertilizer dose $N_{45}P_{60}K_{90}$. In this case the yield of seeds was 16,7-17,2 ts/ha with oil content in them – 49,7-50,1%, the yield of straw – 41,7-42,3 ts/ha with an average number of 0,5-1,0; conditional net income from 1 ha 1194134-1353820 rbl. at profitability – 217,2-231,8%.

Поступила 8 февраля 2012 г.

УДК 631.812.2:633:631.445.2

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ МИКРОСТИМ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПРОПАШНЫХ, ОВОЩНЫХ ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

М.В. Рак, С.А.Титова, Е.Н. Барашкова, Т.Г. Николаева
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

При современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур роль применения макро- и микроудобрений постоянно возрастает и становится одним из важнейших факторов, обеспечивающих высокий уровень урожайности и стабильности растениеводческой отрасли. Использование удобрений предусматривает постоянное повышение эффективности их применения, снижение материальных и энергетических затрат на их внесение, диктуемое экономической стороной, а также требованиями окружающей среды. В последние годы продолжают совершенствоваться технологии внесения удобрений. Одним из направлений, активно развиваемых, является применение удобрений строго в соответствии со специфическими для каждой культуры потребностями в питательных веществах на разных стадиях роста и развития растений. Эти потребности должны удовлетворяться в нужное время для создания оптимального питания растений, что возможно при дополнительных некорневых подкормках посевов в период вегетации. Наиболее часто для некорневых подкормок сельскохозяйственных культур используют кристаллические и жидкие микроудобрения. При использовании некорневых подкормок появляется возможность устранения дефицита микроэлементов в критические фазы роста и

развития растений, а также резко снижается расход дорогостоящих микроудобрений и предотвращается риск загрязнения окружающей среды [2, 3].

Для возделывания сельскохозяйственных культур необходимы такие микроэлементы, как медь, цинк, бор и др. Потребность растений в микроэлементах обусловлена тем, что они активно участвуют в окислительно-восстановительных процессах, углеводном и азотном обмене, входят в состав ферментов, витаминов, гормонов, участвуют в образовании хлорофилла, а также влияют на проницаемость клеточных мембран и поступление элементов питания в растения. Дефицит микроэлементов может привести к нарушению процессов обмена веществ в растениях, задерживанию их развития, снижению устойчивости к неблагоприятным условиям внешней среды и болезням [4, 5].

Перспективным направлением при применении удобрений является использование комплексных микроудобрений, которые содержат целый ряд необходимых растениям микроэлементов и биологические стимуляторы роста. Использование микроэлементов в виде минеральных солей является достаточно дешевым, но не всегда дает положительные результаты. Поэтому повысить эффект микроэлементов можно за счет перевода их в комплексные соединения (хелаты), которые хорошо растворимы в воде, совместимы с регуляторами роста и эффективны в любых почвенно-агрохимических условиях.

В мировой практике имеется широкий спектр жидких макро- и микроудобрений, которые широко применяются в сельскохозяйственном производстве. Для обеспечения потребности сельскохозяйственных культур в элементах питания, учитывая высокую стоимость импортных удобрений, в последние годы ведется работа по разработке отечественных микроудобрений. Использование жидких микроудобрений в хелатных и органоминеральных формах, содержащих биологически значимые микроэлементы в доступной форме и регулятор роста, эффективно в их технологичности применения и экономичности. Нами разработаны и зарегистрированы различные марки жидких микроудобрений с биостимулятором МикроСтим, которые в своем составе наряду с хелатами металлоэлементов содержат регулятор роста природного происхождения. Применение микроудобрений МикроСтим позволяет обеспечить растения в микроэлементах, стимулировать рост и развитие в период вегетации.

Целью исследований являлось определение влияния некорневых подкормок жидкими микроудобрениями МикроСтим на урожайность и качество пропашных, овощных и плодово-ягодных культур, возделываемых на дерново-подзолистых почвах.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение эффективности некорневых подкормок новыми жидкими микроудобрениями МикроСтим картофеля Журавинка, столовой свеклы Бордо, огурца Эколь F1, томата Доходный проводили в СПК «Городея» Несвижского района на дерново-подзолистых почвах. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта опытных участков следующая: картофель: почва связносупесчаная, pH в KCl – 5,8, гумус – 1,82%, P_2O_5 – 250, K_2O – 348, Cu – 0,97, Mn обм. – 2,11, Zn – 2,3 мг/кг почвы; столовая свекла: почва связносупесчаная, pH в KCl – 6,2, гумус – 2,01%, P_2O_5 – 133, K_2O – 116, Cu – 0,7, B – 0,4, Zn – 1,8 мг/кг почвы; огурец, томат: почва легкосуглинистая, pH в KCl – 6,3, гумус – 2,6%, P_2O_5 – 217, K_2O – 200, Cu – 2,0,

2. Плодородие почв и применение удобрений

Zn – 4,9, Mn обм.– 0,7 мг/кг почвы. Исследования с картофелем проводили на фоне $N_{120}P_{75}K_{150}$; столовой свеклой – $N_{92}P_{104}K_{210}$, огурцом – $N_{120}P_{90}K_{180}$ и томатом – $N_{90}P_{120}K_{150}$.

В РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района на дерново-подзолистой супесчаной почве проведены некорневые подкормки кукурузы Дельфин, картофеля Крыница. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта почвы опытных участков следующая: кукуруза: рН в KCl – 6,3, гумус – 2,6%, P_2O_5 – 210, K_2O – 225, Cu – 1,8, Mn обм. – 1,0, Zn – 2,2 мг/кг почвы; картофель: рН в KCl – 6,0-6,27, гумус – 2,75%, P_2O_5 – 225, K_2O – 283, B – 0,3 мг/кг почвы. Исследования с кукурузой проводили на фоне 50 т/га навоза + $N_{180}P_{90}K_{180}$; картофелем – 60 т/га навоза + $N_{100}P_{75}K_{120}$.

На дерново-подзолистой связносупесчаной почве проведены исследования эффективности некорневых подкормок жидкими удобрениями МикроСтим земляники садовой Викода (ФХ «Зубр» Пружанского района Брестской области), яблони Теремок (Брестская опытная станция по сельскому хозяйству НАН Беларуси). Агрохимические показатели пахотного слоя почвы опытных участков: земляника садовая: рН в KCl – 5,7, гумус – 1,6%, P_2O_5 – 238, K_2O – 267, Mn обм. – 0,9, Cu – 2,0, Zn – 3,22 мг/кг почвы; сад: рН в KCl – 5,7, гумус – 2,4%, P_2O_5 – 248, K_2O – 267, Mn обм. – 0,7, Cu – 1,2, Zn – 2,7 мг/кг почвы. Исследования в саду проводили на фоне $N_{60}P_{50}K_{80}$.

Технология возделывания исследуемых культур – общепринятая для республики. Минеральные удобрения вносили в виде мочевины, КАС, аммофоса и хлористого калия. Во время вегетации культур проводился уход за посевами, применялись средства защиты растений.

Совершенствование ассортимента жидких минеральных удобрений является одним из элементов энергоресурсосбережения. С этой целью в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» разработаны различные марки микроудобрений МикроСтим с регулятором роста [6]. Микроудобрения с биостимулятором МикроСтим представляют собой водорастворимые концентраты, приготовленные на основе хелатов металлоэлементов цинка, меди и бора в органо-минеральной форме с добавлением регулятора роста – гидрогумина или гидрогумата или иных гуминовых веществ. В полевых опытах различные марки микроудобрений МикроСтим использовались для некорневой подкормки вегетирующих растений пропашных, овощных и плодово-ягодных культур в рекомендуемых дозах и сроках. Рабочий раствор готовился непосредственно перед проведением некорневой подкормки растений путем разведения концентрата удобрения водой.

Исследования проводили в соответствии с методическими указаниями по закладке полевых опытов. Статистическая обработка результатов исследований проведена методом дисперсионного анализа. Экономическая эффективность применения новых микроудобрений в некорневые подкормки исследуемых культур рассчитывалась по методике, разработанной Институтом почвоведения и агрохимии [7]. Схемы опытов, дозы микроудобрений и фоны минеральных удобрений представлены далее в таблицах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты полевых исследований с различными марками микроудобрения с биостимулятором МикроСтим в некорневые подкормки показали их положи-

тельную эффективность на посевах пропашных, овощных и плодово-ягодных культур.

В опыте с картофелем некорневая подкормка в фазу начало бутонизации микроудобрением МикроСтим различными марками и дозами на фоне минеральных удобрений способствовала повышению урожайности клубней картофеля (табл. 1). При урожайности клубней в фоновом варианте 400 ц/га, прибавки урожайности клубней от микроудобрения МикроСтим-Бор (в дозе 0,66 и 1,0 л/га) составили 18-24 ц/га, МикроСтим-Бор, Медь (в дозе 1,0 и 2,0 л/га) – 34-40 ц/га. Применяемые микроудобрения МикроСтим не оказали существенного влияния на содержание крахмала в клубнях картофеля. Однако в сравнении с фоновым вариантом сбор крахмала с гектара был выше на 2,8-4,0 ц/га.

Таблица 1

Влияние жидких микроудобрений МикроСтим на урожайность и содержание крахмала в клубнях картофеля

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Крахмал	
			%	сбор с урожаем, ц/га
1. N ₁₂₀ P ₇₅ K ₁₅₀ – фон	400	-	16,8	67,2
2. Фон + МикроСтим-Бор – 0,66 л/га	418	18	17,0	71,1
3. Фон + МикроСтим-Бор – 1,0 л/га	424	24	16,5	70,0
4. Фон + МикроСтим-Бор, Медь – 1,0 л/га	434	34	16,4	71,2
5. Фон + МикроСтим-Бор, Медь – 2,0 л/га	440	40	16,1	70,8
НСР ₀₅	16			

Из микроэлементов картофель больше всего нуждается в боре, меди и марганце, эффективность которых заключается как в повышении урожайности клубней, так и в защитных свойствах микроэлементов. Отмечается высокая эффективность применения в некорневую подкормку жидкого микроудобрения МикроСтим-Бор в возрастающих дозах 0,33, 0,66 и 1,00 л/га при возделывании картофеля на дерново-подзолистой супесчаной почве при различной обеспеченности бором (табл. 2). Высокая эффективность обеспечивается при низком содержании бора в почве (0,30 мг/кг почвы), прибавки урожайности клубней составили 54-64 ц/га. При средней обеспеченности почвы бором (0,65 мг/кг почвы) прибавки урожайности картофеля были ниже – 31-53 ц/га. Применение некорневой подкормки микроудобрением МикроСтим-Бор оказывало положительное влияние на повышение содержания крахмала в клубнях картофеля (до 1,0%) только при низкой обеспеченности почвы бором.

При возделывании кукурузы некорневая подкормка в фазу 6-8 листьев жидким микроудобрением МикроСтим-Цинк, Бор в дозах 2,0, 3,0 и 4,0 л/га на фоне органических и минеральных удобрений способствовала повышению урожайности зеленой массы и зерна в 1,2 раза (табл. 3). Прибавки урожайности зеленой массы от возрастающих доз составили 46-72 ц/га, зерна – 11,2-17,0 ц/га в сравнении с фоновым вариантом. При этом содержание нитратов в зеленой массе кукурузы было на уровне 345-389 мг/кг сырой массы, что не превышало установленную предельно допустимую концентрацию (ПДК – 500 мг/кг).

Таблица 2

Эффективность некорневой подкормки картофеля жидким удобрением МикроСтим-Бор при различной обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы бором

Варианты	Урожайность, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Содержание крахмала, %
Уровень 1. Низкое содержание бора (0,30 мг/кг почвы)			
1. Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ – фон	288	-	15,6
2. Фон + МикроСтим-Бор – 0,33 л/га	342	54	16,6
3. Фон + МикроСтим-Бор – 0,66 л/га	345	57	16,1
4. Фон + МикроСтим-Бор – 1,0 л/га	352	64	15,8
Уровень 2. Среднее содержание бора (0,65 мг/кг почвы)			
1. Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ – фон	354	-	15,5
2. Фон + МикроСтим-Бор – 0,33 л/га	407	53	15,2
3. Фон + МикроСтим-Бор – 0,66 л/га	395	41	15,8
4. Фон + МикроСтим-Бор – 1,0 л/га	385	31	15,3
НСР _{0,5}	28		

Таблица 3

Влияние жидкого микроудобрения МикроСтим-Цинк,Бор на урожайность зеленой массы и зерна кукурузы

Вариант	Зеленая масса		Содержание нитратов, мг/кг сырой массы	Зерно	
	урожайность, ц/га	прибавка, ц/га		урожайность, ц/га	прибавка, ц/га
1. Навоз 50 т/га + N ₁₈₀ P ₉₀ K ₁₈₀ – фон	540	-	355	77,5	-
2. Фон + МикроСтим-Цинк,Бор – 2,0 л/га	586	46	345	88,7	11,2
3. Фон + МикроСтим-Цинк,Бор – 3,0 л/га	612	72	358	94,5	17,0
4. Фон + МикроСтим-Цинк,Бор – 4,0 л/га	601	61	389	90,6	13,1
НСР ₀₅	15			10	

При возделывании овощных культур применение в некорневые подкормки различных марок жидких микроудобрений МикроСтим на фоне минеральных удобрений способствовало повышению урожайности (табл. 4). При урожайности корнеплодов столовой свеклы в фоновом варианте 414 ц/га прибавки от двукратной некорневой подкормки микроудобрением МикроСтим-Бор в различных дозах составили 28-36 ц/га. Наиболее эффективно было применение микроудобрений в повышенных дозах. Улучшение качественных показателей корнеплодов было менее заметно. При возделывании огурца в открытом грунте получена положительная эффективность различных марок жидких микроудобрений МикроСтим, прибавки урожайности плодов составили: МикроСтим-Бор – 30 ц/га, МикроСтим-Бор,Медь – 25 ц/га, МикроСтим-Цинк,Бор – 27 ц/га и МикроСтим-Медь Л – 28 ц/га. Качественные показатели плодов огурца были на уровне фонового варианта. Двукратная некорневая подкормка томата в открытом грунте микроудобрением МикроСтим Медь Л обеспечила прибавку урожая плодов 12 ц/га, МикроСтим-Бор,Медь – 14 ц/га. При внесении исследуемых

микроудобрений МикроСтим отмечалась тенденция увеличения содержания сухого вещества в плодах. Содержание нитратов в плодах томата во всех опытных вариантах (17,9-35,7 мг/кг сырой массы) было ниже предельно допустимой концентрации (ПДК для томата – 100 мг/кг).

Таблица 4

**Влияние жидких микроудобрений МикроСтим
на урожайность овощных культур**

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Сухое вещество, %
Столовая свекла			
1. N ₉₂ P ₁₀₄ K ₂₁₀ – фон	414	–	14,6
2. Фон + МикроСтим-Бор (1,3 л/га)	442	28	12,9
3. Фон + МикроСтим-Бор (2,0 л/га)	450	36	13,8
НСР ₀₅	2,6		
Огурец			
1. N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀ – фон	256	–	4,4
2. Фон + МикроСтим-Бор – 0,33 л/га	286	30	4,2
3. Фон + МикроСтим-Бор,Медь – 1,25 л/га	281	25	4,5
4. Фон + МикроСтим-Цинк,Бор – 1,6 л/га	283	27	4,1
5. Фон + МикроСтим-Медь Л – 0,64 л/га	284	28	4,0
НСР ₀₅	1,0		
Томат			
1. N ₉₀ P ₁₂₀ K ₁₅₀ – фон	413	–	4,3
2. Фон + МикроСтим-Медь Л – 0,6 л/га	424	12	5,4
3. Фон + МикроСтим-Бор,Медь – 1,0 л /га	427	14	4,8
НСР ₀₅	1,3		

Некорневые подкормки земляники садовой различными марками микроудобрений МикроСтим способствовали повышению урожайности ягод, не снижая качественных показателей (табл. 5). По сравнению с контрольным вариантом микроудобрение МикроСтим-Медь Л увеличивало урожайность ягод на 5,1 ц/га, МикроСтим-Бор на 5,9 ц/га, МикроСтим-Бор,Медь на 7,0 ц/га и МикроСтим-Цинк,Бор на 5,8 ц/га. От применения исследуемых микроудобрений содержание сухого вещества в ягодах было на уровне контрольного варианта. Содержание нитратов в ягодах составило 29,7-40,1 мг/кг сырой массы, что не превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК – 60 мг/кг).

Таблица 5

**Влияние жидких микроудобрений МикроСтим
на урожайность земляники садовой**

Вариант	Урожай- ность, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га	Содержание нитратов, мг/кг сырой массы	Содержание сухого вещества, %
1. Контроль (без удобрений)	11,3	–	36,6	10,98
2. МикроСтим-Медь Л – 0,6 л/га	16,3	5,1	29,7	10,59
3. МикроСтим-Бор – 0,6 л/га	17,2	5,9	35,7	11,24
4. МикроСтим-Бор,Медь – 1,0 л/га	18,2	7,0	37,4	10,95
5. МикроСтим-Цинк,Бор – 1,0 л/га	17,1	5,8	40,1	10,65
НСР ₀₅	1,8			

2. Плодородие почв и применение удобрений

При возделывании плодовых деревьев большое значение имеют показатели роста и развития: площадь поперечного сечения штамба, высота растений и суммарный однолетний прирост. Результаты исследований показали, что применение в некорневые подкормки яблони различных марок жидких микроудобрений МикроСтим увеличивало силу роста четырехлетних деревьев (табл. 6). Так, прирост площади поперечного сечения штамба при внесении микроудобрения МикроСтим-Медь Л составил 0,8 см²/дерево, МикроСтим-Бор – 0,6 см², МикроСтим-Бор, Медь – 0,4 см² и МикроСтим-Бор, Медь – 0,2 см²/дерево. Применение в некорневые подкормки яблони различных марок жидких микроудобрений МикроСтим увеличивало суммарный однолетний прирост ветвей четырехлетних деревьев на 0,3-0,7 м в сравнении с фоновым вариантом.

Таблица 6

Влияние жидких микроудобрений МикроСтим на показатели роста и развития яблони

Вариант	Прирост		
	поперечного сечения штамба, см ² /дерево	высоты дерева, м	суммарный однолетний, м
1. N ₆₀ P ₅₀ K ₈₀ – фон	3,9	0,10	2,4
2. Фон + МикроСтим-Медь Л – 1,8 л/га	4,7	0,13	3,1
3. Фон + МикроСтим-Бор – 1,8 л/га	4,5	0,12	2,8
4. Фон + МикроСтим-Бор, Медь – 3,0 л/га	4,3	0,13	2,7
5. Фон + МикроСтим-Цинк, Бор – 3,0 л/га	4,1	0,12	2,8

Проведенные расчеты экономической эффективности применения жидких микроудобрений МикроСтим показали, что использование их в некорневые подкормки было экономически оправданным. Рентабельность некорневых подкормок исследуемыми микроудобрениями кукурузы на зерно составила 97-125%, картофеля – 107-122%, столовой свеклы – 33-37%, огурца – 170-227% и томата – 556-574%.

ВЫВОДЫ

1. На дерново-подзолистой супесчаной почве некорневая подкормка картофеля в фазе бутонизации жидким микроудобрением МикроСтим-Бор обеспечила прибавку урожая клубней 18-64 ц/га, МикроСтим-Бор, Медь – 34-40 ц/га. Более высокая эффективность применения в некорневую подкормку микроудобрения МикроСтим-Бор отмечается при низкой обеспеченности бором супесчаной почвы.

2. Некорневая подкормка кукурузы в фазу 6-8 листьев жидким микроудобрением МикроСтим-Цинк, Бор на фоне органических и минеральных удобрений способствовала повышению урожайности зеленой массы на 46-72 ц/га, зерна – 11,2-17,0 ц/га в сравнении с фоновым вариантом. Микроудобрения не оказывали влияния на содержания нитратов в зеленой массе кукурузы.

3. На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве двукратная некорневая подкормка столовой свеклы жидким микроудобрением МикроСтим-Бор в различных дозах повышала урожайность корнеплодов на 28-36 ц/га, огурца в открытом грунте на 30 ц/га. Применение в некорневую подкормку удобрений МикроСтим-

Бор, Медь обеспечивало прибавку урожая огурца 25 ц/га, МикроСтим-Цинк, Бор – 27 ц/га, МикроСтим-Медь Л – 28 ц/га. Качественные показатели плодов огурца были на уровне фонового варианта.

4. Двукратная некорневая подкормка томата в открытом грунте жидким микроудобрением МикроСтим Медь Л обеспечила прибавку урожая плодов 12 ц/га, МикроСтим-Бор, Медь – 14 ц/га. Содержание нитратов в плодах томата было ниже предельно допустимой концентрации.

5. На дерново-подзолистой супесчаной почве применение жидких микроудобрений МикроСтим-Медь Л увеличивало урожайность ягод земляники садовой на 5,1 ц/га, МикроСтим-Бор – 5,9 ц/га, МикроСтим-Бор, Медь – 7,0 ц/га, МикроСтим-Цинк, Бор – 5,8 ц/га.

6. Применение в некорневые подкормки яблони различных марок жидких микроудобрений МикроСтим увеличивало суммарный однолетний прирост ветвей четырехлетних деревьев на 0,3-0,7 м в сравнении с фоновым вариантом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прусакова Л.Д., Чижова С.И. Роль брассиностероидов в росте, устойчивости и продуктивности растений / Л.Д. Прусакова, С.И. Чижова // Агрохимия. – 1996. – № 11. – С. 137-150.

2. Система применения микроудобрений под сельскохозяйственные культуры: рекомендации / Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2006. – 28 с.

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

4. Ягодин, Б.А. Агрохимия: учебник / Б.А. Ягодин, П.М. Смирнов, А.В. Петербургский. – М.: Агропромиздат, 1989. – 639 с.

5. Анспок, П.И. Микроудобрения / П.И. Анспок. – Л: Агропромиздат, 1990. – 272 с.

6. Микроудобрения с биостимулятором «МикроСтим»: ТУ ВУ 100079183.006-2008. – Введ. 06.11.2008. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2008. – 15 с.

7. Методика определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2010. – 24 с.

EFFICIENCY OF LIQUID FERTILIZERS MICROSTIM IN CULTIVATION OF ROOT CROPS, VEGETABLES, FRUITS AND BERRY CROPS ON SOD-PODZOLIC SOILS

M.V. Rak, S.A. Titova, E.N. Barashkova, T.G. Nikolaeva

Summary

The efficiency of various brands and doses of liquid fertilizers MicroStim on sod-podzolic soils in field investigations with root crops, vegetables, fruits and berry crops has been studied.

Поступила 21 мая 2012 г.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ГОРОХА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

О.И. Мишура

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Содержание подвижных форм микроэлементов в почвах служит основой для разработки технологий применения микроудобрений в конкретных условиях. Недостаточное содержание их подвижных форм в почве зачастую является фактором, лимитирующим формирование урожая сельскохозяйственных культур и качество продукции [1, 2, 3, 4].

Бор положительно влияет на фотосинтез, углеводный, белковый и нуклеиновый обмен, на оплодотворение, плодообразование и урожайность семян бобовых и других культур. Увеличение урожайности семян, очевидно, связано с тем, что бор усиливает рост пыльцевых трубок, прорастание пыльцы, увеличивает количество цветков и плодов [5].

Важное значение бор имеет для развития клубеньков на корнях бобовых растений. Исследованиями ряда ученых было установлено, что при недостатке бора клубеньки имеют ненормальное строение. Это объясняется тем, что бактериозная ткань почти не развивается и трахеиды не соединяются с сосудистой системой корня растений. В результате этого бактерии не могут получить необходимый материал и нарушается симбиоз растений и клубеньковых бактерий [6]. Чаще недостаток бора наблюдается в засушливые годы при избыточном внесении азотных удобрений и известии.

Молибден является необходимым компонентом всех растительных и животных организмов. Он входит в состав фермента нитратредуктазы, а также в фермент нитрогеназу, участвующего в фиксации атмосферного азота микроорганизмами, как свободноживущими, так и клубеньковыми бактериями, живущими на корнях бобовых культур. При недостатке молибдена тормозится процесс восстановления нитратов в растениях, замедляется биосинтез аминокислот, амидов, белков, в повышенных количествах накапливаются нитраты. Это приводит не только к снижению урожая, но и ухудшению его качества. Оптимальная концентрация молибдена в растениеводческой продукции – 0,20-0,25 мг/кг сухого вещества [6].

В настоящее время в связи с возросшим плодородием почв, снижением почвенной кислотности и необходимостью получения сбалансированного по элементам минерального питания корма проблема оптимизации питания растений микроэлементами особенно актуальна. Ее значимость определяется дефицитом белка и микроэлементов в урожае. В связи с этим большое значение имеет оценка микроэлементного состава растениеводческой продукции, установление оптимальных доз и способов внесения микроэлементов, обеспечивающих повышение урожайности и качества сельскохозяйственных культур.

Цель исследований – изучение агроэкономической эффективности действия и влияния новых форм микроудобрений на урожайность и качество семян гороха.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для изучения новых форм однокомпонентных и многокомпонентных микроудобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, подстилаемой с глубины около 1 м моренным суглинком, в 2009-2010 гг. были проведены полевые опыты с горохом сорта Миллениум. Общая площадь делянки – 36 м², учетная – 24,7 м², повторность – четырехкратная. Норма высева семян гороха – 1,5 млн. на 1 га. Посев гороха произведен немецкой сеялкой “RAU”. Химическая прополка проведена гербицидом Пивот в дозе 0,8 л/га.

В фазу бутонизации проводилась обработка посевов гороха микроудобрениями ЭлеГум Бор (1 л/га), Эколист для зернобобовых культур (2 л/га), Витамаром 3 (1 л/га) и Басфолиар 36 Экстра (4 л/га).

Комплексное удобрение Эколист для зернобобовых культур содержит следующие компоненты: N – 10,5%, K₂O – 5,1%, MgO – 2,5%, B – 0,38%, Cu – 0,45%, Fe – 0,07%, Mn – 0,05%, Mo – 0,0016%, Zn – 0,19%. Микроудобрение Элегум В содержит на 1 л 150 г бора и 10 г гуминовых веществ.

Комплексное удобрение Витамар 3 содержит: MgSO₄·7H₂O – 220 г, H₃BO₃ – 20, ZnSO₄·7H₂O – 20 г, MnSO₄·4H₂O – 120 г, CuSO₄·5H₂O – 260 г, (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O – 10 г, FeSO₄·6H₂O – 10 г, Соль Мора (NH₄)₂SO₄·FeSO₄·6H₂O – 10 г, гуматы – 50 мл на 1 л раствора.

Комплексное микроудобрение Басфолиар 36 Экстра имеет следующий состав: N – 36,3%, Mg – 4,3%, Mn – 1,34%, Cu – 0,27%, FeO – 0,03%, B – 0,003%, Zn – 0,013%, Mo – 0,01%.

Учеты, отбор проб и наблюдения, анализы почвенных и растительных образцов проводились по общепринятым методикам в соответствии с ГОСТ и ОСТ. Математическая обработка результатов опыта проводилась по Доспехову, экономическая эффективность применения удобрений – по методике Института почвоведения и агрохимии [7].

В 2009 г. май месяц характеризовался температурой воздуха несколько ниже среднемноголетней нормы, но с существенно большим количеством выпавших осадков (на 31,7 мм). Июнь месяц был также, как и май, с несколько меньшим по сравнению со среднемноголетними данными температурным фоном и значительно большим количеством выпавших осадков.

Июль месяц характеризовался температурой воздуха и количеством выпавших осадков несколько превышающими среднемноголетние данные. В августе месяце температура воздуха и количество выпавших осадков было ниже среднемноголетних значений.

Запасы влаги в слое 0-20 см в большинстве месяцев вегетационного периода приближались к оптимальным. Лишь в первой и второй декадах июня, июля и августа отмечался недостаток влаги.

Май месяц в 2010 году оказался значительно теплее (на +2,7°C) по сравнению со среднемноголетними данными. Осадков в этом месяце выпало в 1,6 раза больше нормы. В первой декаде мая выпала почти месячная норма осадков, что отодвинуло сроки сева в связи с переувлажнением почвы.

2. Плодородие почв и применение удобрений

В июне и июле месяце 2010 года при температуре воздуха на 2,6° и 5,7°С выше нормы выпало осадков только 73 и 27% от нормы. ГТК в июле составил 0,3 при норме 1,6. Резкий недостаток влаги в третьей декаде июня (17% от нормы) и в июле месяце оказывали неблагоприятное влияние на рост растений.

Агрохимические показатели почв, приведенные в таблице 1, свидетельствуют о том, что почва опытных участков имела слабокислую реакцию, недостаточное содержание гумуса, повышенное содержание подвижного фосфора и калия, низкое и среднее содержание водорастворимого бора.

Таблица 1

Агрохимическая характеристика почвы опытных участков до закладки опыта

Годы	Гумус, %	рН _{КСИ}	Нг	S	T	V, %	P ₂ O ₅	K ₂ O	B
			м-экв на 100 г почвы						
2009	1,70	5,7	2,3	15,4	17,7	86	186	197	0,29
2010	1,71	5,8	1,9	15,7	17,7	89	202	213	0,32

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Обработка посевов гороха микроудобрением ЭлеГум Бор, который содержит бор и стимулятор роста гуматы, повышала урожайность семян гороха на 4,4 ц/га. На таком же уровне получена прибавка урожайности семян гороха (4,2 ц/га) на фоне N₃₀P₆₀K₉₀ и при использовании комплексного препарата Витамар, содержащего микроэлементы и регулятор роста гуматы.

Применение многокомпонентных микроудобрений Басфолиар 36 Экстра и Эколист для зернобобовых культур, которые производятся польскими фирмами «Адоб» и «Экоплон», в 2009 году повышали урожайность семян гороха на фоне N₃₀P₆₀K₉₀ на 5,3 и 6,2 ц/га. В этих вариантах была получена и максимальная урожайность семян гороха, которая составила 41,4 и 42,3 ц/га соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Влияние макро- и микроудобрений на урожайность семян гороха

Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка к контролю, ц/га	Окупаемость 1 кг НРК кг зерна
	2009 г.	2010 г.	средняя		
1. Без удобрений	31,9	21,8	26,9	–	–
2. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀	35,7	28,5	32,1	5,2	3,1
3 N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	36,1	35,3	35,7	8,8	4,9
4. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + ЭлеГум Бор	40,7	40,0	40,4	13,5	7,5
5. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + Витамар 3	40,3	40,6	40,5	13,6	7,6
6. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + Басфолиар 36 Экстра	41,4	39,4	40,4	13,5	7,5
7. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + Эколист для зернобобовых культур	42,3	39,7	41,0	14,1	7,8
НСР ₀₅	2,3	3,2	2,0		

В 2010 году, который характеризовался меньшим количеством осадков в июне месяце и июле месяце по сравнению со среднегодовалыми данными, наиболее

существенное снижение урожайности зерна гороха наблюдалось в варианте без внесения удобрений. В большинстве удобряемых вариантов также прослеживается тенденция к снижению урожайности, но в меньшей мере, чем в неудобренном контроле (табл. 2).

Применение комплексных препаратов, содержащих микроэлементы и регуляторы роста (ЭлеГум Бор и Витамар 3), существенно снижало отрицательное влияние недостаточного увлажнения во второй половине вегетации в 2010 г. В меньшей мере влияло в этом направлении применение комплексных микроудобрений Басфолиар 36 Экстра и Эколист для зернобобовых культур. Достаточно эффективным было применение микроудобрения ЭлеГум Бор и комплексного препарата, содержащего микроудобрения регулятор роста (Витамар), а также комплексных микроудобрений (Басфолиар 36 Экстра и Эколист). В среднем за 2009-2010 гг. обработка посевов в фазе бутонизации микроудобрениями ЭлеГум Бор, Витамар, Басфолиар 36 Экстра, Эколист для зернобобовых культур на фоне $N_{30}P_{60}K_{90}$ повышала урожайность семян гороха на 4,7, 4,8, 4,7 и 5,3 ц/га соответственно, т.е. их действие было на одном уровне. В этих вариантах была максимальная урожайность семян (40,4-41,0 ц/га) и окупаемость 1 кг NPK (7,5-7,8 кг) семян.

Применение $N_{30}P_{60}K_{90}$ способствовало по сравнению с неудобренным контролем в среднем за 2009-2010 гг. увеличению массы 1000 семян на 4,9 г и содержанию сырого белка на 2,87%. Из применяемых микроудобрений наиболее существенное влияние на возрастание массы 1000 семян оказал Эколист для зернобобовых культур, под действием которого масса 1000 семян возросла на 3,6 г (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние макро- и микроудобрений на качество семян гороха
(среднее за 2009-2010 гг.)**

Вариант	Масса 1000 семян, г	Сырой белок, %	Выход сырого белка, ц/га
1. Без удобрений	154,22	21,23	4,91
2. $N_{16}P_{60}K_{90}$	161,98	23,76	6,56
3 $N_{30}P_{60}K_{90}$	159,07	24,10	7,40
4. $N_{30}P_{60}K_{90}$ +ЭлеГум Бор	158,82	22,71	7,89
5. $N_{30}P_{60}K_{90}$ +Витамар 3	152,48	23,31	8,12
6. $N_{30}P_{60}K_{90}$ +Басфолиар 36 Экстра	160,06	23,68	8,23
7. $N_{30}P_{60}K_{90}$ +Эколист для зернобобовых культур	162,62	23,39	8,25

Содержание сырого белка в семенах гороха под влиянием микроудобрений имело тенденцию к снижению по сравнению с фоном $N_{30}P_{60}K_{90}$. Это, по-видимому, связано с увеличением урожайности семян в этих вариантах опыта и со снижением содержания сырого белка вследствие биологического разбавления. Однако сбор сырого белка в вариантах с некорневыми подкормками микроэлементами возрос в связи с увеличением урожайности семян. Максимальный сбор сырого белка 8,25 ц/га отмечен при использовании Эколист для зернобобовых культур (табл. 3).

Таблица 4

**Содержание основных элементов питания в семенах гороха
(среднее за 2009-2010 гг.)**

Вариант	Содержание макроэлементов, % на сух. вещество		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Без удобрений	3,40	1,26	1,41
2. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀	3,81	1,31	1,37
3 N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	3,86	1,32	1,42
4. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + ЭлеГум Бор	3,76	1,21	1,35
5. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + Витамар 3	3,73	1,19	1,37
6. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + Басфолиар 36 Экстра	3,79	1,29	1,38
7. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + Эколист для зернобобовых культур	3,75	1,25	1,37

Наиболее высоким содержание азота (3,86%) было при внесении N₃₀P₆₀K₉₀. При применении микроудобрений содержание азота по сравнению с фоном N₃₀P₆₀K₉₀ существенно не изменялось или прослеживалась тенденция к его небольшому снижению. Содержание фосфора и калия в семенах гороха было довольно стабильным и изменялось в пределах 1,15-1,40 и 1,26-1,47% соответственно (табл. 4).

Общий вынос азота, фосфора и калия существенно возрастал при применении макро- и микроудобрений по сравнению с неудобренным контролем (табл. 5).

Таблица 5

Общий и удельный вынос элементов питания горохом в зависимости от применения макро- и микроудобрений (среднее за 2009-2010 гг.)

Вариант	Общий вынос, кг/га			Вынос на 10 ц основной продукции с учетом побочной, кг/га		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Без удобрений	29,9	33,2	79,4	48,1	12,3	22,4
2. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀	174,7	42,2	83,2	54,6	13,2	26,0
3 N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	206,6	47,9	94,7	57,4	13,3	26,3
4. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + ЭлеГум Бор	232,4	52,8	104,0	58,1	13,2	26,0
5. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + Витамар 3	239,4	55,4	105,4	58,4	13,5	25,7
6. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + Басфолиар 36 Экстра	225,6	51,6	106,0	56,4	12,9	26,5
7. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + Эколист для зернобобовых культур	229,2	53,7	105,8	55,9	13,1	25,8

Максимальный вынос элементов питания был при обработке посевов Витамаром на фоне N₃₀P₆₀K₉₀. Близким к максимальному выносу элементов питания был при применении микроудобрений ЭлеГум Бор, Эколист для зернобобовых культур. Удельный вынос азота, фосфора и калия возрастал в удобряемых вариантах по сравнению с контролем. Удельный вынос азота, фосфора и калия в вариантах, где применялись макро- и микроэлементы, был довольно стабильным и изменялся незначительно.

Расчеты экономической эффективности показали, что применение макро- и микроудобрений обеспечивало получение прибыли и было рентабельным (табл. 6).

Таблица 6

Экономическая эффективность применения макро- и микроудобрений при возделывании гороха (среднее за 2009-2010 гг.)

Варианты	Прибавка, т/га	Стоимость прибавки, USD/га	Всего затрат, USD/га	Прибыль, USD/га	Рентабельность, %
1. Без удобрений	–	–	–	–	–
2. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀	0,52	134,3	72,7	61,6	84,7
3 N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	0,88	227,3	98,4	128,9	131,0
4. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + ЭлеГум Бор	1,35	348,7	121,0	227,7	188,2
5. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + Витамар 3	1,36	351,3	122,2	229,1	187,5
6. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + Басфолиар 36 Экстра	1,35	348,7	130,2	218,5	167,8
7. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + Эколист для зернобобовых культур	1,41	364,2	125,9	238,3	189,3

Примечание: Расчет экономической эффективности проводился по ценам 2010 г.

Некорневые подкормки микроудобрениями ЭлеГум Бор, Витамар, Басфолиар 36 Экстра и Эколист для зернобобовых культур существенно повышали прибыль и рентабельность по сравнению с фоном N₃₀P₆₀K₉₀. Более высокая прибыль была при применении Витамар и Эколист для зернобобовых культур, которая составила 229,1 и 238,3 USD /га при рентабельности 187,5 и 189,3% соответственно.

ВЫВОДЫ

1. Борное микроудобрение с регулятором роста ЭлеГум Бор повышало урожайность семян гороха на фоне N₃₀P₆₀K₉₀ в среднем за 2009-2010гг. на 4,7, Витамар 3 – на 4,8 ц/га, Басфолиар 36 Экстра – на 4,7 и Эколист для зернобобовых культур – на 5,3 ц/га. В этих вариантах опыта была и максимальная урожайность семян гороха.

2. Некорневые подкормки микроудобрением ЭлеГум Бор, а также Витамар, Басфолиар 36 Экстра, Эколист для зернобобовых не способствовали повышению содержания сырого белка в семенах гороха, но в связи с увеличением урожайности при применении микроудобрений возрастал выход сырого белка. Максимальный сбор сырого белка был при применении микроудобрений Витамар, Басфолиар 36 Экстра и Эколист для зернобобовых культур и составил 8,12-8,25 ц/га.

3. Некорневые подкормки удобрениями ЭлеГум Бор, Витамар, Басфолиар 36 Экстра и Эколист для зернобобовых культур существенно увеличивали прибыль и рентабельность по сравнению с фоном N₃₀P₆₀K₉₀. Максимальная прибыль была при применении Витамар и Эколист для зернобобовых культур, которая составила 229,1 и 238,3 USD /га при рентабельности 187,5 и 189,3%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Минеев, В.Г. Экологические функции агрохимии в современной земледелии // Агрохимия. – 2000. – № 5.– . 5-13.

2. Федюшкин, Б.Н. Минеральные удобрения с микроэлементами / Б.Н. Федюшкин. – Ленинград: Химия, 1989. – 122 с.
3. Лапа, В.В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В. Лапа, В.Н. Босак. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2002, – 127с.
4. Толстоусов, В.П. Удобрения и качество урожая / В.П. Толстоусов. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 81
5. Вильдфлуш, И.Р. Агрохимия / И.Р. Вильдфлуш, С.П. Кукреш, В.А. Ионас. – Минск: Ураджай, 2001. – 488с.
6. Цыганов, А.Р. Микроэлементы и микроудобрения / А.Р. Цыганов, Т.Ф. Персикова, С.Ф. Реуцкая: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений. – Минск, 1998. – 122с.
7. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2010. – 24с.

EFFICIENCY OF APPLICATION OF MICROFERTILIZERS AT CULTIVATION OF PEAS

O.I. Mishura

The application of microfertilizers Elegum B increase productivity of peas on the background $N_{30}P_{60}K_{90}$ in average 2009-2010 years on 4,7, Vitamar – on 4,8 c/ha. Basfoliar 36 Extra – on 4,7 and Ekolist from grain legume – on 5,3 c/ha.

Поступила 3 января 2012 г.

УДК 631.8.022: 635.65

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ДИНАМИКУ ПРОДУКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ СПАРЖЕВОЙ ФАСОЛИ НА ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

О.Н. Минюк

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

ВВЕДЕНИЕ

В природе известно около 200 видов фасоли. Для овощных целей в мировом земледелии возделывают три вида фасоли: обыкновенную (*Phaseolus vulgaris L.*), многоцветковую (*Phaseolus multiflorus Willd*) и лимскую (*Phaseolus lunatus L.*). В нашей стране – два вида фасоли: фасоль обыкновенную и многоцветковую [1].

Мировые площади возделывания спаржевой фасоли составляют около 1 млн. га. В Республике Беларусь выращивание спаржевой фасоли в промышленных масштабах началось с 2008 г. Объем ее производства в 2010 г. достиг 350 т [2].

Стручки и плоды спаржевой фасоли содержат до 30 аминокислот, в т.ч. незаменимые аминокислоты, белок, сахарозу, органические жирные кислоты, флаво-

ниды, кумарины. Спаржевая фасоль отличается также большим содержанием минеральных веществ (кальций, фосфор, магний, калий, натрий), микроэлементов (медь, цинк, железо, йод и др.), витаминов (С, Е, В₂, В₆, РР, провитамин А). Натрий и калий в семенах фасоли находятся в благоприятном соотношении для организма, что способствует выведению из него жидкости и оказывает разгрузочное воздействие на сердечно-сосудистую систему. Кроме того, в створках молодых бобов содержатся вещества, которые, подобно инсулину, снижают содержание сахара в крови, что делает спаржевую фасоль ценным диабетическим продуктом. Молодые бобы (лопатки) спаржевой фасоли с мелкими семенами используют в свежем, свежемороженом и консервированном виде как гарнир к блюдам, при приготовлении салатов и супов [1-3].

В Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород Республики Беларусь по состоянию на 1.01.2010 г. для использования в сельскохозяйственном производстве внесено 14 сортов овощной фасоли (*Phaseolus vulgaris* L.): Ольга (1997 г.), Рант (1999 г.), Секунда (1999 г.), Зорюшка (2001 г.), Польшка (2004 г.), Палачанка ранняя (2004 г.), Тара (2006 г.), Лаурина (2009 г.), Зинуля (2009 г.), Магура (2009 г.), Иришка (2010 г.), Карсон (2010 г.), Миробела (2010 г.), Патион (2010 г.); к использованию для приусадебного возделывания дополнительно допущено 7 сортов овощной фасоли: Вена (2005 г.), Лаурина (2005 г.), Фурова полана (2005 г.), Золотая звезда (2007 г.), Сыренка (2007 г.), Голятка (2007 г.), Афина (2010 г.); ряд сортов спаржевой фасоли проходит государственное сортоиспытание [4].

Урожайность и качество спаржевой фасоли во многом определяются почвенно-климатическими и сортовыми особенностями, агротехникой возделывания, в т.ч. применением удобрений. Разработка системы удобрения спаржевой фасоли в зависимости от конкретных почвенно-климатических условий относится к важнейшим приемам агротехники. Применение научно-обоснованных систем удобрения позволит получать высокие и устойчивые урожаи товарной экологически чистой продукции, обеспечит воспроизводство почвенного плодородия, снизит влияние неблагоприятных погодных условий [5-8].

Цель исследований – изучить влияние применения минеральных и бактериальных удобрений на динамику продукционных процессов и урожайность спаржевой фасоли различных сортов на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению влияния применения минеральных удобрений и бактериального препарата Фитостимифос на динамику продукционных процессов спаржевой фасоли Секунда, Рашель и Магура проводились в полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве в Пинском районе Брестской области в 2009-2010 гг.

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта исследуемой почвы имела следующие показатели: рН_{KCl} – 5,9-6,2, содержание P₂O₅ (0,2 М HCl) – 170-180 мг/кг, K₂O (0,2 М HCl) – 220-240 мг/кг, гумуса – 1,8-2,0%, бора (H₂O) – 0,5-0,6 мг/кг, меди (1 М HCl) – 1,5-1,7 мг/кг, цинка (1 М HCl) – 4,1-4,3 мг/кг, марганца (1 М KCl) – 0,4-0,6 мг/кг, молибдена (аксалатный буфер) – 0,08-0,09 мг/кг почвы (индекс агрохимической окультуренности 0,85).

Схема опыта предусматривала контрольный вариант без применения удобрений, варианты с внесением в предпосевную культивацию минеральных удобрений N₃₀₋₅₀ P₄₀ K₉₀ (карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий), ино-

куляцию семян в день посева фосфатмобилизирующим бактериальным препаратом Фитостимифос (2,5 л/га + 10 л H₂O).

Агротехника возделывания спаржевой фасоли – общепринятая для Республики Беларусь. Схема опыта была реализована на фоне интегрированной системы защиты растений. Агрохимические показатели пахотного горизонта (рН_{KCl}, содержание P₂O₅, K₂O, гумуса, микроэлементов) и качественные показатели зеленой массы спаржевой фасоли определяли согласно принятым методикам [9, 10].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Характер нарастания биомассы, содержание и потребление элементов питания по фазам роста и развития растений имеет важное значение для мониторинга и оперативного управления продукционными процессами путем определения критических периодов потребления важнейших элементов питания и проведения необходимых агротехнических и агрохимических приемов устранения их недостатка или избытка, что позволяет в конечном итоге получить высокую урожайность с благоприятным качеством товарной продукции [6].

В наших исследованиях на дерново-подзолистой супесчаной почве применение минеральных удобрений оказало значительное влияние на характер продукционных процессов спаржевой фасоли по фазам роста и развития растений (табл. 1). Определенное влияние на динамику продукционных процессов оказали сортовые особенности.

В фазу бутонизации сбор зеленой массы в среднем за два года исследований у сорта спаржевой фасоли Секунда в зависимости от исследуемого варианта составил 30,3-40,5 ц/га, сухого вещества (биомассы) – 9,1-12,2 ц/га; в фазу цветения – 94,9-118,8 и 28,5-35,7 ц/га соответственно; в фазу образования бобов – 153,2-191,5 и 46,0-57,5 ц/га.

У сорта спаржевой фасоли Рашель урожайность зеленой массы в фазу бутонизации оказалась 31,3-41,7 ц/га, сухого вещества – 9,4-12,5 ц/га; в фазу цветения – 96,0-188,9 и 28,8-35,7 ц/га соответственно; в фазу образования бобов – 155,1-191,6 и 46,5-57,5 ц/га.

Динамика накопления зеленой массы у сорта спаржевой фасоли Магура изменялась от 32,7-42,6 ц/га в фазу бутонизации до 158,3-194,0 ц/га в фазу образования бобов при возрастании сбора сухого вещества в данные фазы роста и развития растений от 9,8-12,8 ц/га до 47,5-58,2 ц/га.

Применение возрастающих доз азотных удобрений увеличивало сбор зеленой массы и сухого вещества у спаржевой фасоли всех исследуемых сортов, а также способствовало возрастанию урожайности бобов в фазу технологической спелости на 48,6-58,8 ц/га (сорт Секунда), 43,3-58,8 ц/га (сорт Рашель) и 44,8-55,9 ц/га (сорт Магура).

Максимальная урожайность бобов в фазу технологической спелости у всех исследуемых сортов спаржевой фасоли 210,9-212,2 ц/га получена в варианте с внесением в предпосевную культивацию N₅₀P₄₀K₉₀.

Инокуляция семян спаржевой фасоли бактериальным препаратом Фитостимифос на фоне пониженной дозы фосфорных удобрений 20 кг/га д.в. обеспечила практически одинаковую продуктивность спаржевой фасоли в сравнении с вариантом с полной дозой фосфора 40 кг/га д.в., что говорит о возможной экономии при внесении фосфорных удобрений в дозе 20 кг/га д.в.

Динамика продукционных процессов овощной фасоли в зависимости от сортовых особенностей и применения удобрений на дерново-подзолистой супесчаной почве, ц/га (среднее за 2009-2010 гг.)

Вариант	Бутонизация		Цветение		Образование бобов		Бобы*, ц/га
	зеленая масса	биомасса	зеленая масса	биомасса	зеленая масса	биомасса	
сорт Секунда							
Контроль	30,3	9,1	94,9	28,5	153,2	46,0	152,1
N ₃₀ P ₄₀ K ₉₀	38,5	11,5	108,7	32,6	177,9	53,4	200,7
Фитостимифос + N ₃₀ P ₂₀ K ₉₀	38,6	11,6	109,3	32,8	178,3	53,5	202,8
N ₅₀ P ₄₀ K ₉₀	40,5	12,2	118,8	35,7	191,5	57,5	210,9
HCP ₀₅	1,5	0,4	3,7	1,2	6,2	1,9	7,5
сорт Рашель							
Контроль	31,3	9,4	96,0	28,8	155,1	46,5	157,0
N ₃₀ P ₄₀ K ₉₀	39,2	11,8	109,9	33,0	180,2	54,1	200,3
Фитостимифос + N ₃₀ P ₂₀ K ₉₀	39,4	11,9	110,2	33,1	180,4	54,1	201,8
N ₅₀ P ₄₀ K ₉₀	41,7	12,5	118,9	35,7	191,6	57,5	211,0
HCP ₀₅	1,5	0,4	3,8	1,2	6,3	1,9	7,5
сорт Магура							
Контроль	32,7	9,8	98,3	29,5	158,3	47,5	156,3
N ₃₀ P ₄₀ K ₉₀	40,7	12,2	113,7	34,1	181,6	54,5	201,1
Фитостимифос + N ₃₀ P ₂₀ K ₉₀	40,9	12,3	113,9	34,2	181,9	54,6	201,8
N ₅₀ P ₄₀ K ₉₀	42,6	12,8	120,7	36,2	194,0	58,2	212,2
HCP ₀₅	1,5	0,4	3,9	1,2	6,3	1,9	7,6

*Технологическая спелость

Содержание общего азота в растениях спаржевой фасоли в фазу бутонизации в зависимости от применения минеральных удобрений и сортовых особенностей составило 1,04-1,63%, фосфора – 1,02-1,37%, калия – 4,45-5,13%; в фазу цветения – 1,25-1,84%, 1,01-1,41% и 4,11-4,99% соответственно; в фазу образования бобов – 1,22-1,77% (N), 0,90-1,33% (P₂O₅) и 3,81-4,87% (K₂O) (табл. 2).

Наибольшее содержание азота и фосфора в растениях спаржевой фасоли отмечено в фазу цветения, калия – в фазу бутонизации.

Применение минеральных удобрений увеличивало содержание азота, фосфора и калия по всем фазам роста и развития спаржевой фасоли. Инокуляция семян биопрепаратом Фитостимифос в большей мере увеличивала содержание в зеленой массе спаржевой фасоли фосфора, что наиболее четко проявилось в фазы цветения и образования бобов. Общий вынос азота в фазу бутонизации растениями спаржевой фасоли в зависимости от опытного варианта в наших исследованиях составил 9,8-20,7 кг/га, фосфора – 9,6-16,7 кг/га, калия – 41,0-64,1 кг/га;

Таблица 2

Содержание элементов питания в зеленой массе спаржевой фасоли в зависимости от сортовых особенностей и применения удобрений, % в сухом веществе (среднее за 2009-2010 гг.)

Вариант	Бутонизация			Цветение			Образование бобов		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
сорт Секунда									
Контроль	1,09	1,11	4,50	1,31	1,12	4,11	1,29	0,92	3,81
N ₃₀ P ₄₀ K ₉₀	1,50	1,31	4,87	1,66	1,33	4,58	1,60	1,20	4,33
Фитостимифос + N ₃₀ P ₂₀ K ₉₀	1,59	1,35	4,89	1,70	1,40	4,61	1,62	1,32	4,40
N ₅₀ P ₄₀ K ₉₀	1,63	1,37	4,95	1,78	1,39	4,65	1,72	1,26	4,43
HCP ₀₅	0,05	0,05	0,17	0,05	0,05	0,16	0,06	0,04	0,15
сорт Рашель									
Контроль	1,04	1,02	4,80	1,33	1,01	4,36	1,28	0,94	3,92
N ₃₀ P ₄₀ K ₉₀	1,42	1,23	5,05	1,61	1,21	4,94	1,55	1,16	4,83
Фитостимифос + N ₃₀ P ₂₀ K ₉₀	1,50	1,28	5,09	1,65	1,29	4,96	1,57	1,25	4,84
N ₅₀ P ₄₀ K ₉₀	1,61	1,27	5,13	1,77	1,27	4,99	1,70	1,21	4,87
HCP ₀₅	0,05	0,04	0,18	0,05	0,04	0,17	0,05	0,04	0,16
сорт Магура									
Контроль	1,06	1,08	4,45	1,25	1,01	4,19	1,22	0,90	3,92
N ₃₀ P ₄₀ K ₉₀	1,49	1,23	4,87	1,62	1,30	4,72	1,55	1,23	4,54
Фитостимифос + N ₃₀ P ₂₀ K ₉₀	1,53	1,27	4,89	1,65	1,41	4,74	1,57	1,33	4,57
N ₅₀ P ₄₀ K ₉₀	1,62	1,25	4,95	1,84	1,38	4,80	1,77	1,28	4,62
HCP ₀₅	0,05	0,04	0,17	0,05	0,04	0,16	0,05	0,04	0,15

в фазу цветения – 36,9-66,5, 29,1-50,0 и 117,1-178,1 кг/га соответственно; в фазу образования бобов – 58,0-103,0 (N), 42,3-74,5 (P₂O₅) и 175,3-280,0 (K₂O) кг/га (табл. 3).

Применение минеральных удобрений и биопрепарата Фитостимифос увеличивало показатели общего выноса азота, фосфора и калия по всем фазам роста и развития спаржевой фасоли.

Потребление азота растениями спаржевой фасоли в фазу бутонизации в зависимости от сортовых особенностей и применения минеральных удобрений в наших исследованиях составило 0,32-0,49 кг/ц зеленой массы, в фазу цветения – 0,38-0,55, в фазу образования бобов – 0,37-0,53 кг/ц зеленой массы (табл. 4).

Потребление фосфора в зависимости от опытного варианта в фазу бутонизации оказалось 0,31-0,41, в фазу цветения – 0,30-0,42, в фазу образования бобов – 0,27-0,40 кг/ц зеленой массы.

Потребление калия растениями спаржевой фасоли в зависимости от сортовых особенностей и применения удобрений в фазу бутонизации составило 1,33-1,54 кг/ц, в фазу цветения – 1,23-1,50, в фазу образования бобов – 1,14-1,46 кг/ц зеленой массы.

При потреблении азота можно отметить некоторую тенденцию увеличения в фазу цветения, при дальнейшем его снижении в фазу образования бобов, фосфора и калия – некоторую тенденцию уменьшения по мере роста и развития растений от фазы бутонизации до фазы образования бобов.

Таблица 3

Общий вынос элементов питания спаржевой фасолью по фазам роста и развития растений, кг/га (среднее за 2009-2010 гг.)

Вариант	Бутонизация			Цветение			Образование бобов		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
сорт Секунда									
Контроль	9,9	10,1	41,0	37,3	31,9	117,1	59,3	42,3	175,3
N ₃₀ P ₄₀ K ₉₀	17,3	15,1	56,0	54,1	43,4	149,3	85,4	64,1	231,2
Фитостимифос + N ₃₀ P ₂₀ K ₉₀	18,4	15,7	56,7	55,8	45,9	151,2	86,7	70,6	235,4
N ₅₀ P ₄₀ K ₉₀	19,9	16,7	60,4	63,5	49,6	166,0	98,9	72,5	254,7
сорт Рашель									
Контроль	9,8	9,6	45,1	38,3	29,1	125,6	59,5	43,7	182,3
N ₃₀ P ₄₀ K ₉₀	16,8	14,5	59,6	53,1	39,9	163,0	83,9	62,8	261,3
Фитостимифос + N ₃₀ P ₂₀ K ₉₀	17,9	15,2	60,6	54,6	42,7	164,2	84,9	67,6	261,8
N ₅₀ P ₄₀ K ₉₀	20,1	15,9	64,1	63,2	45,3	178,1	97,8	69,6	280,0
сорт Магура									
Контроль	10,4	10,6	43,6	36,9	29,8	123,6	58,0	42,8	186,2
N ₃₀ P ₄₀ K ₉₀	18,2	15,0	59,4	55,2	44,3	161,0	84,5	67,0	247,4
Фитостимифос + N ₃₀ P ₂₀ K ₉₀	18,8	15,6	60,1	56,4	48,2	162,1	85,7	72,6	249,5
N ₅₀ P ₄₀ K ₉₀	20,7	16,0	63,4	66,5	50,0	173,8	103,0	74,5	268,9

Таблица 4

Потребление элементов питания спаржевой фасолью по фазам роста и развития растений, кг/ц зеленой массы (среднее за 2009-2010 гг.)

Вариант	Бутонизация			Цветение			Образование бобов		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
сорт Секунда									
Контроль	0,33	0,33	1,35	0,39	0,34	1,23	0,39	0,28	1,14
N ₃₀ P ₄₀ K ₉₀	0,45	0,39	1,45	0,50	0,40	1,37	0,48	0,36	1,30
Фитостимифос + N ₃₀ P ₂₀ K ₉₀	0,48	0,41	1,47	0,51	0,42	1,38	0,49	0,40	1,32
N ₅₀ P ₄₀ K ₉₀	0,49	0,41	1,49	0,53	0,42	1,40	0,52	0,38	1,33
сорт Рашель									
Контроль	0,32	0,31	1,44	0,40	0,30	1,31	0,38	0,28	1,18
N ₃₀ P ₄₀ K ₉₀	0,43	0,37	1,52	0,48	0,36	1,48	0,47	0,35	1,45

Вариант	Бутонизация			Цветение			Образование бобов		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Фитостимифос + N ₃₀ P ₂₀ K ₉₀	0,45	0,39	1,54	0,50	0,39	1,49	0,47	0,37	1,45
N ₅₀ P ₄₀ K ₉₀	0,48	0,38	1,54	0,53	0,38	1,50	0,51	0,36	1,46
сорт Магура									
Контроль	0,32	0,32	1,33	0,38	0,30	1,26	0,37	0,27	1,18
N ₃₀ P ₄₀ K ₉₀	0,45	0,37	1,46	0,49	0,39	1,42	0,47	0,37	1,36
Фитостимифос + N ₃₀ P ₂₀ K ₉₀	0,46	0,38	1,47	0,50	0,42	1,42	0,47	0,40	1,37
N ₅₀ P ₄₀ K ₉₀	0,49	0,38	1,49	0,55	0,41	1,44	0,53	0,38	1,39

ВЫВОДЫ

В исследованиях на дерново-подзолистой супесчаной почве внесение в предпосевную культивацию минеральных удобрений N₃₀₋₅₀P₄₀K₉₀ и инокуляция семян спаржевой фасоли биопрепаратом Фитостимифос способствовало активизации продукционных процессов спаржевой фасоли сортов Секунда, Рашель и Магура и увеличило урожайность бобов в фазу технологической спелости.

Максимальная продуктивность спаржевой фасоли в фазу технологической спелости 210,9-212,2 ц/га при прибавке урожая 54,0-58,8 ц/га получена в варианте с применением N₅₀P₄₀K₉₀.

Предпосевная инокуляция семян спаржевой фасоли бактериальным препаратом Фитостимифос на фоне пониженных доз фосфорных удобрений обеспечила практически одинаковую продуктивность в сравнении с вариантом с полным минеральным удобрением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фасоль спаржевая в Беларуси / А.И. Чайковский [и др.]. – Минск: Типография ВЮА, 2009. – 168 с.
2. Попков, В.А. Овощеводство Беларуси / В.А. Попков. – Минск: Наша идея, 2011. – 1088 с.
3. Аутко, А.А. Бобовые овощные культуры / А.А. Аутко // Белорусское сельское хозяйство. – 2010. – № 8. – С. 80.
4. Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород / ред. С.С. Танкевич; Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений. – Минск, 2010. – 192 с.
5. Босак, В.Н. Влияние агрохимических приемов на урожайность спаржевой фасоли на дерново-подзолистой супесчаной почве / В.Н. Босак, В.В. Скорина, О.Н. Минюк // Овощеводство. – 2011. – Т. 19. – С. 36-42.
6. Литвинов, С.С. Научные основы современного овощеводства / С.С. Литвинов. – М.: Россельхозакадемия, 2008. – 775 с.
7. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.

8. Эффективность азотно-фосфорно-калийных удобрений с микроэлементами в технологиях возделывания спаржевой фасоли / Г.В. Пироговская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №1. – С. 163-174.

9. Агрохимия: практикум / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 368 с.

10. Возделывание фасоли овощной: отраслевой регламент // Организационно-технологические нормативы возделывания овощных, плодовых, ягодных культур и выращивания посевного материала: сборник отраслевых регламентов; Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси. – Минск, 2010. – С. 134-145.

INFLUENCE OF FERTILIZERS ON PRODUCTI ON SOD-PODZOLIC SANDY LOAMY SOIL

O.N. Minyuk

Summary

During the studies on the sod-podzolic sandy loamy soil while growing asparagus of mineral fertilizers and bacterial phosphate preparation Phytostimofos were established.

Поступила 6 февраля 2012 г.

УДК 633.791:631.811.98(476.7)

ВЛИЯНИЕ ДОЗ ВНЕСЕНИЯ ЭКОСИЛА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ХМЕЛЯ ОБЫКНОВЕННОГО (HUMULUS LUPULUS) НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

А.А. Регилевич

*Гродненский государственный аграрный университет,
г. Гродно, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Хмель обыкновенный – уникальное растение. Благодаря полезности всех его частей: шишек, стеблей, ветвей и листьев – хмель выращивают во многих странах. Женские соцветия (шишки) пригодны в пивоварении, хлебопечении, медицине, применяются при изготовлении косметики. Есть различные способы использования данного растения в домашнем хозяйстве для приготовления кулинарных блюд, пива и других напитков [1].

В настоящее время большая часть хмеля завозится в Республику Беларусь из-за рубежа. Проведение всех необходимых организационно-экономических и агротехнических мероприятий по организации собственного экономически эффективного хмелеводства способствовало бы решению проблемы обеспечения белорусской пивоваренной отрасли качественным отечественным хмелем, экономии валютных средств, затрачиваемых на импорт этого продукта, и снижению уровня зависимости пивоваренной отрасли республики от мирового рынка, тем более, что

2. Плодородие почв и применение удобрений

почвенно-климатические условия нашей республики в полной мере соответствуют биологическим особенностям этой культуры, что подтверждается практическим опытом немногочисленных хмелеводческих хозяйств на западе Беларуси [2].

На протяжении многих лет в Республике Беларусь разрабатывалась технология возделывания хмеля, отработана система применения органических и минеральных удобрений и особенности применения микроэлементов в хмелеводстве, однако до настоящего времени не изучалось воздействие регуляторов роста на продуктивность хмеля, поэтому наши исследования являются актуальными и представляют собой новизну.

Регуляторы роста – вещества природного происхождения, синтезированные человеком, – не преследуют целей биологического уничтожения вредных организмов, а, применяемые в малых количествах, оказывают существенное влияние на ростовые, физиологические и формообразовательные процессы в растениях. Применение регуляторов роста обеспечивает повышение урожая и качества выращиваемой продукции, усиливает сопротивляемость растений к вредителям, болезням, различным стрессовым воздействиям, улучшает завязываемость шишек у хмеля, обеспечивает получение более качественной продукции, её сохранность [3].

Рядом исследователей изучены различные способы и дозы внесения регуляторов роста на хмеле. Исследованиями В.В. Анисимова и В.В. Базыльчик доказана возможность применения альфа-терпинеола в качестве стимулятора роста хмеля, способствующего повышению урожайности и качества шишек. По сравнению с контрольным вариантом урожай сухих шишек повышается на 1,3-2,9 ц/га, а содержание горьких веществ и альфа – кислот на 2,7 и 0,1-2,3% соответственно [4].

Проведенные исследования показали, что применение эμισима С благоприятно влияло как на рост стеблей, так и на корнеобразование. Все полученные в опытах саженцы имели хорошо развитую корневую систему с двумя-тремя основными корнями и две-три пары сформировавшихся почек. Особенно чувствительными к препарату оказались зеленые побеги хмеля [5].

Таким образом, цель наших исследований – установить оптимальные дозы внесения Экосила и определить его влияние на урожайность и качество шишек хмеля.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования проводились в 2010-2011 гг. на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой легким мореным суглинком, в фермерском хозяйстве «Магнум-Хмель» Пружанского района Брестской области. Почва характеризуется слабокислой реакцией среды (рН в КС1 – 6,0); недостаточным содержанием гумуса (1,86%); повышенным содержанием подвижного фосфора (180-185 мг/кг) и средним содержанием подвижного калия (173-179 мг/кг); по содержанию подвижных форм бора (0,65 мг/кг почвы), меди (1,8 мг/кг почвы) и цинка (3,2 мг/кг почвы) почва относится к II (средней) группе обеспеченности микроэлементами. Влияние регуляторов роста изучалось на сорте хмеля немецкой селекции Hallertauer Magnum, включенном в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород.

Ежегодно вносилось 30 т/га органических удобрений и оптимальный для данных почв фон азотно-фосфорно-калийного питания – $N_{180}P_{120}K_{160}$. Азотные удобрения вносились вручную в три приема: 1 – после закладки хмеля на поддержки

(35 кг/га), 2 – в начале образования боковых побегов (110 кг/га), 3 – в начале цветения хмеля (35 кг/га). Органические, фосфорные и калийные удобрения вносились осенью механизированно. В качестве минеральных удобрений применялись карбамид, простой суперфосфат и хлористый калий, в качестве органических – подстилочный солоmistый навоз КРС.

Регуляторы роста вносились путем некорневой подкормки вручную, ранцевым опрыскивателем. Некорневое внесение проводилось в три приема: 1 – во второй декаде мая в начале интенсивного роста хмеля при высоте растений 1,5-2,0 метра; 2 – во второй декаде июня в начале образования и роста боковых побегов при высоте растений 4,5-5,0 метра; 3 – в конце июля-начале августа в начале цветения хмеля.

Уборка хмеля проводилась вручную, поделяночно в сентябре в зависимости от сроков наступления технической спелости. Процесс сушки хмеля проходил вначале путем активного вентилирования в дневное время без подогрева воздуха, а в дальнейшем – при температуре 55-65°C до стандартной влажности 8-9%.

Определение содержания альфа-кислот в шишках хмеля проводилось кондуктометрическим методом путем измерения силы тока, проходящего через экстракт горьких веществ, в процессе титрования его уксуснокислым свинцом (ГОСТ 21948-76).

Все результаты исследований обработаны статистически с применением дисперсионного анализа, с использованием пакета стандартных программ STAT на компьютере. Достоверность урожайных данных определяли с помощью НСР с использованием коэффициента Стьюдента. Произведен расчет экономической эффективности применения регуляторов роста.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На урожайность шишек хмеля значительное влияние оказывают климатические условия и, в первую очередь, обеспеченность влагой. В 2010 г. сложились благоприятные условия для формирования урожая хмеля. В 2011 г. наблюдается резкое снижение урожайности шишек хмеля по сравнению с 2010, что обусловлено выпадением града, в результате чего были повреждены точки роста растений хмеля.

Урожайность шишек хмеля в фоновом варианте 1 (Фон – 30 т/га навоза + $N_{180}P_{120}K_{160}$) в 2010 году составила 18,0 ц/га, а в 2011 – 13,6 ц/га. В среднем за 2 года урожайность шишек хмеля составила 15,8 ц/га.

Результаты проведенных полевых исследований показали, что внесение Экосила в различных дозах оказало определенное влияние на урожайность шишек хмеля. При внесении Экосила в минимальных дозах в варианте 2 урожайность шишек хмеля в 2010 г. составила 18,9 ц/га, а в 2011 г. – 14,3, однако следует отметить, что в 2011 г. получена незначительная прибавка урожайности, так как она не превышала показатель наименьшей существенной разницы. Применение Экосила в вариант 2 (Фон – 30 т/га навоза + $N_{180}P_{120}K_{160}$ + Экосил 20 + 20 мл/га) обеспечило получение максимальной урожайности шишек хмеля, которая в среднем за два года составила 17,2 ц/га (табл. 1).

Дальнейшее увеличение доз Экосила до 60 мл/га обеспечило существенное увеличение урожайности по сравнению с фоновым вариантом по годам исследований. В варианте 4 полученная урожайность в среднем за два года составила

2. Плодородие почв и применение удобрений

17,1 ц/га, что находится на одном уровне с вариантом 3, поэтому говорить о лучшем варианте мы сможем только после определения качественных показателей шишек хмеля, а также после расчета экономических показателей, которые позволят сделать обоснованный вывод.

Таблица 1

Влияние Экосила на урожайность шишек хмеля, ц/га

Вариант	2010 г.	2011 г.	Среднее
1. Фон – 30 т/га навоза + N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₆₀	18,0	13,6	15,8
2. Фон – 30 т/га навоза + N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₆₀ + Экосил 20 мл/га	18,9	14,3	16,6
3. Фон – 30 т/га навоза + N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₆₀ + Экосил 20 + 20 мл/га	19,4	15,0	17,2
4. Фон – 30 т/га навоза + N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₆₀ + Экосил 20 + 20 + 20 мл/га	18,9	15,2	17,1
НСР	0,82	0,74	

Основным качественным показателем у шишек хмеля является содержание альфа-кислот, которое зависит от сорта, агротехники, почвенно-климатических условий и т. д. Поэтому одной из задач наших исследований было установление влияния различных доз Экосила на содержание альфа-кислот в шишках хмеля.

Содержание альфа-кислот в фоновом варианте 1 в среднем за два года составило 11,2%. Внесение Экосила в варианте 2 обеспечило существенное увеличение содержания альфа-кислот: за годы исследований оно составило 12,0%. В варианте 3 внесение Экосила в дозе 40 мл/га в два приема обеспечило содержание альфа-кислот до 12,5%. Максимальное содержание альфа-кислот (12,7%) в шишках хмеля получено в варианте 4, где вносили 60 мл/га Экосила в три приема (табл. 2).

Таблица 2

Влияние регуляторов роста на содержание альфа-кислот (%) в шишках хмеля и их сбор с единицы площади (ц/га)

Вариант	Содержание альфа-кислот, %			Сбор альфа-кислот, ц/га		
	2010 г.	2011 г.	Среднее	2010 г.	2011 г.	Среднее
1. Фон – 30 т/га навоза + N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₆₀	11,5	10,9	11,2	2,07	1,48	1,78
2. Фон + Экосил 20 мл/га	12,3	11,8	12,0	2,32	1,68	2,00
3. Фон + Экосил 20 + 20 мл/га	12,6	12,4	12,5	2,44	1,86	2,15
4. Фон + Экосил 20 + 20 + 20 мл/га	12,8	12,5	12,7	2,41	1,90	2,16
НСР	0,65	0,60				

Расчетным путем был установлен сбор альфа-кислот с единицы площади, который зависит от урожайности шишек хмеля и содержания в них альфа-кислот. В фоновом варианте 1 сбор альфа-кислот составил 1,78 ц/га. Применение Экосила в минимальных дозах в варианте 2 увеличило сбор альфа-кислот до 2,00 ц/га. В варианте 3 внесение Экосила 40 мл/га в два приема обеспечило увеличение сбора альфа-кислот с единицы площади до 2,15 ц/га. Максимальный сбор альфа-кислот с единицы площади (2,16 ц/га) получен в варианте 4, где использовался Экосил в дозе 60 мл/га в три приема.

Одной из проблем развития пивоваренной отрасли является низкий уровень самообеспеченности качественным отечественным сырьем – хмелем, удовлетворение потребности в котором производится за счет импортных поставок, что приводит к значительному расходу валютных средств, финансированию зарубежного производителя, к жесткой зависимости пивоваренной отрасли от постоянно меняющейся конъюнктуры мирового рынка [2].

Опыт хмелеводческих хозяйств Брестской области на сегодняшний момент показывает, что хмель является перспективной и экономически выгодной культурой для возделывания в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь.

На данный момент в условиях Республики Беларусь расчет за хмель производится за килограмм продукции без учета содержания альфа-кислот, хотя в мировой практике при его покупке пивзаводами учитываются их качественные показатели. Для того, чтобы нам установить оптимальные дозы внесения Экосила, мы произведем расчет следующих экономических показателей:

- ▶ урожайность, ц/га;
- ▶ стоимость продукции, тыс. руб.;
- ▶ производственные затраты на 1 га, тыс. руб.;
- ▶ себестоимость 1 ц продукции, тыс. руб.;
- ▶ затраты труда, чел.-ч.: - на 1 га; - на 1 ц;
- ▶ прибыль на 1 га, тыс. руб.;
- ▶ уровень рентабельности, %.

Таблица 3

Экономическая оценка эффективности применения Экосила

№ п/п	Показатели	Варианты			
		1. Фон 30т/га навоз + N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₆₀	2. Фон + Экосил 20 мл/га	3. Фон + Экосил 20 + 20 мл/га	4. Фон + Экосил 20 +20 +20 мл/га
1.	Урожайность, ц/га	15,8	16,6	17,2	17,1
2.	Прибавка к фону, ц/га	-	0,8	1,4	1,3
3.	Стоимость продукции, тыс. руб.	47400,0	49800,0	51600,0	51300,0
4.	Производственные затраты на 1 га, тыс. руб.	21265,07	23164,44	24594,44	24482,44
5.	Себестоимость 1 ц продукции, тыс. руб.	1345,89	1395,45	1429,91	1431,72
6.	Затраты труда, чел.-ч.: на 1 га	2181,3	2181,65	2182,0	2182,34
7.	Затраты труда, чел.-ч.: на 1 ц	138,06	131,42	127,60	128,37
8.	Прибыль на 1 га, тыс. руб.	26134,93	26635,56	27005,56	26817,56
9.	Уровень рентабельности, %	81,0	87,0	91,0	91,0

Из данных таблицы 3 мы видим, что даже в фоновом варианте 1 без применения Экосила получена прибыль в размере 26134,93 тыс. руб. при уровне рентабельности 81,0%. Внесение Экосила в варианте 2 обеспечило увеличение прибыли до 26635,56 тыс. руб. и уровня рентабельности до 87,0%. В варианте 3 с внесением Экосила 40 мл/га в два приема получена максимальная прибыль 27005,56 тыс. руб. и уровень рентабельности 91%. Дальнейшее увеличение доз Экосила 60 мл/га в варианте 4 привело к снижению прибыли до 26817,56 тыс. руб. по сравнению с вариантом 3, а уровень рентабельности остался на прежнем и

2. Плодородие почв и применение удобрений

составил 91%. Также необходимо отметить, что в варианте 4 по сравнению с вариантом 3 увеличиваются себестоимость 1 ц продукции до 1431,72 тыс. руб. и затраты труда как на 1 га, так и на 1 ц. Это говорит о том, что экономически выгодным является внесение Экосила 40 мл/га в два приема.

Таким образом, можно сделать вывод, что при возделывании хмеля обыкновенного на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой легким мореным суглинком, для получения максимальной урожайности шишек хмеля 17,2 ц/га с содержанием в них альфа-кислот 12,5% и сборе их с единицы площади 2,15 ц/га, с высокими экономическими показателями рекомендуется внесение Экосила 40 мл/га в два приема: 1 – во второй декаде мая в начале интенсивного роста хмеля при высоте растений 1,5-2,0 м; 2 – во второй декаде июня в начале образования и роста боковых побегов при высоте растений 4,5-5,0 м.

ВЫВОДЫ

1. Максимальная урожайность шишек хмеля 17,2 ц/га получена в результате применения Экосила 40 мл/га в два приема: 1 – во второй декаде мая в начале интенсивного роста хмеля при высоте растений 1,5-2,0 метра; 2 – во второй декаде июня в начале образования и роста боковых побегов при высоте растений 4,5-5,0 метра на фоне 30 т/га органических удобрений + $N_{180}P_{120}K_{160}$. Получена существенная прибавка урожайности шишек хмеля по сравнению с фоновым вариантом – 1,4 ц/га.

2. Максимальное содержание альфа-кислот (12,7%) в шишках хмеля и их сбор с единицы площади (2,16 ц/га) получено при внесении Экосила 60 мл/га в три приема: 1 – во второй декаде мая в начале интенсивного роста хмеля при высоте растений 1,5-2,0 м; 2 – во второй декаде июня в начале образования и роста боковых побегов при высоте растений 4,5-5,0 м; 3 – в конце июля-начале августа в начале цветения хмеля на фоне 30 т/га органических удобрений + $N_{180}P_{120}K_{160}$.

3. Произведя расчет экономической эффективности применения Экосила в различных дозах, мы получили максимальную прибыль 27005,56 тыс. руб. при уровне рентабельности 91% при применении Экосила 40 мл/га в два приема: 1 – во второй декаде мая в начале интенсивного роста хмеля при высоте растений 1,5-2,0 м; 2 – во второй декаде июня в начале образования и роста боковых побегов при высоте растений 4,5-5,0 м на фоне 30 т/га органических удобрений + $N_{180}P_{120}K_{160}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Либацкий, Е.П. Хмелеводство: учеб. пособие / Е.П. Либацкий. – 2-е изд. – М.: Колос, 1993. – 286 с.
2. Актуальность развития хмелеводства в Беларуси / З.М. Ильина [и др.] // Белорусское сельское хозяйство. – 2004. – №9. – С. 36-37.
3. Вакуленко, В.В. Результаты испытаний эмистина на капусте белокочанной, картофеле, яблоне зимних сортов, рисе, хмеле, сахарной свекле / Вакуленко В.В., Гашников Э.Г., Янина М.М. // Научно // Аграрная Россия. – М.: Фолиум, 1999. – Вып. 1(2). – С. 43-48.
4. Анисимов, В.В. Изучение ростстимулирующего действия альфа-терпинеола на культуре хмеля / В.В. Анисимов, В.В. Базыльчик // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1990. – Вып. 12. – С. 3-5.

5. Влияние эмистима С на формирование саженцев хмеля / Б.Ф. Кормильцев [и др.] // Регуляторы роста и развитие растений в биотехнологиях. – 2001. – С. 248-249.

INFLUENCE OF DOSES OF INTRODUCTION OF ECOSIL ON EFFICIENCY OF HOP OF ORDINARY (HUMULUS LUPULUS)

A.A. Regilevich

Summary

The field researches which have been carried out in 2010-2011 on the sod-podzol sandy soil of spread by easy by thin loam in a farm of «Magnum-Chmel» of the Pruzhansky region of the Brest area established optimum doses of introduction ecosil and its influence on productivity, and quality of cones of hop. The maximum productivity of cones of hop of 17,2 c/ha at the content of alpha acids in them 12,5% and collecting them from unit of area of 2,15 c/ha is received as a result of application ecosil 40 ml/ha in two steps: 1 – in the second decade of May at the beginning of intensive growth of hop at height of plants of 1,5-2,0 m; 2 – in the second decade of June at the beginning of education and growth of lateral escapes at height of plants of 4,5-5,0 m, against 30 t/ha of organic fertilizers + $N_{180}P_{120}K_{160}$.

Поступила 2 апреля 2012 г.

УДК 631.847.22:633.16:631.445.2

ВЛИЯНИЕ ФОСФАТМОБИЛИЗУЮЩИХ БАКТЕРИЙ НА РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ, УРОЖАЙНОСТЬ И ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСЕВОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ

Н.А. Михайловская¹, И.М. Богдевич¹, О. Миканова², Е.Г. Тарасюк¹,
Т.Б. Барашенко¹, С.В. Дюсова¹, Т.В. Погирницкая¹

¹Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

²Институт растениеводства, Прага-Рузыня, Чехия

ВВЕДЕНИЕ

Применение микробных инокулянтов с полезными свойствами оказывает разностороннее положительное влияние на растения. Среди основных факторов, приводящих к повышению урожайности при внесении микробных удобрений, рассматриваются следующие: стимуляция ростовых процессов (гормональный эффект), повышение доступности элементов минерального питания, улучшение водного питания, антистрессовое действие, повышение иммунитета растений, фунгистатическое действие на развитие патогенных грибов.

Многие исследователи считают гормональный эффект доминирующим механизмом действия микробных удобрений на инокулированные растения. Такие

эффекты, обычно наблюдающиеся при инокуляции, как изменение морфологии корней и корневых волосков [1-4], увеличение массы корней, числа и массы побегов [5, 6], не сопровождающиеся повышением концентрации элементов питания [7, 8], чаще всего объясняются действием ростовых веществ, продуцируемых микроорганизмами. Стимуляция развития корневой системы повышает способность инокулированных растений использовать элементы минерального питания и воду. Улучшение водного питания часто является одним из основных положительных факторов инокуляции [9, 10].

Такие процессы, как азотфиксация, мобилизация труднодоступных форм фосфора или калия активизируются в определенных экологических условиях, как правило, при дефиците этих элементов в почве [5, 6, 11-13] и не всегда являются преобладающим механизмом действия микробных удобрений. Вопрос о доминирующем механизме зависит от генотипа растения, свойств используемого штамма и экологических условий. Высокая потенциальная активность фосфатмобилизации или азотфиксации у интродуцируемого штамма не всегда гарантирует, что именно эти процессы будут преобладающими. Несмотря на то, что повышение урожайности является результатом действия комплекса полезных свойств штаммов-инокулянтов, при определенных условиях азотфиксация, фосфат- или калиймобилизация могут играть значительную роль.

Антистрессовое действие микробных инокулянтов на растения также считается одним из важных механизмов их взаимодействия. В литературе имеются сообщения, подтверждающие, что в стрессовых условиях инокуляция улучшает развитие растений благодаря продуцированию биологически активных веществ внесенными микроорганизмами [14]. Установлено, что инокуляция ячменя повышает его устойчивость к засухе и экстремальным температурам [15].

Одним из факторов положительного действия микробных инокулянтов, приводящих к повышению урожайности сельскохозяйственных культур, может быть также их фунгистатическое действие на корневые гнили [16, 17, 18].

Наиболее вероятно, что повышение урожайности, наблюдаемое при использовании микробных удобрений, обусловлено совместным действием вышеперечисленных факторов.

Цель исследований – установить влияние фосфатмобилизирующих бактерий на ростовые процессы, урожайность зерновых культур и пораженность посевов корневыми гнилями на дерново-подзолистых супесчаных почвах.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований служили фосфатмобилизирующие бактерии, изолированные из ризоплана и ризосферы злаковых культур на дерново-подзолистых почвах разных регионов республики. Для оценки потенциальной способности P-мобилизирующих бактерий стимулировать рост растений проведены лабораторные эксперименты.

Лабораторный эксперимент по изучению влияния P-мобилизирующих бактерий на развитие яровой пшеницы. В лабораторном эксперименте оценивали действие фосфатмобилизирующих бактерий на развитие яровой пшеницы. Растения выращивали в водной культуре на модифицированной питательной смеси Кнопа, разведенной водой в соотношении 1:10 [19]. Для эксперимента от-

бирали неповрежденные и откалиброванные по размеру семена, проводили их поверхностную стерилизацию 10%-перекисью водорода в течение 30 мин, затем парами хлороформа в течение 5 мин. После этого семена тщательно промывали стерильной водой и помещали в чашки Петри для проращивания в термостате при температуре 28°C. Через 24 часа проросшие семена пшеницы в стерильных условиях помещали на пластинки из фольги с отверстиями, фольгу располагали на поверхности питательной смеси в стеклянных сосудах. Количество питательной смеси в одном сосуде – 150 мл, количество растений в сосуде – 2. Повторность в опыте шестикратная.

В эксперименте тестировали шесть штаммов (изолятов), которые проявляли наиболее высокую активность в отношении фосфатмобилизации. В сосуды с питательной смесью вносили по 0,5 мл стандартизованной по мутности суспензии соответствующих штаммов бактерий. Контроль – чистая питательная смесь. Длительность эксперимента – 30 суток.

Объем и массу корней, высоту и биомассу надземной части растений определяли в соответствии с общепринятыми методами [19].

Для оценки эффективности фосфатмобилизующих бактерий проведены полевые опыты на дерново-подзолистых рыхло- и связносупесчаной почвах.

Эффективность фосфатмобилизующих бактерий на посевах ячменя на дерново-подзолистой связносупесчаной почве. Исследования проведены на дерново-подзолистой связносупесчаной почве, подстилаемой с глубины 0,5-0,6 м моренным суглинком (КСУП «Стреличево», Хойникский р-н). Агрохимические показатели пахотного слоя почвы до закладки опыта: гумус – 2,2%, P_2O_5 – 180 мг/кг, K_2O – 200 мг/кг, CaO – 1100, Mg – 350 мг/кг почвы.

В стационарном опыте сформированы три уровня внесения органических удобрений: 0 (без навоза), 8 и 16 т солоमистого навоза на 1 га севооборотной площади. Соломистый навоз вносили под кукурузу (0, 40 и 80 т/га) в 2004 и 2009 гг. На каждом уровне органики изучали следующие варианты внесения минеральных удобрений: Контроль (без удобрений), N_1PK_1 , N_1PK_2 , N_1PK_3 , N_2PK_2 . Минеральные удобрения вносили под предпосевную культивацию. Формы удобрений – хлористый калий, аммофос и мочевины. Доза фосфорных удобрений – 60 кг/га (P_2O_5). Калийные удобрения вносят в следующих дозах: 60 (K_1), 120 (K_2) и 180 (K_3) кг/га (K_2O). Дозы азотных удобрений – 80(N_1) и 60(N_2). Общая площадь делянки – 18 м², учетная – 15 м². Повторность в опыте – четырехкратная, размещение делянок – рендомизированное. В 2009 г. возделывали озимое тритикале, в 2010 г. – кукурузу на зеленую массу, в 2011 г. опытная культура – ячмень Атаман. Бактериальное удобрение на основе фосфатмобилизующих бактерий (*Bacillus* sp.) в жидкой препаративной форме вносили путем обработки посевов в фазе всходы – начало кущения. Титр жизнеспособных клеток $1,8 \times 10^8$ КОЕ/мл.

Эффективность фосфатмобилизующих бактерий на посевах озимого тритикале на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве. Исследования проведены на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве с мощной прослойкой песка (60-80 см) на контакте с размытой мореной (СПК «Хотляны», Узденский р-н). Возделываемая культура – озимое тритикале Вольтарио. В эксперименте созданы четыре уровня обеспеченности почвы подвижными формами фосфора. В 2009 г. содержание подвижного фосфора составило: первый уровень – 207, второй – 244, третий – 286 и четвертый – 394 мг/кг P_2O_5 . На каждом уровне насыщения

2. Плодородие почв и применение удобрений

фосфором изучали 4 варианта внесения удобрений в четырех повторениях. Схема опыта: 1. NK – Фон; 2. Фон + P₁; 3. Фон + P₂; 4. Фон + P₃.

Агрохимические свойства почвы близки к оптимальным: рН – (KCl) 6,0-6,2, содержание подвижного калия (по Кирсанову) – 300-350 мг/кг, гумус – 2,64-2,71 %, обменный кальций (CaO) – 800-850 г/кг, обменный магний (MgO) – 140-150 мг/кг. Чередование культур в севообороте: кукуруза, яровая пшеница, однолетние травы на зеленую массу, озимая рожь, яровая пшеница, горох, озимое тритикале, горох, озимое тритикале. Под кукурузу внесен навоз – 60 т/га. Дозы NK-удобрений – N₁₂₀K₉₀, дозы фосфорных удобрений – 10, 30 и 60 кг/га (P₂O₅). Общая площадь делянок – 45 м².

Способ внесения бактериального удобрения на основе фосфатмобилизирующих бактерий (P-16) под озимые культуры – обработка посевов весной в фазе кущения. Для обработки посевов озимого тритикале использована жидкая препаративная форма бактериального удобрения, титр жизнеспособных клеток 2,1x10⁸ КОЕ/мл.

Учет развития и распространения корневых гнилей проводили в фазу молочно-восковой спелости зерновых культур на 100 растениях, отобранных в 5 точках каждого варианта опыта. Выемку вместе с почвой раскладывали на бумаге, растения отряхивали, отмывали от почвы и помещали на 30 минут в воду, подсушивали и затем проводили учет. Интенсивность поражения отобранных растений корневыми гнилями оценивали в баллах по шкале ВИЗР [20].

Для оценки распространения корневых гнилей и степени поражения растений использовали следующие формулы:

$$P = (a \times 100) / N,$$

где P – распространение болезни, %; a – количество больных растений;
N – общее число исследуемых растений.

$$R = [\sum(ab) \times 100] / NK,$$

где R – развитие болезни, %;
a – число пораженных растений;
b – балл поражения;
N – общее количество исследованных растений;
K – высший балл шкалы степени развития болезни.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Лабораторный эксперимент по изучению влияния P-мобилизирующих бактерий на развитие яровой пшеницы. Эксперименты по выращиванию растений в водных культурах – удобный инструмент для изучения влияния инокуляции на развитие растений на ранних этапах онтогенеза и установления таких количественных параметров развития инокулированных и неинокулированных растений, как масса и объем корней, масса надземной части, соотношение надземная масса:корни и т.д. Результаты данных исследований можно расценивать как первичный скрининг перспективности ризобактерий в качестве основы бактериальных удобрений.

Известно, что ризобактерии способны к биосинтезу физиологически активных веществ, которые могут как стимулировать, так и ингибировать рост растений [1, 2, 3, 9].

Все протестированные штаммы улучшали развитие растений и оказывали стимулирующее действие на объем и массу корневой системы, а также на высоту и массу надземной части растений яровой пшеницы. За счет инокуляции линейные размеры надземной части растений увеличивались на 5-16% (табл. 1), биомасса надземной части – на 6-19% по сравнению с контролем без инокуляции (табл. 2). Наибольшие показатели стимуляции роста надземной части отмечены при бактериализации яровой пшеницы штаммами P-7, P-12 и P-25 (табл. 1, 2).

Установлено, что все протестированные штаммы улучшали развитие корневой системы растений. Под действием инокуляции отмечено усиление ветвления. Биомасса корней инокулированных растений на 11-32% превышала биомассу корней контрольных растений яровой пшеницы (табл. 2).

Наибольший гормональный эффект в отношении развития корневой системы яровой пшеницы отмечен при инокуляции проростков штаммами P-7, P-12, P-16 и P-25. Стимулирующее действие перечисленных штаммов выражалось в увеличении биомассы корней на 30-32 % по сравнению с контролем (табл. 2).

Объем корней растений является важным показателем повышения их адаптивных возможностей. По показателям объема корней инокулированные фосфатмобилизующими бактериями растения на 14-30% превосходили контрольные варианты (табл. 1).

Показателем для характеристики развития растения может служить отношение надземной массы к массе корней. Наибольшее значение этого показателя отмечено на контроле без инокуляции. На вариантах с внесением фосфатмобилизующих бактерий показатели снижались, указывая на лучшее развитие корневой системы бактеризованных растений яровой пшеницы. Наименьший показатель соотношения надземной массы к массе корней получен для штамма P-7, что свидетельствует о его перспективности в качестве микробного инокулянта (табл. 1).

Эксперимент с водными культурами яровой пшеницы показал преимущества развития корневой системы бактеризованных растений (рис. 1, 2) и их надземной части (табл. 1, 2) по сравнению с контрольными. Применение микробных инокулянтов с высокой стимулирующей активностью повышает адаптивные возможности инокулированных растений и улучшает их минеральное и водное питание. Более интенсивное потребление элементов минерального питания и воды обеспечивается за счет увеличения общей поглощающей поверхности корневой системы.

Анализ литературы показывает, что изменение морфологии корней, увеличение числа латеральных корней и корневых волосков, массы и объема корней, отмечающееся в результате инокуляции, улучшает способность инокулированных растений использовать элементы минерального питания, воду и указывает на продукцию регуляторов роста интродуцированными микроорганизмами [1-6].

Таблица 1

Влияние P-мобилизующих бактерий на показатели роста яровой пшеницы (абсолютно сухое вещество/растение)

Варианты опыта	Соотношение надземной биомассы и корней	Высота растения		Объем корней	
		см	%	см ³	%
Контроль	2,9	27,03 ± 3,45	100	0,099 ± 0,005	100
Штамм P-28	2,7	29,72 ± 4,25	110	0,127 ± 0,018	128
Штамм P-7	2,5	30,52 ± 3,10	113	0,129 ± 0,015	130

2. Плодородие почв и применение удобрений

Окончание табл. 1

Варианты опыта	Соотношение надземной биомассы и корней	Высота растения		Объем корней	
		см	%	см ³	%
Штамм P-25	2,6	30,98 ± 3,20	115	0,130 ± 0,011	131
Штамм P-12	2,8	31,22 ± 3,35	116	0,126 ± 0,011	127
Штамм P-2	2,8	28,26 ± 3,90	105	0,113 ± 0,012	114
Штамм P-16	2,6	28,94 ± 3,55	107	0,124 ± 0,013	125

Таблица 2

Влияние P-мобилизирующих бактерий на биомассу растений яровой пшеницы (абсолютно сухое вещество/растение)

Варианты опыта	Биомасса надземной части		Биомасса корневой системы		Биомасса растения	
	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	18,20 ± 3,00	100	6,30 ± 1,20	100	24,50 ± 3,00	100
Штамм P-28	20,20 ± 4,00	111	7,50 ± 1,20	119	27,70 ± 4,00	113
Штамм P-7	20,80 ± 3,00	114	8,30 ± 1,20	132	29,10 ± 3,00	119
Штамм P-25	21,70 ± 2,85	119	8,20 ± 1,15	130	29,90 ± 3,85	122
Штамм P-12	21,50 ± 2,55	118	7,80 ± 1,00	124	29,30 ± 2,55	120
Штамм P-2	19,30 ± 3,05	106	7,00 ± 1,25	111	26,30 ± 3,05	107
Штамм P-16	19,90 ± 2,30	109	7,78 ± 1,00	123	27,68 ± 2,30	113

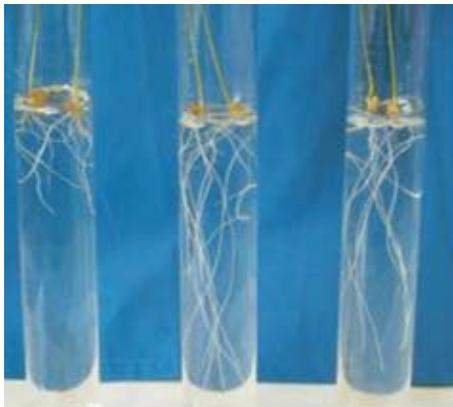


Рис. 1. Влияние штамма P-7 на развитие корневой системы яровой пшеницы (слева – контроль, справа – 2 пробирки с инокуляцией)

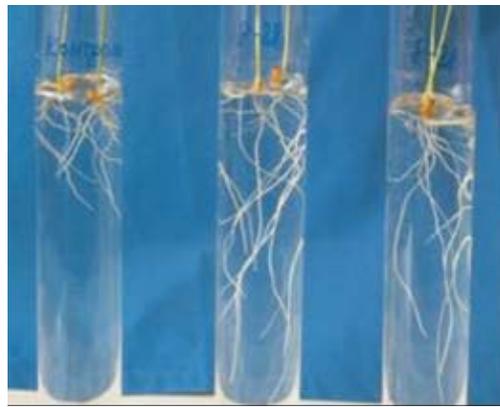


Рис. 2. Влияние штамма P-28 на развитие корневой системы яровой пшеницы (слева – контроль, справа – 2 пробирки с инокуляцией)

Высокая активность стимуляции развития корневой системы в сочетании со способностью к фосфатмобилизации определяет перспективность изученных ризобактерий для использования в качестве инокулянтов зерновых культур. Применение таких инокулянтов может существенно повысить адаптивный потенциал зерновых культур на ранних стадиях развития как за счет гормонального эффекта, так и за счет процесса фосфатмобилизации. При дефиците фосфора в начальные

фазы вегетации корневая система развивается слабо и не обеспечивает хорошего питания из почвы, а подкормки фосфорными удобрениями в более поздние сроки не эффективны [20].

Для испытаний в полевых опытах были выбраны штаммы ризобактерий, сочетающие высокую активность стимуляции роста с высокой потенциальной способностью растворять труднодоступные фосфаты [13].

Эффективность фосфатмобилизующих бактерий на посевах озимого тритикале на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве. В 2009 г. изучена эффективность фосфатмобилизующих бактерий на посевах озимого тритикале Вольтарио в зависимости от доз фосфорных удобрений и уровня обеспеченности дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы фосфором.

На первом уровне обеспеченности почвы P_2O_5 (207 мг/кг) достоверные прибавки от применения бактериального удобрения получены на фонах НК, НКР₁₀ (табл. 3). Наиболее высокая прибавка от бактериального препарата, 3,3 ц/га зерна, отмечена на фоне НК при содержании подвижного фосфора в почве – 207 мг/кг. При внесении P_{10} на фонах НК прибавка от бактериализации снижалась, и составила 3,0 ц/га зерна. Наиболее высокая урожайность озимого тритикале, 52,6 ц/га, получена при внесении НКР₆₀, но в этих условиях применение фосфатмобилизующих бактерий не оказывало влияния на урожайность возделываемой культуры (табл. 3). При содержании в почве 207 мг/кг P_2O_5 наиболее обосновано применение Р-мобилизующих бактерий на фонах НК и НКР₁₀, так как это обеспечивает урожайность 46,5-48,0 ц/га зерна озимого тритикале и достоверные прибавки урожайности 3,0-3,3 ц/га.

Таблица 3

Эффективность Р-мобилизующих бактерий на посевах озимого тритикале Вольтарио на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве (СПК «Хотляны», 2009 г.)

Вариант	Урожайность, ц/га			
	НК	НКР ₁₀	НКР ₃₀	НКР ₆₀
1-й уровень, 207 мг/кг P_2O_5				
Контроль	43,2	45,0	48,7	51,8
Бактеризация	46,5	48,0	50,0	52,6
Прибавка	3,3	3,0	1,3	0,8
2-й уровень, 244 мг/кг P_2O_5				
Контроль	52,6	55,3	55,7	57,9
Бактеризация	54,9	56,8	56,7	58,0
Прибавка	2,3	1,5	1,0	0,1
3-й уровень, 286 мг/кг P_2O_5				
Контроль	51,4	51,7	53,4	55,7
Бактеризация	53,2	52,7	54,0	55,5
Прибавка	1,8	1,0	0,6	-0,2
4-й уровень, 394 мг/кг P_2O_5				
Контроль	51,0	50,2	53,8	53,1
Бактеризация	51,9	50,9	53,3	51,9
Прибавка	0,9	0,7	-0,5	-1,2
Фактор А (P_2O_5)	2,9			
Фактор В (бакт.)	2,1			

2. Плодородие почв и применение удобрений

На втором уровне обеспеченности почвы P_2O_5 (244 мг/кг) статистически достоверная прибавка от бактеризации посевов, 2,3 ц/га зерна, получена на фоне НК (табл. 3). При внесении $P_{10}-P_{60}$ прибавки от бактеризации снижались и были не достоверны. На третьем и четвертом уровнях обеспеченности почвы P_2O_5 (286-394 мг/кг) прибавки от внесения фосфатмобилизующих бактерий не достоверны (табл. 3).

Эффективность фосфатмобилизующих бактерий на посевах ячменя на дерново-подзолистой связноупесчаной почве. В 2011 г. изучена эффективность некорневого внесения фосфатмобилизующих бактерий на посевах ячменя Атаман в зависимости от системы удобрения.

Внесение фосфатмобилизующих бактерий также приводило к повышению урожайности ячменя Атаман: прибавки составили 2,2-3,9 ц/га в зависимости от системы удобрения. Наиболее высокая урожайность ячменя получена по последствию 16 т/га органических удобрений: на вариантах НРК-удобрений урожайность зерна составила 31,0-39,2 ц/га. По последствию 8 т/га навоза с НРК-удобрениями урожайность была в пределах 28,0-31,9 ц/га, при минеральной системе удобрения – 20,0-28,0 ц/га (табл. 4).

Наиболее существенный эффект от применения фосфатмобилизующих бактерий отмечен при внесении $N_{80}P_{60}K_{60}$ и $N_{80}P_{60}K_{120}$ на обоих фонах последствия органических удобрений (8 и 16 т/га навоза), а также на фоне без органических удобрений. Прибавки от бактеризации были статистически достоверны и составили 3,0-3,1 ц/га (при урожайности 23,1-28,0 ц/га) на фоне без навоза, 3,2-3,9 ц/га (при урожайности 30,2-31,9 ц/га) на фоне последствия 8 т/га навоза и 3,2-3,4 ц/га (при урожайности 35,4-38,2 ц/га) на фоне последствия 16 т/га органических удобрений (табл. 4).

Таблица 4

Эффективность фосфатмобилизующих бактерий на посевах ячменя на дерново-подзолистой связноупесчаной почве (КСУП «Стреличево», 2011 г.)

Вариант	Урожайность, ц/га				
	Без удобрений	$N_{80}P_{60}K_{60}$	$N_{80}P_{60}K_{120}$	$N_{80}P_{60}K_{180}$	$N_{60}P_{60}K_{120}$
0 т/га навоза					
Контроль	18,0	20,0	25,0	24,0	24,0
Бактеризация	20,2	23,1	28,0	26,4	26,9
Прибавка	2,2	3,1	3,0	2,4	2,9
8 т/га навоза					
Контроль	19,0	28,0	27,0	28,0	28,0
Бактеризация	21,8	31,9	30,2	30,9	31,1
Прибавка	2,8	3,9	3,2	2,9	3,1
16 т/га навоза					
Контроль	23,0	32,0	35,0	37,0	31,0
Бактеризация	25,5	35,4	38,2	39,2	33,7
Прибавка	2,5	3,4	3,2	2,2	2,7
Фактор А (ОУ)			1,3		
Фактор В (БУ)			1,5		

ОУ – органические удобрения.

БУ – бактериальные удобрения.

Анализ литературы показывает, что одним из факторов положительного действия микробных инокулянтов на урожайность сельскохозяйственных культур может быть их защитное действие на инокулированные растения. Выживание интродуцированных микроорганизмов в конкурентных условиях ризоплана и ризосферы связано с биосинтезом метаболитов антагонистического действия, способных ингибировать или подавлять рост конкурентов, в том числе фитопатогенных грибов. Антагонизм в ризоплане и ризосфере играет очень важную роль. Некоторые микробные инокулянты проявляют выраженную фунгистатическую активность. Например, при проращивании семян яровой пшеницы, на которых отсутствовали эпифитные азоспириллы, проростки сильно поражались грибами, а при наличии азоспирилл на семенах развитие грибов существенно ингибировалось [22]. При использовании некоторых фосфатмобилизующих инокулянтов установлены аналогичные фунгистатические эффекты [16-18]. Как правило, под действием микробных инокулянтов отмечается не полное уничтожение популяции фитопатогена, а существенное ограничение ее развития и, следовательно, значительное снижение вредоносности. В связи с этим представляло интерес оценить фунгистатическое действие протестированных фосфатмобилизующих бактерий на посевах ячменя и озимого тритикале.

Среди основных болезней зерновых культур корневые гнили занимают особое место, главным образом, из-за широкой распространенности и высокой вредоносности [23]. Возбудители корневых гнилей, сохраняющиеся как на семенах, так и в почве, могут поражать растения в течение всего периода их вегетации. Болезнь вызывает поражение первичных и вторичных корней, подземного междоузлия и основания стебля, гибель растений может отмечаться в период прорастания семян, появления всходов, трубкования и цветения, может отмечаться также отмирание продуктивных стеблей. Поражение прикорневой части стеблей в период формирования семян и молочной спелости приводит к образованию щуплого зерна и нередко является причиной пустоколосости [24].

Анализ экспериментальных данных показал, что применение бактериальных удобрений на основе фосфатмобилизующих бактерий достоверно снижало степень поражения зерновых культур корневыми гнилями.

На посевах озимого тритикале наибольший фунгистатический эффект от применения бактериального удобрения на основе фосфатмобилизующих бактерий отмечен при обеспеченности дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы подвижным фосфором в диапазоне 207-244 мг/кг P_2O_5 на фоне внесения NKP_{10} . При этом под влиянием весенней инокуляции посевов в фазе кущения распространение корневых гнилей при содержании в почве 207 мг/кг P_2O_5 снижалось с 23,2% до 19,8%. При содержании подвижных фосфатов в почве равном 244 мг/кг распространение корневых гнилей снижалось с 26,2 до 23,4% (табл. 5). При высокой обеспеченности почвы фосфором (286 и 394 мг/кг P_2O_5) и повышении дозы фосфорных удобрений (NKP_{30} и NKP_{60}) фунгистатическое действие инокуляции посевов от применения бактерий не превышает 0,2-2,2% (табл. 5).

Обеспеченность почвы подвижным фосфором оказывала существенное влияние не только на распространение, но и на развитие корневых гнилей в посевах озимого тритикале. Бактеризация посевов приводила к снижению распространения корневых гнилей. Наибольший положительный эффект от бактеризации также

2. Плодородие почв и применение удобрений

отмечен при содержании в почве 207-244 мг/кг P_2O_5 на фонах внесения $NK_{P_{10}}$ и $NK_{P_{30}}$. При этом показатель развития корневых гнилей снижался в 1,3 раза по сравнению с контрольным вариантом. При высокой обеспеченности почвы подвижными фосфатами эффективность инокуляции посевов фосфатмобилизующими бактериями ниже (табл. 6).

На посевах ячменя на дерново-подзолистой связносупесчаной почве фунгистатическое действие фосфатмобилизующих бактерий было более выраженным, в особенности при органоминеральной системе удобрения по последдействию 8 т/га навоза. Показатели распространения корневых гнилей по площади и их развитие на отдельных растениях ячменя при этом снижались на 10,4-13,2% (табл. 7) и на 3,0-7,4% (табл. 8) соответственно. Наибольший положительный эффект от инокуляции посевов на распространение и развитие болезней отмечен на варианте с внесением $N_{80}P_{60}K_{60}$: распространение корневых гнилей снижалось на 13,2%, а развитие – на 7,4% (табл. 7, 8).

При минеральной системе удобрения показатели распространения и развития корневых гнилей на вариантах с инокуляцией посевов были ниже по сравнению с контролем на 2,7-3,3% и 1,6-3,2% соответственно (табл. 7, 8).

На фоне последствия 16 т/га навоза снижение показателей распространения и развития болезней на вариантах с применением фосфатмобилизующих бактерий и NPK составило 2,9-4,7% и 1,6-3,1% соответственно (табл. 7, 8). Лучшие показатели также были отмечены на варианте $N_{80}P_{60}K_{60}$.

Таблица 5

Влияние фосфатмобилизующих бактерий на распространение корневых гнилей озимого тритикале на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, % (СПК «Хотляны», 2009 г.)

Вариант	НК	$NK_{P_{10}}$	$NK_{P_{30}}$	$NK_{P_{60}}$
1-й уровень, 207 мг/кг P_2O_5				
Контроль	20,4	23,2	24,5	27,5
Бактеризация	18,2	19,8	22,3	26,2
Снижение	2,2	3,4	2,2	1,3
2-й уровень, 244 мг/кг P_2O_5				
Контроль	25,8	26,2	28,8	29,4
Бактеризация	24,0	23,4	26,7	28,1
Снижение	1,8	2,8	2,1	1,3
3-й уровень, 286 мг/кг P_2O_5				
Контроль	30,2	32,4	32,3	32,5
Бактеризация	28,9	30,1	30,3	31,5
Снижение	1,3	2,3	2,0	1,0
4-й уровень, 394 мг/кг P_2O_5				
Контроль	33,3	34,2	34,4	35,2
Бактеризация	32,4	33,2	34,0	35,0
Снижение	0,9	1,0	0,4	0,2
$HC_{P_{05}}$	1,4			

Таблица 6

Влияние фосфатмобилизирующих бактерий на развитие корневых гнилей озимого тритикале на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, % (СПК «Хотляны», 2009 г.)

Вариант	НК	НКР ₁₀	НКР ₃₀	НКР ₆₀
1-й уровень, 207 мг/кг P₂O₅				
Контроль	10,2	10,5	11,3	14,8
Бактеризация	8,3	8,3	8,9	13,0
Снижение	1,9	2,2	2,4	1,8
2-й уровень, 244 мг/кг P₂O₅				
Контроль	12,3	12,8	15,3	17,2
Бактеризация	10,4	9,5	11,8	15,8
Снижение	1,9	3,3	3,5	1,4
3-й уровень, 286 мг/кг P₂O₅				
Контроль	12,5	14,2	16,4	17,9
Бактеризация	11,0	12,5	15,3	17,2
Снижение	1,5	1,7	1,1	0,7
4-й уровень, 394 мг/кг P₂O₅				
Контроль	13,8	14,8	18,6	18,9
Бактеризация	12,5	13,3	17,3	18,0
Снижение	1,3	1,5	1,3	0,9
НСР ₀₅	0,6			

Таблица 7

Влияние фосфатмобилизирующих бактерий на распространение корневых гнилей ячменя на дерново-подзолистой связносупесчаной почве (КСУП «Стреличево», 2011 г.)

Вариант	Контроль	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₈₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₈₀ P ₆₀ K ₁₈₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀
0 т/га навоза					
Контроль	30,0	33,3	32,2	34,1	33,6
Бактеризация	27,2	30,0	29,2	31,4	30,5
Снижение	2,8	3,3	3,0	2,7	3,1
8 т/га навоза					
Контроль	26,0	29,1	30,0	29,4	30,2
Бактеризация	15,5	15,9	19,2	19,0	19,2
Снижение	10,5	13,2	10,8	10,4	11,0
16 т/га навоза					
Контроль	33,5	35,2	35,0	37,4	37,5
Бактеризация	28,9	30,5	31,0	34,5	33,4
Снижение	4,6	4,7	4,0	2,9	4,1
НСР ₀₅	1,5				

Таблица 8

**Влияние фосфатмобилизирующих бактерий на развитие корневых гнилей
ячменя на дерново-подзолистой связносупесчаной почве
(КСУП «Стреличево», 2011 г.)**

Вариант	Контроль	N ₈₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₈₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₈₀ P ₆₀ K ₁₈₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀
0 т/га навоза					
Контроль	8,3	9,0	9,8	12,0	11,8
Бактеризация	6,9	6,3	8,2	10,0	8,6
Снижение	1,4	2,7	1,6	2,0	3,2
8 т/га навоза					
Контроль	5,3	12,9	7,5	12,6	8,3
Бактеризация	3,7	5,5	4,5	7,6	4,8
Снижение	1,6	7,4	3,0	5,0	3,5
16 т/га навоза					
Контроль	6,3	7,2	8,9	13,3	9,6
Бактеризация	5,0	5,0	7,3	10,2	7,9
Снижение	1,3	2,2	1,6	3,1	1,7
НСР ₀₅			0,4		

Таким образом, изучено влияние фосфатмобилизирующих бактерий на рост и развитие растений на начальных стадиях онтогенеза, показано их значительное стимулирующее действие на развитие корневой системы и надземной части растений, установлено влияние на урожайность озимого тритикале и ячменя, развитие и распространение корневых гнилей в посевах на дерново-подзолистой супесчаной и связносупесчаной почвах.

Фосфатмобилизирующие бактерии оказывают разностороннее положительное влияние на инокулированные растения. Внесение созданных на их основе бактериальных удобрений стимулирует развитие корневой системы растений и улучшает минеральное питание [4, 6]. Способность штаммов к фосфатмобилизации приводит к лучшей их адаптации и приживаемости в конкурентных условиях ризосферы. Разнообразие приспособительных механизмов является важным преимуществом фосфатмобилизирующих бактерий и определяет их способность оказывать комплексное положительное влияние на режим питания инокулированных растений.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что протестированные штаммы фосфатмобилизирующих бактерий стимулируют развитие растений на ранних этапах онтогенеза, повышая их адаптивные возможности. За счет инокуляции объем корней увеличивается на 14-30%, биомасса корней – на 11-32%, биомасса надземной части растения – на 6-19% по сравнению с контролем без инокуляции.

2. Инокуляция посевов озимого тритикале Вольтарио и ячменя Атаман фосфатмобилизирующими инокулянтами обеспечивала снижение показателей распространения корневых гнилей в 1,2-1,3 раза и развития болезней в 1,3-2,3 раза.

3. Применение фосфатмобилизирующих инокулянтов приводило к повышению урожайности озимого тритикале и ячменя, обусловленному сочетанием таких факторов, как стимуляция роста, фунгистатический эффект и фосфатмобилизация.

На дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве с разной обеспеченностью подвижными фосфатами наиболее эффективно применение P-мобилизующих инокулянтов при содержании фосфора в почве равном 207 мг/кг на фоне внесения $N_{120}K_{90}$, прибавка зерна озимого тритикале составила 3,3 ц/га при урожайности – 46,5 ц/га. На дерново-подзолистой связносупесчаной почве наиболее эффективно применение фосфатмобилизующих инокулянтов при внесении $N_{80}P_{60}K_{60}$ и $N_{80}P_{60}K_{120}$: прибавки зерна ячменя составили 3,0-3,1 ц/га (при урожайности 23,1-28,0 ц/га) на фоне без навоза, 3,2-3,9 ц/га (при урожайности – 30,2-31,9 ц/га) на фоне последействия 8 т/га навоза и 3,2-3,4 ц/га (при урожайности – 35,4-38,2 ц/га) на фоне последействия 16 т/га органических удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Okon, Y. Development and function of *Azospirillum*-inoculated roots / Y. Okon, Y. Kapulnik // Plant Soil. – 1986. – Vol. 90. – P. 3-16.
2. Kapulnik, Y. Changes in root morphology of wheat caused by *Azospirillum* inoculation / Y. Kapulnik, Y. Okon and Y. Henis // Can. J. Microbiol. – 1985. – Vol. 31. – P. 881-887.
3. Patriquin, D.G. Sites and processes of association between diazotrophs and grasses / D.G. Patriquin, J. Dobereiner and D.K. Jain // Can. J. Microbiol. – 1983. – Vol. 29. – P. 900-915.
4. Активность фосфатмобилизации у ризобактерий / Н.А. Михайловская [и др.]. // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 1(38). – С. 225-231.
5. Reynders, L. Use of *Azospirillum brasilense* as a biofertilizer in intensive wheat cropping / L. Reynders, K.Vlassak // Plant and Soil. – 1982. – Vol. 66. – P. 217-233.
6. Zambre, M.A. Effect of *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillum brasilense* inoculation under graded levels of nitrogen on growth and yield of wheat / M.A. Zambre, B.K. Konde and K.R.Sonar // Plant and Soil. – 1984. – Vol. 79. – P. 61-68.
7. Avivi, Y. The response of wheat to bacteria of the genus *Azospirillum* / Y. Avivi, M. Feldman // Israel J. Bot. – 1982. – Vol. 31. – P. 237-245.
8. Rai, S.N. Nitrogen fixation by *Azospirillum* spp. and effect of *Azospirillum lipoferum* on yield and N uptake of wheat crop / S.N. Rai, A.C.Gaur // Plant Soil. – 1982. – Vol. 69. – P. 233-238.
9. Kapulnik, Y. Effect of *Azospirillum* spp. on root development and NO_3^- uptake in wheat (*Triticum aestivum* cv. Miriam) in hydroponic system / Y. Kapulnik, R. Gafny, Y. Okon // Can. J. Bot. – 1985. – Vol. 63. № 3. – P. 627-631.
10. Gaskins, M.H. Response of non-leguminous plants to root inoculation with free-living diazotrophic bacteria. The soil – root interface / M.H. Gaskins, D.H. Hubbell. – N.Y., 1979. – P.175-182.
11. Михайловская, Н.А. Количественная оценка активности калиймобилизующих бактерий и их эффективность на посевах озимой ржи / Н.А. Михайловская // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2006. – № 3. – С. 41-46.
12. Михайловская, Н.А. Влияние Калипланта на урожайность гороха и потребление калия на дерново-подзолистой супесчаной почве / Н.А. Михайловская, Т.Б. Барашенко, С.В.Дюсова // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № (42). – С. 235-243.
13. Свойства фосфатмобилизующих бактерий и их влияние на урожайность зерновых культур на дерново-подзолистых супесчаных почвах / Н.А. Михайловская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 2(47). – С. 120-129.

14. Белимов, А.А. Влияние рН почвы на взаимодействие ассоциативных бактерий с ячменем / А.А. Белимов, А.М. Кунакова, Е.В.Груздева // Микробиология. – 1998. – Т. 67, № 4. – С. 561-568.
15. Приживаемость и эффективность корневых diaзотрофов при инокуляции ячменя в зависимости от температуры и влажности / А.А. Белимов [и др.] // Микробиология. – 1994. – Т. 63, Вып. 5. – С. 900-908.
16. Duffy B., Defago G. Environmental factors modulating antibiotic and siderophore biosynthesis by *Pseudomonas fluorescens* biocontrol strain // Appl. Environ. Microbiol. – 1999. – V. 65. – P. 2429–2438.
17. Van Loon L.C., Bakker P.A.H.M., Pieterse C.M.J. Systematic resistance induced by rhizosphere bacteria // Annu. Rev. Phytopathol. – 1998. – V. 36. – P. 452-483.
18. Михайловская, Н.А. Влияние ризобактерий на фитопатологическое состояние посевов яровой пшеницы / Н.А. Михайловская, Е.Г. Тарасюк, С.В. Тарасюк // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – № 34. – С. 259-262.
19. Алешин, Е.П. Физиология растений / Е.П. Алешин, А.А. Пономарев. – М., 1985.
20. Практикум по защите растений / Н.Г. Берим [и др.]. – Л.: Колос, 1980. – 247с.
21. Богдевич, И.М. Фосфорные удобрения в сельском хозяйстве важны и незаменимы / И.М. Богдевич, В.В. Лапа // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – № 2. – С. 24-25.
22. Редькина, Т.В. Механизм положительного влияния бактерий рода *Azospirillum* на высшие растения. Биологический азот в сельском хозяйстве СССР / Т.В. Редькина. – М.: Наука, 1989. – С. 132-141.
23. Арешников, Б.А. Защита зерновых культур от вредителей и болезней при интенсивных технологиях; под общ. ред. Б.А. Арешникова. – Киев: Урожай, 1992. – 224 с.
24. Пересыпкин, В.Ф. Болезни сельскохозяйственных культур. Болезни зерновых и зернобобовых культур; под общ. ред. В.Ф. Пересыпкина. – Киев: Урожай, 1989. – Т. 1. – 324 с.

INFLUENCE OF PHOSPHORUS-MOBILIZING BACTERIA ON GROWTH, YIELD AND PHYTOPATHOLOGY STATE OF CEREAL CROP GROWINGS ON LUVISOL LOAMY SAND SOILS

**N.A. Mikhailouskaya, I.M. Bogdevitch, O. Mikanova, E.G. Tarasiuk,
T.B. Barashenko, S.V. Duysova, T.V. Pogiritskaya**

Summary

Tested P-mobilizing bacteria were found to promote plant development at earlier stages of ontogenesis that provides the increase of plants adaptive potential. As a result of inoculation with P-mobilizing bacteria the root volume of plants was increased by 14-30%, root biomass – by 11-32%, stem biomass – by 6-19% compared control treatments. Inoculation of winter triticale and spring barley sowings with P-mobilizing bacteria resulted to reduction of indices of spread and development of root rot infection by 1,2-1,3 and 1,3-2,3 times respectively. Application of P-mobilizing inoculants resulted in the yield increase of winter triticale and spring barley due to combination such factors as plant growth promotion, fungi static effect and P-mobilization.

Поступила 17 апреля 2012 г.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ МНОГОЛЕТНЕЙ БОБОВО-ЗЛАКОВОЙ ТРАВΟΣМЕСИ НА ЗАГРЯЗНЕННОЙ ^{137}Cs И ^{90}Sr ТОРФЯНОЙ ПОЧВЕ

И.М. Богдевич¹, А.Г. Подоляк², И.И. Новикова¹

¹*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

²*Институт радиологии, г. Гомель, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что торфяные почвы отличаются повышенным переходом радионуклидов, особенно ^{137}Cs , в урожай многих сельскохозяйственных культур [1-4]. Луговые биогеоценозы на торфяных почвах относятся к радиоэкологическим структурам, в которых могут формироваться максимальные дозовые нагрузки [5]. Это обусловлено как биологическими особенностями многолетних трав, так и высокой адсорбционной способностью органического вещества и емкостью катионного обмена торфяных почв. С увеличением доли торфяных почв в структуре сенокосов и пастбищ переход ^{137}Cs из почвы в молоко возрастает в несколько раз.

Основная доля зеленых кормов с повышенным содержанием ^{137}Cs и ^{90}Sr производится в Беларуси в районах Полесья с большим количеством торфяных почв в структуре почвенного покрова. Большинство исследований поведения радионуклидов в биогеоценозах за послеаварийный период проведено на минеральных почвах. Имеющиеся экспериментальные данные о переходе радионуклидов в многолетние травы на торфяных почвах немногочисленны и относятся преимущественно к разнотравным и злаковым травостоям (4, 6, 8, 11, 14). В связи с дефицитом белка в кормовых рационах крупного рогатого скота и удорожанием азотных удобрений целесообразно расширить площади с бобово-злаковыми травостоями не только на минеральных, но и на осушенных торфяных почвах. При 30% бобовых в составе травостоя за счет фиксации азота атмосферы экономится 80-90 кг/га азота удобрений. Травосмеси на протяжении всего срока их использования продуктивнее, чем одновидовые посевы трав, так как полнее реализуют факторы роста, а более высокая плотность травостоя обуславливает меньшую засоренность [12].

Недостаток экспериментальных данных относительно поведения радионуклидов в системе «торфяная почва-растение» затрудняет прогноз накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr в бобово-злаковых травостоях, поэтому актуальной является разработка эффективных агрохимических защитных мер с учетом особенностей торфяных почв для получения нормативно чистых зеленых кормов в условиях радиоактивного загрязнения.

Цель работы – исследовать продуктивность многолетней бобово-злаковой травосмеси и параметры перехода радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в зеленый корм из осушенной торфяной почвы под влиянием различных доз калийных, азотных и фосфорных удобрений.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Обобщение результатов агрохимического и радиологического обследования почв за период 2007-2010 гг. показывает, что в настоящее время в Беларуси ис-

2. Плодородие почв и применение удобрений

пользуется 64,6 тыс. га сенокосов и пастбищ на торфяных почвах с плотностью загрязнения ^{137}Cs выше 37 кБк/м² (1 Ки/км²). Значительная часть луговых земель на торфяных почвах (12,1 тыс. га) характеризуется высокой плотностью выпадения радионуклида ^{137}Cs – в пределах 55-1480 кБк/м². Эти проблемные земли преимущественно сосредоточены в Гомельской (66%), Могилевской (14%) и Брестской (14%) областях. Больше половины луговых земель на торфяных почвах в Гомельской области (61%) одновременно загрязнены и ^{90}Sr с плотностью выше 5,6 кБк/м² (0,15 Ки/км²). Приведенные данные показывают необходимость разработки рациональных приемов снижения накопления радионуклидов в зеленом корме.

Исследования эффективности разных доз минеральных удобрений при возделывании бобово-злаковой травосмеси проводили в условиях стационарного полевого эксперимента в Брагинском районе Гомельской области (КСУП «Пераможник») на осушенной торфяной маломощной почве низинного типа, развивающейся на гипново-осоково-тростниковых торфах. Агрохимические свойства почвы до закладки эксперимента: содержание органического вещества – 73,5%; фосфора, P_2O_5 – 73 мг/кг почвы; калия, K_2O – 335 мг/кг; обменных форм Са – 7865 мг/кг; Mg – 422 мг/кг; подвижных форм Cu – 5,1; В – 3,1; Zn – 5,2 мг/кг почвы; pH_{KCl} 4,8. Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs составила 108,5 кБк/м² (2,9 Ки/км²), ^{90}Sr – 44,5 кБк/м² (1,20 Ки/км²).

Таблица 1

Распределение загрязненных радионуклидами сенокосов и пастбищ на торфяных почвах по областям Беларуси

Область	Загрязнено ^{137}Cs				Всего, тыс. га	Загрязнено ^{90}Sr			
	Всего, тыс. га	в том числе с плотностью кБк/м ²				Всего, тыс. га	в том числе с плотностью кБк/м ²		
		37-185	185-555	555-1480			5,6-11	11,1-37	37-111
Брестская	9,2	8,6	0,6	-	0,1	0,1	-	-	
Гомельская	36,2	27,3	7,6	1,3	22,2	11,8	8,9	1,5	
Гродненская	2,5	2,5	-	-	-	-	-	-	
Минская	7,8	7,6	0,2	-	-	-	-	-	
Могилевская	9,0	6,5	2,1	0,3	0,6	0,5	0,1	-	
Беларусь	64,6	52,5	10,5	1,6	22,9	12,4	9,0	1,5	

Полевой опыт заложен в 2008 г. Проведены дискование, вспашка, фоновое известкование доломитовой мукой в дозе 5 т/га, которое позволило довести показатель реакции почвы до оптимального диапазона pH 5,05±0,05. Минеральные удобрения внесены согласно схеме опыта под культивацию, затем проведен посев бобово-злаковой травосмеси. В последующие годы азотные, фосфорные и 50% доз калийных удобрений вносили в ранневесеннюю подкормку, а оставшуюся половину доз калия – под второй укос. Удобрения вносили в форме карбамида, суперфосфата аммонизированного, калия хлористого.

Травосмесь включала в свой состав следующие виды трав: кострец безостый, овсяница луговая, тимopheевка луговая, клевер гибридный, клевер ползучий, клевер луговой. Схема вариантов удобрений в опыте представлена в таблице 2.

Учет урожайности многолетней бобово-злаковой травосмеси проведен методом сплошной поделяночной уборки с последующим пересчетом на стандарт-

ную влажность. В 2008 г. получен один укос бобово-злаковой травосмеси, в 2009 и 2010 гг. – по два укоса. Общая площадь делянки составила 20 м², учетная – 16 м². Повторность опыта – трехкратная.

Агрохимические свойства почв определены общепринятыми методами: обменная кислотность pH_{KCl} – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85); подвижные формы фосфора и калия – по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91); обменные кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре ААС-30 (ГОСТ 26487-85); зольность торфяного слоя – ГОСТ 27784-88.

Измерения удельной активности ¹³⁷Cs в растительных и почвенных образцах проводили в соответствии с методами испытаний МИ 2143-91 «Государственная система обеспечения единства измерений. Активность радионуклидов в объемных образцах. Методика выполнения измерений на гамма-спектрометре». Для измерений использовался γ - β -спектрометр МКС–АТ–1315. Удельную активность ⁹⁰Sr определяли радиохимическим методом по стандартной методике ЦИНАО с радиометрическим окончанием на γ - β -спектрометре «Прогресс БГ».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Продуктивность бобово-злаковой травосмеси. В среднем за 2008-2010 гг. урожайность многолетней бобово-злаковой травосмеси на контрольном варианте без удобрений составила 282,8 ц/га зеленой массы (табл. 2).

Таблица 2

Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность зеленой массы многолетней бобово-злаковой травосмеси на торфяной почве

Варианты	2008 г.	2009 г.	2010 г.	Среднее	Прибавка от удобрений	
	зеленая масса, ц/га				все з. м., ц/га	к.ед. на 1 кг д. в.
Контроль	190,9	311,8	345,8	282,8	-	-
N ₃₀	210,9	340,7	364,0	305,2	22,4	15,7
P ₅₀	204,9	356,5	387,3	316,2	33,4	14,0
K ₂₀₀	224,5	429,3	421,4	358,4	75,6	7,9
N ₃₀ P ₅₀	233,8	387,8	382,2	334,6	51,8	13,6
N ₃₀ K ₂₀₀	250,1	517,0	440,5	402,5	119,7	10,9
P ₅₀ K ₂₀₀	263,7	494,7	447,1	401,8	119,0	10,0
P ₉₀ K ₂₈₀	295,4	555,8	485,3	445,5	162,7	9,2
N ₃₀ P ₅₀ K ₁₂₀	276,3	476,5	428,4	393,7	110,9	11,6
N ₃₀ P ₅₀ K ₂₀₀	294,9	525,9	472,7	431,2	148,4	11,1
N ₃₀ P ₅₀ K ₂₈₀	309,9	563,3	520,8	464,7	181,9	10,6
N ₆₀ P ₉₀ K ₂₈₀	343,5	594,5	548,8	495,6	212,8	10,4
НСР _{0,05}	13,5	21,0	23,8	13,9		

Применение однокомпонентных азотных, фосфорных и калийных удобрений на осушенной торфяной почве в дозах N₃₀, P₅₀ и K₂₀₀ обеспечивало небольшие

2. Плодородие почв и применение удобрений

прибавки урожайности – 22,4; 33,4 и 75,6 ц/га зеленой массы по отношению к варианту без удобрений соответственно. Внесение двухкомпонентных сочетаний NP, NK, PK элементов минерального питания растений сопровождалось более высокими прибавками урожайности. Невысокая прибавка урожайности – 51,8 ц/га получена от сочетания $N_{30}P_{50}$ вследствие дефицита подвижных форм калия в почве. Относительная удельная прибавка урожайности трав в этом варианте оценивается 13,6 к. ед. на 1 кг внесенных элементов минерального питания растений. Эффективность парных комбинаций $N_{30}K_{200}$ и $P_{50}K_{200}$ практически равнозначна и обеспечивает дополнительный выход зеленого корма из расчета 10,9-10,0 к. ед. на каждый внесенный килограмм действующего вещества удобрений.

Исследуемые дозы калия 120, 200, 280 кг K_2O /га на фоне $N_{30}P_{50}$ обеспечивали высокие прибавки урожайности – 59,1; 96,6; 130,1 ц/га, или 10,3; 10,1; 9,8 к. ед. на 1 кг K_2O соответственно. Одностороннее внесение калийного удобрения в дозе K_{200} сопровождалось низкой агрономической окупаемостью удобрения, прибавкой урожайности на уровне 7,9 к. ед. на 1 кг K_2O . Полученные параметры эффективности калийных удобрений на среднеокультуренной торфяной почве хорошо согласуются с экспериментальными данными, полученными ранее А.С. Мееровским, Т.М. Серой и С.А. Касьянчик [10, 13].

Общепринято, что потребность в азотных удобрениях и их эффективность при возделывании многолетних трав снижаются при включении в травосмесь клеверов. Травостои с высокой долей клевера лугового и ползучего (30-40% и более) позволяют за счет использования биологического азота получать при подкормке пастбища только фосфорно-калийными удобрениями примерно 40 ц к. ед. с 1 га [12]. В нашем опыте на вариантах внесения только фосфорных и калийных удобрений $P_{50}K_{200}$ и $P_{90}K_{280}$ в среднем за три года получена высокая продуктивность травосмеси – 84,4 и 93,6 ц к. ед. с га соответственно.

По обобщенным данным М.П. Шкеля и др. [16], на злаковых травосмесях каждый килограмм азота дает дополнительно 20-30 к. ед., а на бобово-злаковых – в 2 раза меньше. В нашем опыте азотные удобрения были весьма эффективными. Прибавка урожайности на 1 кг N, внесенного в дозе $N_{30}P_{50}K_{200}$, составила 20,0 к. ед., а в дозе $N_{60}P_{90}K_{280}$ уменьшилась незначительно и составила 17,5 к. ед. В целом, наибольшая прибавка урожайности зеленой массы бобово-злаковой травосмеси, 212,8 ц/га, получена в варианте $N_{60}P_{90}K_{280}$, что равноценно 75 % урожайности в контрольном варианте без удобрений. Внесение доломитовой муки (5 т/га $CaCO_3$ – фон) на торфяной почве с исходным pH_{KCl} 4,8 привело к повышению продуктивности травостоя за два последующих года в среднем на 36,9 ц/га зеленой массы.

Переход радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в травостой из торфяной почвы. В данном опыте на торфяной почве наибольший переход ^{137}Cs и ^{90}Sr в зеленую массу бобово-злаковой травосмеси отмечался в варианте без известкования и без внесения минеральных удобрений. Удельная активность ^{137}Cs в зеленой массе при стандартной влажности (82%) составляла 277 Бк/кг, а коэффициент перехода K_p , Бк/кг: кБк/м² – 0,75. Удельная активность ^{90}Sr – 54 Бк/кг, K_p , Бк/кг: кБк/м² – 1,46. В таблице 3 приведены коэффициенты перехода радионуклидов в зеленую массу трав в зависимости от действия изучаемых доз удобрения, где в качестве контроля принят известкованный фон.

Исследования, проведенные на различных почвах, свидетельствуют о том, что с повышением концентрации калия в почвенном растворе или питательной

среде снижается поступление ^{137}Cs в растения [1-3, 7-8, 15]. Калий как неизотопный аналог ^{137}Cs находится в почве в макроколичествах, в то время как ^{137}Cs – в ультрамикрoконцентрациях.

Вследствие этого в почвенном растворе происходит сильное разбавление микроколичеств ^{137}Cs ионами калия, а при поглощении их корневыми системами растений отмечается конкуренция за места сорбции на поверхности корней, поэтому применение повышенных доз калийных удобрений является наиболее широко используемым методом, ограничивающим поступление ^{137}Cs в растения. Это обусловлено как антагонизмом катионов цезия и калия в почвенном растворе, так и значительной прибавкой урожайности сельскохозяйственных культур и последующим биологическим «разбавлением» концентрации цезия в растительной массе, особенно на бедных калием почвах.

Таблица 3

Влияние минеральных удобрений на параметры перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr в зеленую массу бобово-злаковой травосмеси из торфяной маломощной почвы

Вариант	^{137}Cs		^{90}Sr	
	Кп (Бк/кг: кБк/м ²)	Кратность снижения перехода	Кп (Бк/кг: кБк/м ²)	Кратность снижения перехода
Контроль	0,63±0,07	-	1,29±0,28	-
N ₃₀	0,57±0,09	1,1	1,28±0,28	1,0
P ₅₀	0,59±0,10	1,1	1,18±0,23	1,1
K ₂₀₀	0,44±0,07	1,4	1,04±0,25	1,2
N ₃₀ P ₅₀	0,55±0,10	1,1	1,17±0,27	1,1
N ₃₀ K ₂₀₀	0,30±0,04	2,1	1,03±0,26	1,2
P ₅₀ K ₂₀₀	0,32±0,06	2,0	0,90±0,19	1,4
P ₉₀ K ₂₈₀	0,25±0,04	2,5	0,74±0,19	1,7
N ₃₀ P ₅₀ K ₁₂₀	0,41±0,08	1,5	0,97±0,24	1,3
N ₃₀ P ₅₀ K ₂₀₀	0,28±0,02	2,2	0,85±0,18	1,5
N ₃₀ P ₅₀ K ₂₈₀	0,21±0,02	3,0	0,76±0,19	1,7
N ₃₀ P ₉₀ K ₂₈₀	0,19±0,02	3,3	0,67±0,14	1,9
N ₆₀ P ₉₀ K ₂₈₀	0,19±0,02	3,3	0,66±0,15	2,0

В нашем опыте при средней обеспеченности подвижными формами калия – 335 мг K₂O на кг торфяной почвы калийные удобрения были весьма эффективны. Внесение небольшой дозы калия K₁₂₀ на фоне N₃₀P₅₀ приводило к уменьшению перехода ^{137}Cs в зеленую массу растений в 1,5 раза, а внесение повышенных доз K₂₀₀ и K₂₈₀ сопровождалось снижением накопления радионуклида в травостое в 2,2 и 3,0 раза соответственно. Одностороннее применение калийного удобрения в дозе K₂₀₀ было менее эффективным: переход ^{137}Cs в зеленую массу растений при этом снижался только в 1,4 раза вследствие невысокой прибавки урожайности. Максимальное снижение перехода ^{137}Cs в урожай зеленой массы бобово-злаковой травосмеси, в 3,3 раза, установлено при сбалансированной дозе удобрений N₆₀P₉₀K₂₈₀, обеспечившей наибольшую прибавку урожайности.

2. Плодородие почв и применение удобрений

Внесение возрастающих доз калия K_{120} , K_{200} и K_{280} на фоне $N_{30}P_{50}$ обеспечило также заметное снижение перехода радионуклида ^{90}Sr в зеленую массу растений, но в меньшей степени – в 1,3; 1,5 и 1,7 раза соответственно. При оптимальной, сбалансированной дозе удобрений $N_{60}P_{90}K_{280}$ переход ^{90}Sr в травостой многолетней бобово-злаковой смеси снижался до 2 раз.

Как одностороннее внесение фосфорного удобрения, так и в сочетании с азотом не оказало заметного влияния на переход ^{137}Cs и ^{90}Sr в зеленую массу растений. В исследованиях, проводившихся на минеральных почвах, установлено, что применение азотных удобрений может оказывать разнонаправленное влияние на поступление радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию [2, 7, 8]: при несбалансированном внесении они становятся причиной увеличения содержания радионуклидов в травах. В нашем опыте небольшие дозы азота сопровождались значительными прибавками урожайности, а в сочетании с калийными и фосфорными удобрениями способствовали снижению перехода радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в травостой бобово-злаковой смеси. Повышение дозы фосфора на 40 кг/га P_2O_5 на фоне $N_{30}P_{50}K_{280}$ способствовало дальнейшему снижению накопления ^{90}Sr до 1,9 раза. Небольшое снижение концентрации ^{90}Sr в травах предположительно связано с образованием труднорастворимых фосфатов кальция и магния и осаждением в них микроколичества радиостронция, обычно наблюдаемое при внесении фосфорных удобрений в почву, богатую кальцием и магнием. Этот процесс называют изоморфным соосаждением: Ca^{2+} и Sr^{2+} являются химическими аналогами, поэтому возможно их изоморфное замещение в осадках.

В исследованиях на дерново-подзолистых почвах действие калийных удобрений приводит к существенному уменьшению поступления из почвы в растения ^{90}Sr также при сбалансированном азотно-фосфорном питании [7, 15].

Ограничения плотности загрязнения среднекультуренной маломощной торфяной почвы ^{137}Cs и ^{90}Sr при возделывании многолетних бобово-злаковых трав на зеленую массу для производства молока цельного с допустимым содержанием радионуклидов, рассчитанные по результатам нашего опыта, существенно различаются в зависимости от доз вносимых удобрений (табл. 4).

Таблица 4

Ограничения плотности загрязнения среднекультуренной торфяной почвы ^{137}Cs и ^{90}Sr при возделывании многолетних бобово-злаковых травосмесей для производства молока цельного согласно РДУ-99

Дозы удобрений	Плотность загрязнения ^{137}Cs для получения зеленой массы не более 165 Бк/кг, кБк/м ² (Ки/км ²)	Плотность загрязнения ^{90}Sr для получения зеленой массы не более 37 Бк/кг, кБк/м ² (Ки/км ²)
Контроль	262 (7,1)	29 (0,8)
$N_{30}P_{50}K_{120}$	402 (10,9)	38 (1,0)
$N_{30}P_{50}K_{200}$	589(15,9)	44(1,2)
$N_{60}P_{90}K_{280}$	868 (23,5)	56 (1,5)

Возделывание многолетней бобово-злаковой травосмеси для выпаса и подкормки дойному стаду без применения минеральных удобрений возможно на среднекультуренной торфяной почве лишь при плотности загрязнения ^{137}Cs менее 262 кБк/м² и ^{90}Sr менее 29 кБк/м². Внесение сбалансированной дозы минеральных удобрений $N_{60}P_{90}K_{280}$ расширяет диапазон плотности загрязнения торфяной почвы

радионуклидами, при котором возможно производство нормативно чистого зеленого корма по ^{137}Cs до 3 раз (868 кБк/м²) и по ^{90}Sr до 2 раз (56 кБк/м²).

Исследуемые дозы минеральных удобрений, как правило, повышали качество зеленого корма. Содержание сырого протеина в сухом веществе зеленой массы было в пределах 22-23% и практически не различалось по удобренным вариантам НРК. Содержание фосфора в сухом веществе растений также было в оптимальных пределах (0,36-0,3%), где вносилось фосфорное удобрение. В данном опыте важно выбрать сбалансированные дозы удобрений, которые бы не ухудшали качество корма вследствие высоких доз калия. Избыточное накопление калия в зеленом корме (свыше 3% K на сухую массу) и неблагоприятное соотношение катионов $\text{K}/(\text{Ca}+\text{Mg}) > 2,6$ наблюдали только в варианте внесения высокой дозы калия K_{280} на фоне $\text{N}_{30}\text{P}_{50}$ (рис. 1).

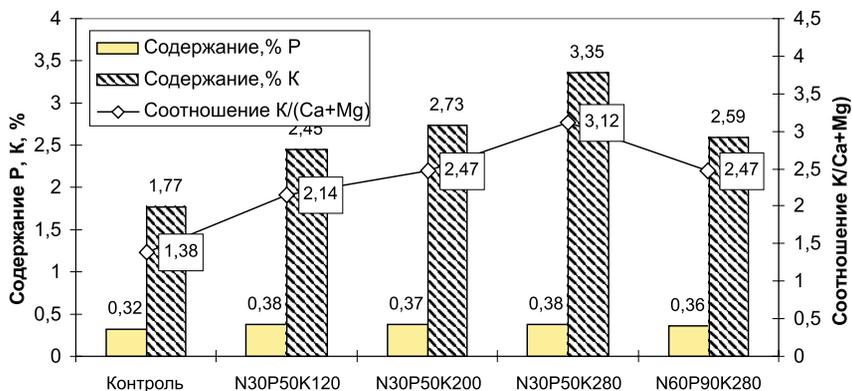


Рис. 1. Содержание элементов минерального питания, определяющих качество корма бобово-злаковой травосмеси, в сухом веществе зеленой массы

Однако внесение такой же высокой дозы калия K_{280} на фоне повышенных доз азота и фосфора $\text{N}_{60}\text{P}_{90}$ обеспечивает благоприятный баланс элементов минерального питания растений для получения зеленого корма хорошего качества. Известно, что при содержании K в сухом веществе корма более 3,0 % возможно нарушение соотношения двухвалентных и одновалентных катионов. Для травяных кормов рекомендуемый уровень соотношения $\text{K}/(\text{Ca}+\text{Mg})$ составляет 2,2-2,4, условно допустимый уровень – 2,6 [9]. Дозы калийных удобрений на торфяных почвах должны более тщательно регулироваться, так как несбалансированное применение калийных удобрений может приводить к избыточному накоплению калия в кормах на основе многолетних трав [10, 13].

Экономическая эффективность возделывания бобово-злаковых травосмесей. Параметры экономической эффективности определены для контрольного варианта и наиболее перспективных вариантов доз удобрений, обеспечивших высокое качество зеленого корма по результатам опыта за 2009-2010 гг., когда получено по два укоса трав (табл. 5).

Показатели экономической эффективности различных доз минеральных удобрений рассчитывали по методике Института почвоведения и агрохимии [17]. Стоимость всех затрат определена по технологической карте, включая стоимости затрат на приобретение и внесение удобрений, уборку и реализацию прибавки урожая, по ценам 2010 года в эквиваленте долларов США. Стоимость кормовой

2. Плодородие почв и применение удобрений

единицы бобово-злаковой травосмеси принята по закупочной цене фуражного овса – 59 долларов США за 1 тонну. Основными показателями, характеризующими экономическую эффективность являются: выход дополнительной продукции с 1 га, стоимость продукции, условный чистый доход по вариантам удобрений и уровень рентабельности.

Таблица 5

Экономическая эффективность возделывания бобово-злаковой травосмеси на маломощной торфяной почве в зависимости от доз минеральных удобрений

Вариант	Урожайность	Прибавка от удобрений	Стоимость урожая	Всего затрат	Чистый доход	Рентабельность, %
	к.ед., ц/га		доллары, США /га			
Контроль	69,0	-	407	140	267	191
$N_{30}P_{50}K_{120}$	95,0	26,0	561	283	277	98
$N_{30}P_{50}K_{200}$	104,9	35,9	619	317	301	95
$N_{60}P_{90}K_{280}$	120,1	51,1	709	421	287	68

Возделывание бобово-злаковой травосмеси на среднекультуренной торфяной почве экономически выгодно даже без минеральных удобрений при низкой плотности загрязнения радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr . Здесь можно получить выход кормовых единиц 69 ц/га и чистый доход 267 долларов США с га. Наибольший чистый доход – 301 доллар США с га и дополнительный сбор зеленого корма – 35,9 ц к.ед с га получены при варианте удобрений $N_{30}P_{50}K_{200}$. Достоинство этого варианта удобрений заключается и в расширении возможности получения качественного корма на торфяных почвах, загрязненных ^{137}Cs с плотностью до 589 кБк/м² и ^{90}Sr с плотностью до 44 кБк/м². На торфяных почвах с более высокой плотностью загрязнения радионуклидами предпочтителен вариант $N_{60}P_{90}K_{280}$, где возможен наибольший выход зеленого корма с гектара на уровне 120 ц к.ед. при достаточно высоком чистом доходе – 287 долларов США/га и рентабельности производства – 68%.

ВЫВОДЫ

1. В настоящее время в Беларуси используется 64,6 тыс. га сенокосов и пастбищ на торфяных почвах с плотностью загрязнения ^{137}Cs 37-1480 кБк/м² (1-40 Ки/км²). Значительная часть луговых земель на торфяных почвах (22,9 тыс. га) одновременно загрязнены и ^{90}Sr с плотностью 5,6-111 кБк/м² (0,15-3,0 Ки/км²). Эти проблемные земли, где наблюдается повышенный переход радионуклидов в зеленый корм многолетних трав, преимущественно сосредоточены в Гомельской (66%), Могилевской (14%) и Брестской (14%) областях.

2. Возделывание многолетней бобово-злаковой травосмеси для выпаса и подкормки дойному стаду без применения минеральных удобрений возможно на среднекультуренной торфяной почве лишь при низкой плотности загрязнения ^{137}Cs – менее 262 кБк/м² и ^{90}Sr – менее 29 кБк/м². Внесение сбалансированной дозы минеральных удобрений $N_{60}P_{90}K_{280}$ расширяет диапазон плотности загрязнения торфяной почвы радионуклидами, при котором возможно производство нормативно чистого зеленого корма по ^{137}Cs до 3 раз (868 кБк/м²) и по ^{90}Sr до 2 раз (56 кБк/м²).

3. Возделывание бобово-злаковой травосмеси на среднекультуренной торфяной почве экономически выгодно. Наибольший чистый доход – около 300 долларов США и дополнительный сбор зеленого корма – 35,9 ц к.ед. при общей продуктивности – 104,9 ц к.ед. с га получены при внесении умеренной, сбалансированной дозы удобрений $N_{30}P_{50}K_{200}$. Достоинство этой дозы удобрений проявляется и в расширении возможности получения качественного корма на торфяных почвах, загрязненных ^{137}Cs с плотностью до 589 кБк/м² и ^{90}Sr с плотностью до 44 кБк/м². На торфяных почвах с более высокой плотностью загрязнения радионуклидами предпочтителен вариант $N_{60}P_{90}K_{280}$, где возможен наибольший выход зеленого корма с га на уровне 120 ц к.ед. при достаточно высоком чистом доходе – 287 долларов США/га и рентабельности производства – 68%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моисеев, И.Т. Влияние минеральных удобрений на поступление радиоцезия в сельскохозяйственные культуры и агрохимические показатели почв / И.Т. Моисеев, Ф.А. Тихомиров, Л.А. Рерих // Агрохимия. – 1990. – № 3. – С. 100-107.
2. Алексахин, Р.М. Поведение ^{137}Cs в системе «почва-растение» и влияние внесения удобрений на накопление радионуклида в урожае / Р.М. Алексахин, И.Т. Моисеев, Ф.А. Тихомиров // Агрохимия. – 1992. – № 8. – С. 127-138.
3. Основные факторы, определяющие поведение радионуклидов в системе «почва-растение» / Б.С. Пристер [и др.] // Проблемы сельскохозяйственной радиологии: сб. науч. труд. – Киев: УкрНИИСХР, 1992. – Вып. 2. – С. 108-116.
4. Агеец, В.Ю. Влияние минерализации торфа на формы нахождения радионуклидов и их переход в растения / В.Ю. Агеец, И.Д. Шмигельская // Почвенные исследования и применение удобрений: межвед. тематич. Сборник / БелНИИПА – Минск, 1997. – Вып. 24. – С. 144-152.
5. Кравец, А.П. Звено «почва-растение» и ожидаемые дозовые нагрузки на человека от инкорпорированных долгоживущих радионуклидов / А.П. Кравец, Ю.А. Павленко, Д.М. Гродзинский // Радиационная биология. Радиэкология. – 1996. – Т. 36 – Вып. 1. – С. 9-16.
6. Поникарова, Т.М. О механизме сорбции радиоцезия торфяными почвами / Т.М. Поникарова // Почвы, их эволюция, охрана и повышение производительной способности в современных социально-экономических условиях: материалы I съезда Белорус. общества почвоведов. – Минск-Гомель, 1995. – С. 273-275.
7. Богдевич, И.М. Рациональное использование загрязненных радионуклидами почв Беларуси / И.М. Богдевич, И.Д. Шмигельская, С.В. Тарасюк // Природные ресурсы. – 1997. – № 4. – С. 15-28.
8. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь / Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси; сост. И.М. Богдевич [и др.]. – Минск, 2003. – 72 с.
9. Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая / В.В. Лапа, В.Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006. – 120 с.
10. Мееровский, А.С. Взаимосвязь калийных удобрений и продуктивности многолетних трав на торфяных почвах / А.С. Мееровский, Т.М. Серая // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / БелНИИПА. – Минск, 1991. – Вып. 27. – С.109-118.
11. Подоляк, А.Г. Переход цезия-137 и стронция-90 в травостои низинных лугов на торфяно-болотных почвах / А.Г. Подоляк, С.В. Тимофеев, Т.Ф. Персикова // Агрохимия. – 2004. – № 1. – С.63-70.

12. Подоляк, А.Г. Травосмеси на основе клевера в зоне радиоактивного загрязнения / А.Г. Подоляк, Т.В. Арастович // Белорусское сельское хозяйство. – 2005. – № 6(38). – С. 36- 38.

13. Касьянчик, С.А. Урожай и содержание основных элементов питания в многолетних злаковых травах при возделывании на осушенной торфяно-болотной почве / С.А. Касьянчик, А.М. Устинова // Вести НАН Беларуси: серия аграрных наук. – № 1. – 2007. – С.42-47.

14. О проблемах радиоэкологии торфяных почв / О.В. Сузько [и др.] // Проблемы радиологии загрязненных территорий: юбилейный тематический сборник / Институт радиологии. – Минск, 2006. – Вып. 2. – С. 138-143.

15. Путятин, Ю.В. Минимизация поступления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениеводческую продукцию / Ю.В. Путятин. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2008. – 255 с.

16. Шкель, М.П. Применение удобрений в интенсивном земледелии: справ. пособие / М.П. Шкель [и др.]. – Минск: Ураджай, 1989. – 216 с.

17. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / Богдевич И.М. [и др.] – Минск, 2010. – 24 с.

EFFICIENCY OF FERTILIZERS ON PERENNIAL CLOVER-GRASS MIXTURE GROWN ON HISTOSOL SOIL CONTAMINATED WITH ^{137}CS AND ^{90}SR

I.M. Bogdevitch, A.G. Podolyak, I.I. Novikava

Summary

The results of field experiment (2008-2010) conducted on drained Histosol soil, contaminated with ^{137}Cs and ^{90}Sr are presented. It was found a sufficient effect of different rates of fertilizers on yield of perennial clover-grass mixture and accumulation of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the green forage.

Поступила 18 мая 2012 г.

УДК 632.15:631.416.313:631.828

СОДЕРЖАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ НАТРИЯ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»

**С.Е. Головатый, З.С. Ковалевич, И.А. Ефимова,
Н.К. Лукашенко, Н.В. Сидорейко**

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Натрий занимает шестое место по распространенности в земной коре и первое место среди металлических элементов в Мировом океане. Содержание натрия в земной коре составляет 2,27% и встречается в виде минералов галита, тенардита, мирабилита, криолита, альбита, нефелина, чилийской селитры и др. Он входит в

состав почвообразующих минералов, основными из которых являются калиево-натриевые полевые шпаты, слюды (биотит и мусковит).

По данным К.И. Лукашева, Н.Н. Петуховой [1, 2], в почвах республики концентрация натрия (в пересчете на Na_2O) колеблется в небольших пределах. Самое высокое содержание этого элемента отмечается в дерново-подзолистых почвах на моренных суглинках – 0,84%, лессах – 0,92%, самое низкое – в торфяных почвах – 0,08%. Концентрация Na_2O в дерново-подзолистых почвах на древнеаллювиальных и флювиогляциальных песках вдвое ниже, чем в дерново-подзолистых почвах на моренных суглинках, и составляет 0,41%. Для всех типов почв отмечается уменьшение содержания Na_2O с севера на юг.

Среднее содержание Na_2O в почвах Беларуси несколько ниже, чем его кларк – 0,75 (отношение Na_2O в почвах Беларуси к Na_2O в почвах мира по А.П. Виноградову).

Поступление натрия в почвенную толщу обусловлено выветриванием пород и выходом на дневную поверхность древних морских соленосных отложений. Кроме этого, натрий поступает в почву с минерализованными грунтовыми и подземными водами и атмосферными осадками. В среднем поступление Na_2O в почву с атмосферными осадками в условиях Беларуси составляет 14,3 кг/га [3].

Несмотря на значительные количества натрия, поступающие из выше перечисленных источников, засоленных почв на типовом уровне в классификационном списке почв республики не выделяется. К засоленным почвам относятся почвы, содержащие хотя бы в одном горизонте почвенного профиля легкорастворимые соли в количестве, превышающем пороги токсичности среднесолеустойчивых культур [4].

Отсутствие засоления почв республики объясняется тем, что во влажном климате и при промывном водном режиме, что характерно для природных ландшафтов Беларуси, соли натрия легко выщелачиваются и выносятся за пределы почвенного профиля.

Однако в республике имеются крупные промышленные центры, где сосредоточена огромная масса загрязняющих веществ, в том числе и натрия, поступающих в окружающую среду с выбросами в атмосферу, с твердыми и жидкими промышленными отходами. В зоне их воздействия имеет место локальное загрязнение земель натрием. К таким промышленным центрам относится ПО «Беларуськалий».

Соли натрия, поступающие в виде соляной пыли с обогатительных фабрик и солеотвалов в результате ветровой эрозии, инфильтрации загрязненных вод сквозь ложе солеотвалов и дамб хранилищ жидких и твердых отходов, а также аварий при транспортировке и хранении отходов, значительно загрязняют прилегающие территории.

Пространственное распределение водорастворимого натрия и оценка степени загрязнения им сельскохозяйственных земель в зоне деятельности предприятий ПО «Беларуськалий» было рассмотрено нами в предыдущих научных статьях [5, 6].

Цель исследований заключалась в определении подвижных форм содержания натрия в почвах и распределении их в профиле дерново-подзолистых почв в условиях техногенного загрязнения.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2006-2009 гг. в зоне влияния предприятий ПО «Беларуськалий» на землях СПК «Горняк», «Решающий», «Краснодворцы» Солигорского района, СПК «Исерно» Слуцкого района с различным содержанием

натрия в почвах. При этом почвенные образцы отбирались на различном удалении от источников загрязнения, с таким расчетом, чтобы было возможно выделить почвы с естественным содержанием (фоновым) натрия и почвы, загрязненные этим элементом.

В изучении форм нахождения натрия в почвах использовался маршрутный метод исследований. Образцы почв отбирались согласно методическим указаниям [7, 8] с помощью бура на глубине 0-5 и 6-20 см с каждых 3-5 га в радиусе 3 км от солеотвалов и шламохранилищ, а при закладке разрезов – как с каждого генетического горизонта почв, так и по слоям с шагом 10 см.

При изучении распределения натрия по профилю почв и его фракционного состава применялся профилльно-катенарный метод. Для этого в 500 м от источников загрязнения – солеотвалов 2-го комбината – на длинном пологом склоне с запада на восток был заложен почвенный ряд, состоящий из нескольких разрезов дерново-подзолистой легкосуглинистой и супесчаной почв разной степени увлажнения: автоморфной, временно избыточно увлажненной, глееватой и глеевой.

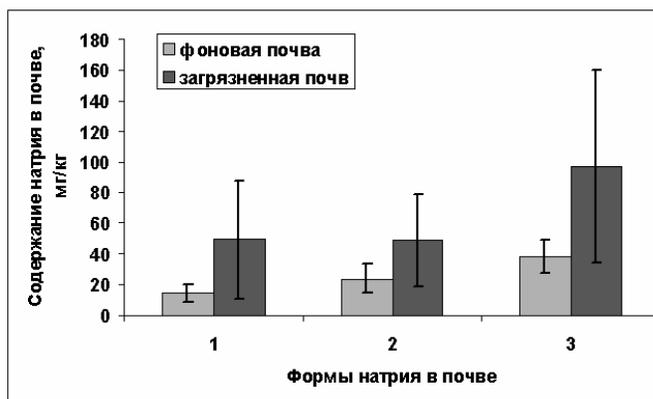
Агрохимические анализы в почвенных образцах (гумус, рН, P_2O_5 , K_2O , Ca, Mg) выполнены по методикам, изложенным в ГОСТ 26483-85, ГОСТ 26213-91, ГОСТ 260207-91, ГОСТ 26487-85. Формы натрия определяли по ГОСТ 26950 – 86 «Метод определения обменного натрия» и ГОСТ 26427-85 «Метод определения натрия и калия в водной вытяжке».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Формы содержания натрия в почвах в условиях техногенного загрязнения.

Натрий в силу своей химической природы в почвах образует преимущественно легкорастворимые соли и находится в основном в водорастворимой и обменных формах, обладая высокой миграционной способностью в почвенном профиле.

В пахотных горизонтах дерново-подзолистых легкосуглинистых и супесчаных почв фоновое содержание водорастворимого натрия составило в среднем $16,3 \pm 5,9$ мг/кг, обменного – $23,8 \pm 10,0$, суммы обменного и водорастворимого соответственно – $38,1 \pm 11,0$ мг/кг (рис. 1).



Формы натрия в почве: 1 – водорастворимая; 2 – обменная; 3 – обменная+водорастворимая

Рис. 1. Содержание подвижных форм натрия в незагрязненных (фоновых) и загрязненных дерново-подзолистых легкосуглинистых и супесчаных почвах в зоне влияния ПО «Беларуськалий»

При анализе этих данных обращает на себя внимание тот факт, что как в этих, так и в более ранних наших исследованиях [5] содержание водорастворимого натрия в незагрязненных (фоновых) почвах было в 1,3-1,4 раза больше, чем принятая величина фоновых значений натрия – 10 мг/кг [9, 10]. Это дает основание для более углубленных исследований по уточнению фоновых концентраций этого элемента в почвах. Данный вопрос является важным, особенно при мониторинге и оценке химического загрязнения почв, когда в качестве одного из критериев используется фоновое содержание водорастворимых форм элемента в почве.

Содержание подвижных форм натрия в загрязненных почвах в наших исследованиях было в 2-3 раза выше, чем в фоновых, и составляло в среднем: водорастворимого – $49,4 \pm 39,3$ мг/кг, обменного – $48,7 \pm 29,9$, суммы обменного и водорастворимого – $97,2 \pm 69,0$ мг/кг.

Следует отметить, что при загрязнении почв натрием значительная (более 50%) часть элемента находится в легкоподвижном состоянии (в почвенном растворе), что увеличивает его миграционную активность в профиле почв и доступность для растений.

Доля водорастворимого Na от общего содержания его в почве повышалась с увеличением степени загрязнения почв натрием (рис. 2).

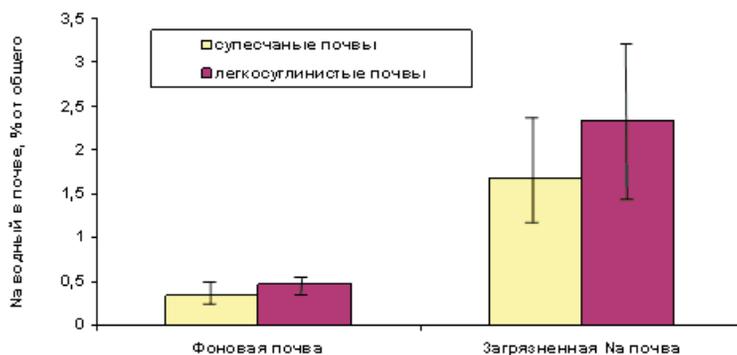


Рис. 2. Содержание водорастворимого натрия в дерново-подзолистых легкосуглинистых и супесчаных почвах в зоне влияния ПО «Беларуськалий»

Так, в пахотном горизонте фоновых дерново-подзолистых легкосуглинистых и супесчаных почв водорастворимый натрий составлял от 0,37 до 0,49% общего его содержания при среднем значении этого показателя – 0,43%. При этом в дерново-подзолистых супесчаных почвах этот показатель был в пределах 0,35-0,42%, в дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах – несколько выше 0,40-0,49%.

В загрязненных почвах эта форма натрия составляла в среднем 2,15% валового содержания и колебалась в пределах от 0,95% до 3,45%. В отдельных случаях (в местах разлива рассолов из шламохранилищ ПО «Беларуськалий») содержание водорастворимого натрия колебалось от 62 до 75% от общего содержания этого элемента в почве.

В фоновых почвах доля водорастворимого натрия от суммы обменного и водорастворимого в пахотном горизонте составляет 20-35% (среднее 29%) (рис. 3). В условиях натриевого загрязнения более половины от суммы обменных и водорастворимых форм занимала водорастворимая форма – 51,8-52,9% (в среднем 52%).

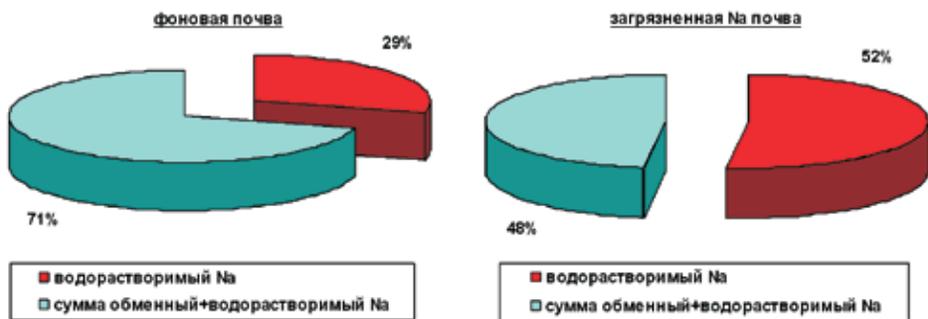


Рис. 3. Долевое содержание подвижных форм натрия в дерново-подзолистых почвах

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что в пахотном горизонте дерново-подзолистых почв в условиях загрязнения натрием их поверхностного слоя более половины от суммы обменных и водорастворимых форм занимает водорастворимая форма.

Распределение форм натрия в профиле почв, загрязненных этим элементом. Для установления характера распределения форм натрия в профиле дерново-подзолистых почв был заложен почвенный ряд, состоящий из 4-х разрезов так, что каждый последующий отличался от предыдущего на один интервал по степени гидроморфизма. Таким образом, представленный ряд почв по степени увлажнения характеризовался автоморфной (разрез №107), временно избыточно увлажненной (разрез №108), глееватой (разрез №109) и глеевой почвой (разрез №110). По гранулометрическому составу исследуемые почвы были супесчаные и суглинистые, подстилаемые с глубины 0,4-0,8 м моренным суглинком. Почвы в разной степени загрязнены натрием, степень загрязнения которых определяли по содержанию его водорастворимой фракции в верхних горизонтах профиля.

Результаты исследований свидетельствуют, что в пахотном горизонте дерново-подзолистой автоморфной и временно избыточно увлажненной почвах (разрезы №107 и №108) водорастворимого натрия содержалось 24-25 мг/кг. В дерново-подзолистой глееватой и глеевой почвах водорастворимого натрия было в 1,8-3,2 раза больше и составило в среднем 44 мг/кг (разрез №109) и 80,8 мг/кг (разрез №110).

Такая же тенденция наблюдалась и для обменной формы натрия с той лишь разницей, что абсолютные значения были несколько ниже. Содержание обменного натрия в пахотном горизонте автоморфной почвы было на уровне 22 мг/кг, в глеевой – на уровне 73 мг/кг.

Таким образом, прослеживается четкая пространственная дифференциация содержания подвижных форм натрия в зависимости от орографии (ландшафта), что объясняется горизонтальным переносом влаги (водная эрозия) и концентрацией солей в пониженных формах рельефа, на периферии западин и болот в так называемых зонах аккумуляции. Это явление наблюдалось визуально в зоне поверхностного загрязнения земель натрием, непосредственно прилегающей к солеотвалам и шламохранилищам.

Б.Б. Польшов установил пять групп геохимической подвижности элементов при миграции в ландшафтах. По данной группировке, Са, Na, К, Mg относятся к элементам высокой миграционной активности [11].

Однако в природе не всегда выдерживаются эти закономерности. В.А. Ковда [12] на основе большого числа материалов дал эмпирическую группировку соединений по их геохимической подвижности, связанную с условиями геохимии почв. В соответствии с этой группировкой, натрий и его соединения относятся к очень высокой и высокой подвижности, а также обладают высокорастворимыми свойствами. Этому способствует низкая биогенность натрия.

Установлено, что натрий мигрирует в почвенной толще в ионной форме в составе истинных растворов [13].

О высокой мобильности натрия свидетельствуют исследования С.М. Пакшиной. Она установила, что с потоками раствора, движущимися вниз, выносятся больше натрия, чем кальция при обоих значениях разности давления, тогда как с потоком раствора, движущимся вверх, или с осмотическим потоком наблюдается больший вынос катиона Ca^{++} , чем Na^{+} [14, 15].

Подвижность натрия в почве определяется мобильными формами его нахождения – обменной и водорастворимой и тесно связана с увлажненностью почв и количеством влаги, участвующей в этом процессе.

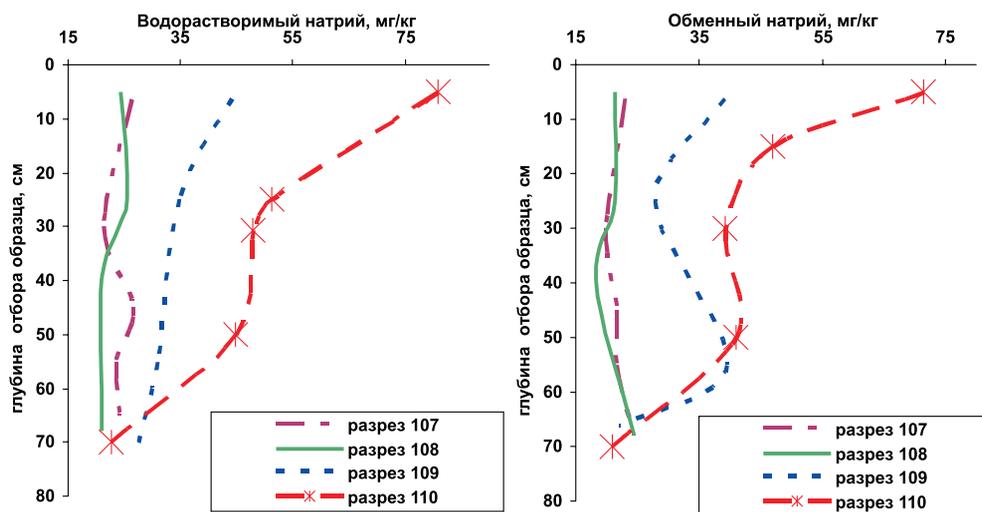


Рис. 4. Распределение подвижных форм натрия в профиле дерново-подзолистых легкосуглинистых почв с различной степенью загрязнения натрием

На рисунке 4 представлено графическое изображение распределения подвижного натрия в профиле исследуемых почв. Сопоставляя линии поведения содержания натрия в исследуемых почвах необходимо отметить единый характер его распределения в профиле почв разрезов №108, №109, №110. Так, наибольшее содержание элемента (48,3-153,5 мг/кг) отмечается в верхних гумусовых или пахотных горизонтах, несмотря на различия в абсолютных значениях, что подтверждает разную степень поверхностного загрязнения почв (табл. 1). Горизонт A_2 во всех почвах характеризуется наименьшими значениями содержания натрия (40,1-83,6 мг/кг). В горизонте Bg вновь отмечается увеличение содержания подвижных форм натрия, что связано с переносом влаги по профилю и с гранулометрическим составом горизонта. С глубиной количество натрия резко уменьшается.

Аналогичный характер поведения отмечается в профиле тех же почв и для водорастворимого натрия. Для автоморфных почв (разрез №107) характерна слабая

Таблица 1

Фракционный состав натрия в профиле дерново-подзолистых почв

Горизонт, глубина отбора образцов, см	Фракционный состав натрия в почве, мг/кг				
	валовое содержание	обменный + водорастворимый	водорастворимый		
			содержание, мг/кг	% от обмен.+водн.	% от валового
<i>Разрез. 107. Дерново-палево-подзолистая супесчаная почва, развивающаяся на пылеватых (лессовидных) связных супесях, подстилаемых с глубины 0,5 м моренным суглинком</i>					
A _n (0-24)	3200	48,3	25,4	52,6	0,8
A ₂ B ₁ (24-44)	3300	41,9	22,1	52,7	0,7
B _g (44-50)	2700	50,6	26,6	52,7	1,0
<i>Разрез. 108. Дерново-палево-подзолистая временно избыточно увлажненная супесчаная почва, развивающаяся на пылеватых (лессовидных) связных супесях, подстилаемых с глубины 0,5 м моренным суглинком</i>					
A _n (0-28)	2800	46,3	24,4	52,7	0,8
A ₂ (28-33)	3100	44,4	23,4	52,7	0,8
B _g (33-50)	3400	40,1	21,1	52,6	0,6
D _g (50-70)	3300	40,9	21,5	52,6	0,7
<i>Разрез. 109. Дерново-подзолистая глееватая суглинистая почва, развивающаяся на пылеватых (лессовидных) легких суглинках, подстилаемых с глубины 0,6 м моренным суглинком</i>					
A ₁ (0-20)	3400	83,8	44,1	52,6	1,3
A ₂ B ₁ (20-30)	3500	59,8	31,5	52,7	0,9
B _{2g} (30-60)	3300	70,8	37,3	52,7	1,1
D _g (60-75)	2700	49,4	26,0	52,6	1,0
<i>Разрез. 110. Дерново-подзолистая глеевая суглинистая почва, развивающаяся на пылеватых (лессовидных) легких суглинках, подстилаемых с глубины 0,8 м моренным суглинком</i>					
A ₁ (0-20)	3100	153,5	80,8	52,6	2,6
A ₁ A ₂ (20-35)	3000	97,6	51,4	52,7	0,9
B _{1g} (35-55)	3200	83,6	44,0	52,6	1,4
B _{2g} (55-80)	2400	92,6	48,7	52,6	2,0
G (80-90)	2500	43,1	22,7	52,7	0,9

дифференциация профиля: наблюдается достаточно равномерное распределение как водорастворимого, так и подвижного натрия на глубину профиля.

Такое распределение подвижных форм натрия в почвах свидетельствует о достаточно высокой миграционной активности этого элемента в профиле почв, особенно его водорастворимой формы.

Некоторые исследования показывают, что коэффициент интенсивности миграции Na₂O в легкосуглинистой почве составляет 127, в рыхлосупесчаной – 109 [3].

Фракционный состав натрия в профиле дерново-подзолистых почв представлен в таблице 1. Валовое содержание натрия в супесчаных почвах (разрез 107 и разрез 108) находилось в пределах и 2700-3400 мг/кг, в суглинистых почвах – в пределах 2400-3500. Доля водорастворимого Na от валового содержания его в почве повышалась с увеличением степени загрязнения почв натрием. Так, в пахотном горизонте почв разрезов №107 и №108 водорастворимый натрий занимал

0,78% и 0,9% от валового содержания, а в пахотных горизонтах разрезов №109 и №110 доля водорастворимого натрия достигала соответственно 1,3 и 2,6%.

ВЫВОДЫ

1. Маршрутные исследования, проведенные в зоне действия предприятий ПО «Беларуськалий» показали, что в пахотном горизонте фоновых дерново-подзолистых легкосуглинистых и супесчаных почвах содержание водорастворимого натрия в среднем составляло $16,3 \pm 5,9$ мг/кг, обменного – $23,8 \pm 10,0$, суммы обменного и водорастворимого соответственно $38,1 \pm 11,0$ мг/кг. В загрязненных почвах содержание водорастворимого натрия возрастало в среднем до $49,4 \pm 39,3$ мг/кг, обменного – до $48,7 \pm 29,9$, суммы обменного и водорастворимого – до $97,2 \pm 69,0$ мг/кг.

2. Доля водорастворимого натрия от суммы обменного и водорастворимого в пахотном горизонте фоновых дерново-подзолистых легкосуглинистых и супесчаных почв составляла 20-35%. В почвах загрязненных натрием более половины от суммы обменных и водорастворимых форм (51,8-52,9%) приходилось на водорастворимый натрий, причем это отмечалось во всех генетических горизонтах профилей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геохимические провинции покровных отложений БССР / под ред. К.И. Лукашева. – Минск, Наука и техника, – 1969. – 476 с.

2. Лукашев, К.И. Химические элементы в почвах / К.И. Лукашев, Н.Н. Петухова. – Минск.: Наука и техника, – 1970. – 228 с.

3. Сазоненко, О.П. Интенсивность миграции химических элементов в дерново-подзолистых почвах при разных формах и уровнях применения азотных удобрений в звене севооборота: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / О.П. Сазоненко. – Минск, 2006. – 129 с.

4. Базилевич, Н. И. Опыт классификации почв по засолению / Н.И. Базилевич, Е.И. Панков // Почвоведение. – 1968. – № 11. – С. 3-16.

5. Головатый, С.Е. Пространственное распределение химических загрязнителей в почвах территорий, прилегающих к предприятиям ПО «Беларуськалий». Сообщение 2. Натрий / С.Е. Головатый, З.С. Ковалевич, Н.К. Лукашенко // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – №2(41). – С. 244-255.

6. Возделывание сельскохозяйственных культур в условиях хлоридно-натриевого загрязнения почв: рекомендации / С.Е. Головатый [и др.] / Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 28 с.

7. Методические указания по обследованию почв в зоне действия Солигорского калийного комбината. – Минск, 1989. – 7 с.

8. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: метод. указания; под ред. И.М. Богдевича. – Минск, 2006. – 64с.

9. Петухова, Н.Н. Геохимическое состояние почвенного покрова Беларуси / Н.Н. Петухова, В.А. Кузнецов // Природные ресурсы. – 1999. – № 4. – С. 40-49.

10. Логинов, В.Ф. Природная среда Беларуси / В.Ф. Логинов. – Минск: БИП_С, 2002. – с. 246.

11. Польшов, Б.Б. Избранные труды; под ред. И.В. Тюрина, А.А. Саукова. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 751 с.

12. Ковда, В.А. Биосфера, тенденции ее изменения и проблемы сельского хозяйства / В.А. Ковда – М., 1982. – С. 211-219.

13. Базилевич, Н.И. Геохимия почв содового засоления / Н.И. Базилевич. – М.: Наука, 1965. – 352 с.

14. Пакшина, С. М. Передвижение солей в почве / С.М. Пакшина. – М.: Наука, 1980. – 120 с.

15. Пакшина, С. М. Миграция солей в микропорах почвы: автореф. дис. ... доктора биол. наук: 03.02.13 / С.М. Пакшина; Академия наук СССР, Сибирское отделение, Институт почвоведения и агрохимии, Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова. – Новосибирск, 1990. – 37 с.

THE MAINTENANCE OF VARIOUS FORMS OF SODIUM IN THE CONDITIONS OF POLLUTION OF SOILS BY THIS ELEMENT

S.E. Golovaty, Z.S. Kovalevitch, I.A. Efimova,
N.K. Lukashenko, N.V. Sidoreiko

Summary

Results of researches by definition of mobile forms of sodium in soils in the conditions of technogenic pollution of soils are resulted. At pollution of soils by sodium more than half of mobile sodium it is presented by water-soluble forms. Distribution of mobile sodium on a profile of soils has eljuvialno-illuvial character and depends on a water mode of soils.

Поступила 23 февраля 2011 г.

УДК 631.83:631.582:631:631.415.1:631.445.2

ВЫНОС КАЛИЯ УРОЖАЕМ КУЛЬТУР СЕВООБОРОТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КИСЛОТНОСТИ ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ, УРОВНЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОДВИЖНЫМ КАЛИЕМ И ДОЗ КАЛИЙНОГО УДОБРЕНИЯ

Г.М. Сафроновская¹, Т.М. Германович², В.А. Сатишур³, И.А. Царук¹

¹Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

²Белорусский государственный экономический университет,
г. Минск, Беларусь

³Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси,
г. Брест, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Наметившаяся положительная тенденция роста и стабилизации урожайности в республике основана на соблюдении технологий возделывания сельскохозяйственных культур и сбалансированном питании растений. В комплексе мероприятий по повышению урожайности и качества культур основная роль принадлежит оптимизации минерального питания растений [1].

Дать оценку эффективности совместного действия отдельных элементов питания из удобрения и почвы можно с помощью определения их содержания в растениеводческой продукции. Различные виды растений поглощают питательные элементы из почвы и удобрений в разных количествах и соотношениях, что требует дифференцированного подхода к восполнению элементов питания культур севооборота. Учет баланса питательных элементов необходим для оценки эффективности сельскохозяйственного производства. Анализ отдельных статей структуры баланса позволяет количественно оценить источники поступления и затраты на производство продукции [2, 3].

Проблема рационального, наиболее эффективного использования калийных удобрений для оптимизации почвенных условий многообразна и требует дальнейших глубоких исследований для разработки дифференцированной системы доз калийного удобрения по комплексу почвенных и биологических параметров. В основе расчетов доз калийного удобрения лежит вынос элемента урожаем различных культур.

Относительное содержание калия в основной и побочной продукции сельскохозяйственных культур определяется не только их видовыми особенностями, но зависит также от сорта и условий выращивания. Если растение обеспечено питательными веществами, но испытывает неблагоприятное влияние со стороны какого-либо фактора внешней среды или совместного действия ряда факторов, то вынос питательных веществ на единицу основной продукции в этом случае повышается. И наоборот, благоприятное сочетание различных факторов способствует более экономному расходованию питательных веществ на создание урожая [2].

Содержание азота и фосфора значительно выше в хозяйственно ценной части урожая – зерне, корне- и клубнеплодах, чем в соломе и ботве, в то время как калия больше содержится в зеленой массе, соломе и ботве, чем в товарной части урожая.

Вынос питательных веществ не является постоянной величиной. Он может существенно изменяться (до 1,5 раза и более) в зависимости от почвенно-климатических условий, величины урожая, уровня вносимых удобрений, орошения. Вынос питательных веществ, как правило, увеличивается при внесении удобрений. Прежде всего это касается калия, затем азота и в меньшей степени фосфора [4].

Комплексное изучение влияния встречающихся в сельскохозяйственном производстве сочетаний различных факторов на урожайность и химический состав растений позволяет сопоставить количество элементов питания на создание урожая.

Цель наших исследований – установление действия кислотности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, уровня обеспеченности почвы подвижным калием и доз калийного удобрения на содержание и вынос калия с урожаем культур звена севооборота (зерном ярового тритикале, зерном гороха посевного, семенами ярового рапса и зеленой массой пелюшко-овсяной смеси).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В период с 2006 по 2009 годы в двух последовательно открывающихся полях стационарного полевого опыта в СПК «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района проведены исследования на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с разной кислотностью и уровнем обеспеченности подвижным кали-

2. Плодородие почв и применение удобрений

ем по оценке эффективности доз калийного удобрения при возделывании ярового тритикале Лана, гороха посевного WSB, ярового рапса Антей, пелюшки Vegetативная желтая и овса Стрелец на зеленую массу. Почва опытного участка дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легких пылевато-песчаных суглинках, подстилаемых с глубины 0,95 м средним моренным суглинком.

Уровни обеспеченности исследуемой почвы подвижным калием – 200-250 (повышенный) и 300-350 мг/кг почвы (высокий). Блоки кислотности почвы: 1 блок (среднекислая) – pH_{KCl} 4,8-4,9, Нг – 3,8-4,2 смоль (+)/кг, обменный кальций – 877 мг/кг, обменный магний – 151 мг/кг, V – 66,9%; 2 блок (слабокислая) – pH 5,4-5,6, Нг – 2,0-2,2 смоль(+)/кг, обменный кальций – 950 мг/кг, обменный магний – 246 мг/кг, V – 75,9%; 3 блок (близкая к нейтральной) – pH 6,3-6,5, Нг – 1,2-1,5 смоль(+)/кг, обменный кальций – 1010 мг/кг, обменный магний – 282 мг/кг, V – 82,3%. Содержание подвижного фосфора по блокам кислотности почвы изменялось от 94-177 (в контрольных вариантах) до 284 мг/кг (по вариантам с удобрениями), гумуса – 2,5-2,8%. Повторность вариантов опыта четырехкратная. Общая площадь делянки – 50 м².

Дозы минеральных удобрений под исследуемые культуры составляли: яровое тритикале – $N_{80}P_{60}K_{70-90-120}$, горох посевной – $N_{16}P_{60}K_{90-120-150}$, яровой рапс – $N_{120}P_{75}K_{90-120-150}$, пелюшко-овсяная смесь на зеленую массу – $N_{60}P_{70}K_{100-120-150}$. В среднем на 1 га севооборотной площади внесено от 223 до 278 кг/га д.в. NPK, в том числе, 69-99 кг/га азота, 66 кг/га фосфора, 88-143 кг/га калия.

Минеральные удобрения применяли под предпосевную культивацию в форме карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия. Подкормка ярового тритикале проведена мочевиной (N_{40}) в фазу трубкования в варианте с дозой азота 120 кг/га, подкормка ярового рапса – в фазу розетки листьев мочевиной в дозе азота 30 кг/га. Проведены некорневые подкормки растений: ярового тритикале – Адоб Медь 1 л/га (60 г меди на 1 га), ярового рапса – Адоб Бор 0,5 л/га (75 г бора на 1 га) в фазу начала бутонизации, гороха – в фазу бутонизации Адоб Бор 0,35 л/га (50 г бора на 1 га).

Посевы ярового тритикале до всходов обрабатывали гербицидом Кугар (0,8 л/га), по всходам – гербицидом Гусар (180 г/га), фунгицидом Фалькон (0,6 л/га). На посевах гороха применяли гербицид Базагран (3 л/га), инсектициды Децис экстра (0,04 л/га) и Актара (100 г/га). Посевы ярового рапса обработаны гербицидом Бутизан (2 л/га), всходы – инсектицидом Децис (0,06 л/га), гербицидами Лонтрел (0,4 л/га) и Фюзилад (1,3 л/га). Всходы пелюшко-овсяной смеси обработаны гербицидом Агритокс (0,7 л/га).

Ежегодно весной или осенью поделяночно отбирались почвенные образцы для определения агрохимических показателей почвы. Агрохимические анализы почвы проводили по общепринятым методикам: обменная кислотность pH_{KCl} определялась потенциметрическим методом; гидролитическая кислотность (H_f) – по методу Каппена в модификации ЦИНАО; сумма поглощенных оснований (S) – по Каппену-Гильковицу; емкость поглощения (Т) расчетным путем $H_f + S$. Степень насыщенности основаниями – $V = S/T \cdot 100$. Содержание подвижного фосфора и калия – по методу Кирсанова в 0,2 М HCl с последующим определением подвижного фосфора на фотоэлектроколориметре, калия – на пламенном фотометре; гумуса – по методу И.В. Тюрина в модификации ЦИНАО; кальция и магния – в 1 м KCl с последующим определением на атомно-абсорбционном спектрофотометре. Уро-

жайность зерна ярового тритикале и гороха посевного приведена к стандартной влажности 14%, семян ярового рапса 9%, урожайность зеленой массы пелюшко-овсяной смеси представлена в сухой массе. Вынос калия урожаем зерна ярового тритикале и гороха, семенами ярового рапса и зеленой массой пелюшко-овсяной смеси рассчитан, исходя из полученной урожайности культуры и содержания калия в растениеводческой продукции.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На показатели выноса калия основное влияние оказали два фактора – биологические особенности культур через различия в накоплении элемента и уровень полученной урожайности (табл. 1). На уровень урожайности в свою очередь влияла кислотность почвы, обеспеченность ее подвижным калием, дозы калийного удобрения. По уровню содержания калия в отчуждаемой с урожаем сухой массе исследуемые культуры располагаются в следующем убывающем порядке: зеленая масса пелюшко-овсяной смеси, зерно гороха, зерно ярового тритикале, семена ярового рапса. При снижении кислотности почвы со среднекислой реакции среды (рН 4,8-4,9) до близкой к нейтральной (рН 6,3-6,5) изменений в содержании калия в отчуждаемой продукции на контрольных вариантах не выявлено.

Больше всего калия содержалось в сухом веществе зеленой массы пелюшко-овсяной смеси (2,18-3,17%). При этом пелюшко-овсяная смесь весьма чувствительна к уровню кислотности почвы и содержанию в ней подвижного калия. Так, количество калия в сухой массе пелюшко-овсяной смеси на уровне обеспеченности легкосуглинистой почвы подвижным калием 200-250 мг/кг составляло 2,18-2,75%, а на уровне с подвижным калием 300-350 мг/кг увеличивалось до 2,98-3,17%. На контрольных вариантах блоков кислотности легкосуглинистой почвы снижение реакции ее среды со среднекислой до близкой к нейтральной способствовало повышению выноса калия урожаем сухой массы пелюшко-овсяной смеси с 69,2 до 94,2 кг/га или на 36%, что связано с увеличением урожайности с 30,8 ц/га до 94,2 ц/га.

Вынос калия с урожаем сухой массы пелюшко-овсяной смеси в вариантах с удобрениями весьма значителен: 103-138,6 кг/га на повышенном уровне обеспеченности почвы калием (200-250 мг/кг) и 142,4-159,5 кг/га – на высоком уровне калия (300-350 мг/кг) (рис. 1, 2). При обеспеченности почвы подвижным калием 200-250 мг/кг максимальный вынос калия – 138,6 и 132,8 кг/га получен в вариантах с внесением соответственно 120 и 150 кг/га калия на уровне с кислотностью почвы рН 5,4-5,6.

Повышение уровня обеспеченности почвы подвижным калием до 300-350 мг/кг значительно увеличивает вынос элемента с урожаем пелюшко-овсяной смеси. На высоком уровне обеспеченности почвы подвижным калием в пределах доз калия 100-150 кг/га вынос элемента по уровням кислотности почвы составлял: на рН 4,8-4,9 – 142,4-148,8 кг/га (увеличился на 23,2-39,3 кг/га), на рН 5,4-5,6 – 145,4-159,5 кг/га (увеличился на 14,8-37,6 кг/га), на рН 6,3-6,5 – 151,0-157,5 кг/га (увеличился на 29,6-37,5 кг/га). Таким образом, только за счет повышения обеспеченности почвы подвижным калием вынос калия с урожаем смеси по вариантам возрос на 10,6-38,1%.

В сухой массе зерна гороха содержание калия по вариантам опыта изменялось от 1,41% до 1,51% (табл. 1). На контрольных вариантах блоков кислотности почвы

2. Плодородие почв и применение удобрений

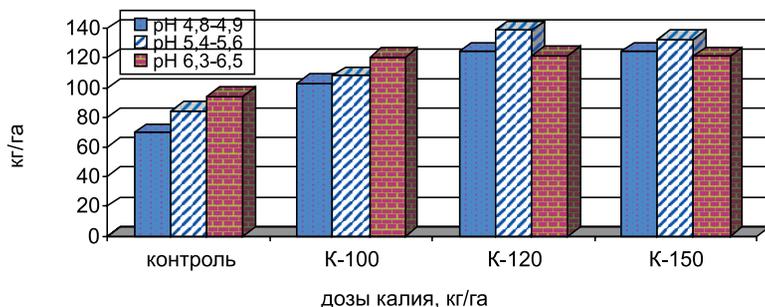


Рис. 1. Вынос калия урожаем зеленой массы пелюшко-овсяной смеси в зависимости от кислотности почвы и доз калийного удобрения при уровне обеспеченности почвы подвижным калием 200-250 мг/кг

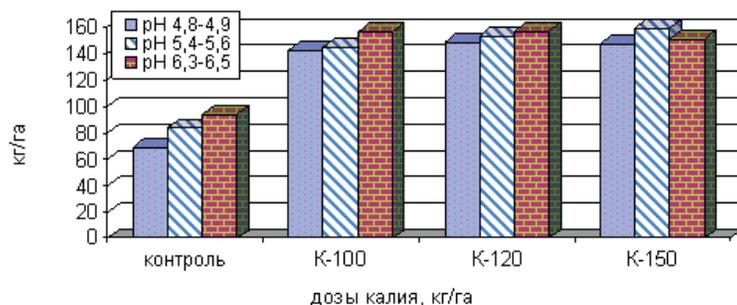


Рис. 2. Вынос калия урожаем зеленой массы пелюшко-овсяной смеси в зависимости от кислотности почвы и доз калийного удобрения при уровне обеспеченности почвы подвижным калием 300-350 мг/кг

снижение реакции ее среды с pH 4,8-4,9 до pH 5,4-5,6 способствовало повышению выноса калия сухой массой зерна гороха с 49,2 до 57,8 кг/га или на 17,4%, что в основном связано с ростом урожайности культуры. При доведении реакции почвенной среды до pH 6,3-6,5 дальнейшего увеличения урожайности зерна не происходило, и как следствие, роста выноса калия урожаем зерна гороха тоже.

При обеспеченности почвы подвижным калием 200-250 мг/кг максимальный вынос калия урожаем зерна гороха отмечен на уровне кислотности почвы pH 5,4-5,6: на контроле он составил 57,8 кг/га, в варианте с внесением 90 кг/га – 66,7 кг/га (увеличился на 99 г от 1 кг калия), при внесении 120 кг/га – 69,3 кг/га (увеличился на 96 г от 1 кг калия), при внесении 150 кг/га – 70,2 кг/га (увеличился на 83 г от 1 кг калия) (рис. 3).

По мере роста обеспеченности почвы подвижным калием до 300-350 мг/кг вынос калия урожаем зерна гороха в сравнении с вариантами на уровне 200-250 мг/кг увеличился на 1,4-10,9 кг/га или на 2-18% (рис. 4). Так, на фоне с кислотностью почвы pH 5,4-5,6 при внесении 90 кг/га калия вынос элемента составил 69,1 кг/га (увеличился на 125 г от 1 кг калия), при внесении 120 кг/га – 67,1 кг/га (увеличился на 78 г от 1 кг калия), при внесении 150 кг/га – 67,0 кг/га (увеличился на 61 г от 1 кг калия).

В сухой массе зерна ярового тритикале содержание калия по вариантам опыта изменялось от 0,57% до 0,72% (табл. 1). На контрольных вариантах блоков

Таблица 1

Урожайность культур севооборота и содержание калия в основной продукции в зависимости от степени кислотности почвы, уровня ее обеспеченности подвижным калием и доз калийного удобрения (2006-2009 гг.)

Уровни подв. калия в почве, мг/кг	Варианты	Яровое триitikале		Горох посевной		Яровой рапс		З/м пелюшко-овсяной смеси (сухая масса)	
		урожай-ность, ц/га	содержание калия, %	урожайность, ц/га	содержание калия, %	урожай-ность, ц/га	содержание калия, %	урожай-ность, ц/га	содержание калия, %
200-250	1. Контроль	42,1	0,68	34,9	1,41	17,3	0,49	30,8	2,25
	2. NPK ₁	52,4	0,69	40,8	1,42	24,8	0,52	47,3	2,18
	3. NPK ₂	52,6	0,69	40,5	1,44	25,3	0,55	47,0	2,65
	4. NPK ₃	55,2	0,67	42,5	1,40	25,7	0,55	48,0	2,59
	5. NPK ₁	55,8	0,67	44,7	1,50	25,0	0,55	47,3	3,01
	6. NPK ₂	55,1	0,57	43,5	1,43	25,3	0,57	48,8	3,05
	7. NPK ₃	54,6	0,72	43,9	1,51	25,8	0,55	47,9	3,08
HCP _{0,05} варианты/ уровни K ₂ O		1,87/1,2		2,1/1,31		0,56/1,88		2,17/1,2	
pH 4,8-4,9									
300-350	1. Контроль	49,0	0,57	39,9	1,45	18,9	0,48	38,6	2,18
	2. NPK ₁	53,0	0,63	45,5	1,47	26,7	0,50	47,3	2,28
	3. NPK ₂	53,9	0,65	46,8	1,48	27,4	0,54	50,4	2,75
	4. NPK ₃	55,8	0,65	48,4	1,45	29,1	0,56	51,3	2,59
	5. NPK ₁	56,8	0,64	48,7	1,43	29,0	0,53	48,8	2,98
	6. NPK ₂	56,8	0,67	46,2	1,45	30,2	0,54	49,5	3,10
	7. NPK ₃	56,3	0,66	48,4	1,48	29,4	0,56	50,3	3,17
HCP _{0,05}		1,59/0,9		1,3/0,89		1,88/2,4		1,8/1,4	
pH 5,4-5,6									

2. Плодородие почв и применение удобрений

Уровни подв. калия в почве, мг/кг	Варианты	Яровое тритикале		Горох посевной		Яровой рапс		3/м пелюшко-овсяной смеси (сухая масса)	
		урожайность, ц/га	содержание калия, %	урожайность, ц/га	содержание калия, %	урожайность, ц/га	содержание калия, %	урожайность, ц/га	содержание калия, %
200-250	1. Контроль	47,0	0,67	39,1	1,46	19,9	0,49	40,1	2,35
	2. NPK ₁	57,3	0,66	42,3	1,42	28,9	0,53	48,9	2,46
	3. NPK ₂	57,9	0,59	43,9	1,43	30,3	0,56	51,8	2,35
	4. NPK ₃	60,7	0,60	46,2	1,47	32,3	0,56	53,0	2,29
	5. NPK ₁	61,2	0,59	47,3	1,50	32,4	0,58	51,8	3,04
	6. NPK ₂	60,1	0,58	45,6	1,46	33,2	0,58	51,2	3,07
	7. NPK ₃	61,5	0,61	45,6	1,47	33,5	0,58	50,7	2,98
HCP _{0,05}		2,4/0,74	0,02	1,3/0,88	0,04	1,4/0,98	0,02	2,0/1,6	0,06
HCP _{0,05} уровни рН		1,6		1,8		0,70		1,0	

рН 6,3-6,5

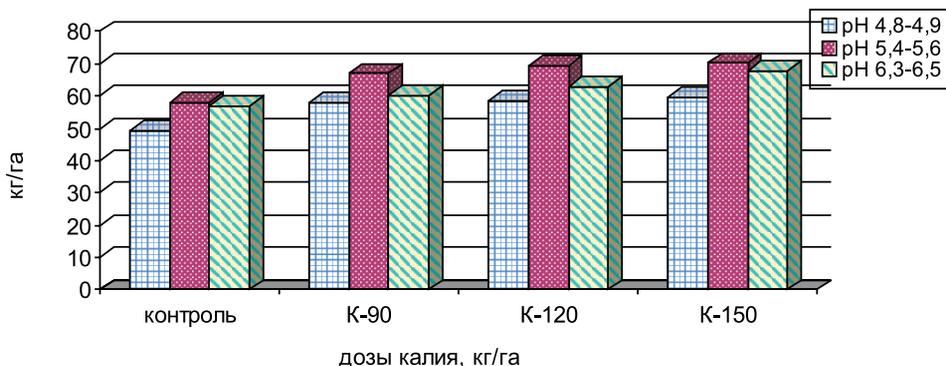


Рис. 3. Вынос калия урожаем зерна гороха в зависимости от кислотности почвы и доз калийного удобрения при уровне обеспеченности почвы подвижным калием 200-250 мг/кг

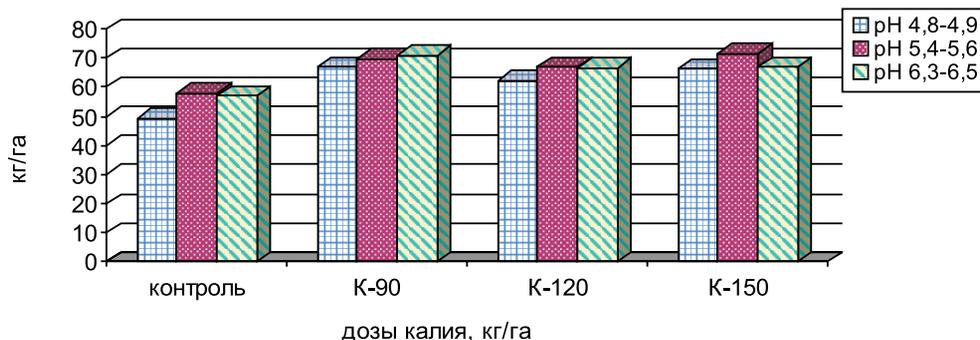


Рис. 4. Вынос калия урожаем зерна гороха в зависимости от кислотности почвы и доз калийного удобрения при уровне обеспеченности почвы подвижным калием 300-350 мг/кг

кислотности почвы снижение реакции ее среды с pH 4,8-4,9 до pH 6,3-6,5 способствовало повышению выноса калия урожаем сухой массы зерна тритикале с 28,6 до 31,5 кг/га или на 10,1%, что в большей мере связано с увеличением урожайности зерна (табл. 2). В вариантах с удобрениями изменение кислотности почвы и повышение уровня ее обеспеченности подвижным калием увеличивало вынос элемента урожаем зерна тритикале на 0,1-2,3 кг/га или на 0,3-6,2%. Параметры выноса калия на повышенном уровне обеспеченности почвы подвижным калием в вариантах с дозами калия 70, 90 и 120 кг/га составляли 35,0-36,8 кг/га, а на высоком уровне возрастали до 36,1-39,3 кг/га.

Меньше всего калия отчуждалось с урожаем семян ярового рапса вследствие его меньшего содержания в семенах (0,49-0,58%) и сравнительно более низкой урожайности (табл. 1, 2). На контрольных вариантах блоков кислотности почвы снижение реакции ее среды с pH 4,8-4,9 до pH 6,3-6,5 способствовало повышению выноса калия урожаем сухой массы семян рапса с 8,5 до 9,75 кг/га или на 14,7%, что объясняется увеличением урожайности семян рапса на 2,6 ц/га при снижении кислотности почвы.

Таблица 2

Вынос калия урожаем зерна ярового тритикале и семенами ярового рапса в зависимости от кислотности почвы, доз калийного удобрения при различном уровне обеспеченности почвы подвижным калием

Уровни подв. калия в почве, мг/кг	Варианты	Вынос калия урожаем, кг/га	
		зерно ярового тритикале	семена ярового рапса
pH 4,8-4,9			
200-250	1. Контроль	28,6	8,5
	2. NPK ₁	36,2	12,9
	3. NPK ₂	36,3	13,9
	4. NPK ₃	37,0	14,1
300-350	5. NPK ₁	37,4	13,8
	6. NPK ₂	37,4	14,4
	7. NPK ₃	39,3	14,2
pH 5,4-5,6			
200-250	1. Контроль	28,8	9,07
	2. NPK ₁	36,3	14,0
	3. NPK ₂	35,0	14,8
	4. NPK ₃	36,3	16,3
300-350	5. NPK ₁	36,4	15,4
	6. NPK ₂	36,3	16,3
	7. NPK ₃	37,1	16,5
pH 6,3-6,5			
200-250	1. Контроль	31,5	9,75
	2. NPK ₁	36,8	15,3
	3. NPK ₂	34,1	17,0
	4. NPK ₃	36,4	18,1
300-350	5. NPK ₁	36,1	18,8
	6. NPK ₂	34,9	19,3
	7. NPK ₃	37,5	19,4

По мере снижения кислотности почвы яровой рапс положительно отзывается на повышение обеспеченности почвы подвижным калием, увеличивая урожайность семян и, таким образом, вынос калия. Так, на уровне с pH 6,3-6,5 в вариантах с дозами калия 90, 120 и 150 кг/га увеличение обеспеченности почвы подвижным калием с 200-250 до 300-350 мг/кг сопровождается ростом урожайности семян рапса соответственно на 3,5, 2,9 и 1,2 ц/га. Таким образом, на повышенном уровне обеспеченности почвы подвижным калием в вариантах с удобрениями отчуждается с урожаем семян 12,9-18,1 кг/га калия, а на высоком уровне обеспеченности почвы подвижным калием – 13,8-19,4 кг/га (на 0,9-1,3 кг/га больше). За счет повышения уровня обеспеченности легкосуглинистой почвы подвижным калием по вариантам опыта с урожаем семян ярового рапса калия отчуждается больше на 0,1-3,5 кг/га или на 0,7-22,8%.

ВЫВОДЫ

1. На вынос калия основной продукцией сельскохозяйственных культур перво-степенное влияние оказывают их биологические особенности и уровень урожайности, который в свою очередь определяется уровнем кислотности почвы, ее обеспеченностью подвижным калием и дозами калийного удобрения.

2. По уровню содержания калия в сухой массе исследуемые культуры располагаются в следующем убывающем порядке: зеленая масса пелюшко-овсяной смеси (2,18-3,17%), зерно гороха (1,41-1,51%), зерно ярового тритикале (0,57-0,72%), семена ярового рапса (0,48-0,58%).

3. Увеличение выноса калия в вариантах без удобрений с урожаем зеленой массы пелюшко-овсяной смеси на 36%, с урожаем зерна гороха – на 17,4%, с урожаем зерна ярового тритикале на 10,1% и с урожаем семян ярового рапса – на 14,7% происходит в основном за счет роста урожайности вследствие снижения кислотности почвы со среднекислой реакции среды (рН 4,8-4,9) до близкой к нейтральной (рН 6,3-6,5).

4. Повышение уровня обеспеченности легкосуглинистой почвы подвижным калием с 200-250 до 300-350 мг/кг в зависимости от кислотности и доз калийного удобрения увеличивает вынос калия с урожаем: зеленой массы пелюшко-овсяной смеси – на 10,6-38,1%, семенами ярового рапса – на 0,7-22,8%, зерна гороха – на 2,0-18,0%, зерна ярового тритикале – на 0,3-6,2%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси / Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина. – 2007. – 448 с.

2. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 26 с.

3. Сычев, В.Г. Тенденции изменения агрохимических показателей плодородия почв Европейской части России / В.Г. Сычев. – Москва: ЦИНАО, 2000. – 187 с.

4. Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая / В.В. Лапа; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006. – С. 103.

REMOVAL OF POTASH BY A CROP OF CULTURES CROP ROTATION DEPENDING ON ACIDIC SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL, LEVEL OF SECURITY MOBILE POTASH AND DOZES POTASH OF FERTILIZER

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

Summary

In clause the data of researches for 2006-2009 are submitted., in which the changes removal potash by a grain yield spring triticale, grain of peas, spring rape seeds, green weight pea-oat mixture are analysed depending on acidic light loamy soil, level of its security mobile potash and dozes potash of fertilizer. Is established, that on removal potash by basic production of the specified cultures the paramount influence is rendered by their biological features and level of productivity. The growth of a level of security of soil mobile potash with 200-250 up to 300-350 mg/kg increases removal of an element on

variants with fertilizers on 0,3-38,1 of % depending on a kind of cultures. At the expense of decrease acidic of soil on control variants with среднекислой up to close to neutral, removal potash with the basic crop of researched cultures grows by 10,1-36,0%.

Поступила 20 марта 2012 г.

УДК 631.86:631.524.84:631.445.24

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА СЕВООБОРОТА И ДИНАМИКА АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

О.Н. Марцуль¹, В.Н. Босак²

¹Гродненский зональный институт растениеводства, г. Щучин, Беларусь

²Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Оценить действие удобрений на почву и растение наиболее полно можно в длительных полевых опытах. Уровень применения минеральных и органических удобрений в севообороте является одним из наиболее важных факторов, определяющих его продуктивность и состояние агрохимических показателей почвенного плодородия [1-5].

Органическим удобрениям принадлежит ведущая роль в воспроизводстве почвенного плодородия. В общем балансе элементов питания, вносимых ежегодно под сельскохозяйственные культуры, на долю органических удобрений приходится от 30 до 40%. Около 75% органических удобрений от внесенного количества минерализуется и участвует в питании растений, а 25% гумифицируется и идет на восполнение потерь гумуса при возделывании сельскохозяйственных культур. При сложившейся структуре посевных площадей в пахотных землях минерализуется в среднем 1,0-1,2 т/га гумуса в год (около 0,8 т/га под зерновыми культурами и однолетними травами; 1,2-1,5 т/га под пропашными культурами). На скорость минерализации гумуса влияют почвенные условия, интенсивность обработки, особенности севооборота, уровень внесения удобрений и др. За счет растительных остатков на связных почвах восстанавливается около 50%, на легких почвах – около 40% потерь гумуса; остальное количество должно быть восполнено за счет органических удобрений.

Для поддержания бездефицитного баланса гумуса в почвах пахотных земель Республики Беларусь в настоящее время необходимо вносить не менее 12 т/га органических удобрений или 55,7 млн. т. С учетом имеющегося поголовья скота может быть заготовлено 46,8 млн. т органических удобрений, или 10,0 т на 1 га пахотных земель [1, 6-9].

Недостающее количество органических удобрений может быть компенсировано за счет вовлечения в биологический круговорот в агробиоценозе дополни-

тельных источников органического вещества – соломы зерновых, зернобобовых, крестоцветных и крупяных культур, органических отходов промышленности, сборных компостов и т.д.

Цель исследований – изучить влияние применения различных видов органических удобрений на продуктивность звена севооборота и динамику агрохимических показателей дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению продуктивности звена севооборота и динамики агрохимических показателей в зависимости от применения различных видов органических удобрений проводили в полевом опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в СПК “Щемяслица” Минского района.

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% (индекс агрохимической окультуренности 0,89).

Исследуемые культуры – кукуруза гибрид Дельфин, яровое тритикале Узор, люпин узколистный Хвалько.

Схема опыта предусматривала внесение различных видов органических удобрений под кукурузу и их последствие под яровое тритикале и люпин узколистный на фоне полного минерального удобрения: кукуруза – $N_{90+30}P_{60}K_{120}$, яровое тритикале – $N_{60+30}P_{60}K_{120}$, люпин узколистный – $P_{40}K_{90}$.

Используемые органические удобрения и отходы промышленности характеризовались следующими показателями (% на сухое вещество):

– подстилочный навоз КРС ($N_{общ}$ – 0,40%; P_2O_5 – 0,43%; K_2O – 0,41%; CaO – 0,21%; MgO – 0,15%; органическое вещество – 18,65%; 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%; органическое вещество – 12,41%; 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%; органическое вещество – 32,09%; 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%; органическое вещество – 78,68%; влажность – 17,2%; pH – 6,32);

– солома ярового рапса ($N_{общ}$ – 0,64%; P_2O_5 – 0,49%; K_2O – 1,27%; CaO – 0,75%; MgO – 0,13%; органическое вещество – 79,34%; влажность – 16,3%; pH – 6,64);

– дефекат ($N_{общ}$ – 0,40%; P_2O_5 – 1,27%; K_2O – 0,05%; CaO – 25,25%; MgO – 0,77%; органическое вещество – 21,74%; влажность – 31,17%; pH – 8,91);

– гидролизный лигнин ($N_{общ}$ – 0,10%; P_2O_5 – 0,03%; K_2O – 0,003%; CaO – 0,47%; MgO – 0,01%; органическое вещество – 29,43%; влажность – 65,20%; pH – 5,37);

– свекловичный жом ($N_{общ}$ – 0,38%; P_2O_5 – 0,04%; K_2O – 0,18%; CaO – 0,05%; MgO – 0,07%; органическое вещество – 14,28%; влажность – 84,99%; pH – 3,55);

– вермикомпост ($N_{общ}$ – 0,69%; P_2O_5 – 0,70%; K_2O – 0,82%; CaO – 0,34%; MgO – 0,27%; органическое вещество – 15,91%; влажность – 53,4%; pH – 7,34).

Приготовленные компосты имели следующие показатели:

– компост на основе лигнина и дефеката – соотношение лигнин : дефекат = 1 : 1,4 ($N_{общ}$ – 0,17%; P_2O_5 – 0,42%; K_2O – 0,02%; CaO – 6,23%; MgO – 0,25%; органическое вещество – 15,26%; влажность – 61,3%; pH – 8,42);

2. Плодородие почв и применение удобрений

– компост на основе лигнина, дефеката и навоза – соотношение лигнин : дефекат : 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%; органическое вещество – 20,72%; влажность – 63,1%; pH – 8,43);

– торфонавозный компост – соотношение торф : бесподстилочный навоз : солома озимого тритикале = 1 : 3 : 0,05 ($N_{\text{общ}}$ – 0,55%; P_2O_5 – 0,27%; K_2O – 0,37%; CaO – 0,26%; MgO – 0,15%; органическое вещество – 22,95%; влажность – 67,2%; pH – 6,84);

– торфонавозный компост – соотношение торф : бесподстилочный навоз : солома ярового рапса = 1 : 3 : 0,05 ($N_{\text{общ}}$ – 0,55%; P_2O_5 – 0,23%; K_2O – 0,60%; CaO – 0,38%; MgO – 0,15%; органическое вещество – 23,79%; влажность – 68,4%; pH – 6,80).

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 и в подкормку (кукуруза – фаза 6-8 листьев культуры, яровое тритикале – фаза первого узла).

Коэффициенты перевода различных видов органических удобрений в условный навоз нами были рассчитаны, исходя из их агрономической эффективности при возделывании кукурузы, ярового тритикале и в целом за звено севооборота (за 1 взята прибавка от применения навоза КРС).

Агротехника возделывания исследуемых сельскохозяйственных культур – общепринятая для Республики Беларусь. Схема опыта была реализована на фоне интегрированной системы защиты растений. Агрохимические показатели пахотного слоя ($pH_{\text{КС}}$, содержание P_2O_5 , K_2O , гумус) определяли по общепринятым методикам, экономическую эффективность применения удобрений – по методике Института почвоведения и агрохимии в ценах на продукцию и удобрения на 1.09.2009 г. [10-13].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве применение различных видов органических удобрений увеличило урожайность зеленой массы кукурузы на 34-125 ц/га, зерна ярового тритикале (1 год последствий) – на 4,5-11,7 ц/га (при последствии внесения 20 т/га подстилочного навоза, а также смеси жома и дефеката отмечена лишь тенденция в увеличении урожайности зерна ярового тритикале на 1,8-2,9 ц/га) (табл. 1). При возделывании люпина узколистного на 2 год последствий органических удобрений отмечена лишь тенденция в изменении урожайности зеленой массы во всех вариантах с полным органоминеральным удобрением.

Применение минеральных удобрений повысило урожайность зеленой массы кукурузы на 176 ц/га, зерна ярового тритикале – на 23,7 ц/га, зеленой массы люпина узколистного – на 39 ц/га.

В целом, за звено севооборота кукуруза – яровое тритикале – люпин узколистный различные виды органических удобрений увеличили продуктивность на 4,7-15,6 ц/га к.ед., минеральные удобрения $N_{210}P_{160}K_{330}$ – на 26,2 ц/га к.ед., полное органоминеральное удобрение – на 28,3-41,8 ц/га к.ед. при общей продуктивности в удобренных вариантах 103,4-119,0 ц/га к.ед. и окупаемости 1 т условного навоза 21,7-28,0 к.ед. (табл. 1).

Таблица 1
Влияние удобрений на продуктивность звена севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	Урожайность товарной продукции, ц/га			Ø сбор к.ед., ц/га	Прибавка, ц/га к.ед.		Окупаемость 1 т условного навоза, к.ед.
	кукуруза, зеленая масса	яровое тритикале, зерно	люпин узколистный, зеленая масса		органические удобрения*	НРК + органические удобрения*	
Без удобрений	428	40,6	569	77,2	—	—	—
N ₂₁₀ P ₁₆₀ K ₃₃₀	625	65,1	608	103,4	—	26,2	—
Подстилочный навоз, 20 т/га + НРК	685	68,5	603	108,6	5,2	31,4	26,0
Солома озимого тритикале, 5 т/га + НРК	676	70,1	591	108,1	4,7	30,9	28,0
Дефекат, 40 т/га + НРК	656	67,6	589	105,6	2,2	28,4	—
Жом, 40 т/га + НРК	650	67,4	598	105,5	2,1	28,3	—
Жом, 20 т/га + дефекат, 20 т/га + НРК	684	68,9	609	109,1	5,7	31,9	25,0
Вермикомпост, 5 т/га + НРК	702	72,2	627	112,8	9,4	35,6	25,9
Солома озимого тритикале, 5 т/га + подстилочный навоз, 40 т/га + НРК	751	72,9	616	115,7	12,3	38,5	21,7
Подстилочный навоз, 60 т/га + НРК	781	75,0	622	119,0	15,6	41,8	26,0
Торфонавозный компост, 60 т/га (солома оз. тритикале) + НРК	769	73,2	623	117,5	14,1	40,3	26,7
Торфонавозный компост, 60 т/га (солома яр. рапса) + НРК	770	72,9	619	117,1	13,7	39,9	26,2
Компост (лигнин + дефекат), 60 т/га + НРК	706	69,7	611	111,0	7,6	33,8	25,9
Компост (лигнин + дефекат + навоз), 60 т/га + НРК	715	70,2	609	111,8	8,4	34,6	25,5
НСР ₀₅	24	2,7	28	3,5			

* Органические удобрения в звене севооборота вносили под кукурузу.

2. Плодородие почв и применение удобрений

Наибольшая продуктивность в звене севооборота получена в варианте с применением 60 т/га подстилочного навоза КРС в сочетании с полным минеральным удобрением $N_{210}P_{160}K_{330}$ – 119,0 ц/га к.ед. при прибавке от органических удобрений 15,6 ц/га к.ед. Практически одинаковую продуктивность обеспечило внесение 60 т/га торфонавозных компостов, а также 5 т/га соломы озимого тритикале совместно с 40 т/га подстилочного навоза КРС в сочетании с NPK – 115,7-117,5 ц/га к.ед. при прибавке от внесения органических удобрений 12,3-14,1 ц/га к.ед.

Достаточно высокая продуктивность в звене севооборота кукуруза – яровое тритикале – люпин узколистный на фоне NPK получена при внесении 5 т/га вермикомпоста (общая продуктивность – 112,8 ц/га к.ед., прибавка продуктивности – 9,4 ц/га к.ед.), а также сборных компостов на основе лигнина и дефеката (общая продуктивность – 111,0-111,8 ц/га к.ед., прибавка продуктивности – 7,6-8,4 ц/га к.ед.).

Внесение в звене севооборота 40 т/га смеси жома и дефеката обеспечило прибавку продуктивности 5,7 ц/га к.ед. при общей продуктивности в звене севооборота 109,1 ц/га к.ед. Применение 20 т/га подстилочного навоза, а также 5 т/га соломы озимого тритикале совместно с N_{40} способствовало дополнительному сбору 4,7-5,2 ц/га к.ед. при общей продуктивности звена севооборота 108,1- 108,6 ц/га к.ед.

Отдельное применение в звене севооборота 40 т/га жома или дефеката не способствовало существенному изменению продуктивности в звене севооборота кукуруза – яровое тритикале – люпин узколистный в исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

Применение полного минерального удобрения $N_{210}P_{160}K_{330}$ повысило продуктивность звена севооборота на 26,2 ц/га к.ед. при общей продуктивности 103,4 ц/га к.ед. и окупаемости 1 кг NPK 11,2 к.ед.

Кислотность почвы в исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в звене севооборота кукуруза – яровое тритикале – люпин узколистный в вариантах с применением традиционных видов органических удобрений (подстилочный навоз, солома, торфонавозный компост) за три года исследований практически не изменилась (табл. 2).

Таблица 2

Влияние удобрений на динамику агрохимических показателей пахотного слоя дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в звене севооборота

Вариант	pH _{ксл}		P ₂ O ₅ , мг/кг почвы		K ₂ O, мг/кг почвы		Гумус, %	
	2007 г.	2010 г.	2007 г.	2010 г.	2007 г.	2010 г.	2007 г.	2010 г.
Без удобрений	6,33	6,35	340	336	283	221	1,57	1,50
$N_{210}P_{160}K_{330}$	6,32	6,30	357	355	282	225	1,59	1,51
Навоз, 20 т/га + NPK	6,28	6,29	345	347	291	232	1,63	1,58
Солома озимого тритикале, 5 т/га + NPK	6,36	6,42	329	336	273	239	1,61	1,55
Дефекат, 40 т/га + NPK	6,82	7,45	332	341	282	270	1,87	1,80
Жом, 40 т/га + NPK	6,81	6,83	361	365	291	275	1,73	1,75
Жом, 20 т/га + дефекат, 20 т/га + NPK	6,37	6,84	326	334	261	254	1,64	1,65
Вермикомпост, 5 т/га + NPK	6,39	6,31	331	335	264	258	1,65	1,58
Солома оз. тритикале, 5 т/га + навоз, 40 т/га + NPK	6,44	6,40	322	337	253	264	1,87	1,90

Вариант	pH _{ксл}		P ₂ O ₅ , мг/кг почвы		K ₂ O, мг/кг почвы		Гумус, %	
	2007 г.	2010 г.	2007 г.	2010 г.	2007 г.	2010 г.	2007 г.	2010 г.
Навоз, 60 т/га + NPK	6,50	6,47	358	374	277	284	1,92	1,98
ТНК, 60 т/га (солома оз. тритикале) + NPK	6,51	6,53	360	376	267	278	1,85	1,92
ТНК, 60 т/га (солома яр. рапса) + NPK	6,70	6,75	335	350	282	289	1,94	2,00
Компост (лигнин + дефекат), 60 т/га + NPK	6,78	7,45	332	343	271	275	2,01	1,98
Компост (лигнин + дефекат + навоз), 60 т/га + NPK	6,89	7,37	341	351	287	292	2,09	2,05
НСП ₀₅	0,3	0,3	16	17	14	12	0,08	0,07

В контрольном варианте без применения удобрений и в варианте с отдельным применением полного минерального удобрения также не отмечено существенного изменения кислотности почвы.

Применение в звене севооборота дефеката (40 т/га), смеси жома и дефеката (40 т/га), а сборных компостов на основе лигнина и дефеката (60 т/га) привело к значительному изменению почвенной кислотности в сторону ее подщелачивания – показатель pH возрос на 0,47-0,67 ед., что связано, прежде всего, с нейтрализующим действием дефеката [14-15].

Некоторая тенденция снижения подвижного фосфора в почвенном горизонте исследуемой почвы отмечена лишь в контрольном варианте без применения удобрений, а также в варианте с отдельным применением минеральных удобрений.

Во всех вариантах с полным минеральным удобрением N₂₁₀P₁₆₀K₃₃₀ на фоне действия и последствия различных видов органических удобрений отмечена тенденция увеличения подвижного фосфора в пахотном слое с наибольшими показателями (от +15 до +16 мг/кг) при внесении 60 т/га подстилочного навоза или торфонавозных компостов, а также 40 т/га подстилочного навоза в сочетании с 5 т/га соломы озимого тритикале.

Существенное снижение содержания подвижного калия в пахотном слое в звене севооборота отмечено в контрольном варианте без применения удобрений, в варианте с отдельным внесением минеральных удобрений, а также в вариантах с полным органоминеральным удобрением при внесении невысоких доз органических удобрений (20 т/га подстилочного навоза и 5 т/га соломы озимого тритикале): от -34 до -62 мг/кг почвы.

В варианте с применением 40 т/га дефеката снижение подвижного калия в пахотном слое за три года исследований составило 13 мг/кг, 40 т/га жома – 16 мг/кг почвы. При применении в качестве органических удобрений смеси жома и дефеката (40 т/га), а также вермикомпоста (5 т/га) наблюдалась лишь некоторая тенденция снижения содержания подвижного калия. В вариантах с применением 60 т/га подстилочного навоза или компостов, а также 40 т/га подстилочного навоза в сочетании с 5 т/га соломы озимого тритикале отмечена положительная тенденция увеличения содержания подвижного калия в звене севооборота.

Некоторое снижение содержания гумуса в звене севооборота отмечено в контрольном варианте без применения удобрений, в варианте с отдельным применением минеральных удобрений, а также в вариантах с внесением 20 т/га подстилочного

навоза, 5 т/га соломы озимого тритикале, 5 т/га вермикомпоста, 40 т/га дефеката, 60 т/га сборных компостов на основе лигнина и дефеката. Наибольшая тенденция увеличения содержания гумуса в пахотном слое исследуемой почвы наблюдалась в вариантах с внесением 60 т/га подстилочного навоза и торфонавозных компостов.

Наряду с показателями агрономической и агрохимической эффективности важное значение в оценке предлагаемой системы удобрения отводится параметрам экономической эффективности, прежде всего, чистому доходу и рентабельности [1-3, 5, 10].

При расчете экономической эффективности применения органических удобрений в звене севооборота кукуруза – яровое тритикале – люпин узколистый на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве лучшие показатели чистого дохода и рентабельности обеспечило внесение 60 т/га подстилочного навоза и 40 т/га подстилочного навоза в сочетании с 5 т/га соломы озимого тритикале – 130,3-196,8 тыс. руб./га и 46-60% соответственно.

Достаточно высокая экономическая эффективность получена при использовании в качестве органического удобрения 5 т/га соломы озимого тритикале (чистый доход – 96,4 тыс. руб./га, рентабельность – 156%), что связано, прежде всего, с небольшими затратами на применение соломы, а также 60 т/га торфонавозных компостов: чистый доход – 91,2-101,6 тыс. руб./га, рентабельность – 25-27%.

Внесение 20 т/га подстилочного навоза КРС также оказалось экономически эффективным: чистый доход составил 41,6 тыс. руб./га с рентабельностью 31%.

Минимальную экономическую эффективность обеспечило также внесение в звене севооборота смеси жома и дефеката: чистый доход – 15,2 тыс. руб./га, рентабельность – 9%.

Применение в звене севооборота 40 т/га жома, 40 т/га дефеката, 5 т/га вермикомпоста, а также 60 т/га сборных компостов на основе лигнина и дефеката без учета внесения минеральных удобрений оказалось экономически нецелесообразным.

В практике агропромышленных предприятий в севообороте рекомендуется совместно использовать минеральные и органические удобрения. При научно обоснованном сочетании органических и минеральных удобрений устраняются специфические недостатки обоих видов и тем самым создаются условия наиболее рационального их использования [1-3, 5-6, 11, 13].

В исследованиях в звене севооборота кукуруза – яровое тритикале – люпин узколистый применение полного органоминерального удобрения оказалось экономически целесообразным во всех исследуемых вариантах – чистый доход в зависимости от опытного варианта составил 276,7-572,2 тыс. руб./га с рентабельностью 34-83%.

Лучшие показатели экономической эффективности полного органоминерального удобрения получены в вариантах с внесением 60 т/га подстилочного навоза КРС, а также 40 т/га подстилочного навоза КРС в сочетании с 5 т/га соломы озимого тритикале: чистый доход составил 505,8-572,2 тыс. руб./га с рентабельностью 64-68%.

Достаточно высокие показатели экономической эффективности получены в вариантах с внесением 60 т/га торфонавозных компостов в сочетании с НПК: чистый доход составил 466,7-477,1 тыс. руб./га с рентабельностью 53-54%.

Применение 20 т/га подстилочного навоза совместно с полным минеральным удобрением способствовало получению 417,1 тыс. руб./га чистого дохода с рентабельностью 65%.

Внесение 5 т/га соломы в сочетании с NPK обеспечило максимальную рентабельность в наших исследованиях – 83%; чистый доход применения полного органоминерального удобрения в данном варианте оказался 471,9 тыс. руб./га.

Применение в звене севооборота 40 т/га смеси жома и дефеката в сочетании с NPK обеспечило получение 390,7 тыс. руб./га чистого дохода при рентабельности 57%, 60 т/га сборных компостов на основе лигнина и дефеката – 315,4-343,9 тыс. руб./га чистого дохода при рентабельности 38-42%; 5 т/га вермикомпоста – 307,4 тыс. руб./га чистого дохода при рентабельности 34%.

Отдельное применение в звене севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве полного минерального удобрения $N_{210}P_{160}K_{330}$ способствовало получению чистого дохода в размере 375,5 тыс. руб./га с рентабельностью 74% (табл. 3).

Таблица 3

Экономическая эффективность применения органических и минеральных удобрений в звене севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	Прибавка, ц/га к.ед.	Стоимость прибавки, тыс. руб./га	Общие затраты, тыс. руб./га	Чистый доход, тыс. руб./га	Рентабельность, %
Без удобрений	–	–	–	–	–
$N_{210}P_{160}K_{330}$	26,2	882,7	507,2	375,5	74
Навоз, 20 т/га + NPK	31,4	1057,9	640,8	417,1	65
Солома озимого тритикале, 5 т/га + NPK	30,9	1041,0	569,1	471,9	83
Дефекат, 40 т/га + NPK	28,4	956,8	638,1	318,7	50
Жом, 40 т/га + NPK	28,3	953,4	676,7	276,7	41
Жом, 20 т/га + дефекат, 20 т/га + NPK	31,9	1074,7	684,0	390,7	57
Вермикомпост, 5 т/га + NPK	35,6	1199,4	892,0	307,4	34
Солома оз. тритикале, 5 т/га + навоз, 40 т/га + NPK	38,5	1297,1	791,3	505,8	64
Навоз, 60 т/га + NPK	41,8	1408,2	836,0	572,2	68
ТНК, 60 т/га (солома оз. тритикале) + NPK	40,3	1357,7	880,6	477,1	54
ТНК, 60 т/га (солома яр. рапса) + NPK	39,9	1344,3	877,6	466,7	53
Компост (лигнин + дефекат), 60 т/га + NPK	33,8	1138,7	823,3	315,4	38
Компост (лигнин + дефекат + навоз), 60 т/га + NPK	34,6	1165,7	821,8	343,9	42
НСП ₀₅	3,5				

ВЫВОДЫ

1. В исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве внесение в звено севооборота кукуруза – яровое тритикале – люпин узколистый различных видов органических удобрений (подстилочный навоз, торфонавозные компосты,

2. Плодородие почв и применение удобрений

сборные компосты на основе лигнина и дефеката, солома озимого тритикале, вермикомпост, смесь жома и дефеката) обеспечило прибавку продуктивности 4,7-15,6 ц/га к.ед. при общей продуктивности 108,1-119,0 ц/га к.ед. и окупаемости 1 т условного навоза 21,7-28,0 к.ед.

2. Лучшие показатели агрономической эффективности в звене севооборота обеспечило применение 60 т/га подстилочного навоза КРС, 60 т/га торфонавозных компостов, 40 т/га подстилочного навоза КРС совместно с 5 т/га соломы озимого тритикале в сочетании с $N_{210}P_{160}K_{330}$: общая продуктивность составила 112,8-119,0 ц/га к.ед., прибавка от внесения органических удобрений – 12,3-15,6 ц/га к.ед., прибавка от применения минеральных и органических удобрений – 38,5-41,8 ц/га к.ед.

3. Внесение в звено севооборота рекомендованных доз органических удобрений (60 т/га подстилочного навоза КРС, 60 т/га торфонавозных компостов, 40 т/га подстилочного навоза КРС в сочетании с 5 т/га соломы озимого тритикале) в сочетании с полным минеральным удобрением $N_{210}P_{160}K_{330}$ способствовало воспроизводству в пахотном слое дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы гумуса, а также подвижных соединений фосфора и калия.

4. Лучшие показатели экономической эффективности совместного применения органических удобрений и полного минерального удобрения $N_{210}P_{160}K_{330}$ в звене севооборота кукуруза – яровое тритикале – люпин узколистый на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве получены при внесении 60 т/га подстилочного навоза КРС, а также 40 т/га подстилочного навоза КРС в сочетании с 5 т/га соломы озимого тритикале (чистый доход – 505,8-572,2 тыс. руб./га, рентабельность – 64-68%).

ЛИТЕРАТУРА

1. Босак, В.Н. Органические удобрения / В.Н. Босак. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 256 с.
2. Босак, В.Н. Система удобрения в севооборотах на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах / В.Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2003. – 176 с.
3. Лапа, В.В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В. Лапа, В.Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2002. – 184 с.
4. Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая / В.В. Лапа, В.Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006. – 120 с.
5. Никончик, П.И. Агрэкономические основы систем использования земли / П.И. Никончик. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 532 с.
6. Адаптивные системы земледелия в Беларуси / под общ. ред. А.А. Попкова. – Минск, 2001. – 308 с.
7. Методические указания по учету и применению органических удобрений / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 16 с.
8. Применение органических удобрений в севооборотах / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: БелНИВНФХ в АПК, 2006. – 20 с.
9. Рекомендации по применению различных видов органических удобрений под сельскохозяйственные культуры / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 40 с.
10. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 24 с.

11. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отраслевых регламентов. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 304 с.

12. Агрохимия: практикум / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 368 с.

13. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси / Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.

14. Применение дефеката для известкования кислых почв / И.М. Богдевич [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2004. – 19 с.

15. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.

PRODUCTIVITY OF A CROP ROTATION LINK AND DYNAMICS OF AGROCHEMICAL INDICATORS OF SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL DEPENDING ON APPLICATION OF VARIOUS KINDS OF ORGANIC FERTILIZERS

O.N. Martsul, V.N. Bosak

Summary

In research on sod-podzolic light loamy soil an application of various kinds of organic fertilizers in a crop rotation link has provided an increase of productivity of 0,47-1,56 tha^{-1} f.u., at the general productivity in the fertilized variants of 10,81-11,90 tha^{-1} f.u.

The best indicators of agro-economic efficiency at reproduction in arable layer of sod-podzolic light loamy soil of agrochemical indicators of soil fertility are received in variants with entering of straw manure of cattle of 60 tha^{-1} , 60 tha^{-1} of peat-manures, and also 40 tha^{-1} straw manure of cattle in a combination to 5 tha^{-1} of straw winter triticale on a background of NPK (the general productivity of 11,57-11,90 tha^{-1} f.u., an increase of productivity from entering of organic fertilizers – 1,23-1,56 tha^{-1} f.u., full organic-mineral fertilizers – 3,85-4,18 tha^{-1} f.u., the pure income of application full organic-mineral fertilizers – 466,7-572,2 thousand rbl. ha^{-1} , profitability – 53-68 %).

Поступила 6 января 2012 г.

РЕЦЕНЗИИ

УДК 631.4

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ БЕЛАРУСИ

Т.А. Романова*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск*

РЕЦЕНЗИЯ НА МОНОГРАФИЮ В.Т. СЕРГЕЕНКО И В.Д. ЛИСИЦЫ «ГЛИНИСТЫЕ МИНЕРАЛЫ ПОЧВ БЕЛАРУСИ»

Почвенные исследования от самого зарождения почвоведения как науки осуществляются в двух аспектах. Почва рассматривается в качестве самостоятельного естественно-исторического тела природы, подчиняющегося биологическим законам формирования и функционирования в биосфере, а также в качестве объекта хозяйственной деятельности, обладающего способностью производить урожай растений – плодородием. Несмотря на то, что плодородие является единственным в своем роде свойством почв, обеспечивающим существование всего живого на планете Земля, в настоящее время оно исследуется в четко преобладающем утилитарном направлении, без должного внимания к сложнейшим процессам, совокупность которых проявляется в разнообразии почвенных разновидностей, различающихся далеко не только по доступному натурному наблюдению гранулометрическому составу.

Ситуация с оценкой плодородия почв по содержанию в них песка или глины сложилась на самых ранних этапах развития земледелия. В целом она подтверждается эмпирически и потому сохраняется до сих пор. Однако биологический аспект развития почвоведения свидетельствует, что учет разного происхождения (генезиса) почв может не только более взвешенно определить продукционную способность, но сохранить и корректировать потенциальные возможности каждой почвы в соответствии с особенностями механизма взаимодействия всех факторов почвообразования, проявляющихся на данном участке. Ясно, что это является основой прецизионного земледелия – устойчивого неистощительного хозяйственного использования главного богатства страны, а также дополнительным ресурсом продовольственной независимости. Рано или поздно этот ресурс будет востребован, так как, кроме генезиса почв, другого источника такой информации не существует.

В этом плане следует отметить опубликованную в 2011 году монографию В.Т. Сергеевко и В.Д. Лисицы, посвященную исследованиям глинистых минералов почв Беларуси. Твердая фаза всех почв, кроме торфяных, примерно на 90% состоит из разного размера обломков минералов, которые сохраняют следы процессов выветривания и почвообразования. При этом наиболее надежными свидетелями собственно почвообразования являются минералы фракции диаметром меньше 0,001мм – глинистые, или почвенные минералы, трансформированные из первичных минералов горных пород в результате воздействия всей совокупности биотических и абиотических факторов. В настоящее время наукой установлено

ограниченное число глинистых минералов биогенной природы, которые являются стабильными носителями информации, в значительной мере определяющей диагностирование генезиса почвы.

Можно сказать, что авторы рассматриваемой книги сформировали хранилище материалов, накопленных за последние 40 лет исследований минералогии почв Беларуси. Систематизация, обобщение и интерпретация данных позволяют в любой момент использовать имеющиеся сведения как в практических целях, так и для продолжения изучения глинистых минералов.

Книга состоит из введения, шести глав и заключения. Краткая история исследований глинистых минералов, начавшаяся в Беларуси со второй половины прошлого века, дополнена хорошим анализом литературных источников, отражающих современные представления об основных группах почвенных минералов с достаточно полными их характеристиками и методами определения. Отдельно описано состояние изученности минералов почв и почвообразующих пород в Беларуси. К достоинствам труда В.Т. Сергеенко и В.Д. Лисицы следует отнести внимание, которое они уделяют методическим вопросам идентификации и количественного анализа. Последнее имеет особое значение в связи с важностью количественных показателей, сложностью их получения и отсутствием приемов, полностью удовлетворяющих современные требования. Здесь нельзя ни упомянуть вклад в решение этого вопроса исследований В.Т. Сергеенко, который усовершенствовал метод рентгендифрактометрического определения количественного содержания глинистых минералов в образцах почвы. Модификация существующего метода состоит в том, что в качестве эталонных образцов для сравнения используются не чистые минералы из месторождений (как это принято), а фракции, выделенные из физической глины почв исследуемой территории. Верификация показала хорошую сходимости результатов определений, выполненных предлагаемым методом, с существующими эталонами. Методика в виде детального описания всех последовательных операций, начиная от выбора количества вещества, необходимого для анализа, приведена на страницах книги с исчерпывающей полнотой.

По этой методике установлен состав и определено содержание глинистых минералов в основных типах почв и почвообразующих пород Беларуси (глава IV). Рассмотрены почвы автоморфного и полугидроморфного ряда, развивающиеся на суглинках, песках и двучленных породах. В автоморфных [бурых лесных и дерново-палево-подзолистых (дерново-подзолистых – Т.Р.)] почвах отмечено существенное повышение концентрации глинистых минералов по направлению от породы к верхним горизонтам – от 12% до 40% . Полугидроморфные (дерново-подзолистые заболоченные) почвы характеризуются в гумусовых и подгумусовых горизонтах сильно выраженной трансформацией минералов: от слюд (*вермикулита*) до монтмориллонита. Интенсивность изменений возрастает с увеличением степени увлажнения почв и по профилю от верхних горизонтов до нижних, что свидетельствует о наличии тесной связи между составом глинистых минералов и гидроморфизмом почв, а значит, может служить диагностическим признаком.

Это положение развивается в главе V, где более подробно изложен характер последовательных изменений минералов илистой фракции в процессе почвообразования в ненарушенных и хозяйственно используемых почвах с оговоркой на сложность анализа полиминеральных фракций и отсутствие соответствующих работ для условий Беларуси. Тем не менее, пользуясь собственными и литератур-

ными данными, авторы приводят достаточно стройную картину трансформаций биотита, мусковита и диоктаэдрических слюд. Здесь обращает внимание положение об изменениях глинистых минералов в пахотных, хорошо окультуренных почвах, в которых отмечено явление аградации-фиксации минералами группы вермикулита калия и аммония из насыщенного этими элементами почвенного раствора и превращения вермикулита в диоктаэдрические слюды.

Присутствие в почве каолинита может быть результатом как синтеза, так и деградации минералов. Авторы монографии считают, что в пахотных горизонтах суглинистых хорошо окультуренных почв процессы синтеза преобладают над деградацией, так как в окультуренных автоморфных почвах в пахотных горизонтах четко выражено присутствие каолинита, а в элювиальных горизонтах тех же почв под естественной растительностью – вермикулита. Из этих наблюдений следует важный вывод о том, что интенсивное использование (окультуривание) почв влияет на их основные свойства. Однако оценка этого факта не отличается определенностью, появление в пахотных горизонтах каолинита может быть следствием как деградации полевых шпатов до вермикулита, так и аградации вермикулита до слюды. Это может означать, что окультуривание или усиливает мобилизацию дальнего резерва почвенного плодородия, или восстанавливает и сохраняет ближний резерв в подвижных минеральных структурах. Однако справедливость того или другого мнения требует статистически обоснованных доказательств. В настоящий момент предложения по учету полученной информации в процессе использования почв можно рассматривать только в качестве вероятных.

Возможности применения результатов исследования глинистых минералов в практической деятельности изложены в главе VI. Интересные данные касаются окраски подгумусовых горизонтов автоморфных дерново-подзолистых почв Беларуси. Можно считать установленным, какими минералами обусловлен палевый или белесый цвет этих горизонтов, но природа явления не рассмотрена. Вопрос о псевдофибрах и глинофибрах не раз обсуждался в обществе почвоведов Беларуси. Предлагаемый авторами метод разграничения в почвенных профилях псевдофибр как новообразований и глинофибр как седиментационных прослоек прост и надежен, но если происхождение глинофибр вопросов не вызывает, то о псевдофибрах следовало бы высказаться более определенно. Диагностика степени увлажнения полугидроморфных почв относится к числу достаточно сложных и вместе с тем важных моментов разграничения их генезиса. Стремление авторов монографии найти количественные показатели трех степеней гидроморфизма дерново-подзолистых почв на основании коэффициентов лабилизации минералов илистой фракции в иллювиальных горизонтах, конечно, заслуживает одобрения, хотя для широкого применения в целях диагностики процесс определения содержания глинистых минералов достаточно сложен, кроме того, само выделение иллювиальных горизонтов в полугидроморфных почвах часто вызывает затруднения. По сравнению с химическими методами вполне надежно и проще на основе рентгендифрактометрического исследования ила устанавливается принадлежность почв к типу подзолистых: в образцах из осветленного горизонта подзолистых почв при насыщении этиленгликолем проявляется смещение вермикулитового рефлекса в сторону монтмориллонитового. Данный метод защищен патентом (а.с. 1035516). Рассматриваемый в этой главе вопрос об уточнении балльных оценок плодородия дерново-карбонатных суглинистых почв, на мой

взгляд, нельзя отнести к числу решенных, так как, будучи аридными по природе, автоморфные дерново-карбонатные почвы (лептосоли) вообще не пригодны для пахотного использования. По большей части дерново-карбонатные пахотные почвы относятся к числу полугидроморфных. Наличие оглеения в лучших вариантах, используемых авторами, отмечено, но не учтено как возможная причина более высоких урожаев на них в таблице 72. «Стабильный» минералогический состав приведен почти без комментариев.

Коренное улучшение дерново-подзолистых пахотных почв путем составления смесей из разных гранулометрических фракций само по себе возражений не вызывает, но следует иметь ввиду ограниченные возможности его применения, например, для небольших полигонов, закрытого грунта или футбольных полей, когда любые расходы оправдываются высокими требованиями к качеству субстрата.

В Заключении высказана важная мысль о том, что почвообразование в значительной мере состоит в трансформации минералов. Элементарные процессы во всех почвах проявляются одинаково, но их соотношения и количество делают каждую почвенную разновидность своеобразным природным телом, обладающим плодородием. Синтез глинистых минералов (аградация) при окультуривании почв звучит в Заключении утвердительно, что, пожалуй, преждевременно.

Заканчивая характеристику монографии В.Т. Сергеенко и В.Д. Лисицы «Глинистые минералы почв Беларуси», надеюсь, что любопытный читатель получит достаточно полное представление о значении и содержании этого большого труда.

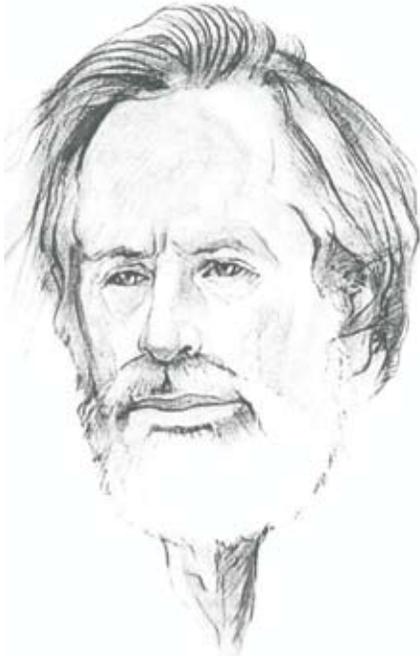
Как всякая серьезная работа, книга не лишена недостатков, частично отмеченных в ходе обсуждения и заключающихся в основном в констатации фактов без должной их интерпретации с позиций почвоведения. Это особенно относится к главе IV, где следовало бы отметить хотя бы самые общие черты почвообразовательных процессов (буроземообразование, оподзоливание, оглеение), тем более, что такие сведения есть в публикациях С.А. Тихонова, авторов монографии и других. Возможно, авторы монографии сознательно ограничивались перечислением глинистых минералов в строгом соответствии с названием книги, но об этом стоило бы предупредить читателя, как и о том, почему в книге фигурируют только почвы атмосферного увлажнения.

Также к числу замечаний относится довольно большое количество редакционных недочетов. Употребляются разные термины для одного и того же понятия: гранулометрический и механический состав, оксиды и окислы, тяжелые и связанные почвы и др. В одном случае автоморфные почвы названы дерново-палево-подзолистые, в другом – дерново-подзолистые. Степень подзолистости почв только однажды вскользь упомянута, тогда как в почвоведческой литературе этому факту уделяется много внимания, что заслуживает объяснения и т.д.

В целом же наличие монографии В.Т. Сергеенко и В. Д. Лисицы «Глинистые минералы почв Беларуси» свидетельствует, что достижения белорусской школы почвоведения не потеряли своего значения и готовы ответить на все вызовы современности.

ЮБИЛЕИ

УЛАДЗІМІР ДАЊІЛАВІЧ ЛІСІЦА (да 80-годдзя са дня нараджэння)



15 студзеня 2012 г. споўнілася 80 гадоў аднаму з вядучых вучоных Беларусі ў галіне мінералогіі, мікрамарфалогіі, адлюстравальнай магчымасці глеб, кандыдату геолога-мінералагічных навук Уладзіміру Данілавічу Лісіцу.

У.Д. Лісіца нарадзіўся 15.02.1932 г. у вёсцы Вішанька Чэрвеньскага раёна Мінскай вобласці.

У 1953 годзе скончыў сярэднюю беларускамоўную школу №1 г. Чэрвеня са срэбным медалём. У тым жа годзе паступіў на філасофскае аддзяленне гістарычнага факультэта Беларускага дзяржаўнага ўніверсітэта. У 1955 г. у сувязі з расфарміраваннем тагачаснага філасофскага аддзялення ён перайшоў на трэці курс геалагічнага аддзялення геаграфічнага факультэта БДУ.

У 1958 г. Уладзімір Данілавіч паспяхова скончыў геалагічнае аддзяленне, атрымаўшы спецыяльнасць інжынера-

геолога-разведчыка. 16 жніўня таго ж года ён быў узяты на пасаду малодшага навуковага супрацоўніка НДІ (потым БелНДІГА, цяпер РУП «Інстытут глебазнаўства і аграхіміі»). З гэтага часу У.Д. Лісіца разам з П.С. Самадуравым акунуўся, так бы мовіць, з галавой у работу па арганізацыі лабараторыі мінералогіі, асваенні базавых імерсійнага, мікрамарфалагічнага, рэнтгенаграфічнага, электроннамікраскапічнага, тэрмічнага метадаў даследавання.

У 1963 г. У.Д. Лісіца паступіў у аспірантуру НДІ глебазнаўства (на завочную форму) і з вялікім натхненнем распачаў дасканалае вывучэнне гліністых мінералаў дзярнова-падзолістых глеб, якія развіваюцца на марэнных і азёрна-ледніковых пародах.

У 1970 г. у Аб'яднаным савеце Лабараторыі геахімічных праблемаў АН БССР і Інстытута геалагічных навук СССР У.Д. Лісіца абараніў кандыдацкую дысертацыю «Хіміка-мінералагічны склад і петраграфічная характарыстыка дзярнова-падзолістых глеб і глебаўтваральных парод Беларускага Паазер'я».

У 1970-80 гг. галоўным напрамкам навуковай дзейнасці У.Д. Лісіцы было вывучэнне мікрамарфалогіі розных глеб і распрацоўка метадыкі іх мікрафатаграфавання.

Менавіта дзякуючы дэталёваму вывучэнню мікрамарфалогіі глеб, якія фарміруюцца на зebraпадобных пясках і лёсападобных суглінках, яму ўдалося стварыць новае тэарэтычнае ўяўленне аб паходжанні гэтых глеб.

У 1980 г. Уладзіміра Данілавіча пераводзяць на больш высокі ўзровень навукова-даследчай працы. Ён на працягу 16 гадоў кіраваў у НДІ глебазнаўства і аграхіміі рознымі структурнымі падраздзяленнямі па вывучэнні коснага складніка глеб Беларусі, з'яўляўся загадчыкам лабараторыі мікрамарфалогіі і спектрафатаметрыі (1980-1982), загадчыкам сектара мікрамарфалогіі, спектрафатаметрыі і дыстанцыйных метадаў вывучэння глеб (1982-1996).

У 1996 г. сектар быў расфарміраваны, у сувязі з чым Уладзімір Данілавіч пераводзіцца на пасаду вядучага навуковага супрацоўніка аддзела метадыкі картаграфавання і банітыроўкі глеб (1996-2002).

Пасля смерці каханай жонкі і дарадчыцы Ганны Аляксандраўны Міклашэвіч ён апынуўся ў стане глыбокай дэпрэсіі, у 2002 г. звольніўся з Інстытута глебазнаўства і аграхіміі, з'ехаў з Мінска на малую радзіму ў вёску Кукалёўка Чэрвеньскага раёна.

Але затрымаўся там ненадоўга. Гаючае паветра лецішча, бацькоўскай хаты, клопаты дачок і ўнукаў, цёплыя адносіны былых калег, аднадумцаў і паплечнікаў хутка выклікалі ў яго жывы інтарэс да навуковай дзейнасці.

З 2003 г. і па сёння ён працуе пры Беларускам таварыстве глебазнаўцаў на грамадскіх пачатках (цяпер глебазнаўцаў і аграхімікаў), дэманструе надзвычайную працаздольнасць: за 8 гадоў (2003-2011) самастойна ці разам з аднадумцамі надрукаваў 25 цікавых грунтоўных артыкулаў, у тым ліку тры патэнты і манаграфію «Гліністыя мінералы глеб Беларусі» (разам з У.Ц. Сяргеенкам і А.Ф. Чарнышом).

Увогуле, па дадзеных 2011 г., У.Д. Лісіца з'яўляецца аўтарам (або саўтарам) 125 прац, сярод якіх – чатыры патэнты, адна манаграфія, шматлікія рукапісы, атлас адлюстравальнай магчымасці глеб Беларусі, 19 навуковых справаздач, 125 водгукаў на кандыдацкія і доктарскія дысертацыі, праекты і навукова-даследчыя праграмы.

Цяпер ён працуе над гісторыяй даследавання глеб Беларусі з сярэдзіны XIX і пачатку XX стагоддзяў.

На такое здольны толькі самаадданы ў творчых навуковых пошуках чалавек, які, нягледзячы на вельмі шаноўны ўзрост, працягвае радаваць аднадумцаў і паплечнікаў шчодрым плёнам сваёй нястомнай працы.

Кола навуковых інтарэсаў У.Д. Лісіцы: мінералогія, мікрамарфалогія і адлюстравальная магчымасць глеб Беларусі. Вывучаў мінеральны склад глеб, пераўтварэнне (дэградацыя, аградацыя) мінералаў пад уздзеяннем прыродных і аграгенных працэсаў, структуру і тэкстуру генетычных гарызонтаў, фактары, якія абумоўліваюць адлюстравальную магчымасць глеб; зрабіў вялікі ўнёсак у існуючую тэорыю артзандаў, псеўда- і глінафібраў; абгрунтаваў канцэпт уальную магчымасць выкарыстання рыхлых антрапагенавых парод у якасці глебавага субстрату для стварэння штучных глеб з зададзенымі аграхімічнымі імператывамі для ліквідацыі наступстваў аварыі на Чарнобыльскай АЭС; даказаў адсутнасць дэтэрмінаванай сувязі паміж тыпамі глеб Беларусі і іх мінералагічным складам; паказаў, што абавязковым складнікам урадлівай глебы ў любым яе стане з'яўляюцца гліністыя мінералы; прапанаваў новую рэсурса- і энергазберагальную тэхналогію вытворчасці вапнавага меліяранства для кіслых глеб.

Што пажадаць табе, шаноўны Уладзімір Данілавіч, у гэты ўрачысты дзень?! Вядома ж, моцнага здароўя і плёну ў жыцці і працы, якія даруюць сапраўднае чалавечае шчасце.

В.Т. Сергеенко

РЕФЕРАТЫ

УДК 631.459

Черныш А.Ф., Сергеенко В.Т., Кондаурова А.Г. Новые подходы к количественной оценке эрозионной деградации почв // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1(48). – С. 7–17.

В статье приводится количественная оценка степени эрозионной деградации дерново-подзолистых почв по отношению внутренней энергии почвенного поглощающего комплекса к внутренней энергии гумуса. Для незэродированных почв это соотношение составляет менее 70, слабоэродированных – 70-110, для среднеэродированных – 110-210, сильноэродированных – 210-320. Количественные показатели эрозионной деградации почв позволяют прогнозировать недобор урожая сельскохозяйственных культур и устанавливать потери мелкозема.

Табл. 8. Рис. 1. Библиогр. 13.

1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 631.42

Шоба С.А., Алябина И.О., Иванов А.В., Колесникова В.М., Красильников П.В., Урусевская И.С., Медведев В.В., Лактионова Т.Н., Бигун О.Н., Накисько С.Г., Шейко С.Н., Савченко К.В., Цытрон Г.С., Матыченков Д.В., Шульгина С.В., Калюк В.А., Шибут Л.И. К вопросу создания единой базы данных почвенных ресурсов России, Украины и Беларуси // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1(48). – С. 18–23.

В статье рассматривается концепция создания единой базы данных почв России, Украины и Беларуси и представлены результаты исследований по разработке ее структуры и системы управления.

Рис. 1. Библиогр. 7.

УДК 631.47

Бубнова Т.В., Дробыш С.В., Горбачева Е.В. Отражательная способность агроземов культурных // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1(48). – С. 23–29.

В статье представлены данные исследований спектральной отражательной способности агроземов культурных связнопесчаного гранулометрического состава, которые четко указывают на отсутствие дифференциации профиля этих почв на генетические горизонты, характерные для дерново-подзолистых почв, и правомерность их выделения на уровне самостоятельного типа в классификации почв Беларуси.

Табл. 2. Библиогр. 8.

УДК 631.459.3:631.8.022.3:631.582

Шик А.С., Устинова А.М., Лихацевич Н.А., Домась А.С. Продуктивность дефляционноопасных почв Полесья и эффективность применения удобрений в дифференцированных севооборотах // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1(48). – С. 29–37.

В результате проведенных исследований установлено, что производительная способность дефляционноопасных почв Полесья в зернопропашном (традиционном) севообороте на 1-14% выше, чем в почвозащитном (травяно-зерновом).

Расчет показателей экономической эффективности свидетельствует, что чистая прибыль от применения удобрений в почвозащитном севообороте ниже, чем в традиционном. Так, в травяно-зерновом севообороте в лучшем варианте ($N_{270}P_{420}K_{640}$ + микроэлементы) чистый доход составил 99-367 \$ с рентабельностью 11-38%. В то время как в зернопропашном севообороте в самом экономически эффективным варианте ($N_{445}P_{320}K_{600} + V_{0,05} + Cu_{0,15} + 50$ т/га навоза за ротацию севооборота) получено 319-502 \$/га чистой прибыли с рентабельностью 31-46%.

Табл. 4. Рис. Библиогр. 8.

УДК 631.459.23'

Лихацевич Н.А. О пороговой скорости ветра при количественной оценке интенсивности дефляции // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1(48). – С. 38–44.

В статье выполнен краткий анализ эмпирических зависимостей, предложенных для расчета дефляции, и обобщенной эмпирической модели ветровой эрозии почв, разработанной В.М. Гендуговым и Г.П. Глазуновым, с целью их дальнейшей апробации и адаптации для условий Белорусского Полесья, где дефляция почв проходит наиболее интенсивно и наносит наибольший ущерб плодородию почв. Рассмотрен основной фактор, влияющий на вынос почвенных частиц воздушным потоком, – касательное напряжение трения, вызываемое ветром на поверхности почвы. При аппроксимации опубликованных опытных данных, полученных В.М. Гендуговым и Г.П. Глазуновым в аэродинамической трубе, осуществлена проверка гипотез о форме зависимости касательного напряжения трения от скорости ветра. Впервые установлено, что в качестве аргумента расчетной квадратичной зависимости следует использовать скорость ветра за минусом величины, названной нами «пороговой скоростью ветра» и имеющей ясный физический смысл: только при достижении пороговой скорости возникает (и начинает расти при дальнейшем росте скорости ветра) касательное напряжение трения на поверхности почвы. Определено, что при достижении ветром пороговой скорости еще не наблюдается перемещения и отрыва от поверхности почвенных частиц, но уже возникает касательное напряжение трения и появляются предпосылки к началу развития процесса дефляции.

Статистический анализ опытного материала показал, что теснота связи полученной зависимости выше, чем у предлагавшихся ранее моделей дефляции почв с использованием скорости ветра в кубе и в квадрате, что свидетельствует о правомерности введения предложенного параметра. Проведено обоснование численного значения пороговой скорости ветра, которое является постоянным для

любой почвенной поверхности с любой шероховатостью, размером и плотностью слоения частиц, и составляет около 4 м/с.

Рис. 3. Библиогр. 12.

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.8.022.3:633.112.9:631.445.2

Лапа В.В., Ивахненко Н.Н., Бачище А.В., Шумак С.М., Грачева А.А. Влияние систем удобрения на качество зерна озимого тритикале при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1(48). – С. 45–54.

Результаты исследований по влиянию минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимого тритикале, возделываемого в зернотравяном севообороте после клевера лугового на дерново-подзолистой супесчаной почве, показали, что дробное внесение азота в дозе 150 кг/га (N_{90} в начале возобновления вегетации + N_{30} в фазу 1 узла стеблевания + N_{30} в фазу последний лист) на фоне $P_{40}K_{80}$ и последействия 40 т/га соломистого навоза КРС способствовало формированию урожайности озимого тритикале – 72,6 ц/га. При этом сбор кормовых единиц составил 98,7 ц к.ед./га, содержание и сбор сырого протеина – 12,2% и 768 кг/га соответственно, масса 1000 семян – 45,69 г, сумма критических аминокислот – 7,27 г/кг зерна и 70,50 мг/г белка, биологическая ценность белка, оцененная по «аминокислотному скору» незаменимых аминокислот АКн, – 101,4%.

Табл. 4. Библиогр. 7.

УДК 631.8.022:633.15:631.445.2

Серая Т.М., Бирюкова О.М., Богатырева Е.Н., Мезенцева Е.Г. Отзывчивость кукурузы на применение различных видов органических удобрений при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1(48). – С. 54–61.

Изучена сравнительная эффективность применения органических компостов, сапропеля и подстилочного навоза КРС при возделывании кукурузы на зеленую массу на дерново-подзолистой супесчаной почве.

Табл. 4. Рис. 1. Библиогр. 8.

УДК 631.8.022.3:631.445.2

Серая Т.М., Мезенцева Е.Г., Богатырева Е.Н., Бирюкова О.М., Бирюков Р.Н. Влияние систем удобрения на баланс элементов питания и агрохимические показатели дерново-подзолистой супесчаной почвы // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – №1(48). – С. 62–69.

На дерново-подзолистой супесчаной почве при высокой продуктивности севооборота (473,9 ц к.ед.) внесение $N433P290K590$ на фоне 60 т/га навоза было

недостаточным для сохранения содержания гумуса в почве на исходном уровне, эта доза удобрений обеспечила только небольшой прирост подвижных форм фосфора и калия.

За счет заправки соломы содержание гумуса в почве увеличилось на 0,04-0,07%, подвижных форм P_2O_5 – на 8-16 мг/кг, K_2O – на 20-29 мг/кг.

Табл. 4. Библиогр. 7.

УДК 631.81:631.872:631.445.2

Богатырева Е.Н., Серая Т.М., Мезенцева Е.Г., Бирюкова О.М., Бирюков Р.Н. Изменение содержания элементов питания и углерода в соломе сельскохозяйственных культур в процессе ее трансформации в дерново-подзолистых почвах // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1(48). – С. 70–81.

В модельно-полевых опытах изучена динамика содержания элементов питания и углерода в неминерализованных остатках различных видов соломы в процессе ее трансформации в дерново-подзолистых почвах.

Табл. 3. Библиогр. 21.

УДК 633.112.9:631.82:631.445.2

Вильдфлуш И.Р., Коготько Е.И. Сортовая отзывчивость яровой пшеницы на условия минерального питания на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1(48). – С. 82–89.

Изучено влияние различных доз минеральных удобрений и комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста на продуктивность и качество зерна сортов яровой пшеницы.

Установлено, что сорт Тома был наиболее отзывчивым на увеличение доз минеральных удобрений с $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ до $N_{75}P_{70}K_{120} + N_{25}КАС + N_{20}$, что наблюдалось увеличением урожайности зерна на 5,4 ц/га и сырого белка в зерне на 2,2%. Оптимальным вариантом применения удобрений явилось применение Фитовитала на фоне $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$, где урожайность составила 49,0 ц/га, содержание сырого белка – 15,1%.

Сорт Сабина обеспечивал получение более высокой урожайности зерна по сравнению с сортом Тома. Наибольшая урожайность зерна и содержание сырого белка получена в варианте $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС +$ Фитовитал – 54,0 ц/га и 14,1% соответственно.

Табл. 3. Библиогр. 8.

УДК 636.085.333:631.824:631.445.2

Таврыкина О.М., Богдевич И.М., Довнар В.А., Третьяков Е.С. Зависимость урожайности зеленой массы кукурузы от обеспеченности дерново-подзолистой суглинистой почвы магнием и применения удобрений // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1(48). – С. 90–99.

Приводятся 2-летние данные полевого опыта с кукурузой на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с четырьмя разными уровнями содержания обменного магния. Установлено увеличение урожайности зеленой массы на 11-19% при повышении содержания Mg в диапазоне 73-181 мг/кг почвы. Дальнейшее повышение содержания Mg до уровня 235-243 мг/кг почвы было избыточным, а урожайность кукурузы снижалась на 5-9%. Некорневые подкормки кукурузы сульфатом магния обеспечивали достоверные прибавки урожайности только на низком и среднем уровнях содержания обменного магния в почве.

Табл. 1. Рис. 4. Библиогр. 28.

УДК 633.854.54:[631.82+661.162.6]

Корнейкова Ю.С., Ходянков А.А. Агрономическая и экономическая эффективности совместного применения минеральных удобрений и регуляторов роста растений на льне масличном // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – №1(48). – С. 99–109.

В статье отражены результаты исследований за 2008–2010 гг. льна масличного сорта Брестский, проведенные в северо-восточной части Беларуси на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. В полевых опытах изучалось влияние совместного использования минеральных удобрений и регуляторов роста растений на урожайность и качество льнопродукции.

Наиболее эффективным оказалось использование brassinosterоидов в два приема: с семенами при их инкрустировании и опрыскивании посевов в фазу «елочки» на фоне полного минерального удобрения в дозе $N_{45}P_{60}K_{90}$. При этом урожайность семян составила 16,7-17,2 ц/га с содержанием в них масла – 49,7-50,1%; урожайность соломы – 41,7-42,3 ц/га при среднем номере 0,5-1,0; условный чистый доход с 1 га – 1194134-1353820 руб. при рентабельности – 217,2-231,8%.

Табл. 4. Библиогр. 14.

УДК 631.812.2:633:631.445.2

Рак М.В., Титова С.А., Барашкова Е.Н., Николаева Т.Г. Эффективность жидких удобрений МикроСтим при возделывании пропашных, овощных и плодово-ягодных культур на дерново-подзолистых почвах // Почвоведение и агрохимия. – № 1(48). – С. 109–116.

На дерново-подзолистых почвах в полевых опытах с пропашными, овощными и плодово-ягодными культурами изучена эффективность различных марок и доз жидких микроудобрений МикроСтим.

Табл. 6. Библиогр. 7.

УДК 633.358:631.81.095.337

Мишура О.И. Эффективность макро- и микроудобрений при возделывании гороха на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1(48). – С. 117–123.

Применение микроудобрений ЭлеГум Бор повышало урожайность семян гороха на фоне $N_{30}P_{60}K_{90}$ в среднем за 2009-2010 гг. на 4,7, Витамар – на 4,8 ц/га, Басфолиар 36 Экстра – 4,7 и Эколист для зернобобовых культур – на 5,3 ц/га.

Табл. 5. Библиогр. 7.

УДК 631.8.022: 635.65

Минюк О.Н. Влияние удобрений на динамику продукционных процессов спаржевой фасоли на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1(48). – С. 123–130.

В исследованиях на дерново-подзолистой супесчаной почве применение удобрений способствовало активизации продукционных процессов спаржевой фасоли. Максимальная урожайность спаржевой фасоли в фазу технологической спелости 210,9-212,2 ц/га при прибавке урожая 54,0-58,8 ц/га получена в варианте с внесением в предпосевную культивацию $N_{50}P_{40}K_{90}$.

Табл. 4. Библиогр. 10.

УДК 633.791:631.811.98(476.7)

Регилевич А.А. Влияние доз внесения Экосила на продуктивность хмеля обыкновенного (*Humulus Lupulus*) на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1(48). – С. 130–136.

Полевыми исследованиями, проведенными в 2010-2011 гг. на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой легким мореным суглинком, в фермерском хозяйстве «Магnum-Хмель» Пружанского района Брестской области установлены оптимальные дозы внесения Экосила и его влияние на урожайность и качество шишек хмеля. Максимальная урожайность шишек хмеля 17,2 ц/га при содержании в них альфа-кислот 12,5% и сборе их с единицы площади 2,15 ц/га получена в результате применения Экосила 40 мл/га в два приема: 1 – во второй декаде мая в начале интенсивного роста хмеля при высоте растений 1,5-2,0 м; 2 – во второй декаде июня в начале образования и роста боковых побегов при высоте растений 4,5-5,0 м на фоне 30 т/га органических удобрений + $N_{180}P_{120}K_{160}$.

Табл. 3. Библиогр. 5.

УДК 631.847.22:633.16:631.445.2

Михайловская Н.А., Богдевич И.М., Миканова О., Тарасюк Е.Г., Барашенко Т.Б., Дюсова С.В., Погирницкая Т.В. Влияние фосфатмобилизующих бактерий на ростовые процессы, урожайность и фитосанитарное состояние посевов зерновых культур на дерново-подзолистых супесчаных почвах // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1(48). – С. 136–149.

Фосфатмобилизующие бактерии стимулируют развитие растений на ранних этапах онтогенеза, повышая их адаптивные возможности. За счет инокуляции объем корней увеличивается на 14-30%, биомасса корней – на 11-32%, биомасса надземной части растения – на 6-19% по сравнению с контролем. Инокуляция

посевов озимого тритикале и ячменя обеспечивала снижение показателей распространения корневых гнилей в 1,2-1,3 раза и развития болезней в 1,3-2,3 раза. Применение фосфатмобилизирующих инокулянтов приводило к повышению урожайности озимого тритикале и ячменя, обусловленному сочетанием таких факторов, как стимуляция роста, фунгистатический эффект и фосфатмобилизация.

Табл. 8. Рис. 2. Библиогр. 24.

УДК 631.8.022.36633:631.438

Богдевич И.М., Подоляк А.Г., Новикова И.И. Эффективность минеральных удобрений при возделывании многолетней бобово-злаковой травосмеси на загрязненной ^{137}Cs и ^{90}Sr торфяной почв // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1(48). – С. 150–159.

Представлены результаты полевого опыта (2008-2010 гг.) на осушенной торфяной маломощной почве, загрязненной ^{137}Cs и ^{90}Sr . Установлено существенное влияние разных доз минеральных удобрений на урожайность зеленой массы многолетней клеверозлаковой травосмеси и переход радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в зеленый корм.

Табл. 5. Рис. 1. Библиогр. 17

УДК 632.15:631.416.313:631.828

Головатый С.Е., Ковалевич З.С., Ефимова И.А., Лукашенко Н.К., Сидорейко Н.В. Содержание различных форм натрия в зоне влияния ПО «Беларуськалий» // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1(48). – С. 159–167.

Приведены результаты исследований по определению подвижных форм натрия в почвах в условиях техногенного загрязнения почв. На загрязненных почвах более половины подвижного натрия представлена водорастворимыми формами. Распределение подвижного натрия по профилю почв носит элювиально-иллювиальный характер и зависит от водного режима почв.

Табл. 1. Рис. 4. Библиогр. 15.

УДК 631.83:631.582:631:631.415.1:631.445.2

Сафроновская Г.М., Германович Т.М., Сатишур В.А., Царук И.А. Вынос калия урожаем культур севооборота в зависимости от кислотности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, уровня обеспеченности подвижным калием и доз калийного удобрения // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1(48). – С. 167–177.

В статье представлены данные исследований за 2006-2009 гг., в которых проанализированы изменения выноса калия урожаем зерна ярового тритикале, зерна гороха, семенами ярового рапса, зеленой массой пелюшко-овсяной смеси в зависимости от кислотности легкосуглинистой почвы, уровня ее обеспеченности подвижным калием и доз калийного удобрения. Установлено, что на вынос калия основной продукцией указанных культур первостепенное влияние оказывают их биологические особенности и уровень урожайности. Рост уровня обеспеченности

почвы подвижным калием с 200-250 до 300-350 мг/кг увеличивал вынос элемента по вариантам с удобрениями на 0,3-38,1% в зависимости от вида культур. За счет снижения кислотности почвы на контрольных вариантах со среднекислой до близкой к нейтральной вынос калия с основной продукцией исследуемых культур возрастал на 10,1-36,0%.

Табл. 2. Рис. 4. Библиогр. 4.

УДК 631.524.84: 633.19

Марцунь О.Н., Босак В.Н. Продуктивность звена севооборота и динамика агрохимических показателей дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в зависимости от применения различных видов органических удобрений // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1(48). – С. 177–186.

В исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве применение различных видов органических удобрений в звене севооборота кукуруза – яровое тритикале – люпин узколистный обеспечило прибавку продуктивности 4,7-15,6 ц/га к.ед. при общей продуктивности в удобренных вариантах 108,1-119,0 ц/га к.ед. и окупаемости 1 т условного навоза 21,7-28,0 к.ед.

Лучшие показатели агроэкономической эффективности при воспроизводстве в пахотном горизонте дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы агрохимических показателей почвенного плодородия получены в вариантах с внесением 60 т/га подстилочного навоза КРС и торфонавозных компостов, а также 40 т/га подстилочного навоза КРС в сочетании с 5 т/га соломы озимого тритикале совместно с НРК (общая продуктивность – 115,7-119,0 ц/га к.ед., прибавка продуктивности от внесения органических удобрений – 12,3-15,6 ц/га к.ед., полного органоминерального удобрения – 38,5-41,8 ц/га к.ед., чистый доход от применения полного органоминерального удобрения – 466,7-572,2 тыс. руб./га, рентабельность – 53-68%).

Табл. 3. Библиогр. 15.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Научный журнал «Почвоведение и агрохимия» согласно приказу ВАК Республики Беларусь от 4.07.2005 № 101 (в редакции приказа ВАК Республики Беларусь от 2 февраля 2011 г. № 26) включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований. Направляемые статьи должны являться оригинальными материалами, не опубликованными ранее в других печатных изданиях.

Текст научной статьи должен быть подготовлен в соответствии с требованиями главы 5 Инструкции по оформлению диссертации, автореферата и публикаций по теме диссертации (утверждена Постановлением ВАК Республики Беларусь от 22.02.2006 № 2) и иметь следующую структуру: индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК); введение; основную часть (разделы – методика и объекты исследования, результаты исследований и их обсуждение), выводы, список цитированных источников. К статье прилагается аннотация на русском и английском языках (с переводом названия статьи, фамилий авторов). Статья должна быть подписана всеми авторами.

Объем статьи не должен превышать 10 страниц формата А 4, но не менее 14 тыс. печатных знаков. Все материалы представляются распечатанными на бумаге и на электронном носителе.

Электронный вариант должен быть набран в текстовом редакторе Microsoft Word шрифтом Arial (размер кегля – 10 пт, через одинарный интервал, абзац – 0,75). Рисунки даются в формате TIF.JPG 300–600 точек на дюйм. Текст на рисунках также должен быть набран гарнитурой Arial, размер кегля соизмерим с размером рисунка. Подписи к рисункам и схемам делаются отдельно.

Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления», ссылки нумеруются согласно порядку цитирования в тексте. Порядковые номера ссылок по тексту должны быть написаны внутри квадратных скобок (например [1], [2]). Ссылка на неопубликованные работы не допускается.

Иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте.

Размерность всех величин, используемых в статьях, должна соответствовать Международной системе единиц измерения (СИ).

Поступившая статья направляется на рецензию, затем визируется членом редколлегии и рассматривается на заседании редколлегии. Возвращение статьи автору на доработку не означает, что она принята к печати. Статьи не по профилю журнала возвращаются авторам после заключения редколлегии.

Редакция оставляет за собой право вносить в текст редакционную правку.

Ответственная за выпуск *Н.Ю. Жабровская*
Редактор и корректор *Т.Н. Самосюк*
Компьютерная верстка *И.В. Волчецкой*

Подписано в печать 15.06.2012. Формат 70x100 1/16. Бумага офсетная.
Усл. п.л. 23,48. Уч.-изд. л. 17,55. Тираж 150 экз. Заказ 331.

Отпечатано в Республиканском унитарном предприятии
«Информационно-вычислительный центр Министерства финансов
Республики Беларусь»
ЛП № 02330/0494120 от 11.03.2009.
220004, г. Минск, ул. Кальварийская, 17