

ISSN 0130-8475

---

**Институт почвоведения и агрохимии**

---

# **ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

*Основан в 1961 г.*

**№ 2(43)**

**Июль–декабрь 2009 г.**

Минск  
2009

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

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

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

Главный редактор *В.В. ЛАПА*

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

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

## **ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ**

**2 (43)**

***Июль–декабрь 2009 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](mailto:brissainform@mail.ru)

© Республиканское научное дочернее унитарное  
предприятие «Институт почвоведения  
и агрохимии», 2009

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Лапа В.В., Ивахненко Н.Н.</b> Параметры изменения агрохимических свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от севооборотов и систем удобрения.....	7
--	---

### 1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

<b>Черныш А.Ф., Радюк А.Э.</b> Оценка факторов формирования эрозийных процессов в целях планирования и адаптации противозерозионных комплексов к почвенно-экологическим условиям Беларуси.....	23
<b>Черныш А.Ф., Устинова А.М., Радюк А.Э., Юхновец А.В.</b> Морфология и основные свойства эродированных дерново-палево-подзолистых почв, развивающихся на лессовидных и лессовых суглинках (по результатам мониторинговых наблюдений).....	32
<b>Шульгина С.В., Сергеенко В.Т., Горбачева Е.В., Цытрон Е.В.</b> Минералогический состав илистых фракций агроземов культурных.....	42
<b>Сергеенко В.Т., Цытрон Г.С., Шибут Л.И., Шульгина С.В., Калюк В.А., Шкуринов П.И.</b> Оценка генетического потенциала агродерново-карбонатных легкосуглинистых почв.....	52
<b>Романова Т.А.</b> Почвы лесных, луговых и полевых биогеоценозов.....	59
<b>Жибуртович К.К., Жишкевич М.М.</b> Влияние осушения на продуктивность прилегающих земель сельскохозяйственного назначения.....	67

### 2. ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

<b>Богдевич И.М., Терещенко Н.Д.</b> Продуктивность пашни и эффективность удобрений в зависимости от почвенно-агрохимических и экономических факторов.....	79
<b>Богатырева Е.Н., Серая Т.М., Бирюкова О.М., Ломонос М.М.</b> Состав подвижной фракции гумусовых веществ дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в зависимости от систем удобрения.....	92
<b>Царук И.А.</b> Агрономическая эффективность известкования дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы.....	100
<b>Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Марцель О.Н., Бирюков Р.Н., Туров В.В.</b> Эффективность применения органических и минеральных удобрений под озимое тритикале на дерново-подзолистых почвах.....	110
<b>Босак В.Н., Цвирков В.В.</b> Влияние удобрений на продуктивность озимых зерновых культур на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.....	120
<b>Шаковец О.Е.</b> Вынос и коэффициенты использования элементов питания при различных системах удобрения озимой ржи.....	129
<b>Пироговская Г.В., Ганусевич А.Г., Овчинников Е.В.</b> Влияние жидких азотных удобрений на накопление меди в растениях яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.....	137
<b>Красоцкая О.С.</b> Поглощение элементов питания и накопление биомассы яровой пшеницей в зависимости от технологии возделывания и сорта.....	151

<b>Германович Т.М., Сатишур В.А.</b> Урожайность и качество зерна ярового тритикале в зависимости от степени кислотности и обеспеченности калием дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы .....	157
<b>Лапа В.В., Лопух М.С.</b> Фотосинтетическая продуктивность растений голозёрного овса в зависимости от доз минеральных удобрений.....	166
<b>Сафроновская Г.М., Германович Т.М., Сатишур В.А.</b> Урожайность и качество семян ярового рапса в зависимости от степени кислотности и обеспеченности калием дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы .....	174
<b>Лапа В.В., Ломонос М.М., Кулеш О.Г.</b> Урожайность и качество пелюшко-овсяной смеси в зависимости от применения удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве .....	183
<b>Маркуль О.Н., Босак В.Н., Серая Т.М.</b> Влияние удобрений на продуктивность кукурузы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве .....	190
<b>Мартинчик Т.Н., Сапалева Е.Г.</b> Эффективность регуляторов роста растений при возделывании картофеля на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве .....	197
<b>Милоста Г.М., Пироговская Г.В.</b> Влияние комплексных удобрений на урожайность и пивоваренные качества шишек хмеля.....	205
<b>Кляусова Ю.В.</b> Эффективность микроудобрений при возделывании кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве на разных уровнях минерального питания.....	216
<b>Головатый С.Е., Ковалевич З.С., Лукашенко Н.К., Ефимова И.А.</b> Влияние селеновых удобрений и уровней кислотности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы на урожайность многолетних злаковых трав и накопление в них селена .....	227
<b>Михайловская Н.А., Барашенко Т.Б., Дюсова С.В.</b> Влияние Калипланта на урожайность и потребление калия озимого тритикале на дерново-подзолистой супесчаной почве.....	240
<b>Соколов Г.А., Симакина И.В., Сосновская Е.Н.</b> Изменение биологической активности почв агроценозов при использовании возрастающих норм минеральных удобрений в естественных условиях и в условиях лизометрических опытов.....	248
<b>Сорока С.В., Сорока Л.И., Молчан А.П.</b> Токсикологическая оценка гербицидов Атрибут, Ларен и Секатор для биологической активности дерново-подзолистой почвы .....	261
<b>Цыганов А.Р., Гордеев Ю.А., Поддубная О.В., Ковалева И.В.</b> Разработка экспресс-метода оценки влияния излучений плазмы на семена с помощью датчиков O <sub>2</sub> и CO <sub>2</sub> .....	269
<b>Цыганов А.Р., Гордеев Ю.А., Поддубная О.В., Ковалева И.В., Поддубный О.А.</b> Изучение эффективности предпосевного облучения семян гелиевой плазмой на рост и развитие льна.....	273

## ЮБИЛЕИ

<b>Лисица В.Д.</b> Развитие минералогических исследований в трудах П.С. Самодурова (К 100-летию со дня рождения).....	282
<b>Рефераты</b> .....	290

## CONTENTS

<b>Lapa V.V., Ivakhnenko N.N.</b> Parameters of agrochemical properties of luvisol loamys- and soil and its fertility status in dependence on crop rotations and fertilizer system .....	7
--	---

### 1. SOIL RESOURCES AND THEIR RATIONAL USE

<b>Chernysh A.F., Radziuk A.Eh.</b> The estimation of factor forming erosion process for the planning and adaptation soil-saving complexes to soil-ecological conditions of Belarus .....	23
<b>Chernysh A.F., Ustinova A.M, Radyuk A.Ed., Yukhnovets A.V.</b> Morphology and basic properties of eroded sod-podzolic soils, formed on less and similar to less loams (by monitoring researches results).....	32
<b>Shul'gina S.V., Sergeenco V.T., Gorbachova E.V, Tsytron E.V</b> Mineralogical composition of clay fractions of hortic anthrosols .....	42
<b>Sergeenko V.T., Tsytron G.S., Shibut L.I., Shul'gina S.V., Kalyuk V.A., Shkurinov P.I.</b> The genetic potential s evaluation of the agrosod-carbonated light-loamy soils .....	52
<b>Romanova T.A.</b> Soils of forest, meadows and field biogeocoenosis .....	59
<b>Zhiburtovich K.K., Zhishkevich M.M.</b> To a method of definition of efficiency of the earths of an agricultural purpose adjoining to a drained bog .....	67

### 2. SOIL FERTILITY AND FERTILIZATION

<b>Bogdevitch I.M., Tereshchenko N.D.</b> Productivity of arable land and fertilizer efficiency in relation to soil fertility and economy factor .....	79
<b>Bogatyrova E.N., Seraya T.M., Biryukova O.M., Lomonos M.M.</b> Compounds of mobile fraction humic substances of sod-podzolic light loam soil depending on systems of fertilizer .....	92
<b>Tsaruk I.A.</b> The agronomic liming efficiency of weak acidity sod-podzolic light loamy soil .....	100
<b>Seraya T.M, Bogatyrova E.N., Martsul O.N., Biryukov R.N., Turov V.V.</b> Efficiency of of organic and mineral fertilizers application under winter tritikale on sod-podzolic soils .....	110
<b>Bosak V.N., Tsvirkov V.V.</b> Influence of fertilizers on efficiency of winter grain cropson sod-podsolic light loamy soil.....	120
<b>Shakovets O.E.</b> Removal and coefficients of nutrients use of winter rye by various fertilizer systems.....	129
<b>Pirahouskaya H.V., Ganusevich A.G., Ovchinnikov E.B.</b> The influence of liquid nitrogen fertilizers on copperaccumulation in spring wheat plants on luvisol sandy loam soil .....	137
<b>Krasotskaya O.S.</b> Absorption of elements of a food and accumulation of a biomass by summer wheat in dependence from technology of cultivation and a grade .....	151

<b>Germanovich T.M., Satsishur V.A.</b> Influence of mineral fertilizers on productivity and quality of summer triticale depending on degree of acidity and potassium security on sod-podsolic loamy sand soils .....	157
<b>Lapa V.V., Lopuch M.S.</b> Photosynthetic productivity of oats ( <i>avena nuda</i> ) plants depending mineral fertilizers dozes.....	166
<b>Safronovskaya G.M., Germanovich T.M., Satsishur V.A.</b> Influence of mineral fertilizers on productivity and quality of spring rape seeds depending on degree of acidity and potassium supply on sod-podsolic loamy sand soils.....	174
<b>Lapa V.V., Lomonos M.M., Kulesh O.H.</b> Productivity and quality of mix pea-oaten depending on of fertilizers application on light loamy soil .....	183
<b>Martsul O.N., Bosak, V.N., Seraya T.M.</b> Fertilizers effect on corn productivity on sod-podzolic light loamy soi .....	190
<b>Martsinchyk T.N., Sapaleva E.G.</b> Efficiency of regulators of growth of plants on productivity and quality of tubers of the potato against organo-mineral fertilizers .....	197
<b>Milosta G.M., Pirogovskaja G.V.</b> The influence of complex fertilizers on yield and beer quality of hop.....	205
<b>Klausova Yu.V.</b> Efficiency of microelements at maize cultivation on sod-podsolic sandy soil on different mineral nutrition rates .....	216
<b>Golovatyj S.E., Kovalevitch Z.S., Lukashenko N.K., Efimova I.A.</b> Influence of Se-fertilizers and levels acidity of luvisol light loamy soil on productivity of long-term cereal grass and accumulation in them Se.....	227
<b>Mikhailouskaya N.A., Barashenko T.B., Dyusova S.V.</b> Effect of biofertilizer Kaliplant on winter triticale yield and use of potassium on luvisol loamy sand soil .....	240
<b>Sokolov G. A., Simakina I. V., Sosnovskaja E. N.</b> Change of biological activity of soils of agrocoenosis under the influence of increasing rates of mineral fertilizers application in natural conditions and in lysimeter experiments .....	248
<b>Soroka S.V., Soroka L.I., Molchan A.P.</b> Toxicological evaluation of herbicides Atribute, Laren and Secateur for biological activity of soddy-podzolic soil.....	261
<b>Tsyganov A.R., Gordeev U.A., Poddubnaya O.V., Kovaleva I.V.</b> Working out of the express method of estimation of influence of radiations of plasma on seeds by means of gauges O <sub>2</sub> and CO <sub>2</sub> .....	269
<b>Tsyganov A.R., Gordeev U.A., Poddubnaya O.V., Kovaleva I.V., Poddubny O.A.</b> Studying of efficiency of the preseeding irradiation of seeds helium-plasma on growth and flax development.....	273

#### OUR JUBILEES

<b>Lisitsa V.D.</b> Development of mineralogical researehs in works of P.S. Camodurova (to the 100-th birthday).....	282
<b>Summaries</b> .....	290

## **ПАРАМЕТРЫ ИЗМЕНЕНИЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СЕВООБОРОТОВ И СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ**

**В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко**

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

Интенсификация сельскохозяйственного производства, увеличение в структуре посевных площадей доли пропашных культур, в частности посевов кукурузы, на фоне снижения объемов применения органических удобрений являются серьезными факторами агрохимической деградации почв пахотных земель. Дегумификация почв уже в ближайшем будущем может стать экологически опасной, так как почвенный гумус является главным аккумулятором солнечной энергии и гарантом продуктивности, обеспечивающим устойчивость биосферы в целом.

По данным крупномасштабного агрохимического обследования почв за последние четыре года содержание гумуса уменьшилось в пахотных почвах 65 районов республики. Наблюдаемые потери гумуса в ближайшей перспективе, если не принять соответствующих мер, могут привести к ухудшению агрофизических свойств, азотного режима преобладающих в республике дерново-подзолистых почв и, как следствие, потере их продуктивности [1-3, 10].

Уровень применения минеральных и органических удобрений в севообороте является одним из наиболее важных факторов, определяющих его продуктивность и состояние агрохимических показателей почвенного плодородия. Оценить правильность систем удобрения можно только в условиях их длительного применения в севооборотах. Уровень применения удобрений в севооборотах, обеспечивающий их максимальную продуктивность и благоприятный баланс элементов питания, может быть важным нормативным материалом при разработке мероприятий по сохранению или повышению плодородия почвы [7-8, 11].

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

В настоящее время во всех индустриально развитых странах, обладающих хорошо развитой азотной промышленностью, проблема “биологического” азота является актуальной как в области биологических, так и сельскохозяйственных исследований. Так как, во-первых, несмотря на рост производства минеральных удобрений, все еще наблюдается недостаток азота; во-вторых, биологически связанный азот значительно дешевле, дает богатую полноценным белком продукцию и обогащает почву; в-третьих, азот, накопленный биологическим путем, практически не загрязняет окружающую среду. Таким образом, возделывание бобовых культур, в частности клевера лугового, является одним из средств экономии азотных удобрений и энергетических ресурсов [12].

Цель исследований – установить производительную способность и параметры изменения агрохимических показателей (рН, фосфор, калий, гумус) в зерно-пропашном, зернотравяно-пропашном и зернотравяных севооборотах при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве.

### МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Эффективность применения органических и минеральных удобрений (систему удобрения) изучали в длительных полевых опытах в следующих севооборотах: зернопропашном (картофель сорта Орбита – ячмень сорта Сябра – озимая рожь сорта Верасень – овес сорта Дукат), зернотравяно-пропашном (картофель сорта Скарб – ячмень сорта Дзивосный – озимая рожь сорта Игуменская с подсевом клевера – клевер луговой сорта Слуцкий ранний – озимое тритикале сорта Михась) и зернотравяном (горохо-овсяная смесь-ячмень сорта Гонар – озимая рожь сорта Зарница с подсевом клевера – клевер луговой сорта Устойливы – озимое тритикале сорта Вольтарио) на окультуренной дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой с глубины 30-50 см песком, почве (рН<sub>KCl</sub> 5,9-6,2, гидролитическая кислотность – 1,58-1,92, сумма обменных оснований 9,10-9,52 смоль (+)/кг почвы, обменные: кальций 4,4-4,8 и магний 1,3-1,6 смоль (+)/кг почвы, содержание гумуса 2,5-3,0%, подвижных: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 170-290, K<sub>2</sub>O – 130-230 мг/кг почвы (индекс агрохимической окультуренности 0,94) в РУП “Экспериментальная база им. Суворова” Узденского района Минской области. Схема опыта в зерно-пропашном, зернотравяно-пропашном и зернотравяном севооборотах предусматривала внесение возрастающих доз азотных удобрений на фоне органических (17,5, 12 и 8 т/га среднегодовое внесение навоза КРС) и различных уровней фосфорных и калийных удобрений, рассчитанные на положительные, поддерживающие и дефицитные балансы P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O.

В соответствии с методикой [7] рассчитан баланс элементов питания в севообороте. В приходную статью включено поступление азота, фосфора и калия с органическими (N<sub>63</sub>P<sub>31</sub>K<sub>131</sub>) и минеральными удобрениями, осадками и семенами (N<sub>13</sub>,9P<sub>1</sub>,5K<sub>10</sub>,7). Учтена фиксация азота свободноживущими микроорганизмами (из расчета 10 кг/га в год). В статью расхода включены: вынос элементов питания сельскохозяйственными культурами, газообразные потери азота, которые в среднем составляют 25% от общего количества, внесенного с минеральными и органическими удобрениями, вынос с инфильтрационными водами (N<sub>10</sub>K<sub>25</sub>).

Анализ почвенных и растительных образцов проводили в соответствии с ГОСТ: обменную кислотность рН<sub>KCl</sub> – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85), гидролитическую кислотность – по Каппену (ГОСТ 26212-84), сумму обменных оснований – по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821-88), подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207-91), обменные кальций и магний – методом ЦИНАО (ГОСТ 26487-85), гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91).

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой с глубины 30-50 см песком, почве наиболее высокую продуктивность **зернопропашного** севооборота – 61,4-62,0 ц/га к.ед., обеспечило дробное внесение максимальной дозы азотных –



105 кг/га д. в. на фоне 17,5 т/га органических удобрений, фосфорных (P<sub>40,70</sub>) и калийных (K<sub>90-128</sub>) в среднем на 1 га севооборотной площади (100% и 150% компенсации выноса P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O с урожаем). При применении минеральных удобрений на фоне 17,5 т/га органических формировалась продуктивность на уровне 45,9-62,0 ц/га к. ед. Окупаемость 1 кг NPK в оптимальном варианте (N<sub>60+45</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub>) была достаточно высокой – 8,7 к.ед., а азотных удобрений – 13,5 к.ед. Органические удобрения обеспечили повышение продуктивности на 6,9 ц/га к.ед., а азотные – на 6,0-14,2 ц/га к.ед. (табл. 1).

Таблица 1

**Продуктивность зернопропашного севооборота**

Среднегодовой уровень применения удобрений	Среднегодовая продуктивность, ц/га к.ед.	Прибавка от удобрений, ц/га		Оплата удобрений к.ед.	
		NPK	N	NPK	N
Без удобрений	34,0	–	–	–	–
17,5 т/га НКРС – фон	40,9	–	–	–	–
N <sub>75</sub> P <sub>70</sub>	56,7	15,8	–	10,9	–
N <sub>75</sub> K <sub>127,5</sub>	56,2	15,3	–	7,6	–
P <sub>70</sub> K <sub>127,5</sub>	50,9	10,0	–	5,1	–
N <sub>45</sub> P <sub>70</sub> K <sub>127,5</sub>	56,9	16,0	6,0	6,6	13,3
N <sub>75</sub> P <sub>70</sub> K <sub>127,5</sub>	60,4	19,5	9,5	7,2	12,7
N <sub>60</sub> P <sub>70</sub> K <sub>127,5</sub> +N <sub>45</sub>	62,0	21,1	11,1	7,0	10,6
P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	47,2	6,3	–	4,8	–
N <sub>45</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	57,2	16,3	10,0	9,3	22,2
N <sub>75</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	56,8	15,9	9,6	7,8	12,8
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> +N <sub>45</sub>	61,4	20,5	14,2	8,7	13,5
P <sub>20</sub> K <sub>45</sub>	45,9	5,0	–	7,8	–
N <sub>45</sub> P <sub>20</sub> K <sub>45</sub>	54,4	13,5	8,5	12,3	18,2
N <sub>75</sub> P <sub>20</sub> K <sub>45</sub>	56,2	15,3	10,3	10,9	13,3
НСР	1,6				

Существенное значение для обоснования наиболее эффективных уровней применения удобрений и целенаправленного регулирования почвенного плодородия имеют балансовые расчеты.

Среднегодовая продуктивность севооборота формировалась при положительном балансе азота (3,3-52,0 кг/га), фосфора (2,0-70,9 кг/га) и калия (15,3-157,2 кг/га). Положительный баланс фосфора и калия прослеживается и при дозах удобрений, соответствующих 50% компенсации выносов P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O с урожаем, что объясняется более низкой продуктивностью сельскохозяйственных культур и небольшим выносом элементов питания (табл. 5). Даже при отсутствии одного из удобрений в парных комбинациях РК, NP и НК баланс элементов питания положительный.

Отрицательный баланс по азоту (-25,3), фосфору (-17,5) и калию (-71,6) отмечен только при отсутствии удобрений. С увеличением доз фосфорных и калийных удобрений баланс азота уменьшался с 6,1 до 3,3, и возрастал при повышении доз азотных удобрений (табл. 2).

Таблица 2

**Среднегодовой баланс элементов питания  
в зернопропашном севообороте**

Вариант	Азот		Фосфор		Калий	
	баланс, ± кг/га	ИБ*, %	баланс, ± кг/га	ИБ*, %	баланс, ± кг/га	ИБ*, %
Без удобрений	-25,3	49	-17,5	8	-71,6	13
17,5 т/га НКРС – фон	12,5	117	9	138	44,9	146
N <sub>75</sub> P <sub>70</sub>	39,0	132	70,7	322	15,3	112
N <sub>75</sub> K <sub>127,5</sub>	40,0	133	2,0	107	139,4	207
P <sub>70</sub> K <sub>127,5</sub>	<b>3,3</b>	104	74,7	369	157,2	240
N <sub>45</sub> P <sub>70</sub> K <sub>127,5</sub>	21,0	119	70,9	324	139,5	207
N <sub>75</sub> P <sub>70</sub> K <sub>127,5</sub>	34,0	127	68,7	303	130,9	194
N <sub>60</sub> P <sub>70</sub> K <sub>127,5</sub> +N <sub>45</sub>	49,0	134	68,1	298	124,6	186
P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	4,1	105	46,1	275	118,9	205
N <sub>45</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	21,0	119	41,6	235	103,0	180
N <sub>75</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	37,0	130	41,6	235	98,6	174
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> +N <sub>45</sub>	52,0	137	39,2	218	87,7	161
P <sub>20</sub> K <sub>45</sub>	6,1	107	26,7	203	72,6	169
N <sub>45</sub> P <sub>20</sub> K <sub>45</sub>	26,0	125	22,5	175	55,3	145
N <sub>75</sub> P <sub>20</sub> K <sub>45</sub>	41,0	134	21,5	169	50,4	140

\*ИБ – интенсивность баланса, \* – дробное внесение азота.

Интенсивность баланса – отношение поступления элементов питания к выносу их урожаем – выражается в виде процентов или коэффициентов. Величина интенсивности менее 100% характеризует дефицитный, на уровне 100% – бездефицитный, нулевой или поддерживающий баланс, а более 100% – положительный. По азоту интенсивность баланса изменялась от 104-107% при применении P<sub>20-70</sub>K<sub>45-127,5</sub> до 127-137% при внесении N<sub>75-105</sub> на фоне P<sub>20-70</sub>K<sub>45-127,5</sub>. Интенсивность баланса по фосфору и калию во всех вариантах выше 100% (табл. 2).

Содержание подвижных (по Кирсанову) форм фосфора и калия в почве увеличилось во всех вариантах, даже при внесении только органических удобрений. Содержание фосфора в оптимальном по продуктивности варианте возросло на 29, калия – на 11 мг/кг. При отсутствии удобрений содержание фосфора снизилось на 0,9, а калия – на 20 мг/кг почвы (табл. 3).

Таблица 3

**Изменение агрохимических показателей пахотного слоя  
в зернопропашном севообороте**

Вариант	рН <sub>KCl</sub>		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		K <sub>2</sub> O, мг/кг		Гумус, %	
	1994-1996 гг.	1998-2000 гг.	1994-1996 гг.	1998-2000 гг.	1994-1996 гг.	1998-2000 гг.	1994-1996 гг.	1998-2000 гг.
1. Без удобрений	6,2	6,1	190	181	153	133	2,93	2,84
2. 17,5 т/га НКРС – фон	6,2	6,2	194	200	169	158	2,79	2,94
3. N <sub>75</sub> P <sub>70</sub>	6,1	6,2	215	245	162	145	2,78	3,14
4. N <sub>75</sub> K <sub>127,5</sub>	6,1	6,2	197	203	201	225	2,97	3,16
5. P <sub>70</sub> K <sub>127,5</sub>	6,3	6,2	238	268	230	275	2,89	3,12
6. N <sub>45</sub> P <sub>70</sub> K <sub>127,5</sub>	6,2	6,2	235	263	200	239	2,91	3,08
7. N <sub>75</sub> P <sub>70</sub> K <sub>127,5</sub>	6,2	6,1	238	276	218	233	2,86	3,09
8. *N <sub>105</sub> P <sub>70</sub> K <sub>127,5</sub>	6,2	6,1	264	281	226	235	2,90	3,09
9. P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	6,2	6,2	241	270	206	238	2,92	3,12
10. N <sub>45</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	6,1	6,1	252	260	244	234	2,97	3,37
11. N <sub>75</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	6,0	6,1	268	270	232	222	2,90	3,35
12. *N <sub>105</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	6,1	6,1	238	257	202	213	2,89	3,25
13. P <sub>20</sub> K <sub>45</sub>	6,1	6,2	246	259	220	224	2,84	3,17
14. N <sub>45</sub> P <sub>20</sub> K <sub>45</sub>	6,0	6,1	232	241	192	203	2,99	3,26
15. N <sub>75</sub> P <sub>20</sub> K <sub>45</sub>	6,0	6,1	248	249	210	172	2,80	3,27
НСР	0,08	0,09	26	24	22	19	0,35	0,32

\*Дробное внесение азота.

Содержание гумуса в варианте без удобрений уменьшилось на 0,09%, а при применении органической системы удобрения повысилось на 0,15%. Трудно выделить влияние систем удобрения и величины продуктивности на накопление гумуса в почве. Однако можно отметить, что совместное применение органических и минеральных удобрений способствовало накоплению гумуса на 0,18-0,47% (табл. 3).

Исследования в зерноотравно-пропашном севообороте на дерново-подзолистой супесчаной почве показали, что лучшая среднегодовая продуктивность 87,5-87,7 ц./га к.ед. формировалась при внесении максимальной дозы азотных удобрений N<sub>84</sub> в два срока на фоне фосфорных и калийных удобрений P<sub>40</sub>,70K<sub>88</sub>,126, рассчитанных на 100% и 150% компенсацию выносов (поддерживающие и положительные балансы P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O).

Среднегодовое внесение фосфорных и калийных удобрений P<sub>20</sub>,40,70K<sub>44</sub>,88,126 на фоне 12 т/га навоза КРС обеспечило прибавку продуктивности севооборота 6,2, 8,3 и 10,3 ц/га к.ед. соответственно при окупаемости 1 кг РК 5,3-9,4 кг зерна. Окупаемость 1 кг NPK при применении N<sub>84</sub>P<sub>40-70</sub>K<sub>88-126</sub> составила 8,3-10,9 к.ед., азотных – 15,5-17,6 к.ед., фосфорных и калийных удобрений – 5,2-6,5 к.ед.

При системе удобрения сельскохозяйственных культур со среднегодовым внесением N<sub>36-60</sub>P<sub>20</sub>K<sub>44</sub> (50% компенсации выносов P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O) формировалась среднегодовая продуктивность севооборота 76,6-79,7 ц/га к.ед., а окупае-

мость 1 кг NPK составила 12,2-12,3 к.ед., азотных удобрений – 16,7-15,0 к.ед., фосфорных и калийных – 9,7 к.ед.

Эффективным агрохимическим приемом при возделывании культур зерно-травяно-пропашного севооборота оказалось внесение органических удобрений (60 т/га соломистого навоза КРС под картофель). Действие и последствие органических удобрений способствовало дополнительному сбору 7,7 ц/га к.ед. при окупаемости одной тонны навоза 64,2 к.ед. (табл. 4).

Таблица 4

**Влияние систем удобрения на продуктивность зернотравяно-пропашного севооборота**

Среднегодовой уровень применения удобрений	Среднегодовая продуктивность, ц/га к.ед	Прибавка от удобрений, ц/га		Оплата удобрений к.ед.	
		NPK	N	NPK	N
Без удобрений	56,7	–	–	–	–
12 т/га НКРС – фон	64,4	7,7	–	–	–
N <sub>60</sub> P <sub>70</sub>	81,7	17,3	–	13,3	–
N <sub>60</sub> K <sub>126</sub>	83,4	19,0	–	10,2	–
P <sub>70</sub> K <sub>126</sub>	74,7	10,3	–	5,3	–
N <sub>36</sub> P <sub>70</sub> K <sub>126</sub>	81,8	17,4	7,1	7,5	19,7
N <sub>60</sub> P <sub>70</sub> K <sub>126</sub>	83,1	18,7	8,4	7,3	14,0
N <sub>84</sub> P <sub>70</sub> K <sub>126</sub>	87,7	23,3	13,0	8,3	15,5
P <sub>40</sub> K <sub>88</sub>	72,7	8,3	–	6,5	
N <sub>36</sub> P <sub>40</sub> K <sub>88</sub>	78,8	14,4	6,1	8,8	16,9
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>88</sub>	83,0	18,6	10,3	9,9	17,2
N <sub>84</sub> P <sub>40</sub> K <sub>88</sub>	87,5	23,1	14,8	10,9	17,6
P <sub>20</sub> K <sub>44</sub>	70,6	6,2	–	9,4	
N <sub>36</sub> P <sub>20</sub> K <sub>44</sub>	76,6	12,2	6,0	12,0	16,7
N <sub>60</sub> P <sub>20</sub> K <sub>44</sub>	79,7	15,3	9,1	12,3	15,2
НСП <sub>05</sub>	3,0				

Исследования показали, что в результате введения в севооборот клевера и озимого тритикале получена продуктивность на уровне 80-88 ц/га к.ед., что на 20-26 ц/га к.ед. больше, чем в севообороте с 4 культурами (в севообороте картофель, ячмень, озимая рожь, овес за 1995-1999 гг. получено 60-62 ц/га к.ед.).

В многочисленных опытах, проведенных в Республике Беларусь, установлено, что при достижении продуктивности пашни выше 50 ц/га к.ед. при недостаточном уровне применения удобрений может складываться отрицательный баланс по важнейшим элементам питания: азоту, фосфору, калию, а также усиливаются процессы деградации гумуса. Поэтому существенное значение для обоснования наиболее эффективных уровней применения удобрений и целенаправленного регулирования почвенного плодородия имеют балансовые расчеты [6, 7].

При расчете баланса элементов питания в приходную статью включено поступление азота, фосфора и калия с органическими ( $N_{49,2}P_{28,8}K_{63}$ ) и минеральными удобрениями, осадками и семенами ( $N_{13,9}P_{1,6}K_{10,7}$ ), среднегодовая фиксация азота свободноживущими микроорганизмами – 10,0 кг/га, и среднегодовая фиксация азота клевером – 22 кг/га (табл. 5).

При применении  $N_{84}P_{40,70}K_{88,126}$  на фоне 12 т/га навоза КРС положительный баланс азота составил 17-20 кг/га, фосфора – 4-33 кг/га. В вариантах без применения азотных удобрений и при внесении  $N_{36}$  на фоне  $P_{20}O_{520-70}K_{44-126}$  баланс по азоту оказался отрицательный – от -3 до -41 кг/га. Интенсивность баланса более 100% характерна для азота при внесении  $N_{60-84}$  на фоне  $P_{40,70}K_{126}$ .

Положительный баланс по фосфору характерен для системы удобрения с  $N_{36-84}P_{40,70}K_{88,126}$  ( $P_2O_5$  в расчете на поддерживающий и положительный баланс) и с нарастанием доз азотных удобрений баланс уменьшался.

Баланс по калию положительный только при среднегодовом внесении 126 кг/га калийных удобрений (табл. 5).

Таблица 5

**Среднегодовой баланс элементов питания  
в зернотравяно-пропашном севообороте**

Вариант	Азот		Фосфор		Калий	
	баланс, ± кг/га	ИБ*, %	баланс, ± кг/га	ИБ*, %	баланс, ± кг/га	ИБ*, %
Без удобрений	-41	57	-40	4	-107	9
Навоз, 12 т/га – фон	-13	90	-21	58	-73	47
$N_{60}P_{70}$	8	105	36	157	-89	42
$N_{60}K_{126}$	6	104	-37	44	8	104
$P_{70}K_{126}$	-41	73	42	173	25	115
$N_{36}P_{70}K_{126}$	-15	91	36	156	7	104
$N_{60}P_{70}K_{126}$	6	104	36	156	8	104
$N_{84}^{**}P_{70}K_{126}$	17	110	33	150	1	100
$P_{40}K_{88}$	-27	80	14	126	-7	95
$N_{36}P_{40}K_{88}$	-5	97	11	119	-14	91
$N_{60}P_{40}K_{88}$	5	103	5	108	-20	88
$N_{84}^{**}P_{40}K_{88}$	20	112	4	107	-23	87
$P_{20}K_{44}$	-22	83	-3	94	-43	72
$N_{36}P_{20}K_{44}$	-3	98	-8	85	-53	67
$N_{60}P_{20}K_{44}$	9	106	-12	81	-57	65

\*ИБ – интенсивность баланса, \*\* – дробное внесение азота.

В вариантах с максимальной продуктивностью севооборота 87,5-87,7 ц/га к.е. при применении  $N_{84}P_{40-70}K_{88-126}$  интенсивность баланса по азоту составила 112-110, по фосфору – 107-150, и по – калию 87-100% (табл.5).

Результаты исследований подвижного (0,2 М HCl) фосфора и калия в почве показали, что достоверного повышения или снижения содержания подвижного фосфора в почве за севооборот не наблюдалось, кроме варианта с внесением  $N_{60}P_{20}K_{44}$  ( $P_2O_5$  в расчете на дефицитный баланс), где содержание  $P_2O_5$  снизилось на 32 мг/кг почвы.

Содержание подвижного калия в почве уменьшилось на 21-41 мг/кг при отсутствии калийных удобрений и при внесении их в расчете на дефицитный баланс. Максимальное снижение содержания калия в почве на 41 мг/кг обнаружено при внесении  $N_{36}P_{20}K_{44}$ .

Обменная кислотность почвы повысилась на 0,3-0,4 единицы – от 6,1-6,2 до 5,7-5,9 (табл. 6).

Известно [13], что на каждый центнер клеверного сена в почве с корневыми остатками остается до 1 кг азота. После клевера остается 40-50 ц органического вещества. Однако, в наших исследованиях содержание гумуса за ротацию севооборота в некоторых вариантах ( $N_{36-84}P_{40}K_{88}$ ) достоверно уменьшалось на 0,36-0,46% (от 3,25-3,37% до 2,98-2,81%) (табл. 6).

Таблица 6

**Динамика агрохимических показателей пахотного слоя  
в зерноотравно-пропашном севообороте**

Вариант	рН <sub>KCl</sub>		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		K <sub>2</sub> O, мг/кг		Гумус, %	
	1998-2000 гг.	2003-2005 гг.	1998-2000 гг.	2003-2005 гг.	1998-2000 гг.	2003-2005 гг.	1998-2000 гг.	2003-2005 гг.
Без удобрений	6,1	5,8	181	168	133	110	2,84	2,60
Навоз, т/га –фон <sup>12</sup>	6,2	5,9	200	185	158	125	2,94	2,79
$N_{60}P_{70}$	6,2	5,8	245	256	145	114	3,14	2,83
$N_{60}K_{126}$	6,2	5,8	203	187	225	247	3,16	3,02
$P_{70}K_{126}$	6,2	5,9	268	270	275	275	3,12	2,90
$N_{36}P_{70}K_{126}$	6,2	5,8	263	275	239	246	3,08	2,94
$N_{60}P_{70}K_{126}$	6,1	5,8	276	285	233	239	3,09	2,87
* $N_{84}P_{70}K_{126}$	6,1	5,7	281	281	235	238	3,09	2,91
$P_{40}K_{88}$	6,2	5,8	270	277	238	246	3,12	2,99
$N_{36}P_{40}K_{88}$	6,1	5,8	260	255	234	226	3,37	2,98
$N_{60}P_{40}K_{88}$	6,1	5,8	270	260	222	206	3,35	2,91
* $N_{84}P_{40}K_{88}$	6,1	5,8	257	240	213	192	3,25	2,89
$P_{20}K_{44}$	6,2	5,8	259	237	224	197	3,17	2,88
$N_{36}P_{20}K_{44}$	6,1	5,8	241	221	203	162	3,26	3,00
$N_{60}P_{20}K_{44}$	6,1	5,8	249	217	172	146	3,27	2,81
НСР <sub>05</sub>	0,09	0,08	24	25	19	18	0,32	0,31

<sup>12</sup>Дробное внесение азота.

Таким образом, при введении в севооборот высокоурожайных культур (клевер и озимое тритикале) среднегодовая продуктивность севооборота картофель – ячмень – озимая рожь с подсевом клевера – клевер луговой – озимое тритикале составила 80 – 88 ц к. ед. /га при изменении плодородия пахотного слоя поч-

вы (повышение кислотности на 0,3-0,4 ед. и снижение содержания гумуса на 0,13-0,46%).

Продуктивность двух ротаций севооборотов на дерново-подзолистой супесчаной почве при применении минеральных удобрений на фоне 14,4 т/га органических формировалась на уровне 52,7-74,9 ц/га. Среднегодовая прибавка продуктивности при применении 14,4 т/га органических удобрений составила 7,3 ц/га к. ед., а при внесении минеральных удобрений – 5,6-22,2 ц/га к.ед. Отсутствие фосфора или калия, и особенно азота, существенно снижало среднегодовой выход кормовых единиц, несмотря на повышенную обеспеченность супесчаной почвы подвижными формами  $P_2O_5$  и  $K_2O$  (табл. 7).

Таблица 7

**Продуктивность двух ротаций севооборота**

Вариант	Продуктивность, ц/га к.ед.	Прибавка, ц/га к.ед.		Оплата удобрений к.ед.	
		фон	N	NPK	N
Без удобрений	45,4	–	–	–	–
14,4 т/га НКРС – фон	52,7	7,3	–	–	–
$N_{67}P_{70}$	69,2	16,6	–	12,1	–
$N_{67}K_{127}$	69,8	17,2	–	8,9	–
$P_{70}K_{127}$	62,8	10,2	–	5,2	–
$N_{40}P_{70}K_{127}$	69,4	16,7	6,6	7,0	16,5
$N_{67}P_{70}K_{127}$	71,8	19,1	9,0	7,4	13,4
$N_{93}P_{70}K_{127}$	74,9	22,2	12,1	7,7	13,0
$P_{40}K_{89}$	60,0	7,3	–	0,6	–
$N_{40}P_{40}K_{89}$	68,0	15,4	8,1	9,1	20,3
$N_{67}P_{40}K_{89}$	69,9	17,3	10,0	8,8	14,9
$N_{93}P_{40}K_{89}$	74,5	21,8	14,5	9,8	15,6
$P_{20}K_{44}$	58,3	5,6	–	8,8	–
$N_{40}P_{20}K_{44}$	65,5	12,9	7,3	12,4	18,3
$N_{67}P_{20}K_{44}$	68,0	15,3	9,7	11,7	14,5
$HCP_{05}$	1,8				

Установлено, что содержание подвижного (0,2 М HCl) фосфора за две ротации севооборота достоверно снизилось на 31 мг/кг почвы только при среднегодовом применении  $N_{67}P_{20}K_{44}$  на фоне 14,4 т/га органических удобрений и достоверно увеличилось на 32-47 мг/кг при применении фосфорных удобрений в расчете на положительный баланс  $P_2O_5$  (табл. 8).

Содержание подвижного (0,2 М HCl) калия за две ротации севооборота достоверно снизилось на 23-64 мг/кг почвы при среднегодовом применении  $N_{67}P_{20,40}K_{44,89}$  на фоне 14,4 т/га органических удобрений. Максимальное снижение содержания калия в почве на 43-48 мг/кг обнаружено при отсутствии калийных удобрений. При внесении калийных удобрений из расчета на положительный баланс содержание калия в почве достоверно увеличилось на 21-48 мг/кг (табл. 8).

Обменная кислотность почвы повысилась на 0,2-0,5 единицы – от 6,1-6,3 до 5,7-5,9 (табл. 8).

**Динамика агрохимических показателей пахотного слоя  
в зернотравяно-пропашном севообороте**

Вариант	рН <sub>KCl</sub>		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		K <sub>2</sub> O, мг/кг		Гумус, %	
	1994- 1996 гг.	2003- 2005 гг.	1994- 1996 гг.	2003- 2005 гг.	1994- 1996 гг.	2003- 2005 гг.	1994- 1996 гг.	2003- 2005 гг.
Без удобрений	6,2	5,8	190	168	153	110	2,93	2,60
Навоз, 14,4 т/га – фон	6,2	5,9	194	185	169	125	2,79	2,79
N <sub>67</sub> P <sub>70</sub>	6,1	5,8	215	256	162	114	2,78	2,83
N <sub>67</sub> K <sub>127</sub>	6,1	5,8	197	187	201	247	2,97	3,02
P <sub>70</sub> K <sub>127</sub>	6,3	5,9	238	270	230	275	2,89	2,90
N <sub>40</sub> P <sub>70</sub> K <sub>127</sub>	6,2	5,8	235	275	200	246	2,91	2,94
N <sub>67</sub> P <sub>70</sub> K <sub>127</sub>	6,2	5,8	238	285	218	239	2,86	2,87
*N <sub>93</sub> P <sub>70</sub> K <sub>127</sub>	6,2	5,7	264	281	226	238	2,90	2,91
P <sub>40</sub> K <sub>89</sub>	6,2	5,8	241	277	206	246	2,92	2,99
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>89</sub>	6,1	5,8	252	255	244	226	2,97	2,98
N <sub>67</sub> P <sub>40</sub> K <sub>89</sub>	6,0	5,8	268	260	232	206	2,90	2,91
*N <sub>93</sub> P <sub>40</sub> K <sub>89</sub>	6,1	5,8	238	240	202	192	2,89	2,89
P <sub>20</sub> K <sub>44</sub>	6,1	5,8	246	237	220	197	2,84	2,88
N <sub>40</sub> P <sub>20</sub> K <sub>44</sub>	6,0	5,8	232	221	192	162	2,99	3,00
N <sub>67</sub> P <sub>20</sub> K <sub>44</sub>	6,0	5,8	248	217	210	146	2,80	2,81
НСП <sub>05</sub>	0,09	0,08	26	25	22	18	0,35	0,31

\*Дробное внесение азота.

При среднегодовой продуктивности двух ротаций на уровне 52,7-74,9 ц/га к.ед. при применении только органических и минеральных удобрений на фоне среднегодового внесения 14,4 т/га органических (соломистый навоз КРС), в дерново-подзолистой супесчаной почве содержание гумуса сохранилось на первоначальном уровне. При отсутствии органических и минеральных удобрений снижение содержания гумуса составило 0,33% (табл. 8).

Максимальная продуктивность зернотравяного (горохо-овсяная смесь – ячмень Гонар – озимая рожь Зарница с подсевом клевера лугового – клевер луговой Устойливы – озимое тритикале Вольтарио) севооборота 83,2 ц/га к.ед. получена при среднегодовом применении 84 кг/га д.в. азотных удобрений в два или три срока на фоне P<sub>40</sub>K<sub>80</sub> (в расчете на поддерживающие балансы фосфора и калия). Прибавка продуктивности севооборота по отношению к фоновому варианту (8 т/га среднегодовое внесение навоза КРС) составила 21,5 ц/га к.ед. при окупаемости 1 кг NPK 9,7 к.ед., в том числе получена прибавка от применения азотных удобрений 9,7 ц/га к.ед. Окупаемость 1 кг д.в. азота составила 11,5 к.ед. При внесении аналогичных доз азотных удобрений на фоне P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> (положительные балансы) продуктивность севооборота, если несколько и выше (на 0,8-1,3 ц/га к.ед.), но ниже НСП. При применении N<sub>36,60</sub> на фоне P<sub>20</sub>K<sub>40</sub> (дефицитный баланс) недобор продуктивности составил 5,3-4,1 ц/га к.ед. (табл. 9).



Таблица 9

**Продуктивность зернотравяного севооборота**

Вариант	Продуктивность, ц/га к.ед.	Прибавка, ц/га к.ед. от		Оплата к.ед. 1 кг	
		NPK	N	NPK	N
1. Без удобрений	54,2	–	–	–	–
2. 8 т/га НКРС – фон	61,7	7,5	–	0,9	–
3. N <sub>60</sub> P <sub>70</sub>	76,7	15,0	–	11,5	–
4. N <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	74,7	13,0	–	7,2	–
5. P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	73,5	11,8	–	6,2	–
6. N <sub>36</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	82,0	20,3	8,5	9,0	23,6
7. N <sub>60</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	80,7	19,0	7,2	7,6	12,0
8. N <sub>84</sub> *P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	<b>84,5</b>	22,8	11,0	8,3	13,1
9. P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	73,5	11,8	–	9,8	–
10. N <sub>36</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	81,2	19,5	7,7	12,5	21,4
11. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	81,5	19,8	8,0	11,0	12,5
12. N <sub>84</sub> *P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	<b>83,2</b>	21,5	9,7	10,5	11,5
13. P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	68,3	6,6	–	11,0	–
14. N <sub>36</sub> P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	75,9	14,2	7,6	14,8	21,1
15. N <sub>60</sub> P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	77,4	15,7	9,1	12,7	15,2
НСР <sub>05</sub>	1,6				

За ротацию зернотравяного севооборота кислотность почвы имела тенденцию к повышению при снижении рН на 0-0,18 ед. Содержание подвижных (0,2 М НСl) фосфора и калия в почве за севооборот также имело тенденцию или достоверно снижалось во всех вариантах. Содержание гумуса за ротацию зернотравяного севооборота практически осталось на первоначальном уровне или имело тенденцию к накоплению (табл. 10).

Таблица 10

**Динамика агрохимических показателей пахотного слоя в зернотравяном севообороте**

Вариант	рН <sub>КСl</sub>			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг			K <sub>2</sub> O, мг/кг			Гумус, %		
	2003-2004	2008-2009	+	2003-2004	2008-2009	+	2003-2004	2008-2009	+	2003-2004	2008-2009	+
1. Без удобрений	5,88	5,85	-0,03	153	128	-25	111	69	-42	2,75	2,71	-0,04
2. 8 т/га НКРС* – фон	5,96	5,95	-0,01	170	151	-19	126	95	-31	2,94	2,84	-0,10
3. N <sub>60</sub> P <sub>70</sub>	5,85	5,78	-0,07	254	225	-29	105	72	-33	2,98	2,90	-0,08
4. N <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	5,88	5,87	-0,01	168	149	-19	262	231	-31	3,00	2,98	-0,02

Вариант	pH <sub>KCl</sub>			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг			K <sub>2</sub> O, мг/кг			Гумус, %		
	2003-2004	2008-2009	+	2003-2004	2008-2009	+	2003-2004	2008-2009	+	2003-2004	2008-2009	+
5. P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	5,91	5,85	-0,06	261	254	-7	287	241	-46	2,92	2,91	-0,01
6. N <sub>36</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	5,86	5,76	-0,10	269	264	-5	264	223	-41	2,92	2,97	+0,05
7. N <sub>60</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	5,84	5,72	-0,12	282	260	-22	257	214	-43	2,92	2,94	0,02
8. N <sub>84</sub> *P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	5,79	5,61	<b>-0,18</b>	283	266	-17	254	218	-36	3,02	2,91	-0,11
9. P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	5,88	5,81	-0,07	270	241	-29	265	217	-48	3,08	2,91	-0,17
10. N <sub>36</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	5,84	5,79	-0,05	250	240	-10	250	203	-47	3,05	2,96	-0,11
11. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	5,81	5,71	-0,10	266	234	-32	219	162	-57	3,02	2,95	-0,07
12. N <sub>84</sub> *P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	5,8	5,73	-0,07	246	222	-24	210	166	-44	2,87	3,02	+0,15
13. P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	5,91	5,93	0,02	241	223	-18	216	171	-45	2,93	2,94	+0,01
14. N <sub>36</sub> P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	5,84	5,84	0	222	207	-15	167	147	-20	3,11	3,12	+0,01
15. N <sub>60</sub> P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	5,88	5,79	-0,09	217	193	-24	156	116	-40	2,98	2,97	-0,01
НСП	0,10	0,11		35	37		22,3	24,4		0,43	0,40	

В результате проведенных исследований подготовлены параметры изменения агрохимических показателей в пахотном слое дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой с глубины 30-50 см песком, почве в зависимости от севооборота и системы удобрения (табл. 11, 12).

**Органо-минеральная система удобрения**, предусматривающая внесение **N<sub>45-105</sub>P<sub>20-70</sub>K<sub>45-127,5</sub> на фоне 17,5 т/га** соломистого навоза КРС, обеспечила продуктивность **зернопропашного севооборота**: картофель – ячмень – озимая рожь – овес на уровне 54-62 ц/га к.ед. при сохранении реакции почвенной среды; сохранении или повышении содержания гумуса на 0,15-0,47%, а фосфора – на 8-38 мг/кг почвы. **Органо-минеральная система удобрения (17,5 т/га НКРС + N<sub>75</sub>K<sub>127,5</sub> или P<sub>20-70</sub> K<sub>45-127,5</sub> или N<sub>45-105</sub>P<sub>20-70</sub>K<sub>45-127,5</sub>)** обеспечивает сохранение содержания подвижного калия в почве, кроме варианта (17,5 т/га НКРС+ N<sub>75</sub>P<sub>20</sub>K<sub>45</sub>), где снижение содержания калия в почве произошло на 38 мг/кг

**Органо-минеральная система удобрения**, предусматривающая внесение **N<sub>36-84</sub>P<sub>40,70</sub>K<sub>88,126</sub> на фоне 12 т/га** соломистого навоза КРС, обеспечила продуктивность **зернотравяно-пропашного севооборота**: картофель – ячмень – озимая рожь с подсевом клевера-клевер луговой – озимое тритикале на уровне 70-88 ц/га к.ед. при **повышении почвенной кислотности** пахотного слоя на 0,14-0,46 ед., **снижении содержания гумуса на 0,18-0,36%, при сохранении подвижных фосфора и калия.**

**Органо-минеральная система удобрения**, предусматривающая внесение **N<sub>40-93</sub>P<sub>20-70</sub>K<sub>44-127</sub> на фоне 14,4 т/га** соломистого навоза КРС, обеспечила продуктивность двух ротаций **зерно-пропашного и зернотравяно-пропашного севооборотов** на уровне 52,7-74,9 ц/га к.ед. **при сохранении реакции почвенной среды** и содержания **гумуса** пахотного слоя, а также при сохранении и повышении содержания подвижных фосфора и калия. **Органо-минеральная система удобрения (14,4 т/га НКРС+ N<sub>40,67</sub>P<sub>20</sub>K<sub>44</sub>)** обеспечивает продуктивность севооборота на уровне 58,3-68,0 ц/га к.ед. **без сохранения** содержания подвижных фосфора и калия в пахотном слое за две ротации зерно-пропашного и зернотравяно-пропашного севооборота.

**Органо-минеральная система удобрения**, предусматривающая внесение **N<sub>36-84</sub>P<sub>20-70</sub>K<sub>40-120</sub> на фоне 8 т/га** соломистого навоза КРС, обеспечила продук-

тивность **зернотравяного севооборота**: горохо-овсяная смесь – ячмень – озимая рожь с подсевом клевера – клевер луговой – озимое тритикале на уровне 68,3-84,5 ц/га к.ед. при **снижении почвенной кислотности** пахотного слоя на 0,13-0,26, сохранении содержания гумуса и снижении содержания подвижных фосфора и калия.

Таблица 11

**Продуктивность и параметры изменения реакции почвенной среды и содержания гумуса в зависимости от севооборота и системы удобрения на дерново-подзолистой супесчаной почве**

Вариант	Продуктивность, ц/га к.ед.	Изменение pH			Изменение гумуса		
		в начале ротации	в конце ротации	±	в начале ротации	в конце ротации	±
<b>зернопропашной севооборот</b>							
Без удобрений	34,0	6,2	6,1	-0,1	2,93	2,84	-0,9
17,5 т/га НКРС – фон	40,9	6,2	6,2	0	2,79	2,94	+0,15
N <sub>75</sub> P <sub>70</sub>	56,7	6,1	6,2	+0,1	2,78	3,14	+0,36
N <sub>75</sub> K <sub>127,5</sub>	56,2	6,1	6,2	+0,1	2,97	3,16	+0,19
P <sub>20-70</sub> K <sub>45-127,5</sub>	45,9-50,9	6,1-6,3	6,1-6,2	0	2,84-2,92	3,12-3,17	0,25-0,28
N <sub>45-105</sub> P <sub>20-70</sub> K <sub>45-127,5</sub>	54,4-62,0	6,0-6,2	6,1-6,2	0	2,80-2,99	3,08-3,37	0,19-0,47
<b>зернотравяно-пропашной севооборот</b>							
Навоз КРС 12 т/га – фон	64,4	6,2	5,9	-0,3	2,94	2,79	-0,15
Фон + N <sub>60</sub> P <sub>70</sub>	81,7	6,2	5,8	-0,4	3,14	2,83	-0,31
Фон + N <sub>60</sub> K <sub>126</sub>	83,4	6,2	5,8	-0,4	3,16	3,02	-0,14
Фон + P <sub>20-70</sub> K <sub>44-126</sub>	70,6-74,7	6,1-6,2	5,8	-0,4	3,12-3,17	2,88-2,99	0,13- -0,37
Фон + N <sub>40-93</sub> P <sub>20-70</sub> K <sub>44-127</sub>	76,6-87,7	6,1-6,2	5,7-5,9	-0,3-0,4	3,08-3,37	2,81-3,00	0,14- -0,46
<b>две ротации зерно-пропашного и зернотравяно-пропашного севооборота</b>							
Без удобрений	45,4	6,2	5,8	-0,1	2,93	2,60	-0,9
14,4 т/га НКРС – фон	52,7	6,2	5,9	0	2,79	2,79	+0,15
N <sub>67</sub> P <sub>70</sub>	69,2	6,1	5,8	+0,1	2,78	2,83	+0,36
N <sub>67</sub> K <sub>127</sub>	69,8	6,1	5,8	+0,1	2,97	3,02	+0,19
P <sub>20-70</sub> K <sub>44-127</sub>	58,3-62,8	6,1-6,3	5,8	0	2,84-2,92	2,88-2,99	0,25-0,28
N <sub>40-93</sub> P <sub>20-70</sub> K <sub>44-127</sub>	65,5-74,9	6,0-6,2	5,7-5,9	0	2,80-2,99	2,81-3,00	0,19-0,47
<b>зернотравяной севооборот</b>							
1. Без удобрений	54,2	5,51	5,85	0,34	2,75	2,71	-0,04
2. 8 т/га НКРС – фон	61,7	5,63	5,95	0,32	2,94	2,84	-0,10
3. Фон + N <sub>60</sub> P <sub>70</sub>	76,7	5,56	5,78	0,22	2,98	2,90	-0,08
4. Фон + N <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	74,7	5,61	5,87	0,26	3,00	2,98	-0,02
5. Фон + P <sub>20-70</sub> K <sub>40-120</sub>	68,3-73,5	5,62-5,66	5,81-5,93	0,17-0,19	2,85-2,95	2,91-2,94	0,01-0,06
6. Фон + N <sub>36-84</sub> P <sub>20-70</sub> K <sub>40-120</sub>	75,9-84,5	5,48-5,58	5,61-5,84	0,13-0,26	2,87-3,11	2,91-3,12	0,17-0,15

**Параметры изменения содержания подвижных фосфора  
и калия за ротацию севооборотов**

Вариант	Продуктивность, ц/га к.ед.	Изменение P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг			Изменение K <sub>2</sub> O, мг/кг		
		в начале ротации	в конце ротации	+	в начале ротации	в конце ротации	+
за ротацию зернопропашного севооборота							
Без удобрений	34,0	190	181	-9	153	133	-20
17,5 т/га НКРС – фон	40,9	194	200	+6	169	158	-11
P <sub>20-70</sub> K <sub>45-127,5</sub>	45,9-50,9	238-246	259-270	13-30	206-230	224-275	4-45
N <sub>45-105</sub> P <sub>20-70</sub> K <sub>45-127,5</sub>	54,4-62,0	232-268	241-281	1-38	192-244	172-239	-38-39
за ротацию зерноотравно-пропашного севооборота							
Без удобрений	56,7	181	168	-13	133	110	-23
Навоз КРС 12 т/га –фон	64,4	200	185	-15	158	125	-33
P <sub>40-70</sub> K <sub>88-126</sub>	72,7-74,7	268-270	270-277	2-7	238-275	246-275	0-8
N <sub>36-84</sub> P <sub>70</sub> K <sub>126</sub>	81,8-87,7	263-281	275-285	0-12	233-239	238-246	3-7
за две ротации зернопропашного и зерноотравно-пропашного севооборота							
Без удобрений	45,4	190	168	-22	153	110	-43
14,4 т/га НКРС – фон	52,7	194	185	-9	169	125	-44
P <sub>40-70</sub> K <sub>89-127</sub>	60,0-62,8	238-241	270-277	32-36	206-230	246-275	40-45
N <sub>40-93</sub> P <sub>40</sub> K <sub>89</sub>	65,5-74,5	238-268	240-260	-8- +3	202-244	192-226	-10 – -26
N <sub>67-93</sub> P <sub>70</sub> K <sub>126</sub>	69,4-74,9	235-264	275-285	17-47	220-226	238-246	12-46
за ротацию зерноотравного севооборота							
Без удобрений	54,2	153	128	-25	111	69	-43
8 т/га НКРС – фон	61,7	170	151	-19	126	95	-31
P <sub>20-70</sub> K <sub>40-120</sub>	68,3-73,5	241-270	223-254	-7 – -29	216-287	171-241	-45 – -47
N <sub>36-84</sub> P <sub>20-70</sub> K <sub>40-120</sub>	75,9-84,5	217-283	193-266	-5 – -32	156-264	116-223	-20 – -57

Регрессионный анализ подтвердил зависимость накопления элементов питания в почве за ротацию зернопропашного и зерноотравно-пропашного севооборота, а также за две ротации вышеуказанных севооборотов в зависимости от продуктивности данных севооборотов и доз внесения фосфорных и калийных удобрений (табл. 13).

Таблица 13

**Регрессионная зависимость накопления элементов питания в почве  
в зависимости от дозы удобрений и продуктивности севооборота**

Элемент питания	Уравнение регрессии	Расчетная доза, кг/га д.в.
Зернопропашной		
Фосфор	$Y = -7,8244 - 0,1688x + 0,4284z, R^2 = 0,66$	15

Элемент питания	Уравнение регрессии	Расчетная доза, кг/га д.в.
Калий	$Y=37,95-1,2659x+0,4625z, R^2=0,62$	45
Зернотравяно-пропашной		
Фосфор	$Y=-4,5963-0,4610x+0,3670z, R^2=0,77$	65
Калий	$Y=16,7679-0,5483x+0,4857z, R^2=0,67$	76
Зернопропашной + Зернотравяно-пропашной		
Фосфор	$Y=22,2669-0,7553x+0,92z, R^2=0,75$	50
Калий	$Y=53,9-1,9053x+0,8576z, R^2=0,82$	63
Элемент питания	Уравнение регрессии	Расчетная доза, кг/га д.в.
Зернопропашной		
Фосфор	$Y=-7,8244-0,1688x+0,4284z, R^2=0,66$	15
Калий	$Y=37,95-1,2659x+0,4625z, R^2=0,62$	45
Зернотравяно-пропашной		
Фосфор	$Y=-4,5963-0,4610x+0,3670z, R^2=0,77$	65
Калий	$Y=16,7679-0,5483x+0,4857z, R^2=0,67$	76
Зернопропашной + Зернотравяно-пропашной		
Фосфор	$Y=22,2669-0,7553x+0,92z, R^2=0,75$	50
Калий	$Y=53,9-1,9053x+0,8576z, R^2=0,82$	63

x – доза внесения фосфорных или калийных удобрений,  
z – продуктивность севооборота

При помощи математических моделей установлено, что при уровне продуктивности зернопропашного севооборота 34-62 ц/га к.ед. для обеспечения поддержания постоянного уровня содержания элементов питания в почве необходимо вносить не менее 15 кг/га д.в. фосфорных удобрений и более 45 кг/га д.в. калийных на фоне 17,5 т/га органических удобрений. С увеличением продуктивности севооборота до 56,7-87,7 ц/га к.ед. и при возделывании клевера лугового в севообороте (зернотравяно-пропашной) для поддержания содержания элементов питания на первоначальном уровне необходимо вносить не менее 65 кг/га д.в. фосфорных и 76 кг/га д.в. калийных удобрений. За ротации вышеуказанных севооборотов для поддержания бездефицитного баланса необходимо вносить не менее 50 кг/га д.в. фосфорных и 63 кг/га д.в. калийных удобрений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.]. – Мн.: Институт почвоведения и агрохимии, 2006. – 288 с.
2. Адаптивные системы земледелия в Беларуси / В.Г. Гусаков [и др.]. – Мн., 2001. – 308 с.

3. Вильдфлуш, И.Р. Фосфор в почвах и земледелии Беларуси / И.Р. Вильдфлуш, А.Р. Цыганов, В.В. Лапа. – Минск: Хата, 1999. – 196 с.
4. Интенсивная технология возделывания зерновых колосовых культур / А.С. Андреев [и др.]. – Мн.: Ураджай, 1986. – 151 с.
5. Кобзаренко, В.И. Изучение ресурсов фосфора и калия дерново-подзолистой почвы и возможностей их мобилизации в условиях стационарного полевого опыта / В.И. Кобзаренко // Развитие почвенно-экологических исследований. – М.: МГУ, 1999. – С. 134-153.
6. Лапа, В.В. Продуктивность зернового севооборота и плодородие дерново-подзолистой почвы при различных системах применения удобрений / В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко // Агрохимия. – 2003. – №1. – С. 20-29.
7. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В.В. Лапа и [др.]. – Белорусский научный центр информации и маркетинга АПК. – Мн.: 2001. – 20 с.
8. Никончик, П.И. Интенсивное использование пашни / П.И. Никончик. – Мн.: Ураджай, 1995. – 192 с.
9. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов/ Ин. аграр.экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В.Г. Гусаков и [др.]. – Мн.: Бел. наука, 2005. – 460 с.
10. Привалов, Ф.И. Плодородие почв и применение удобрений в Республике Беларусь / Ф.И. Привалов, В.В. Лапа // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 2. – С. 7-14.
11. Применение удобрений в интенсивном земледелии: справ. пособие / М.П. Шкель [и др.]. – Мн.: Ураджай, 1989. – 216 с.
12. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]. – Мн.: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
13. Трепачев, Е.П. Агрохимические аспекты биологического азота в современном земледелии / Е.П. Трепачев – М., 1999. – 532 с.

## **PARAMETERS OF AGROCHEMICAL PROPERTIES OF LUVISOL LOAMY SAND SOIL AND ITS FERTILITY STATUS IN DEPENDENCE ON CROP ROTATIONS AND FERTILIZER SYSTEMS**

**V.V. Lapa, N.N. Ivakhnenko**

### **Summary**

The data on productivity of crop rotations with different share of grain crops in dependence on fertilizer system as well as parameters of agrochemical properties of Luvisol loamy sand soil (pH, humus content, mobile phosphorus and potassium content) in dependence on fertilizer system and crop rotation are considered.

*Поступила 24 ноября 2009 г.*

## 1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 631.459.2:631.43:631.445.24

### ОЦЕНКА ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЦЕЛЯХ ПЛАНИРОВАНИЯ И АДАПТАЦИИ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ К ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ БЕЛАРУСИ

**А.Ф. Черныш, А.Э. Радюк**

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

#### ВВЕДЕНИЕ

Проблема предотвращения эрозии почв, как основного вида их деградации в Беларуси, и снижение негативного влияния эрозионных процессов на состояние окружающей среды и эффективность сельскохозяйственного использования земель стоит особенно остро.

Развитие эрозионных процессов обусловлено совокупным воздействием геоморфологического, климатического, почвенного и антропогенного факторов. Геоморфологический фактор во многом обуславливает интенсивность водной эрозии, так как от рельефа местности зависит скорость и сила течения потоков воды, фиксация их на определенных площадях и линейных природных границах. Климатический фактор является непосредственным двигателем процесса водной эрозии через количество осадков и характер их выпадения, а также в значительной степени обуславливает развитие ветровой эрозии через особенности ветрового режима и гидротермические условия территории. Важным фактором является также характер почвообразующих пород, поскольку почва наследует во многом их свойства и, прежде всего, способность противостоять разрушающему действию воды и ветра. В последнее время все большее значение приобретает антропогенный фактор, к сожалению, чаще всего способствующий усилению эрозионной деградации почв.

Эрозия почв имеет выраженные региональные и локальные черты по степени своего проявления. Выполненное в Институте почвоведения и агрохимии почвенно-экологическое районирование позволило выделить на территории республики три почвенно-экологические провинции: северная (проявление водной эрозии), центральная (водная и частично ветровая эрозия) и южная (преимущественно ветровая эрозия). Каждая из выделенных провинций характеризуется определенными природными и антропогенными факторами и различным долевым их участием в формировании эрозии.

Планирование противоэрозионных комплексов и адаптация их к конкретным почвенно-экологическим условиям невозможно без выявления и всесторонней оценки влияния факторов, вызывающих эрозию, и, тем самым, оказывающих негативное влияние на сельскохозяйственное производство.

В этой связи, цель проведенных исследований заключалась в выявлении и количественной оценке влияния факторов, формирующих эрозию в различных почвенно-экологических провинциях Беларуси.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований явились факторы, обуславливающие развитие водно-эрозионных процессов в центральной и северной почвенно-экологических провинциях и дефляционных процессов в южной почвенно-экологической провинции.

Оценка факторов, влияющих на процессы, происходящие в агроландшафтах, в том числе на эрозионные процессы, чаще всего осуществляется методами статистического анализа. Связь между характеристиками природной среды и результатами их взаимодействия описывается корреляционными зависимостями, регрессионными уравнениями, результатами факторного анализа.

Факторный анализ, как метод статистической обработки данных, известен несколько десятилетий. Основной целью данного факторного анализа является обнаружение скрытых (ранее неизвестных) общих факторов, объясняющих связи между наблюдаемыми признаками объекта (процесса). Первоначально предполагается, что нам неизвестно какие именно факторы влияют на формирование процесса (в нашем случае процесса эрозии). Поэтому используется набор признаков, которые тем или иным образом зависят от природных условий [1, 2].

Методами факторного анализа решаются три типа задач:

- отыскание скрытых, но предполагаемых закономерностей, которые определяются воздействием внутренних или внешних признаков;
- выявление и изучение статистической связи признаков с факторами или главными компонентами;
- сжатие информации путем описания процесса при помощи общих факторов или главных компонентов, число которых меньше количества первоначально взятых признаков [3].

При оценке факторов развития водно-эрозионных процессов можно выделить несколько групп критериев: геоморфологические (доля склонов крутизной более 3° и длиной 200, 300, 500 и более метров на пахотных землях, горизонтальное и вертикальное расчленение рельефа); климатические (количество осадков, ГТК, запасы воды в снеге, слой стока, эрозионный потенциал дождей и др.); почвенные (доля суглинистых и глинистых почв, доля песчаных и супесчаных почв в структуре пахотных и сельскохозяйственных земель); антропогенные (распаханность, сельскохозяйственная освоенность).

В качестве критериев, предопределяющих развитие ветровой эрозии, выбраны климатические: количество дней с влажностью воздуха менее 30 %, температура воздуха, температура поверхностного слоя почвы, количество осадков в наиболее дефляционноопасный период (апрель-октябрь), повторяемость ветров со скоростью более 3 м/с (ветры, способные вызывать разрушение почвы); почвенные: удельный вес дефляционноопасных почв в площади пашни районов; антропогенные: сельскохозяйственная освоенность, доля пахотных земель в составе сельскохозяйственных, количество осушенных пахотных почв. При выборе критериев не учитывались геоморфологические характеристики, поскольку методика факторного анализа предполагает исключение из числа ана-



лизируемых характеристик малоинформативных либо дублирующих. Сохранение коррелированных признаков приводит к искажению результатов анализа.

Общий принцип расчета основывается на предположении, что общую дисперсию многомерного массива данных можно описать некоторым числом скрытых факторов, каждый из которых может объединять в себе несколько первоначальных показателей. Первым этапом факторного анализа является выбор факторов, которые представляют собой линейные комбинации исходных признаков и содержат в себе большую часть общей изменчивости (дисперсии) наблюдаемых данных, а поэтому передают основную часть информации, заключенной в первоначальных данных. В нашем случае для этого использовался метод главных компонентов. Выделяемые таким образом факторы являются общими, так как они воздействуют на все параметры процесса, а не на какой-то один параметр. Также эти факторы призваны подтвердить первоначальную гипотезу развития процесса на основании измерений реальных характеристик [4, 5].

Конечным результатом факторного анализа является матрица факторного отображения. Выходной показатель характеристики исследуемого параметра – отклик – имеет достоверное влияние на общую дисперсию при значении  $\geq 0,70$ . Анализ откликов дает качественную интерпретацию факторов. Вклад факторов в общую дисперсию показывает степень влияния каждого из них на интенсивность протекания анализируемого процесса [6].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате проведенных исследований для условий северной, центральной и южной провинций были определены ведущие факторы, обуславливающие развитие водной и ветровой эрозии.

Как для северной, так и для центральной провинций, по данным проведенного анализа, ведущими являются три фактора формирования водно-эрозионных процессов. Вклад этих факторов в общую (суммарную) дисперсию составляет 79-80% (табл. 1,2). В южной провинции также выделено три фактора, вклад которых в суммарную дисперсию – 95%.

Таблица 1

**Матрица факторного отображения для северной почвенно-экологической провинции**

Признаки	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
Эрозионный индекс осадков	<b>0,87*</b>	0,21	-0,12
Слой весеннего склонового стока с зяби, мм	<b>0,84</b>	0,04	0,48
Доля склонов крутизной более 3 <sup>0</sup> на пашне, %	0,09	<b>0,76</b>	0,60
Доля склонов длиной менее 500 м на пашне, %	0,32	<b>0,87</b>	0,13
ГТК	0,65	0,07	0,21
Запасы воды в снеге к началу весеннего снеготаяния, мм	<b>0,82</b>	0,18	0,26
Доля суглинистых и глинистых почв на пашне, %	-0,01	0,22	<b>0,90</b>
Доля песчаных и супесчаных почв на пашне, %	0,11	0,54	<b>-0,82</b>
Распаханность территории, %	0,38	0,62	-0,32
<b>Вклад в общую дисперсию, %</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>22</b>

\*наиболее значимые факторные нагрузки (отклики)

Различия в природных условиях центральной и северной провинций обусловили закономерности формирования водно-эрозионных процессов, а также формы их проявления.

Для северной провинции, выделенный по результатам статистического анализа, первый фактор можно интерпретировать как климатический, второй – геоморфологический, и третий фактор может быть назван почвенным (рис. 1). В этой провинции антропогенное воздействие не носит выраженного характера.

В центральной провинции выявлены другие закономерности развития водной эрозии нежели в северной провинции. Распределение факторных нагрузок и вклад каждого фактора в суммарную дисперсию многомерного массива позволяют интерпретировать первый фактор для центральной почвенно-экологической провинции как почвенно-антропогенный (наибольшее значение имеют доля почв тяжелого и легкого гранулометрического состава и распаханность территории), второй фактор обозначен нами как геоморфологический (существенное влияние оказывают параметры рельефа), третий фактор может быть определен как климатический (наиболее значимые факторные нагрузки приходятся на климатические показатели) (табл.2, рис.1).

Таблица 2

**Матрица факторного отображения для центральной почвенно-экологической провинции**

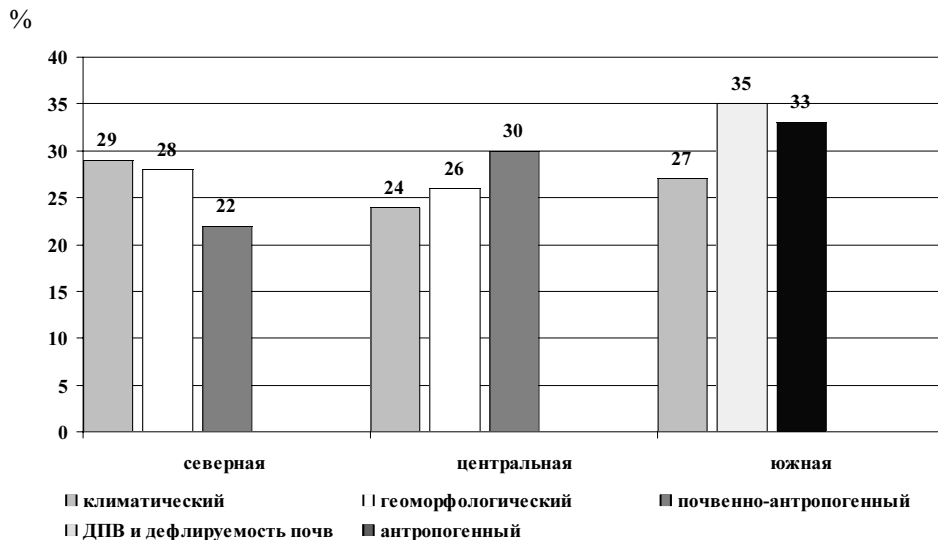
Признаки	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
Эрозионный индекс осадков	-0,31	-0,17	0,65
Слой весеннего склонового стока с зяби, мм	0,20	0,20	<b>0,87</b>
Доля склонов крутизной более 3° на пашне, %	-0,04	<b>0,81</b>	0,44
Доля склонов длиной менее 500 м на пашне, %	0,39	<b>0,73</b>	0,27
ГТК	0,12	0,10	<b>0,81</b>
Запасы воды в снеге к началу весеннего снеготаяния, мм	-0,20	0,52	<b>0,70</b>
Доля суглинистых и глинистых почв на пашне, %	<b>0,91*</b>	0,30	0,16
Доля песчаных и супесчаных почв на пашне, %	<b>-0,98</b>	0,07	0,00
Распаханность территории, %	<b>0,87</b>	0,27	-0,09
<b>Вклад в общую дисперсию, %</b>	<b>30</b>	<b>26</b>	<b>24</b>

\*наиболее значимые факторные нагрузки (отклики)

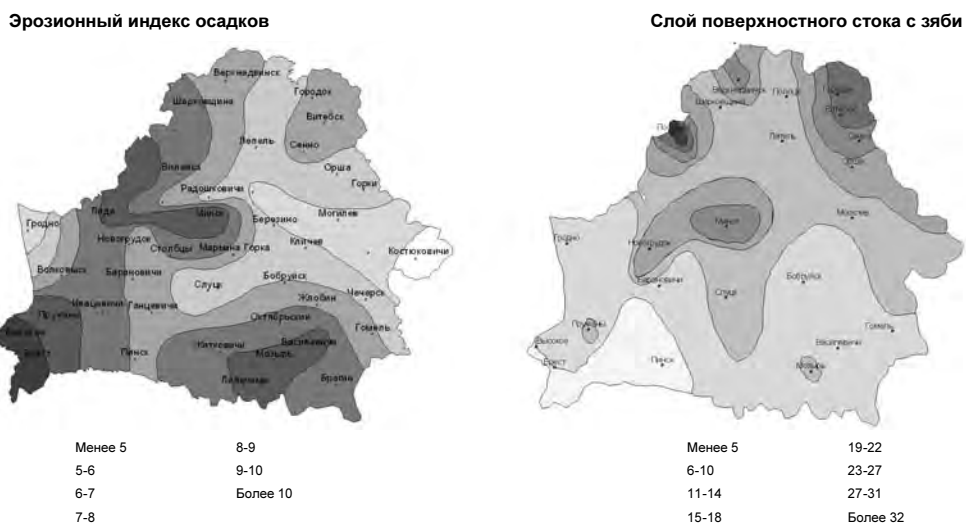
Природные условия северной провинции обусловили главенствующую роль климата и рельефа в развитии эрозии. Это объясняется тем, что данная территория является зоной избыточного увлажнения (сумма осадков колеблется от 570 до 670 мм/год). Для территории провинции также характерна высокая ин-

## Почвенные ресурсы и их рациональное использование

тенсивность склонового стока. При снеготаянии формируется наиболее сильный смыв почвы. Для данной зоны значения слоя стока с зяби колеблются от 12-15 до 25-30 мм, значения эрозионного индекса осадков 6-10 (рис. 2). Это во многом и определяет ведущим фактором климатический.



*Рис. 1.* Вклад факторов формирования эрозионных процессов в разных почвенно-экологических провинциях Беларуси в общую дисперсию



*Рис. 2.* Картограммы эрозионного индекса осадков и слоя поверхностного стока с зяби при весеннем снеготаянии

В рельефе территории преобладают моренные возвышенности и гряды с короткими (менее 300 м) и крутыми (более 30°) склонами (табл. 3). По данным про-

веденного анализа климатический и геоморфологический фактор имеют практически равное долевое участие в формировании водно-эрозионных процессов (рис. 1). Менее способствует развитию эрозии в северной провинции характер почвенного покрова и антропогенное воздействие. Данная территория имеет низкий уровень распаханности (в среднем по зоне 21,7%) и сельскохозяйственной освоенности (32,0%) [7].

Таблица 3

**Характеристика рельефа территории почвенно-экологических провинций**

Характеристика склонов	Почвенно-экологическая провинция	
	северная	центральная
Склоны с крутизной <math><3^{\circ}</math>, %	15,3	68,0
Средняя длина склонов, м	364	398
Склоны с крутизной 3-5 <sup>0</sup> , %	59,4	27,7
Средняя длина склонов, м	291	346
Склоны с крутизной >5 <sup>0</sup> , %	25,3	3,3
Средняя длина склонов, м	257	320

Для центральной провинции значение климата, как фактора формирования эрозионных процессов, менее существенная. При этом, поскольку данная территория имеет меньшую увлажненность (годовая сумма осадков колеблется от 550-600 мм на востоке, до 750 мм на Новгородской возвышенности) и невысокие значения слоя стока (5-20 мм), вклад климатического фактора в общую дисперсию составляет 24% (рис. 1). Основная нагрузка на климатический фактор принадлежит показателям запасов воды в снеге к началу весеннего снеготаяния и слою весеннего склонового стока с зяби (табл. 2) [8].

Рельеф Белорусской гряды в большей степени способствует развитию водной эрозии, нежели климат (табл. 3). Наличие склонов большой длины (более 300 м), достаточно высокое горизонтальное (0,7-0,9 км/км<sup>2</sup>) и вертикальное расчленение рельефа (12,5-20 м/км<sup>2</sup>) обусловили значительную роль геоморфологического фактора в формировании эрозии (рис. 1). Вклад геоморфологического фактора в общую дисперсию несколько выше, чем климатического (26 и 24% соответственно).

Наиболее существенное значение для развития эрозионных процессов в центральной провинции имеет почвенно-антропогенный фактор (рис. 1). Этому способствует характер преобладающих почвообразующих пород с крайне низкой устойчивостью к эрозии (лессовидные и лессовые суглинки). Для этих почвообразующих пород генетическая противозерозионная устойчивость в 1,4-1,7 раз меньше, чем у моренных суглинков. В сочетании с высокой сельскохозяйственной освоенностью (43,1%) и распаханностью (30,2%) эти два показателя играют ведущую роль при формировании водно-эрозионных процессов [9].

Моренные суглинки, широко распространенные в северной почвенно-экологической провинции, генетически более устойчивы к водной эрозии. Поэтому здесь почвенный фактор не имеет столь большого значения, как в центральной провинции.

Анализ данных, полученных в результате проведения факторного анализа для условий южной провинции, также выявил три ведущих фактора, которые ин-

терпретируются по степени влияния как фактор дефлируемости почв и дефляционного потенциала ветра, антропогенный и климатический факторы (рис. 1).

Характерной особенностью южной провинции является преобладание почв легкого гранулометрического состава и осушенных торфяных почв. По данным последнего тура почвенных обследований доля дефляционноопасных почв в составе пахотных в районах Полесья составляет от 48-50 до 85%. Наибольшее количество дефляционноопасных почв в Калинковичском (77,9%), Светлогорском (72,2%), Октябрьском (84,5%), Ивацевичском (73,1%), Лунинецком (85,1%), Малоритском (74,2%), Ганцевичском (78,7%) районах [10]. Легкие по гранулометрическому составу минеральные и осушенные торфяные почвы, а также деградированные торфяные почвы, характеризуются крайне низкой противодефляционной устойчивостью, что способствует развитию дефляционных процессов. Дефляция на минеральных почвах в условиях Беларуси начинается при скорости ветра 5-6 м/с, на осушенных торфяных – 8-9 м/с. На дерготорфяных почвах, площади которых постоянно увеличиваются, проявление дефляции отмечается при более низких скоростях ветра – 3-5 м/с. При этом повторяемость ветров со скоростью более 3 м/с составляет от 12 до 30 % всех случаев. Поскольку основные факторные нагрузки приходятся на показатели количества дефляционноопасных почв и случаев дефляционноопасных ветров, первый фактор интерпретирован как фактор дефляционного потенциала ветра и дефлируемости почв (табл. 4). Этот фактор на 35 % определяет вероятность возникновения ветровой эрозии.

*Таблица 4*

**Матрица факторного отображения для южной почвенно-экологической провинции**

Признаки	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
Доля пахотных земель в составе сельскохозяйственных, %	-0,23	<b>0,92</b>	0,23
Доля осушенных земель в составе пахотных, %	0,12	<b>0,93</b>	-0,26
Доля дефляционноопасных пахотных почв, %	<b>0,87*</b>	-0,43	-0,11
Количество дефляционноопасных ветров, случаев	<b>0,95</b>	0,20	0,08
Сумма температур теплого периода, °С	-0,58	0,19	<b>0,77</b>
Сумма осадков за теплый период, мм	-0,16	0,12	<b>-0,94</b>
Вклад в общую дисперсию, %	<b>35</b>	<b>33</b>	<b>27</b>

\*наиболее значимые факторные нагрузки (отклики)

Южная провинция резко отличается от остальной части республики наличием обширных заболоченных пространств, почвы которых в настоящее время осушены и используются в сельскохозяйственном производстве. Сельскохозяйственная освоенность территории провинции составляет от 30% в Житковичском, Лельчицком, Наровлянском районах, до 60-70% в Буда-Кошелевском, Каменецком, Жабинковском районах. При столь различных уровнях сельскохозяйственной освоенности доля пахотных земель в составе сельскохозяйственных почти повсеместно превышает 50%, а в ряде районов достигает 65 и более процентов (Жабинковский, Каменецкий и др.) [7]. Наличие обширных площадей

осушенных пахотных почв способствует развитию дефляции. Осушение и последующее освоение почв под пашню может рассматриваться как критерии антропогенной нагрузки. Поэтому второй фактор интерпретирован как антропогенный. Вклад в суммарную дисперсию этого фактора составляет 33%.

Условия увлажнения и температурный режим в условиях южной провинции обуславливают развитие дефляции на 27%. При достаточно выраженном влиянии этих двух показателей, климатический фактор оказывает на процесс эрозии меньшее влияние, нежели в северной провинции, но большее, чем в центральной.

## **ВЫВОДЫ**

Таким образом, влияние природных и антропогенных факторов на формирование эрозионных процессов неравнозначно в северной, центральной и южной почвенно-экологических провинциях. Это накладывает свой отпечаток на выбор и адаптацию противозерозионных мероприятий для конкретных почвенно-экологических условий.

Определяющая роль климата и рельефа в проявлении эрозии в северной провинции способствует формированию интенсивного поверхностного стока и смыва на обрабатываемых землях. Отсюда следует, что приоритетным почвозащитным приемом является перевод поверхностного стока во внутрипочвенный. Это может быть достигнуто такими агротехническими приемами, как почвоуглубление, щелевание, глубокое рыхление и др.

В центральной провинции важнейшим фактором, определяющим интенсивность эрозии, является почвенно-антропогенный (высокая сельскохозяйственная освоенность и распаханность, а также преобладание почв с низкой противозерозионной устойчивостью). В связи с этим основным направлением в проектировании противозерозионных комплексов должно быть формирование экологически обоснованной структуры посевных площадей и внедрение дифференцированных севооборотов.

Характерной особенностью южной почвенно-экологической провинции является преобладание почв с низкой противодефляционной устойчивостью, а также высокая повторяемость ветров со скоростью более 5 м/с. Исходя из этого, снижение негативного влияния дефляционных процессов должно базироваться на формировании максимального покрытия растениями в наиболее дефляционноопасные периоды. Важная роль отводится также организационно-территориальным мероприятиям (типологии земель с оценкой дефляционной опасности, подбору возделываемых культур на дефляционноопасных землях, формированию лесозащитных полос и др.), а также использованию приемов улучшения структурно-агрегатного состава легких почв.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Мельничук, А.Д. Определение генетической разнородности сортов картофеля и подбор родительских пар для гибридизации по результатам факторного анализа / А.Д. Мельничук // Картофелеводство: Сб. науч. тр. – Минск: Мерлит, 2000. – Вып. 10 – С. 63-73.
2. Гмурман, В.Е. Теория вероятности и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – М.: Высшая школа, 1997. – 497 с.

3. Боровиков, В.П. Statistica. Статистический анализ и обработка данных в среде Windows / В.П. Боровиков, И.П. Боровиков.- М.: Филин, 1998. – 595 с.
4. Тюрин, Ю.Н. Анализ данных на компьютере / Ю.Н. Тюрин, А.А. Макаров – М.: Финансы и статистика, 1995. – 384 с.
5. Гайдышев, И.В. Анализ и обработка данных. Специальный справочник / И.В. Гайдышев. – Санкт-Петербург – Москва – Харьков – Минск, 2001. – 752 с.
6. Хотомцева, М.А. Полный факторный эксперимент. Построение и анализ модели с применением ЭВМ / М.А. Хотомцева, А.М. Толкач.- Могилев, 2000. – 30 с.
7. Государственный земельный кадастр Республики Беларусь (по состоянию на 1 января 2008г.) – Минск, 2008 – 63 с.
8. Агроклиматические ресурсы Белорусской ССР / Под ред. М.А. Гольберга и В.И. Мельника. – Минск, 1985 – 450 с.
9. Дубовик, А.Э. Сравнительная оценка противозерозионной устойчивости дерново-подзолистых почв, сформированных на мощных легких лессовидных и моренных суглинках / А.Э. Дубовик, А.Ф. Черныш // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2004. – Вып. 33 – С. 45-52.
10. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практ. пособие. – Минск: Оргстрой, 2001. – 432 с.

## **THE ESTIMATION OF FACTOR FORMING EROSION PROCESS FOR THE PLANNING AND ADAPTATION SOIL-SAVING COMPLEXES TO SOIL-ECOLOGICAL CONDITIONS OF BELARUS**

**A.F. Chernysh, A.Eh. Radziuk**

### **Summary**

The estimation of factor, forming erosion process, at the territory of northern, central and southern soil-ecological Belarusian province was showed in the article. The extent of climate influence, relief, soils and man's impact on intensive of water erosion is estimated by means of factor analysis method.

*Поступила 23 ноября 2009 г.*

**МОРФОЛОГИЯ И ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА  
ЭРОДИРОВАННЫХ ДЕРНОВО-ПАЛЕВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ,  
РАЗВИВАЮЩИХСЯ НА ЛЁССОВИДНЫХ  
И ЛЁССОВЫХ СУГЛИНКАХ  
(по результатам мониторинговых наблюдений)**

**А.Ф. Черныш, А.М. Устинова, А.Э. Радюк, А.В. Юхновец**  
*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

**ВВЕДЕНИЕ**

Дерново-подзолистые почвы, развивающиеся на лёссовых и лёссовидных суглинках, довольно близки по своим свойствам и уровню плодородия. Поэтому они объединены в одну агропроизводственную группу [1]. Доля таких почв в пахотных землях республики составляет 17% [2]. В Беларуси почвы, сформированные на лёссовых и лёссовидных суглинках, отличаются высоким естественным плодородием среди дерново-подзолистых почв. Обширные массивы этих почв приурочены к юго-западным склонам Минской и Оршанской возвышенностей, северу Оршанско-Могилевской равнины, а также к Новогрудской возвышенности и Копыльской гряде [3].

Генетические особенности лёссовых и лёссовидных почвообразующих пород, которые выражаются в преобладании в гранулометрическом составе пылеватых частиц, а также приуроченность их к возвышенным территориям, обусловили высокую подверженность эрозии. Поверхностный сток формируется за счет большого количества осадков и низкой водопроницаемости самих почв, т.к. отсутствие песчаной фракции затрудняет фильтрацию воды в нижележащие слои.

Значительную роль в формировании эрозионных процессов в Центральной почвенно-экологической провинции играет также высокая сельскохозяйственная освоенность, которая в ряде районов составляет 50-88%.

Исследования по количественной оценке противозэрозионной устойчивости почв Беларуси показали, что почвы, сформированные на лёссовых и лёссовидных суглинках, характеризуются самой низкой способностью противостоять разрушающему действию водной эрозии [4, 5].

В соответствии с заданием 21 Государственной программы развития Национальной системы мониторинга окружающей среды на 2006-2010 гг. Институтом почвоведения и агрохимии создана репрезентативная сеть наблюдений за процессами водной эрозии. Основное назначение созданной сети заключается в установлении количественных показателей эрозии при различном сельскохозяйственном использовании пахотных земель.

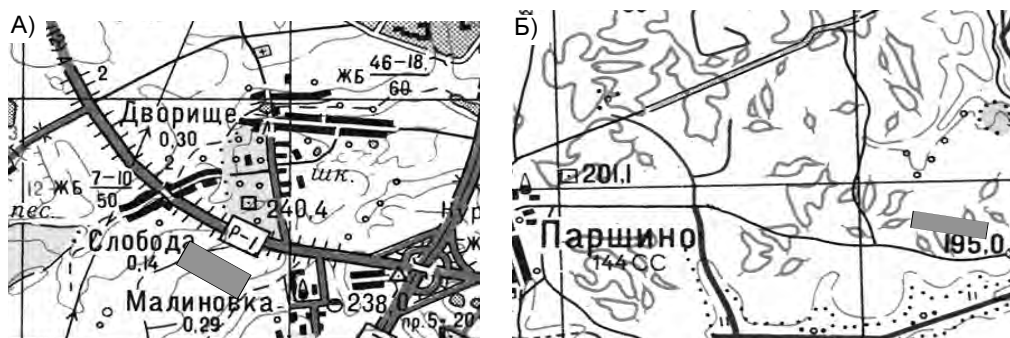
**ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В качестве основных объектов мониторинговых наблюдений в зоне Белорусской гряды приняты дерново-палево-подзолистые в разной степени эродированные почвы, сформированные на мощных лёссовых и лёссовидных суглин-



ках, имеющие в республике широкое распространение среди почв исследуемого типа и используемые в качестве пахотных земель.

Стационарные площадки для закладки разрезов, исследования основных свойств и изучения производительной способности почв представлены в СПК «Щемыслица» Минского района (стационар «Стоковые площадки»), почвы – дерново-палево-подзолистые в разной степени эродированные, развивающиеся на мощных лёссовидных суглинках – разрезы 6-9 и разрезы 11-14 в РУП «Учхоз БГСХА» Горецкого района Могилевской области (стационар «Учхоз БГСХА»), почвы – дерново-палево-подзолистые в разной степени эродированные суглинистые на лёссовых суглинках (рис. 1).



- месторасположения стационарной площадки

Рис. 1. Схема расположения стационаров «Стоковые площадки» Минского района (А) и «Учхоз БГСХА» (Б) Горецкого района

Площадь ключевых участков в пределах каждого хозяйства составляет 25-50 га. Они используются в полевых севооборотах с различной почвозащитной способностью. В пределах ключевых участков подобраны стационарные площадки размером от 0,2 до 2,0 га, характеризующие почвенный покров территории.

В процессе исследований определялся ряд показателей: плотность почвы – методом «режущих колец»; пористость и пористость аэрации – расчетным способом; структурно-агрегатный состав – по методу Савинова; содержание подвижных форм фосфора и калия – по Кирсанову; подвижных кальция и магния – на атомно-абсорбционном спектрометре; pH в KCl – потенциометрическим методом; гумуса – по Тюрину. Урожайность сельскохозяйственных культур учитывали путем отбора пробного снопа в 8-кратной повторности с последующим пересчетом на стандартную влажность. По данным структурно-агрегатного состава рассчитаны коэффициенты, характеризующие противоэрозионную устойчивость почв: коэффициент структурности (Кстр.), содержание водопрочных агрегатов > 0,5 мм, средневзвешенный диаметр агрегатов (dw), коэффициент неустойчивости (Кнест.).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Отличительной особенностью дерново-палево-подзолистых в разной степени эродированных почв является упрощение морфологической дифференциации профиля и степень разрушения пахотного горизонта (Ап). Лишь для незэродиро-

ванных почв характерен ненарушенный эрозионными процессами Ap, а также четко выраженный подзолистый горизонт (A<sub>2</sub>). В слабоэродированных почвах Ap разрушен частично, в процессе обработки припахивается A<sub>2</sub>. Для среднеэродированных почв характерно полное разрушение Ap, распахивается A<sub>2</sub> и верхняя часть иллювиального горизонта (B). Сильноэродированные почвы характеризуются полным разрушением Ap и A<sub>2</sub>, при этом распахивается горизонт B.

Во всех исследуемых почвенных разновидностях содержание физической глины составляло 19,8-28,6%,

Морфологические особенности и строение исследуемых почв характеризуются описанием почвенных разрезов 6-9 (стационар «Стоковые площадки») и 11-14 (стационар «Учхоз БГСХА»), заложенными на водораздельной равнине, в верхней, средней и нижней частях склона.

*Разрез №6*

- Ap 0-22 см – пахотный горизонт серого цвета, обилие корней, слабоуплотненный, мелкокомковатой структуры, переход постепенный, суглинок легкий пылеватый;
- A<sub>1</sub> 22-33 см – гумусовый горизонт серого цвета, редкие корни, плотный, комковатой структуры, переход резкий, волнистый, суглинок легкий пылеватый;
- A<sub>2</sub> 33-45 см – подзолистый горизонт белесовато-палевого цвета, плотный, пластинчато-плитчатой структуры, переход заметный, супесь связная пылеватая;
- A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> 45-57 см – подзолисто-иллювиальный горизонт буровато-палевого цвета с белесыми затеками, плотный, комковато-плитчатой структуры, переход заметный, суглинок легкий пылеватый;
- B<sub>2</sub> 57-85 см – иллювиальный горизонт темно-бурого цвета, плотный, комковато-плитчатой структуры, переход заметный, суглинок легкий пылеватый;
- B<sub>3</sub> 85-145 см – иллювиальный горизонт бурого цвета, плотный, комковато-плитчатой структуры, переход постепенный, суглинок легкий пылеватый;
- B<sub>3</sub>C 145-200 см -переходный горизонт коричнево-бурый, плотный, комковато-глыбистой структуры, пунктации Mn, суглинок средний пылеватый.

***Почва: дерново-палево-подзолистая незэродированная, развивающаяся на мощных лессовидных суглинках***

*Разрез №7*

- Ap 0-24 см – пахотный горизонт грязно-желтого цвета с палевым оттенком, обилие корней, слабо-уплотненный, комковатой структуры, переход заметный, суглинок легкий пылеватый;
- A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> 24-42 см – подзолисто-иллювиальный горизонт палевого цвета, редкие корни, слабо-уплотненный, пластинчато-плитчатой структуры, переход заметный затеками и языками, суглинок легкий пылеватый;
- B<sub>2</sub> 42-76 см – иллювиальный горизонт коричнево-бурого цвета, сильно-уплотненный, комковато-плитчатой структуры, переход заметный, суглинок легкий пылеватый;
- B<sub>3</sub> 76-112 см – иллювиальный горизонт желтовато-бурого цвета, плотный, комковато-плитчатой структуры, переход постепенный, суглинок легкий пылеватый;

## Почвенные ресурсы и их рациональное использование

V<sub>3</sub>C 112-200 см – переходный горизонт коричнево-бурого цвета, плотный, комковато-глыбистой структуры, суглинок средний пылеватый.

**Почва: дерново-палево-подзолистая слабоэродированная, развивающаяся на мощных лессовидных суглинках**

*Разрез №8*

Ап 0-20 см – пахотный горизонт палево-буроватого цвета, обилие корней, слабоуплотненный, комковато-ореховатой структуры, переход заметный, суглинок легкий пылеватый;

V<sub>1</sub>V<sub>2</sub> 20-54 см – иллювиальный горизонт желто-бурого цвета, редкие корни, сильноуплотненный, комковато-пластинчатой структуры, переход заметный, легкий пылеватый суглинок;

V<sub>3</sub> 54-90 см – иллювиальный горизонт коричнево-бурого цвета, плотный, пластинчато-глыбистой структуры, переход постепенный, суглинок легкий пылеватый;

С 90-160 см – материнская порода желтовато-бурого цвета, слабоуплотненный, глыбистой структуры, суглинок средний пылеватый вскипает от HCl.

**Почва: дерново-палево-подзолистая среднеэродированная, развивающаяся на мощных лессовидных суглинках**

*Разрез №9*

Ап 0-17 см – пахотный горизонт палево-бурого цвета, обилие корней, слабоуплотненный, ореховатой структуры, переход заметный, суглинок легкий пылеватый;

В 17-58 см – иллювиальный горизонт бурого цвета, редкие корни, плотный, глыбистой структуры, переход постепенный, суглинок легкий пылеватый;

С 58-140 см – материнская порода желтовато-бурого цвета, сильноуплотненный, глыбистой структуры, суглинок средний вскипает от HCl.

**Почва: дерново-палево-подзолистая сильноэродированная, развивающаяся на мощных лессовидных суглинках**

*Разрез №11*

Ап 0-22 см – буровато-серого цвета с бурыми пятнышками, включения органики (навоза), уплотненный комковато-ореховатой структуры, влажный, переход ясный, суглинок пылеватый легкий;

A<sub>1</sub> 22-34 см – серовато-палевого цвета с мелкими ржавыми пятнышками, ходы червей, корни редко, сильноуплотненный, комковато-ореховатой структуры, свежий, переход ясный, суглинок пылеватый легкий;

A<sub>2</sub> 34-49 см – палево-белесого цвета, ходы червей, сильноуплотненный, бесструктурный, свежий, переход резкий, неровный, супесь пылеватая связная;

V<sub>1</sub> 49-71 см – красновато-бурого цвета с белесыми прожилками и прожилочками, присыпка по граням отдельностей, сильноуплотненный, ореховатой структуры, свежий, переход постепенный, суглинок пылеватый легкий;

V<sub>2</sub>C 71-128 см – зebровидный, чередование палевых и светло-серых прослоек, уплотненный, ореховатой структуры, свежий, переход постепенный, суглинок пылеватый легкий;

С 128-... см – палевого цвета, уплотненный, ореховатой структуры, свежий, переход постепенный, суглинок пылеватый легкий.

**Почва: дерново-палево-подзолистая незродированная суглинистая на легких лёссовых суглинках**

*Разрез №12*

- Ап 0-19 см – буровато-серого цвета, включения органики, корни, уплотненный, ореховато-комковатой структуры, влажный, переход ясный, суглинок пылеватый легкий;
- A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> (B<sub>1</sub>A<sub>2</sub>) 19-30 см – серовато-палевого цвета с мелкими красновато-бурыми пятнами, редкие пунктации Mn, ходы червей, заполненные материалом верхнего и нижнего горизонтов, уплотненный, ореховатой структуры, свежий, переход резкий, суглинок пылеватый легкий;
- B<sub>2</sub> 30-60 см – коричневатого-бурого цвета, сильноуплотненный, ореховатой структуры, свежий, переход постепенный, суглинок пылеватый легкий;
- B<sub>3</sub> 60-82 см – коричневатого-бурого цвета с белесыми обрывочными прослоечками, белесая присыпка по граням отдельностей, редкие мелкие кутаны, сильноуплотненный, ореховатой структуры, свежий, переход заметный, суглинок пылеватый легкий;
- B<sub>3</sub>C 82-110 см – слоеватой окраски, чередование палевых и красновато-бурых прослоек, сильноуплотненный, ореховатой структуры, плитчатое сложение, свежий, почти влажный, переход постепенный, суглинок пылеватый легкий;
- C 110-... см – материнская порода палевого цвета, влажный, уплотненный суглинок легкий пылеватый.

**Почва: дерново-палево-подзолистая слабоэродированная суглинистая на легких лёссовых суглинках**

*Разрез №13*

- Ап 0-22 см – буровато-серого цвета, корни кукурузы и других растений, слабоуплотненный, комковато-ореховатой структуры, влажный, переход ясный, суглинок пылеватый легкий;
- B<sub>1</sub> 22-28 см – палевого цвета с буроватыми пятнышками, ходы червей, уплотненный, комковато-ореховатой структуры, влажный, переход неровный, суглинок пылеватый легкий;
- B<sub>2</sub> 28-63 см – коричневатого-бурого цвета с белесыми прослойками и включениями, сильно-уплотненный, ореховатой структуры, плитчатое сложение, влажный, переход резкий, маркирован белесой прослойкой, суглинок пылеватый легкий;
- B<sub>3</sub> 63-113 см – коричневатого-бурого цвета с белесыми вертикальными жилками, сильно-уплотненный, ореховатой структуры с присыпкой, плитчатого сложения, влажный, переход постепенный, суглинок пылеватый легкий;
- B<sub>3</sub>C 113-150 см – коричневатого-бурого цвета, сильноуплотненный, ореховатой структуры, тонкопористый, влажный, переход постепенный, суглинок пылеватый легкий;
- C 150-... см – палевый, влажный, суглинок пылеватый легкий.

**Почва: дерново-палево-подзолистая среднеэродированная суглинистая на легких лёссовых суглинках**

*Разрез №14*

- Ап 0-20 см – буровато-светло-серого цвета с палевым оттенком, пунктации Mn, корни, включения органики, слабоуплотненный, мелкие кутаны, комковато-ореховатой структуры, влажный, переход резкий на контакте остатка палевого горизонта, суглинок пылеватый легкий;

## Почвенные ресурсы и их рациональное использование

В <sub>1</sub> В <sub>2</sub>	20-60 см – коричневато-бурого цвета с желтовато-бурыми затеками, мелкие кутаны, ореховатой структуры, плитчатое сложение, влажный, сильноуплотненный; пылеватый легкий суглинок, переход заметный;
В <sub>2</sub>	60-85 см – коричневато-бурого цвета, сильноуплотненный, ореховатой структуры, плитчатое сложение, влажный, переход ясный, суглинок пылеватый легкий;
В <sub>3</sub> Сg	85-113 см – палевого цвета с красновато-бурыми прослойками, уплотненный, ореховатой структуры, плитчатое сложение, тонкопористый, влажный, переход ясный, суглинок пылеватый легкий;
Сg	113 – ... см – суглинок пылеватый легкий

**Почва: дерново-палево-подзолистая сильноэродированная суглинистая на легких лёссовых суглинках**

Одной из важнейших составляющих оценки подверженности почв эрозии и их плодородия является агрофизическая характеристика. Одновременно агрофизические свойства во многом определяют противозерозионную устойчивость почв. Как свидетельствуют данные табл. 1, плотность пахотных горизонтов дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв, развивающихся на лёссовидных суглинках (стационар «Стоковые площадки»), составляла 1,11-1,31 кг·м<sup>-3</sup> в зависимости от степени эродированности. На эродированных разновидностях она увеличилась на 3-18%. На дерново-палево-подзолистых почвах на легких лёссовых суглинках (стационар «Учхоз БГСХА») этот показатель составил 1,15-1,44 кг·м<sup>-3</sup>. С увеличением степени эродированности плотность увеличилась на 10-25%.

Таблица 1

### Агрофизические свойства пахотного слоя исследуемых почв на стационарах «Стоковые площадки» и РУП «Учхоз БГСХА»

Степень эродированности	Плотность, кг·м <sup>-3</sup>	Пористость, %	Пористость аэрации, %	Влажность, %
Стационар «Стоковые площадки»				
Неэродированная (разрез 6)	1,11	57	37	18,4
Слабоэродированная (разрез 7)	1,14	56	36	17,1
Среднеэродированная (разрез 8)	1,26	52	32	15,9
Сильноэродированная (разрез 9)	1,31	50	30	15,0
Стационар «Учхоз БГСХА»				
Неэродированная (разрез 11)	1,15	54	20	29,7
Слабоэродированная (разрез 12)	1,27	50	14	28,6
Среднеэродированная (разрез 13)	1,26	51	14	29,5
Сильноэродированная (разрез 14)	1,44	44	15	20,6

Общая пористость пахотного слоя незеродированных почв на стационаре «Стоковые площадки» и «Учхоз БГСХА» соответствовала оптимальным значениям и составляла соответственно 50-57% и 50-54%. На эродированных разновидностях она была ниже на 1-7% и 4-10%. Исключением являлась сильноэродированная почва стационара «Учхоз БГСХА», где пористость лишь 44%.

Условия роста и развития растений в значительной степени зависят от пористости аэрации, которая определяется влажностью и плотностью почв. Для создания устойчивого запаса влаги в почве при одновременном хорошем воздухообмене необходимо, чтобы пористость аэрации составляла не менее 15%. На исследуемых почвах этот показатель был ниже указанного значения только на эродированных почвах стационара «Учхоз БГСХА», что объясняется, в первую очередь, повышенным содержанием влаги (21-30%).

Структура почвы является одним из главнейших факторов плодородия. В структурной почве создаются оптимальные условия водного, воздушного и теплового режимов. Удовлетворительной принято считать такую почву, коэффициент структурности которой более 0,65 [6]. Как видно из данных рис. 2, структура пахотного горизонта изучаемых почв на лёссовидных суглинках стационара «Стоковые площадки» удовлетворительная. На незеродированной почве коэффициент структурности (К стр.) составлял 1,00. С увеличением степени эродированности он снизился до 0,76 (сильноэродированная почва).

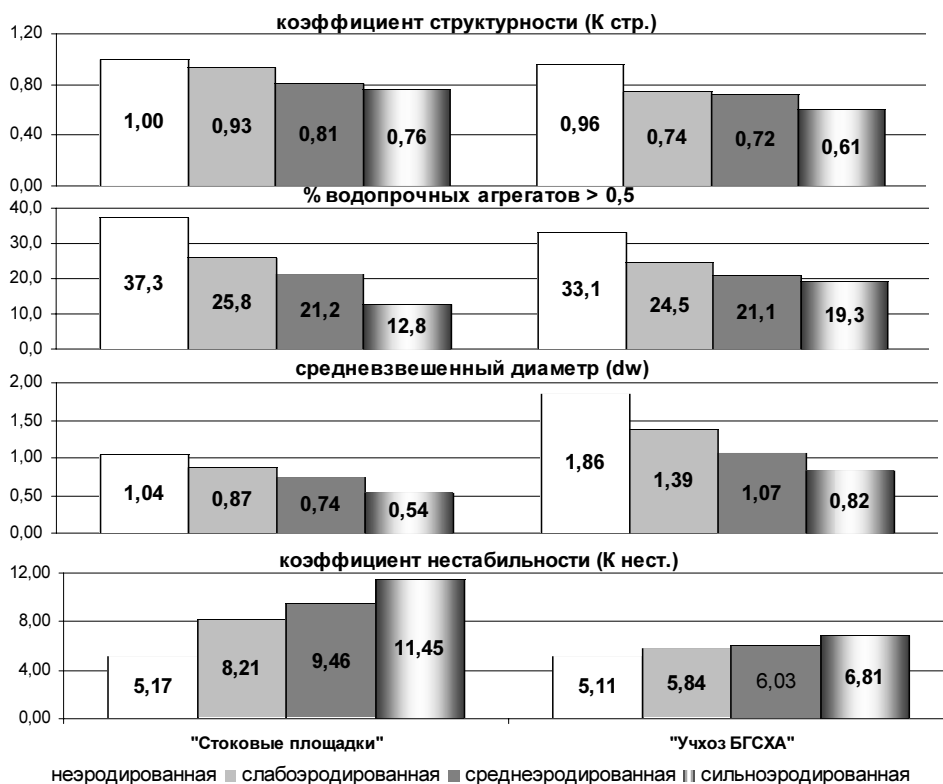


Рис. 2. Коэффициенты, характеризующие противозерозионную устойчивость почв стационаров «Стоковые площадки» и РУП «Учхоз БГСХА»

## Почвенные ресурсы и их рациональное использование

На дерново-палево-подзолистых почвах на легких лёссовых суглинках стационара «Учхоз БГСХА» коэффициент структурности составлял 0,72-0,96. Только сильноэродированная почва характеризуется неудовлетворительной структурой – К стр. равен 0,61.

Коэффициент водопрочности агрегатов, представляющий собой процентное содержание водопрочных агрегатов диаметром более 0,5 мм, значительно снижался на эродированных почвах. Так, на стационаре «Стоковые площадки» в неэродированной почве содержалось 37,3% водопрочных агрегатов более 0,5 мм. На сильноэродированной почве оно уменьшилось почти в 3 раза (до 12,8%).

На стационаре «Учхоз БГСХА» наблюдались те же закономерности – содержание водопрочных агрегатов снижалось с 33,1% на неэродированной до 19,3% на сильноэродированной почве.

На обоих стационарах средневзвешенный диаметр агрегатов в эродированных почвах значительно ниже, чем в неэродированных, что свидетельствует о снижении их противозерозионной устойчивости.

Увеличение коэффициента нестабильности на стационаре «Стоковые площадки» с 5,17 на неэродированной до 11,45 на сильноэродированной, на стационаре «Учхоз БГСХА» – с 5,11 до 6,81, также указывает на снижение устойчивости почвы к водно-эрозионным процессам

Таким образом, приведенные на рис. 2 данные убедительно показывают, что противозерозионная устойчивость почв заметно снижается по мере увеличения степени их эродированности.

Проявление водно-эрозионных процессов оказывает значительное влияние и на плодородие почв. На стационаре «Стоковые площадки» содержание гумуса в пахотных горизонтах почв составляло 1,37-2,18% в зависимости от степени эродированности, на стационаре «Учхоз БГСХА» – 1,25-2,69%. На эродированных разновидностях оно снижалось по сравнению с неэродированной почвой соответственно на 8-37% и 10-54% (табл. 2).

Таблица 2

### Агрохимическая характеристика пахотного горизонта исследуемых почв стационаров «Стоковые площадки» и «Учхоз БГСХА»

Степень эродированности	Гумус, %	рН (в KCl)	мг/кг почвы			
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
<b>Стационар «Стоковые площадки»</b>						
Неэродированная (разрез 6)	2,18	5,82	418	378	677	105
Слабоэродированная (разрез 7)	2,01	5,74	387	285	696	118
Среднеэродированная (разрез 8)	1,75	5,75	372	327	793	130
Сильноэродированная (разрез 9)	1,37	5,63	347	305	909	165
<b>Стационар РУП «Учхоз БГСХА»</b>						
Неэродированная (разрез 11)	2,69	5,92	449	376	1491	117
Слабоэродированная (разрез 12)	2,44	5,19	503	590	1289	289
Среднеэродированная (разрез 13)	1,94	4,85	233	419	1545	214
Сильноэродированная (разрез 14)	1,25	4,69	176	347	821	135

По обеспеченности подвижным фосфором почвы стационара «Стоковые площадки» относятся к V-VI группам [7]. Содержание подвижного калия в исследуемых почвах повышенное и высокое (285-378 мг/кг почвы). По степени кислотности почвы стационара «Стоковые площадки» слабокислые.

Пахотные горизонты почв стационара «Учхоз БГСХА» характеризуются повышенной и очень высокой обеспеченностью фосфором (233-503 мг/кг почвы), высокой и очень высокой – калием (347-590 мг/кг почвы), средне- и слабокислой реакцией среды (рН в КСl 4,69-5,92).

Отметим, что с увеличением степени эродированности изучаемых почв происходит значительное снижение содержания гумуса, а также основных агрохимических показателей ( $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ).

Известно, что средние недоборы урожаев зерновых культур из-за ухудшения свойств почв, подверженных эрозии, составляют в зависимости от степени их эродированности 12-40%; пропашных – 20-60; льна – 15-40; многолетних трав – 5-30% [8].

В наших исследованиях на стационаре «Стоковые площадки» в среднем в звене травяно-зернового севооборота (яровая пшеница – горохо-овсяная смесь – озимая пшеница + травы – травы 1 г.п.) производительная способность незеродированной почвы составила 100,4 ц/га к.ед. (рис. 3). Недобор на эродированных разновидностях изменялся от 4,1 ц/га к.ед. (или 5%) на слабоэродированной до 19,6 ц/га к.ед. (или 22%) на сильноэродированной почве.

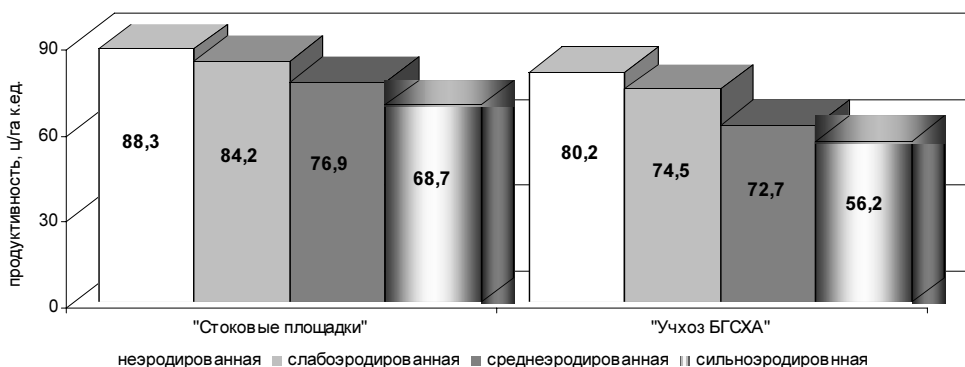


Рис. 3. Производительная способность исследуемых почв на стационарах «Стоковые площадки» и «Учхоз БГСХА»

На почвах стационара «Учхоз БГСХА» в среднем в звене севооборота (кукуруза на з/м – озимая пшеница – рапс) получено 56,2-80,2 ц/га к.ед. Производительная способность эродированных почв снизилась на 7-30% и варьировала от 80,2 на слабоэродированной до 56,2 ц/га к.ед. на сильноэродированной почве.

## ВЫВОДЫ

Объекты мониторинговых наблюдений за интенсивностью водно-эрозионных процессов на дерново-палево-подзолистых почвах, сформированных на лёссовых и лёссовидных почвообразующих породах, представляют единую в геомор-



фологическом отношении катену и являются репрезентативными для Белорусской гряды.

Отличительной особенностью дерново-палево-подзолистых в разной степени эродированных почв является упрощение морфолого-генетического строения профиля, которое выражается в отсутствии горизонта  $A_2$  или  $A_2B_1$  в средне- и сильноэродированных разновидностях.

Анализ агрофизических свойств исследуемых почв (плотности, пористости, структурно-агрегатного состава) показывает заметное снижение устойчивости к водно-эрозионным процессам эродированных разновидностей.

Наблюдения за продуктивностью возделываемых культур в течении ряда лет показали, что недоборы урожая на эродированных почвах по сравнению с неэродированными менее значительны, чем полученные ранее. Это является следствием проведенных работ по окультуриванию эродированных почв и подтверждается состоянием их агрохимических свойств. Не менее важным является и то, что почвы исследуемых объектов использовались в почвозащитных севооборотах более 10 лет.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Почвы Белорусской ССР / под ред. Т.Н. Кулаковской, П.П. Рогового, Сменяна. – Минск: Ураджай, 1974. – 328 с.
2. Цытрон, Е.В. Влияние строения почвообразующих пород на производительную способность дерново-подзолистых почв: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / Е.В. Цытрон; Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2003. – 19 с.
3. Матвеев, А.В. Рельеф Белоруссии / А.В. Матвеев, Б.Н. Гурский, Р.И. Левицкая. – Минск: Изд-во Университетское, 1988. – 200 с.
4. Дубовик, А.Э. Сравнительная оценка противозерозионной устойчивости дерново-подзолистых почв, сформированных на мощных легких лёссовидных и моренных суглинках / А.Э. Дубовик, А.Ф. Черныш // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2004. – Вып. 33. – С. 45-53.
5. Черныш, А.Ф. Характеристики почв, определяющие их эрозионную устойчивость / А.Ф. Черныш, А.Э. Дубовик // Почвы – национальное достояние России: материалы IV съезда Докучаевского об-ва почвоведов, Новосибирск, 9-13 августа 2004 г. / Новосибирск: Наука-цент, 2004. – Кн. 2. – С. 53.
6. Вадюнина, А.Ф. Методы исследований физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
7. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск: Белорус. наука, 2007. – 390 с.
8. Проектирование противозерозионных комплексов и использование эрозионноопасных земель в разных ландшафтных зонах Беларуси: рекомендации / РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси»; под общ. ред. А.Ф. Черныша. – Минск, 2005. – 45 с.

**MORPHOLOGY AND BASIC PROPERTIES OF ERODED  
SOD-PODZOLIC SOILS, FORMED ON LESS AND SIMILAR  
TO LESS LOAMS (BY MONITORING RESEARCHES RESULTS)**

**A.F. Chernysh, A.M Ustinova, A.Ed. Radyuk, A.V. Yukhnovets**

**Summary**

The results of monitoring researches for the morphology and basic properties of eroded sod-podzolic soils formed on less and similar to less loams were shown in the article.

The regularities of the agrophysical properties changes of the researched soils, reflected their sion durability, and grown crops productivity were determined.

*Поступила 18 ноября 2009 г.*

## **МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ИЛИСТЫХ ФРАКЦИЙ АГРОЗЕМОВ КУЛЬТУРНЫХ**

**С.В. Шульгина<sup>1</sup>, В.Т. Сергеенко<sup>1</sup>, Е.В. Горбачева<sup>2</sup>, Е.В. Цытрон<sup>3</sup>**

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

*<sup>2</sup>Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
г. Горки, Беларусь*

*<sup>3</sup>Белорусский государственный педагогический институт им. М. Танка,  
г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Минералогический состав почвенного поглощающего комплекса во многом определяет химические, физико-химические, водно-физические свойства почв механизмом обменных реакций [1, 2], что вызывает необходимость детального изучения минеральной части поглощающего комплекса и выявления направленности ее преобразования. Особый интерес в этом отношении представляют почвы, сформировавшиеся на песчаных почвообразующих породах, которые занимают 21,9% площади пахотных земель Беларуси. Содержание в них высокодисперсных фракций составляет не более 2-3% [2, 3].

Согласно данным Н.И. Горбунова с соавторами [4], в илистых фракциях песчаных пород содержатся иллит, каолинит, хлорит, смешаннослойные минералы, кварц, аморфные гидроксиды. В составе смешаннослойных структур преобладает содержание набухающих пакетов. Основным источником глинистых минералов песчаных пород являются заключенные в них слоистые силикаты более крупных фракций, а именно: полевые шпаты, мусковит, биотит, глауконит, а также амфиболы, которые часто хлоритизированы и служат источником хлоритов [3, 5-7]. Названные слоистые силикаты представляют собой своего рода «контейнеры», пополняющие почвы, развивающиеся на песках, тонкодисперсными минералами и элементами почвенного плодородия (калием, кальцием, магнием и железом).

Наряду с тем белорусские почвоведы отмечают сильное влияние культуры земледелия на количественное содержание и качественное состояние дисперсных минеральных частиц пахотного горизонта [3, 6-8]. В частности Н.И. Смеян и Г.А. Ржеутская [8] признают значительную роль в этом процессе высокодисперсных гумусовых веществ. Кроме того Н.И. Смеян отмечает, что сельскохозяйственное использование почв с применением сбалансированных органо-минеральных систем удобрения сопровождается формированием новых почвенных объектов, которые значительно превосходят по плодородию почвы пахотных земель с индексом окультуренности 1,00 [9]. В новой классификации почв Беларуси [10] эти почвы выделены на уровне самостоятельного типа – агроземы культурные в отделе антропогенно-преобразованных почв.

Поэтому целью настоящей работы явилось исследование минералогического состава фракций менее 1 мкм агроземов культурных песчаного гранулометрического состава.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В настоящей работе изложены результаты исследования минералогического состава илистых фракций агроземов культурных связнопесчаного гранулометрического состава, сформировавшихся на различных по генезису почвообразующих породах: моренных песках (разрез 6А-08, заложен в СПК «Вархи» Городокского р-на Витебской обл.), водно-ледниковых песках (разрез 7А-08, заложен в СПК «Озеры» Гродненского р-на), древнеаллювиальных песках (разрез 3А-08, заложен в СПК «Голевичи» Калинковичского р-на Гомельской обл.). Все почвы относятся к автоморфным: разрезы 6А-08 и 7А-08 – типичным, а разрез 3А-08 – оглеенным внизу. Агрогумусовые горизонты исследуемых почв характеризуются содержанием гумуса, превышающим верхний предел их оптимального значения (более 2,2%) [11].

Минералы изучены во фракциях ила (менее 1 мкм), выделенных методом седиментации по Н.И. Горбунову [12]. В качестве коагулятора для осаждения взвесей использовали раствор 1н  $MgCl_2$ . Рентгендифрактометрический анализ ориентированных препаратов выполнен на рентгендифрактометре «Дрон-2,0». При расшифровке дифрактограмм руководствовались принципами, изложенными в инструкции Горбунова [12]. Содержание основных минералов во фракции менее 1 мкм определено по методике В.Т. Сергеенко [13].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Почвенные горизонты исследуемых почв по содержанию ила существенно различаются (табл. 1). Для них характерно незначительное содержание тонкодисперсного материала в материнских породах и его аккумуляция в верхних горизонтах до 3 и более %. С.А. Тихонов и В.Т. Сергеенко [6] также отмечают прогрессивный характер накопления ила вверх по разрезу дерново-подзолистых почв, развивающихся на породах песчаного и супесчаного гранулометрического состава. По их мнению, аккумуляция ила в верхних горизонтах связана с новообразованием тонкодисперсных минералов за счет продуктов деструкции первичных минералов. Господствующие в верхних частях профиля благоприятные водно-физические условия вызывают более активное химическое и биохимическое выветривание первичных минералов и высвобождение большого количества элементов (Са, Mg, K, Fe), вовлекаемых в биологический круговорот.

Полученные профессором П.С. Самодуровым экспериментальные данные при изучении поведения минеральных веществ, заключенных во фракциях менее 0,001мм в профиле дерново-подзолистых почв разной степени окультуренности, формирующихся на легкодренируемых песчаных отложениях, позволили установить, что в пахотных горизонтах происходит накопление высокодисперсных минералов мельче 0,001мм прежде всего за счет частиц мельче 0,0005мм, обладающих высокой обменной способностью. Их содержание увеличивается не только по сравнению с материнскими породами, но и по сравнению с неокультуренными почвами от двух до десяти раз [3]. П.С. Самодуров отмечал [7], что процессы окультуривания активизируют разложение первичных и способствуют накоплению в пахотных горизонтах новых высокодисперсных почвенных минералов, слагающих минеральную основу почвенного поглощающего комплекса, что, несомненно, играет существенную роль в повышении плодородия почв. Причем, чем лучше окультурена почва, тем в ее пахотном горизонте содержится больше частиц мельче 0,001мм. Процесс накопления связан с внутрипочвенными резервами, т.е. продуктами биохимического и химического разложения первичных и вторичных минералов, а не с внесением их в пахотный горизонт с удобрениями. Например, согласно П.С. Самодурову и В.Т. Сергеенко, если в неокультуренных лесных дерново-подзолистых почвах, развивающихся на водно-ледниковых песках, содержание частиц менее 0,001мм составляет 0,89-2,18%, то в хорошоокультуренных (э/б «Липово») – 5,06% [7].

В наших же исследованиях, несмотря на отсутствие больших различий в гранулометрическом составе, почвы, вследствие различного генезиса пород, различаются по содержанию минеральных высокодисперсных элементов.

Минералогический состав илистых фракций в исследованных почвах представлен схожим составом глинистых минералов, которые представлены группами гидрослюд, вермикулита, хлорита и каолинита (рис. 1-3). На глубине 55-120см разреза 3А-08 диагностирован смектит. Из неглинистых минералов присутствует тонкодисперсный кварц. Базальные рефлексы глинистых минералов на рентгенодифрактограммах в основном низкие, ассиметричные. По базальным отражениям в области 14,0-14,3А, которые расширяются до 16,9-17,5А при насыщении образцов этиленгликолем и исчезают после прокаливании при 550°С, диагностирован смектит. Гидрослюды идентифицированы по базальным рефлексам в области 9,92-10,3А, которые не изменяются ни после насыщения образцов этиленгликолем, ни после их прокаливании при температуре 550°С. Базальные рефлексы глинистых минералов в основном низкие, ассиметричные. О наличии в исследованных почвах каолинита свидетельствуют отражения в области 7,08-7,20А, не изменяющиеся при насыщении образцов этиленгликолем и исчезающие после прокаливании при 550°С. По наличию пиков в области 13,8-14,9А из образцов почвы, насыщенных этиленгликолем и прокаленных при 550°С, диагностированы почвенные хлориты. Присутствие высокодисперсного кварца в иле почвы определено по рефлексам в области 4,23-4,65А исходных препаратов.

Особенности минералогического состава илистого материала исследуемых почв выражены в количественном перераспределении минеральных компонентов по профилю почв (табл. 1).

Данные таблицы показывают, что для минералогического состава ила почвообразующих пород характерно довольно высокое содержание гидрослюд (до 75%), которое на глубине залегания иллювиальных и переходных к почвообразующей породе горизонтах (65-95см) сокращается до 60%. На глубине 40-60см гидрослюды теряют свое доминирующее положение, их количество становится равным 38-47%. Значительное снижение количества гидрослюд до 37-49% на

глубине 75-120см в разрезе 3А-08 связано с оглеением почвы, которое способствовало трансформации слюдястых 2:1 минералов в структурно подвижные 2:1 минералы вермикулитового и смектитового типов, в связи с чем содержание гидрослюд составляет всего 37%.

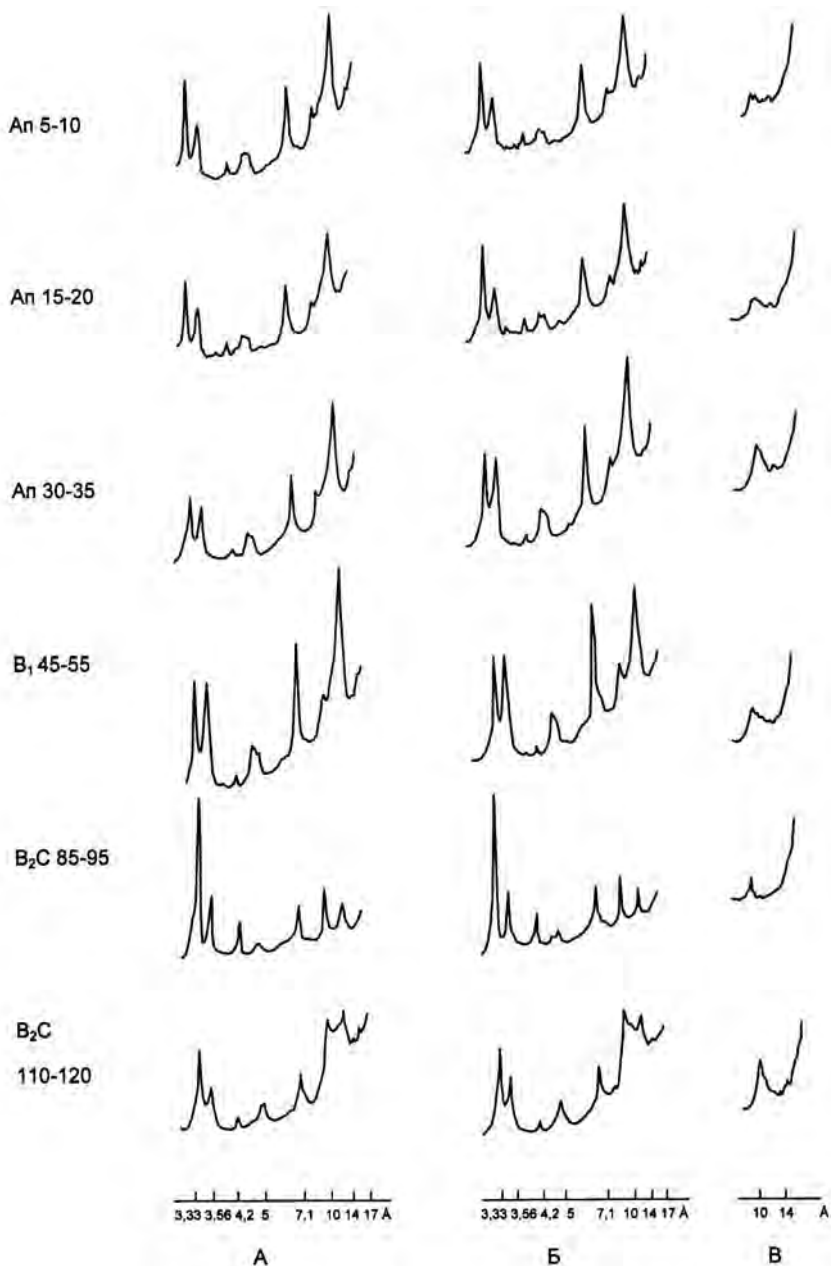


Рис. 1. Рентгенодифрактограммы илистых фракций, выделенных из генетических горизонтов агрозема культурного связнопесчаного, сформировавшегося на моренных песках (разрез 6А-08):

А – образец исходный; Б – образец, насыщенный этиленгликолем;  
 В – образец, прокаленный при 550°С.

В агрогумусовом горизонте (PK) разреза 6А-08 содержание гидрослюд остается на уровне их количества в иллювиальном горизонте – 35-37%. В разрезах 3А-08 и 7А-08 в нижней части агрогумусовых горизонтов содержание гидрослюд продолжает убывать до 24-29%. Ближе к поверхности наблюдаем обратный процесс – рост гидрослюдистого компонента, который на глубине 5-10см составляет 34-37%.

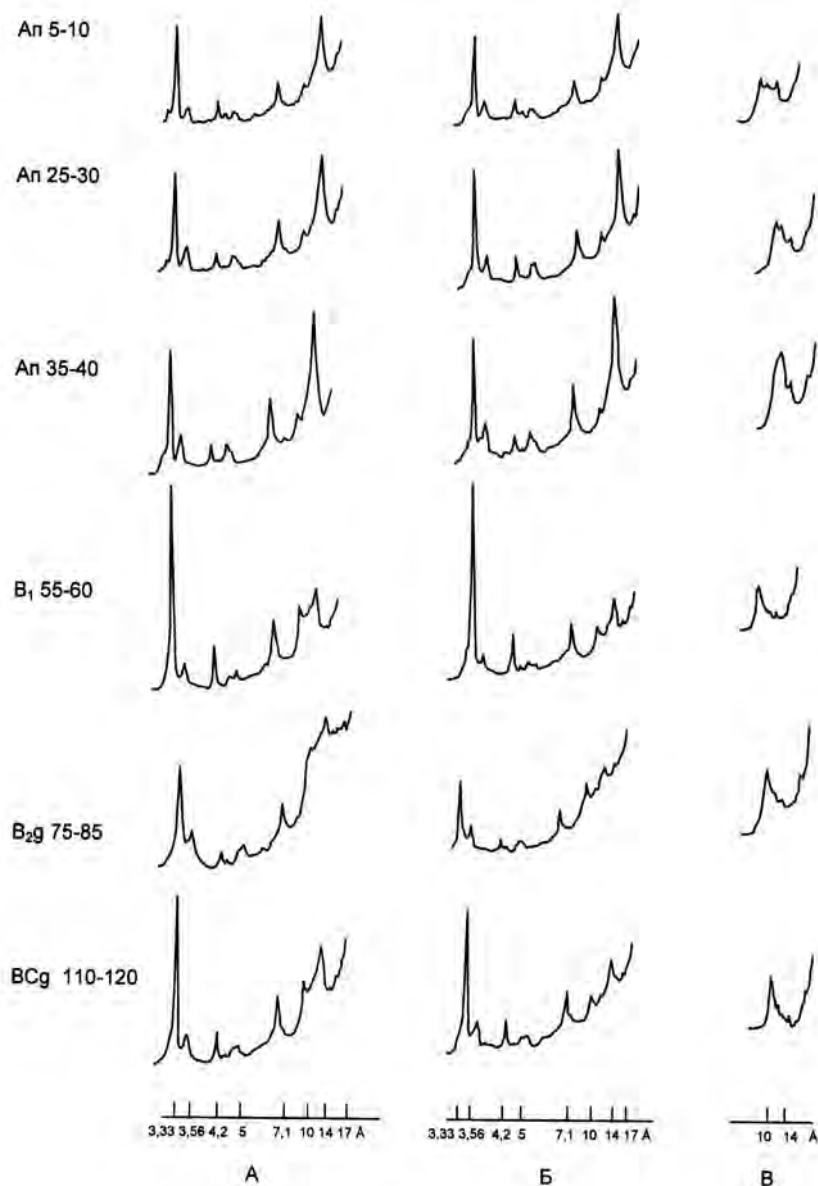


Рис. 2. Рентгендифрактограммы илистых фракций, выделенных из генетических горизонтов агрозема культурного связнопесчаного, сформировавшегося на древнеаллювиальных песках (разрез 3А-08):

А – образец исходный; Б – образец, насыщенный этиленгликолем;

В – образец, прокаленный при 550°С.

В пересчете на почву содержание гидрослюд на глубине 50-120см в трех разрезах находится в пределах 0,42-1,08% с максимальными значениями в иллювиальных горизонтах В<sub>1</sub>, что связано с повышением содержания здесь ила – 2,3-3,8%. В агрогумусовых горизонтах интервал значений следующий: разрез 3А-08 – 0,67-1,02, разрез 6А-08 – 0,84-1,03, разрез 7А-08 – 1,10-1,33%. Нужно отметить, что в исследуемых объектах на глубине залегания иллювиальных и переходных к почвообразующим породам горизонтах содержание гидрослюды выше в почве, сформированной на моренных песках -1,03-1,42% (разрез 6А-08), чем на водно-ледниковых песках и древнеиллювиальных.

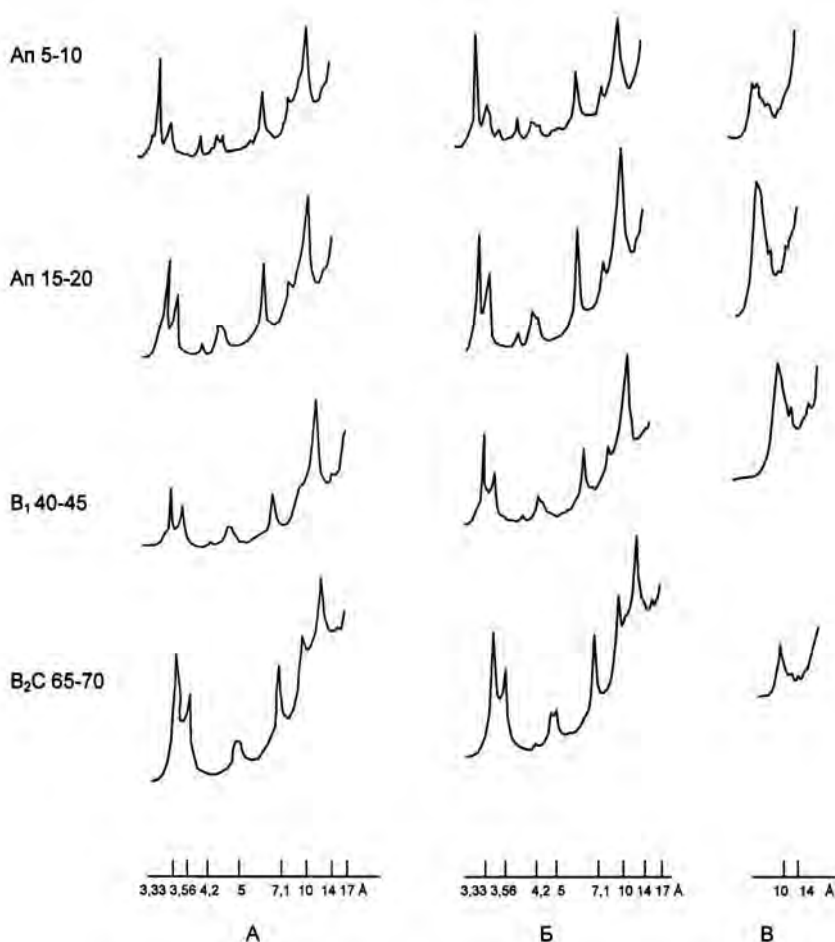


Рис. 3. Рентгendifрактограммы илистых фракций, выделенных из генетических горизонтов агрозема культурного связнопесчаного, сформировавшегося на водно-ледниковых песках (разрез 7А-08):

А – образец исходный; Б – образец, насыщенный этиленгликолем;  
В – образец, прокаленный при 550°С.



Таблица 1

## Соотношение основных минеральных фаз менее 1мкм, выделенных по методу Н.И. Горбунова

Разрез	Генетический горизонт, глубина отбора образца, см	Содержание фракции менее 1мкм	Содержание глинистых минералов									
			% от ила					% от почвы				
			смектит	вермикулит	гидро-слюда	каолинит	хлорит	смектит	вермикулит	гидро-слюда	каолинит	хлорит
3А-08	PK(5-10)	3,0	-	43	34	17	6	-	1,29	1,02	0,51	0,18
	PK(25-30)	2,6	-	45	30	15	10	-	1,17	0,78	0,39	0,26
	PK(35-40)	2,8	-	49	24	15	12	-	1,37	0,67	0,42	0,33
	B <sub>1</sub> (55-60)	2,3	2	17	47	27	7	0,05	0,39	1,08	0,62	0,16
	B <sub>2g</sub> (75-85)	2,0	5	21	49	21	4	0,10	0,42	0,98	0,42	0,08
7А-08	BCg(110-120)	1,8	6	21	37	27	9	0,10	0,38	0,66	0,48	0,16
	PK(5-10)	3,8	-	35	35	23	7	-	1,33	1,33	0,87	0,26
	PK(15-20)	3,8	-	41	29	21	9	-	1,56	1,10	0,80	0,34
	B <sub>1</sub> (40-45)	3,8	-	41	40	10	9	-	1,56	1,52	0,38	0,34
	B <sub>2C</sub> (95-105)	1,5	-	21	60	13	6	-	0,31	0,90	0,19	0,09
6А-08	PK(5-10)	2,8	-	34	37	22	7	-	0,95	1,03	0,61	0,19
	PK(15-20)	2,6	-	35	35	22	8	-	0,91	0,91	0,57	0,21
	PK(30-35)	2,4	-	34	35	21	10	-	0,81	0,84	0,50	0,24
	B <sub>1</sub> (45-55)	2,7	-	27	38	25	10	-	0,73	1,03	0,67	0,27
	B <sub>2C</sub> (85-95)	2,4	-	11	60	24	5	-	0,26	1,44	0,57	0,12
B <sub>2C</sub> (110-120)	1,9	-	10	75	10	4	-	0,19	1,42	0,19	0,07	

Особенность илистых фракций агроземов культурных песчаного гранулометрического состава заключается в большом количестве набухающей фазы – от 10 до 49%. С.А. Тихонов с соавторами также установили [6], что гидрослюдястый состав фракции мельче 0,001мм почвообразующих пород песчаных разновидностей почв сменяется в верхних частях их профиля (гумусовых горизонтах) вермикулитовым компонентом с соотношением вермикулитовых минералов к гидрослюдыстым от 2:1 до 4:1. При этом, как отмечают авторы, основным путем вермикулитообразования в почвах легкого гранулометрического состава, как и в суглинистых, является механизм трансформаций, но при более интенсивном течении этого процесса [3, 6, 7]. Унаследованные от почвообразующих пород пластинки слюд в условиях активного биохимического разложения и выщелачивания оказываются неустойчивыми и дезинтегрируются, пополняя тонкодисперсный материал уже заметно в вермикулитизированном состоянии. Рост активной поверхности частичек слюд при диспергации способствует более высокой их гидратации, а следовательно, и вермикулитизации. Суммарный поверхностный заряд частичек увеличивается, и они энергично взаимодействуют с более крупными зёрнами кластогенных минералов, обволакивая их и закрепляясь в почвенном горизонте.

Поглощающий комплекс подобных почв, приобретая очень важный по свойствам вермикулитоподобный компонент с высокими ионно-обменными свойствами, становится в значительно большей мере способным к удержанию внесимых с удобрениями калия, фосфора и других элементов, сохраняя их в гумусовом горизонте от вымывания [6]. Авторы также заостряют внимание, что некоторая часть калия может быть необменно фиксирована решеткой лабильного компонента и переведена в малодоступное состояние.

Содержание вермикулитов в илистых фракциях на глубине 1м и ниже составляет 10% (в пересчете на почву 0,19%). В разрезе 3А-08 в условиях переувлажнения, помимо вермикулитов, появляются смектиты и общее количество набухающих минералов значительно выше – 27% (в почве 0,48%). Вверх по профилю на глубине 45-70см отмечается повышение содержания вермикулитового компонента – 21-27% (в почве 0,31-1,27% в зависимости от содержания ила), а на глубине 55-60см разреза 3А-08 содержание набухающих минералов снижается по сравнению с оглееными нижележащими горизонтами до 19%. В иллювиальном горизонте разреза 7А-08 на глубине 40-45см вермикулитов становится 41% (1,56% в пересчете на почву). В профиле почвы, сформированной на моренных песках (разрез 6А-08, Городокский район), на фоне довольно равномерного распределения фракции менее 1мм отличается горизонт В<sub>1</sub>, в котором содержание вермикулитов в почве по сравнению с нижележащим горизонтом В<sub>2</sub>С (на глубине 110-120см) увеличивается почти в 3 раза (с 0,19 до 0,73%). В почве этих же горизонтов (иллювиальных) относительно накапливается гидрослюда (1,03-1,52%). При переходе к агрогумусовым горизонтам исследуемых почв тенденция накопления вермикулитового компонента сохраняется, однако в росте значений наблюдаются различия в зависимости от генетических особенностей почвообразующих пород. Так, на глубине 5-10см разрезов 3А-08 (древнеаллювиальные пески) и 7А-08 (водно-ледниковые пески) их количество становится равным соответственно 43 и 35%. В разрезе 6А-08 (моренные пески) содержание вермикулитов сохраняется на уровне 34-35% по всей мощности агрогумусового горизонта.

Профильное распределение каолинита зависит от изменения соотношения вермикулитовых и гидрослюдистых компонентов. Накопление же почвенных хлоритов отмечается в нижних частях агрогумусовых горизонтов (10-12%).

Все вышеизложенное указывает на одинаковую направленность минералогических трансформаций в илистых фракциях песчаных почв независимо от генезиса пород, которая выражена как в постепенном снижении количества гидрослюдистого компонента вверх по профилю с 60-75% до 35% так и в прогрессивном накоплении вермикулитового компонента до 34-49% в агрогумусовых горизонтах по сравнению с 10-21% в горизонтах ВС. Почвенными горизонтами также накапливаются хлоритовые образования, в лабилизированных участках которых внедрены образующиеся при выветривании кластогенных минералов несиликатные полуторные окислы. Наибольшая аккумуляция их происходит в нижней части агрогумусовых горизонтов. Процессы вермикулитизации и хлоритизации унаследованного от породы слюдяного компонента в песчаных почвах весьма активны, поэтому в горизонтах РК на долю гидрослюды и каолинита приходится всего 55%.

В свою очередь вермикулиты по структуре близки к смектиту и также обладают высокой емкостью поглощения катионов, достигающей 100-150 мг·экв/100г [1, 12], поэтому их превращения имеют сходные черты. Вермикулиты имеют ярко выраженную способность необменно фиксировать калий в межпакетных пространствах, трансформируясь в гидрослюды. Эти лабильные минералы вносят свой вклад в емкость катионного обмена исследуемых почв. Так, согласно результатам аналитических исследований, благодаря возросшим сорбционным способностям, величина ЕКО в агрогумусовых горизонтах варьирует в пределах 21,5-33,7 мг·экв/100г почвы. Согласно данным В.Е. Алексеева, В.В. Чербаря и др. [24] минералогический состав фракции мельче 0,001 мм пахотных горизонтов черноземов выщелоченных, являющихся, по мнению Н.П. Чижиковой [25], индикатором естественных ресурсов почвенного плодородия, представлен смектитами (42-48%), гидрослюдами (33-40%), хлоритом (4-7%), каолинитом (около 12%), то есть содержание набухающих минералов сравнимо с исследуемыми нами почвами, что может свидетельствовать о высоком плодородии исследованных почв.

## **ВЫВОДЫ**

Агроземы культурные песчаного гранулометрического состава, сформировавшиеся на различных по генезису почвообразующих породах (древнеаллювиальных, водно-ледниковых, моренных) характеризуются однотипными особенностями состава глинистых минералов илистого вещества и характера их поведения.

Рентгендифрактометрическое изучение высокодисперсных фракций вышеуказанных почв показало, что значительная трансформация слоистых силикатов происходит в верхней части их профиля, т.е. в агрогумусовых горизонтах. В них отмечается либо равновеликое соотношение гидрослюдистого и вермикулитового компонентов либо доминирование набухающей фазы, что увеличивает емкость катионного обмена и в сочетании с высоким содержанием гумуса положительно сказывается на их свойствах и плодородии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунов, Н.И. Минералогия и физическая химия почв / Н.И. Горбунов. – М.: Наука, 1978. – 293с.
2. Тихонов, С.А. Глинистые минералы дерново-подзолистых почв Белоруссии, развитых на разных породах / С.А. Тихонов, В.Т. Сергеенко // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / Белорус НИИ почвоведения и агрохимии. – Мн.: Ураджай, 1972. – Вып. 9. – С. 62-70.
3. Самодуров, П.С. Закономерность распределения дисперсных минеральных частиц мельче 0,001мм в основных разновидностях почв Белоруссии / П.С. Самодуров, Т.А. Романова, Н.А. Матусевич, В.Ф. Клебанович // Агрохимическая характеристика почв БССР // Бел НИИ почвоведения и агрохимии; редкол.: С.Н. Иванов (отв. ред.) [и др.]. – Мн.: Урожай, 1969. – С. 39-55.
4. Горбунов, Н.И. Образование глинистых минералов в подзолистых почвах на песчаных породах разного возраста / Н.И. Горбунов, З. Прусинкевич, Б.П. Градусов // Почвоведение. – 1960. – № 8. – С.
5. Соколова, Т.А. О химическом и минералогическом составе илистой фракции подзолистых почв на кварцевых песках / Т.А. Соколова, В.Д. Тонконогов, Р.В. Шостак // Почвоведение. – 1971. – № 11. – С. 117-125.
6. Тихонов, С.А. Глинистые минералы дерново-подзолистых почв Белоруссии, развитых на разных породах / С.А. Тихонов, В.Т. Сергеенко // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / Белорус НИИ почвоведения и агрохимии. – Мн.: Ураджай, 1972. – Вып. 9. – С. 62-70.
7. Самодуров, П.С. Об изменениях минеральной основы почвенного поглощающего комплекса дерново-подзолистых почв под влиянием процессов окультуривания / П.С. Самодуров // Почвенные условия и применение удобрений: труды Ин-та почвоведения. – Вып. V. – Мн.: Урожай, 1968. – С. 56-82.
8. Смяян, Н.И. О подзолистых почвах Белоруссии / Н.И. Смяян, Г.А. Ржеутская // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / Белорус НИИ почвоведения и агрохимии. – Мн.: Ураджай, 1988. – Вып. 24. – С. 3-11.
9. Смяян, Н.И. Агроземы и их место в классификации почв Беларуси / Н.И. Смяян, Г.С. Цытрон // Проблемы антропогенного почвообразования / Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева. – М.:, 1997. – Т. 2. – С.113-118.
10. Смяян, Н.И. Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси / Н.И. Смяян, Г.С. Цытрон // Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 220с.
11. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: Методические указания / под ред. акад. И.М. Богдевича. – Минск, 2006. – 64с.
12. Горбунов, Н.И. Высокодисперсные минералы и методы их изучения / Н.И. Горбунов. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 302с.
13. Сергеенко, В.Т. Пат. ВУ 10926 С1 2008.08.30 МПК G 01N 33/24. Способ определения минералогического состава фракций физической глины почв / Н.И. Смяян, Г.С. Цытрон, В.Т. Сергеенко, В.Д. Лисица, С.В. Шульгина. – №10926 // Изобретения. – 2008.
14. Алексеев, В.Е. Особенности минералогического состава стагниковых черноземов / В.Е. Алексеев [и др.] // Почвоведение и агрохимия.- 2009. – № 1(42). – С. 47-57.

15. Чижикова, Н.П. Трансформация глинистых минералов черноземов выщелоченных под влиянием различных комбинаций удобрений в условиях столетнего полевого опыта (Шатиловская опытная станция) / Тезисы докладов III съезда Докучаевского общества почвоведов (11-15 июля 2000г., Суздаль). – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2000. – Кн.2. – С. 346-347.

## **MINERALOGICAL COMPOSITION OF CLAY FRACTIONS OF HORTIC ANTHROSOLS**

**S.V. Shul'gina, V.T. Sergeenco, E.V. Gorbachova, E.V Tsytron**

### **Summary**

The results of mineralogical investigations of sandy granulometric composition Hortic Anthrosols was formed on the various genesis rocks are submitted in the article. It is shown common transformations of the absorbing complex s mineral basis of these soils which are responsible for the equilibrium quantitative ratio of hydromica and vermiculite components or for the predominance of minerals with swelling structures in the clay fractions of the agrohumus horizons what has shown positive effect on the betterment of properties soils and their fertility.

*Поступила 19 ноября 2009 г.*

## **ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА АГРОДЕРНОВО-КАРБОНАТНЫХ ЛЕГКОСУГЛИНИСТЫХ ПОЧВ**

**В.Т. Сергеенко, Г.С. Цытрон, Л.И. Шибут, С.В. Шульгина, В.А. Калюк,  
П.И. Шкуринов**

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

### **ВВЕДЕНИЕ**

Дерново-карбонатные почвы на территории Беларуси сформировались на породах различного генезиса: известковых отложениях коренного залегания и в виде отторженцев (мелах, доломитах, известняках), пресноводных образованиях (мергелях, омергелеванных породах) и карбонатной морене. Занимают незначительные площади и встречаются в виде островков и мелких пятен среди дерново-подзолистых почв [1, 2]. Используемые в сельскохозяйственном производстве в качестве пахотных земель, они в новой классификации почв республики выделены на уровне самостоятельного типа – агродерново-карбонатные [3]. По плодородию агродерново-карбонатные почвы суглинистого гранулометрического состава стоят на первом месте в оценочной шкале и, исходя из уровня их производительной способности, оцениваются в 100 баллов [4].

Известно, что основными составляющими естественного плодородия почв являются гранулометрический, минералогический, валовой химический составы и органическое вещество почв [1,4]. Поэтому нами предпринята попытка оценить генетический потенциал агродерново-карбонатных почв с использованием данных минералогического состава фракций физической глины.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований явились агродерново-карбонатные легкосуглинистые почвы, сформировавшиеся на почвообразующих породах различного генезиса:

Разрез №1 заложен на пахотных землях СПК «Агро-Припять» Житковичского района Гомельской области, почва – агродерново-карбонатная оглеенная внизу, развивающаяся на пресноводных древнеаллювиальных омергелеванных отложениях, легкосуглинистая. Строение почвенного профиля: P(A<sub>п</sub>) (0-37) см – A (A<sub>1</sub>) (37-73) см – BC<sub>кг</sub> (73-91) см – C<sub>кг</sub> (91-130) см.

Разрез №2 заложен на пахотных землях ЗАО «Альговское» Витебского района, почва – агродерново-карбонатная поверхностно-ogleенная, развивающаяся на доломитовых известняках, легкосуглинистая. Строение почвенного профиля: P(A<sub>п</sub>) (0-32) см – B<sub>1g</sub> (32-48) см – BC<sub>к</sub> (48-81) см – C<sub>к</sub> (81-120) см.

Разрез №3 заложен на пахотных землях СПК «Межаны» Браславского района Витебской области, почва – агродерново-карбонатная выщелочная, развивающаяся на карбонатной морене, легкосуглинистая. Строение почвенного профиля: P(A<sub>п</sub>) (0-24) см – B<sub>1</sub> (24-35) см – BC<sub>к</sub> (35-52) см – C<sub>к</sub> (52-110) см.

Разрез №4 заложен на пахотных землях СПК им. Черняховского Кореличского района Гродненской области, почва – агродерново-карбонатная выщелоченная, развивающаяся на меловых отложениях, легкосуглинистая. Строение почвенного профиля: P(A<sub>п</sub>) (0-30) см – B<sub>к</sub> (30-68) см – C<sub>к</sub> (68-110) см.

Разрез №5 заложен на пахотных землях СПК «Заречный» Гродненского района, почва – агродерново-карбонатная типичная, развивающаяся на мелах, легкосуглинистая. Строение почвенного профиля: P<sub>к</sub>(A<sub>п</sub>) (0-22) см – BC<sub>к</sub> (22-42) см – C<sub>к</sub> (42-80) см.

Следует отметить, что генезис почвообразующих пород двух последних разрезов (№4 и №5) идентичен, породы различаются только по степени выщелоченности.

Для изучения минералогического состава почвенного поглощающего комплекса исследуемых почв по методу Н.И. Горбунова [5] выделены фракции мельче 0,001 мм и 0,001-0,005 мм без разрушения карбонатных минералов соляной кислотой. Образцы агрогумусовых (пахотных) горизонтов обрабатывали перекисью водорода для разрушения органических соединений. Минералогический состав фракций исследуемых почв определяли рентгендифрактометрическим методом на аппарате «Дрон-2,0» с использованием медного излучения, фильтрованного никелем. Препараты готовили ориентированные, исключающие сегрегацию частиц. Диагностика минералов осуществлялась по признакам, учитывающим их современное состояние и структурные особенности. Количественное содержание глинистых минералов во фракциях рассчитывали по базальным рефлексам с использованием уравнивательных коэффициентов [6-9].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время оценка плодородия (продуктивности) почв производится в виде баллов по отношению к лучшим (эталонным) почвам. В основе этого принципа лежит потенциальное плодородие почв, которое характеризуется оптимальными природно-антропогенными свойствами, непосредственно связанными с урожайностью возделываемых сельскохозяйственных культур. Для почв, которые не удовлетворяют оптимальным условиям, вводятся поправочные коэффициенты на эродированность, завалуненность, контурность, окультуренность и т. д. [4].

Основными характеристиками почв, учитываемыми при качественной оценке, являются их типовая принадлежность, степень увлажнения, гранулометрический состав и строение почвообразующих пород и агрохимические показатели окультуренности (кислотность, содержание гумуса, подвижных форм фосфора и калия) без учета генезиса почвообразующих пород.

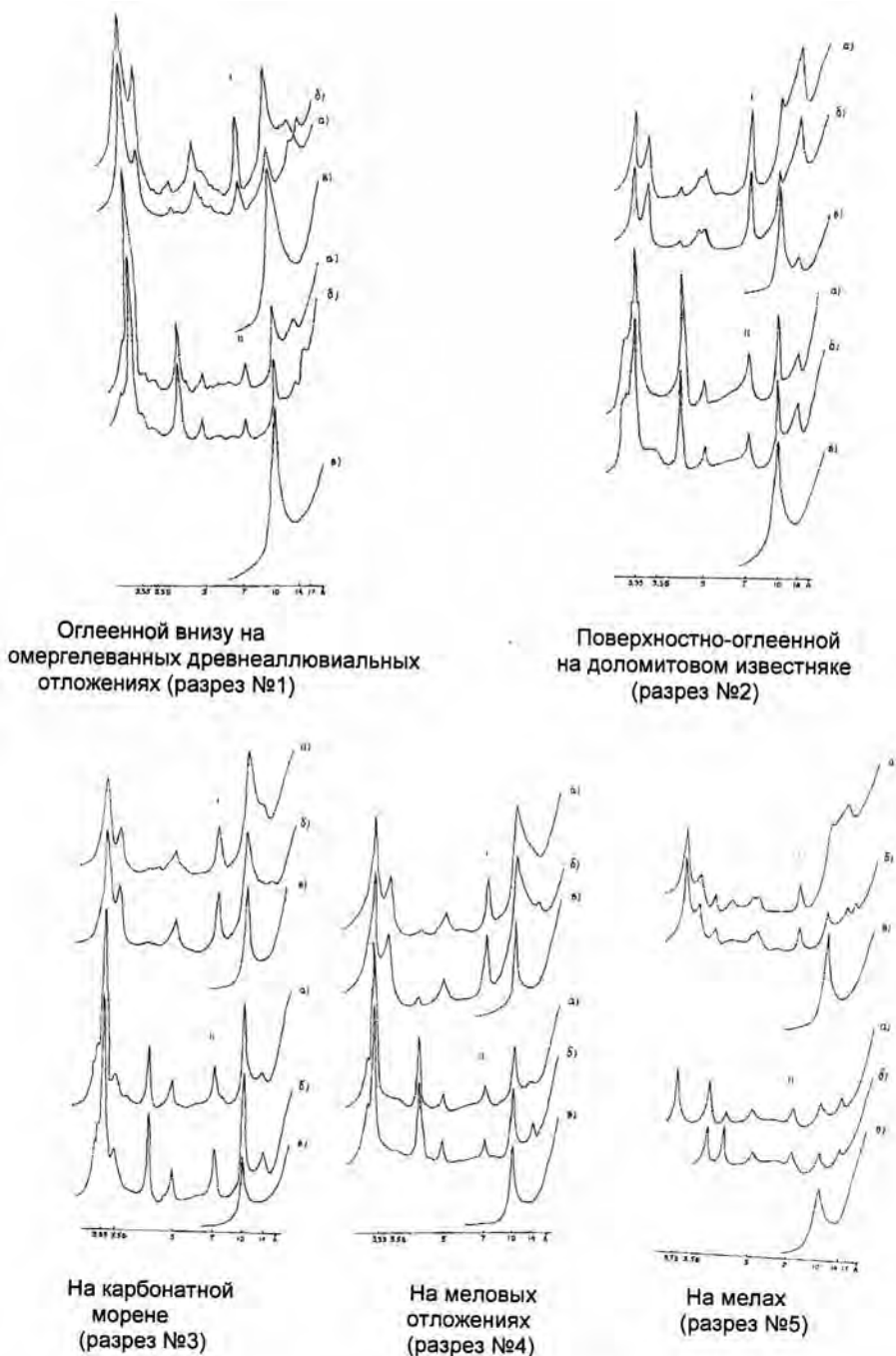
Поэтому мы в своих исследованиях попытались в пределах одного типа почв (агродерново-карбонатные) и одинакового гранулометрического состава (легкосуглинистые) дать оценку их генетического потенциала, исходя из генезиса почвообразующих пород на основе минералогического состава почвенного поглощающего комплекса как наиболее стабильной характеристики, показатели которой, полученные инструментальным путем, будут являться объективным мерилем их качества.

Сущность данных исследований состоит в установлении сравнительного уровня соотношений гидрослюдистого компонента фракции мелкой пыли (0,001-0,005мм) к гидрослюде илистой фракции (<0,001мм) по отношению к самой плодородной разновидности агродерново-карбонатной почвы, оцениваемой в 100 баллов.

Рентгендифрактограммы фракций ила (мельче 0,001мм) и мелкой пыли (0,001-0,005мм), выделенных из образцов агрогумусовых (пахотных) горизонтов агродерново-карбонатных легкосуглинистых почв, приведены на рис. 1. В минеральной основе почвенного поглощающего комплекса агрогумусовых горизонтов кроме глинистых минералов присутствуют и неглинистые, в основном карбонатные минералы: кальцит (рефлексы 3,86; 3,04; 2,84; 2,09А), арагонит (рефлексы 4,21; 3,39; 1,97; 1,88А), доломит (рефлексы 2,28; 2,67; 2,19; 1,80А), флюорит (рефлексы 3,16; 1,93; 1,65А). Кальций в тонкодисперсных карбонатных минералах находится в обменной форме [10].

В таблице 1 приведены данные количественного содержания глинистых минералов почвенного поглощающего комплекса агрогумусовых (пахотных) горизонтов агродерново-карбонатных почв (фракций ила и мелкой пыли), сформировавшихся на породах различного генезиса. Преобладающим компонентом среди глинистых минералов является гидрослюда как в илистой фракции, так и в мелкой пыли. В илистой фракции на ее долю приходится 62-82%, в мелкой пыли – 63-81%. Незначительный процент вермикулита и смектита (3-20%) присутствует в обеих фракциях. Присутствие в минеральной основе почвенного поглощающего комплекса агродерново-карбонатных почв смектита, вермикулита и гидрослюды свидетельствует о том, что эти глинистые минералы способны отдавать и поглощать катионы и анионы почвенного раствора, обменивать на другие катионы. Поглощающий комплекс удерживает катионы и некоторые анионы от вымывания. Каждый глинистый минерал почвенного поглощающего комплекса имеет свои специфические свойства и определенным образом влияет на плодородие почвы.





*Рис. 1.* Рентгendifрактограммы агрогумусового горизонта агродерново-карбонатных легкосуглинистых почв  
 I – илистой фракции (мельче 0,001мм), II – фракции мелкой пыли (0,001-0,005мм);  
 а) воздушно-сухого образца, б) сольватированного этиленгликолем, в) прокаленного при 550°C

**Минералогический состав почвенного поглощающего комплекса агрогумусовых (пахотных) горизонтов агродерново-карбонатных легкосуглинистых почв**

№ разреза	Минералогический состав, %									
	фракции, мм									
	<0,001 мм					0,001-0,005 мм				
	сметит	верми-кулит	гидро-слюда	каоли-нит	хлорит	сметит	верми-кулит	гидро-слюда	каоли-нит	хлорит
Разрез №1	12	11	62	15	-	7	5	73	15	-
Разрез №2	-	20	56	16	8	-	10	63	22	5
Разрез №3	-	3	79	18	-	-	3	81	16	-
Разрез №4	-	4	82	14	-	-	4	80	16	-
Разрез №5	4	9	69	18	-	-	10	66	24	-

Учитывая факт неодинаковой доступности элементов питания растениям из ила и мелкой пыли, используем соотношения содержания гидрослюдистого компонента из мелкой пыли к гидрослюдам в илистой фракции агрогумусовых горизонтов агродерново-карбонатных почв для характеристики в качестве показателя доступности элементов питания растениям.

Для агродерново-карбонатной почвы, сформировавшейся на омергелеван-ных отложениях (разрез №1), содержание гидрослюды во фракции мелкой пыли составляет 73% и гидрослюды в илистой фракции – 62%. Следовательно,  $K_1 = 73:62 = 1,17$ .

В агродерново-карбонатной почве, сформировавшейся на доломитовом известняке (разрез №2), содержание гидрослюды в мелкой пыли составляет 63% и в илистой фракции – 56%. Следовательно,  $K_2 = 63:56=1,12$ .

В агродерново-карбонатной почве, сформировавшейся на карбонатной морене (разрез №3), содержание гидрослюды в мелкой пыли составляет 81% и в илистой фракции – 79%. Следовательно,  $K_3 = 81:79=1,02$ .

В агродерново-карбонатной почве, сформировавшейся на меловых отложениях (разрез №4), содержание гидрослюды в мелкой пыли составляет 80% и в илистой фракции – 82%. Следовательно,  $K_4 = 80:82=0,97$ .

В агродерново-карбонатной почве, сформировавшейся на мелах (разрез №5), содержание гидрослюды в мелкой пыли составляет 66% и в илистой фракции – 69%. Следовательно,  $K_5 = 66:69=0,95$ .

Максимальная величина отношений гидрослюды мелкой пыли к гидрослюде в иле (1,17) характерна для агродерново-карбонатной почвы, сформировавшейся на омергелеванных отложениях, которая из всех приведенных разновидностей почв является наиболее плодородной (разрез №1). Это подтверждается и данными полевых учетов урожайности зерновых культур (табл. 2). Учет урожайности проведен в шестикратной повторности и показал, что максимальная величина урожая приходится на эту почву (70,8 ц к.ед./га).

Таблица 2

**Урожайность зерновых культур  
на агродерново-карбонатных легкосуглинистых почвах  
за 2004-2006 гг. (ц к. ед./га)**

№ разреза	2004 г.	2005 г.	2006 г.	Средняя за 2004-2006 гг.
	ц к.ед./га			
Разрез №1	70,8	74,5	67,1	70,8
Разрез №2	90,0	59,0	60,0	69,7
Разрез №3	56,0	58,8	58,0	57,6
Разрез №4	56,3	69,9	53,8	60,0
Разрез №5	50,7	59,0	49,0	52,9
НСР	2,17	3,06	2,84	5,40

Далее проводим сравнение коэффициентов по отношению к максимальной его величине (соотношение гидрослюды мелкой пыли к гидрослюде в иле разреза №1), то есть полученные соотношения делим на коэффициент, равный 1,17. В результате, в зависимости от генезиса карбонатных почвообразующих пород, получаем: омергелеванные отложения – 1,00, доломитовые известняки – 0,95, карбонатная морена – 0,87, меловые отложения – 0,82 и мел – 0,81. Полученные сравнительные величины для каждой почвы умножаем на 100 и получаем шкалу оценочных баллов генетического потенциала для всего ряда агродерново-карбонатных суглинистых почв в зависимости от генезиса пород.

Таким образом, согласно проведенным исследованиям, агродерново-карбонатная оглеенная внизу, развивающаяся на омергелеванных древнеаллювиальных отложениях, легкосуглинистая почва оценена 100 баллами, аналогичная почва, развивающаяся на доломитовом известняке – 95 баллами, на карбонатной морене – 87 баллами, на меловых отложениях в зависимости от степени выщелоченности – 82 и 81 баллами.

Сравнение полученных оценочных баллов генетического потенциала исследуемых почв с разработанной шкалой для этих почв на основании учета оптимальных свойств, коррелирующих с урожайностью зерновых культур (табл. 3), указывает на некоторое незначительное расхождение в величинах оценочных баллов по результатам исследований и общепринятой методике [11].

Таблица 3

**Сравнение шкал оценочных баллов агродерново-карбонатных  
легкосуглинистых почв**

№ разреза	Шкала оценочных баллов	
	по результатам исследований	по общепринятой методике
Разрез №1	100	100
Разрез №2	95	100
Разрез №3	87	83
Разрез №4	82	83
Разрез №5	81	75

Тем не менее, следует отметить, что балл, установленный по результатам исследований минералогического состава почвенного поглощающего комплекса, является величиной более объективной, чем балл по общепринятой методике, так как его величина не зависит от влияния ряда природных и антропогенных факторов, не всегда поддающихся учету при установлении балла по общепринятой методике.

### ВЫВОДЫ

Оценка генетического потенциала агродерново-карбонатных легкосуглинистых почв, сформировавшихся на различных по генезису почвообразующих породах, основана на исследовании минералогического состава почвенного поглощающего комплекса и сводится к установлению соотношения гидрослюды во фракциях мелкой пыли и ила.

2. Сравнительный анализ общепринятого метода бонитировки почв и полученных результатов исследований указал на общую тенденцию убывания плодородия почв от сформировавшихся на омергелеванных отложениях до сформировавшихся на мелах. Расхождения наблюдаются только в количественных показателях.

3. Балл, установленный инструментальным путем, является объективным мерилем качества агродерново-карбонатных легкосуглинистых почв. Использование этого метода для установления балльной оценки других типов почв требует существенной проверки.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Почвы Белорусской ССР / под. ред. Т.Н. Кулаковской, П.П. Рогового и Н.И. Смяна. – Мн.: Ураджай, 1974. – 328 с.
2. Полевое исследование и картографирование почв БССР: метод. указания / под ред. Н.И. Смяна, Т.Н. Пучкаревой, Г.А. Ржеутской. – Мн.: Ураджай, 1990. – 220 с.
3. Смян, Н.И. Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси / Н.И. Смян, Г.С. Цытрон. – Мн., 2007. – 219 с.
4. Внутрихозяйственная качественная оценка (бонитировка) почв республики Беларусь по их пригодности для возделывания основных сельскохозяйственных культур: метод. указания / под ред. Н.И. Смяна. – Мн., 1998. – 25 с.
5. Горбунов, Н.И. Методика подготовки почв к минералогическому анализу / Н.И. Горбунов // Методы минералогического и микроморфологического изучения почв. – М.: Наука, 1971. – С. 5-16.
6. Горбунов, Н.И. Диагностика и определение индивидуальных и смешанно-слоистых минералов / Н.И. Горбунов // Минералогия и коллоидная химия. – М.: Наука, 1974. – С. 69-99.
7. Способ определения минералогического состава фракций физической глины почв. – № пат. 10926 Респ. Беларусь, МПК7 G 01N 33/24, G 01N 23/20 / Н.И. Смян, Г.С. Цытрон, В.Т. Сергеенко, В.Д. Лисица, С.В. Шульгина; заявитель Институт почвоведения и агрохимии.-№ а 20060588; заявл.14.06,2006; опуб. 30.08.2008 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2008. – № 4. – С. 134.
8. Способ подготовки препарата илистой фракции для рентгендифрактометрической съемки, исключая сегрегацию частиц илистой фракции: пат.10475 Респ. Беларусь, МПК7, G 01N 1/28, G 01N 33/24 / Н.И. Смян, В.Т. Сер-

геенко, В.Д. Лисица, С.В. Шульгина; заявитель Институт почвоведения и агрохимии. – № а 20050763; заявл. 26.07,2005; опуб. 30.04.2008 // Афіцыйны бюл. /Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2008. – № 2. – С. 95-96.

9. Сергеенко, В.Т. Прямой метод количественного определения глинистых минералов в почвах: материалы VI Делегатского съезда ВОП. – Тбилиси, 1981. – Т.1. – С. 121-122.

10. Горбунов, Н.И. Высокодисперсные минералы и методы их изучения / Н.И. Горбунов. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 302 с.

11. Цытрон, Г.С. К вопросу о качественной оценке дерново-карбонатных легкосуглинистых почв / Г.С. Цытрон, В.А. Калюк // Земля Беларуси. – Мн., 2008. – №3. – С. 42-45.

## **THE GENETIC POTENTIAL S EVALUATION OF THE AGROSOD-CARBONATED LIGHT-LOAMY SOILS**

**V.T. Sergeenko, G.S. Tsytron, L.I. Shibut, S.V. Shul'gina, V.A. Kalyuk,  
P.I. Shkurinov**

### **Summary**

Research results on the evaluation of the genetic potential of the agrosod-carbonated light-loamy soils which are developed on the soil-forming rocks of different genesis and on the mineralogical composition indexes of clay (< 0,001 mm) and silt (0,001-0,005, 0,005-0,01 mm) fractions have shown in the article. It is given a comparison of the soils assessment scale was conducted by standart methods and was established on the mineralogical composition results.

*Поступила 18 ноября 2009 г.*

## **ПОЧВЫ ЛЕСНЫХ, ЛУГОВЫХ И ПОЛЕВЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ**

**Т.А. Романова**

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

Формирование биологического урожая растений (накопление фитомассы) определяется как свойствами почвы, так и поступлением энергии извне в виде фотосинтетически активной радиации (ФАР), утилизация которой обусловлена системой факторов, взаимодействующих в каждом биогеоценозе (БГЦ). Природоподобие агробиоценозов позволяет выявить особенности протекающего в них почвообразования на основе сопоставления с естественными (лесными и луговыми) биогеоценозами.

Современные исследования почвоведов и агрохимиков, в конечном счете, направлены на повышение урожайности сельскохозяйственных культур и улучшение качества получаемой продукции за счет накопления знаний о почвах, применении удобрений и средств химической мелиорации с условием хотя бы минимального сохранения окружающей среды. Причем последнее положение с течением времени приобретает все большее значение и требует все более

точных знаний о сущности продукционных процессов, развивающихся как в природных системах, так и в измененных хозяйственной деятельностью.

С позиций изучения почв такие знания имеют целью выявление закономерностей формирования твердофазных естественно-исторических тел, являющихся результатом сложнейшего взаимодействия факторов почвообразования, обеспечивающего почве ее особое свойство – плодородие, которым не обладает в отдельности ни один из факторов.

Оценка плодородия в виде условных единиц – баллов, опирающаяся на реально учитываемые урожаи, характеризует относительную продукционную способность почв, позволяет оценить их отличие от наиболее плодородной 100-балльной почвы с учетом требований отдельных культур.

Вклад твердой фазы почвы в способность производить фитомассу в значительной мере обусловлен содержанием элементов азотного и минерального питания, включая воду. Обеспеченность почв элементами питания растений, вместе с необходимостью и возможностями повышения их содержания и доступности, широко обсуждается учеными и практиками аграриями. Сельскохозяйственной наукой накоплено очень много данных о плодородии почв, но в последнее время представление о самом механизме формирования фитомассы расширяется в сторону учета факторов, роль которых, хотя и была известна, но являлась предметом, в основном, теоретических исследований. Так, поступление солнечной энергии и процесс фотосинтеза – превращения световой энергии в химическую, с давних пор считающиеся главным «источником» жизни биосферы и формирования урожаев, пока все еще недостаточно исследован.

Показателем энергообеспеченности любого биогеоценоза (БГЦ) может служить содержание гумуса в слое 0-50 см, информирующее о накоплении (весе и составе) фитомассы, и о переработке ее гетеротрофами [1]. При этом учитывается не только гумус ненарушенных БГЦ, но и тот, что образовался в почве в результате ее окультуривания.

Во второй половине XX века в связи с активным развитием учения о биогеоценозах, в разных регионах бывшего СССР собран большой фактический материал о биологической продуктивности луговых и лесных растительных сообществ с детальным учетом структуры и состава фитомассы.

В последнее десятилетие заметно оживился подход к понятию «плодородие почвы», как природной системы – экосистемы, в которой почва и растительность могут быть представлены в виде подсистем или функциональных блоков единого целого [2,3,4]. С 2000 г. начал действовать Российско-Китайский проект, целью которого является изучение закономерностей функционирования экосистем в природных границах через принцип «экосистемного круговорота», заключающегося в синтезе органического вещества с помощью солнечной энергии и в деструкции его в процессе жизнедеятельности почвенной биоты [5].

В статье группы ученых Гродненского государственного аграрного университета, наряду с традиционными вопросами повышения плодородия почв с помощью рационального применения удобрений, рассматриваются вопросы корреляции урожаев с количеством поступающей и используемой фотосинтетически активной солнечной радиации (ФАР). Ссылаясь на комиссию ФАО, они приводят данные о том, что в 80-х годах XX века теоретически возможное использование ФАР составляет 16%, практически достижимое – 6%, наиболее вероятное и близкое к оптимальному – 4%, которого уже достигли в 2005 г. передовые хозяйства Гродненской области. При этом установлено, что более высокие урожаи коррелируют с более полным использованием солнечной энергии [6].

Средние для Беларуси показатели утилизации ФАР в 1996 г. дал А.Н. Витченко, согласно которому озимые зерновые используют 2,9-3,5%, картофель – 1,6%, лен – 2,3% [7].

Коэффициент использования ФАР растениями зависит от ее поступления, от наличия влаги, элементов питания растений и от самой организации экосистемы или биогеоценоза, сложившейся в процессе длительной эволюции и приспособления организмов друг к другу и к окружающей среде.

Механизм усвоения ФАР существенно зависит от типа растительности. В ходе почвенных исследований установлены некоторые основные черты лесных, луговых и полевых биогеоценозов, которые могут иметь значение для дальнейшего углубления знаний об этих экосистемах с точки зрения возможностей регулирования или влияния на продукционные процессы.

В перспективе выявление деталей своеобразия продуцирования фитомассы в разных БГЦ и особенно в полевых, или агроценозах, может существенно повысить коэффициент использования ФАР, обеспечить экономию применения удобрений за счет «адресной» дозировки их, и тем уменьшить, а возможно и исключить, загрязнение окружающей среды.

Лесные БГЦ используют максимальное количество ФАР (до 16%) [6] за счет биоразнообразия и многоярусности растительного покрова. В лесных БГЦ круговорот веществ характеризуется депонированием их в надземной фитомассе, обеспечивающим сохранение от элювирования и определяет устойчивость природной системы.

Известно, что в умеренном поясе наибольшее количество солнечной энергии усваивают широколиственные и хвойно-широколиственные леса европейского типа, где коэффициент использования ФАР около 6% [8]. При этом основная часть элементов питания растений находится в постоянном круговоротном движении от корней к листьям или хвое с максимальной концентрацией в лесных подстилках. Таблица 1 представляет дерново-подзолистую супесчаную почву на рыхлой песчанистой супеси, подстилаемой с глубины около 0,8 м. легким мореным суглинком, под ельником дубово-кисличным в Беловежской пуще [9].

*Таблица 1*

**Аналитическая характеристика дерново-подзолистой супесчаной почвы на рыхлой песчанистой супеси, подстилаемой с глубины около 0,8 м легким мореным суглинком (по А.П. Утенковой) [9]**

Генетический горизонт	Глубина отбора образцов, см	pH <sub>KCl</sub>	Сумма обменных оснований	Гидролитическая кислотность	Насыщенность основаниями	Гумус общий	C N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			Смоль(+) кг		%				
A1	3-8	4,5	13,2	3,6	79	5,11	14,1	150	100
A2B	50-60	5,0	0,9	0,5	64	0,10	3,0	144	13
D	90-100	5,2	6,6	1,3	83	0,14	3,0	28	18



Аналитические показатели по генетическим горизонтам свидетельствуют, что это типичная для условий Беларуси автоморфная (непереувлажняемая) дерново-подзолистая супесчаная почва. Согласно Мировой реферативной базе почвенных ресурсов (WRB) – эта почва может быть названа «лювисоль» [10]. Она характеризуется кислой реакцией при довольно высоком накоплении в горизонте А1 средне-минерализованного гумуса и обменных оснований с высокой степенью насыщенности основаниями всего профиля, особенно подстилающей породы.

Таблица 1 позволяет отметить тот факт, что в гумусовом горизонте целинной (лесной) почвы содержится 100 мг/кг доступного растениям калия. При пересчете в килограммах на гектар получаем 200-250, тогда как общее содержание калия в почве и надземной фитомассе в этом биогеоценозе также в пересчете на гектар, по материалам А.П. Утенковой, составляет 740 кг [9], следовательно, две третьих его приходится на надземную часть растений.

Особенность травяных (луговых) биогеоценозов заключается в том, что в них преобладающее количество фитомассы сосредоточено в подземной части – в корневой системе трав, превосходящей надземную часть в 4-5 и более раз по весу. Содержание элементов питания травяных растений также сосредоточено в их корнях, удерживающих питательные вещества от вымывания и обеспечивающих запасы в случае нарушения круговорота за счет резкого уменьшения надземной фитомассы (стравливания, выжигания, скашивания), чем объясняются малые колебания урожаев трав по годам.

В таблице 2 приведены результаты исследований лугового биогеоценоза в Ленинградской области. Здесь на злаково-разнотравном сенокосном лугу в биогеоценозе на дерново-подзолистой глееватой суглинистой почве – альбелювисоль глеинковая [10] – корни составляют 85% от общего веса фитомассы и содержат 70% общего азота и зольных веществ.

Таблица 2

**Запасы зольных элементов и азота  
в злаково-разнотравном биогеоценозе, по В.А. Долотову [11]**

	Фитомасса, т/га	Зола, %	кг/га				
			Азот	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Урожай (сено)	2,0	5.3	24.0	14.8	8.8	44.3	5.2
Поукосные остатки	2,1	7.6	23.2	12.9	3.7	45.5	5.4
Корни	12,4	8.3	136.4	89.2	42.2	63.2	18.7
Всего	14,5		183.6	116.9	54.7	153.0	26.3

Аналогичная картина наблюдалась в Беларуси на пойменных почвах (флювисолях) реки Березины [12]. Об этом можно судить по данным табл. 3.

Мелкозлаковый (красноовсяницевый) луг на автоморфной пойменной дерново-оглеенной внизу песчано-супесчаной почве характеризуется тем, что в корнях находится 75% общего веса фитомассы, содержится 66% общего азота и 65% всех определявшихся зольных веществ.

В биогеоценозе крупноосокового (пузырчатоосокового) луга на гидроморфной пойменной иловато-перегнойно-глеевой почве подземная фитомасса соста-

## Почвенные ресурсы и их рациональное использование

вляет 90% общего веса и почти столько же от содержания зольных веществ и общего азота, в том числе 99% железа [12].

Таблица 3

### Содержание химических элементов в фитомассе абсолютно сухого вещества пойменных лугов, кг/га [12]

	Фитомасса, т/га	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NaO	Сумма	%
<b>Красноовсяницевый луг</b>										
Урожай	2,9	54,6	13,6	7,3	12,6	17,9	1,9	0,7	108,1	28,4
Опад + мхи	1,0	16,2	3,6	2,0	2,2	4,8	1,2	0,1	30,3	8,0
Корни	12,9	138,9	20,2	9,0	17,3	24,7	26,8	2,2	239,4	63,6
Всего	16,8	209,7	37,4	18,3	32,1	47,4	29,9	3,0	377,8	100
<b>Пузырчатосооковый луг</b>										
Урожай	0,6	63,5	9,0	6,8	3,8	10,4	1,1	0,6	95,5	9,6
Опад + мхи	5,4	13,9	2,2	1,5	1,3	2,3	2,0	0,2	23,3	2,3
Корни	44,1	373,0	64,0	23,2	21,1	47,4	345,9	7,7	882,2	88,1
Всего	48,9	450,4	75,2	31,5	26,2	60,1	349,0	8,5	1001,0	100

Даже общая характеристика отдельных луговых экосистем дает основания для суждения об их месте в геосистемах и значении в поддержании общего природного равновесия. Опыт таких исследований, основанный на анализе структуры почвенного покрова с выделением геосистем или типов земель, использование которых под естественными или в разной степени окультуренными лугами, обеспечивает малозатратное, экологически безопасное хозяйствование, позволяет установить пределы возможных изменений его в целях повышения эффективности сельскохозяйственного производства при условии сохранения хотя бы части природного равновесия.

Полевые БГЦ – агроценозы получают примерно то же количество ФАР, что и другие, то же количество осадков, но сохраняют от стекания несколько больше влаги, легко впитывающейся в пахотный слой. Однако изменения характера растительности с частой сменой культур и отчуждением значительной доли фитомассы, делают их функционирование неустойчивым и требующим для сохранения продукционной способности (плодородия) почв постоянного и строго обоснованного регулирования, так что агроценоз должен рассматриваться в качестве «управляемой» природной системы. В такой системе биоразнообразие отчасти компенсируется севооборотом, а применение удобрений заменяет естественный круговорот веществ [13].

Полевые биогеоценозы или агроценозы изучены с точки зрения экосистемной организации меньше, чем лесные и луговые. Ясно, что они обладают общностью организации только в том плане, что она непостоянна во времени. Земледельцы

при освоении и распашке лесных и луговых биогеоценозов стихийно старались воспроизвести условия, существовавшие в естественной обстановке.

Таблица 4 содержит сборную информацию о почвах разной степени окультуренности. В качестве целинной использованы данные А.П. Утенковой для лесной дерново-подзолистой супесчаной почвы, приведенные в табл. 1. Слабоокультуренные отражают средние показатели пахотных дерново-подзолистых супесчаных почв Брестской области, какими они были в 1981-1985 гг. [14] прошлого века, среднеокультуренные соответствуют состоянию почв Брестской области в 2001-2004 гг. [15], высоко окультуренные – это почвы лучших сортоиспытательных участков и частных огородов. Таблица 4 позволяет рассмотреть специфику разных стадий окультуривания почв. При этом можно отметить, что высокоокультуренные почвы по основным параметрам близки целинным, отличаясь значительно более высоким запасом элементов минерального питания в пахотном слое. Это означает, что целинная почва в основных чертах может служить моделью оптимального состояния и максимальной биопродуктивности при совокупности естественных факторов. Направленное изменение этих факторов может и должно иметь целью, прежде всего, повышение содержания элементов питания растений, включая воду и, учитывая ограничения, определяемые количеством ФАР, во избежание нерационального расхода минеральных и органических удобрений.

Таблица 4

**Изменение пахотного слоя (0-20 см) дерново-подзолистых супесчаных почв под влиянием окультуривания**

Состояние почвы	Целинная	Окультуренная		
		слабо	средне	высоко
Урожай	Максимальная биологическая продуктивность	Невысокие и неустойчивые	Высокие, но неустойчивые	Высокие и устойчивые
Сочетание водно-физических свойств и агрохимических показателей	Физические и агрохимические показатели одинаково благоприятны	Физические и агрохимические показатели одинаково неблагоприятны	Физические показатели неблагоприятны, агрохимические благоприятны	Физические и агрохимические показатели одинаково благоприятны
Амплитуда колебаний запаса влаги за период апрель-октябрь, мм	25	50	50	25
Запас гумуса, т/га	82,4	63,6	69,6	75,9
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	150	133	151	300-400
K <sub>2</sub> O, мг/кг	100	150	201	400-500
K <sub>2</sub> O, кг/га	740 <sup>xx</sup>	399 <sup>x</sup>	600 <sup>x</sup>	1200 <sup>x</sup>
PH <sub>KCl</sub>	4,5	5,6	6,2	7,0

x) в почве.

xx) в почве и в фитомассе.

В агроценозах отсутствие естественной растительности, а с ней изменение всей почвенной биоты, имеют следствием отклонения условий накопления и сохранения гумуса, что издревле отмечено земледельцами и привело к необходимости регулярного внесения в почву органических материалов в качестве «полу-фабриката» для производства гумуса. При этом обнаруживаются уже специфические особенности агроценозов и, прежде всего, степень их сходства с естественными биоценозами. Больше всего оно проявляется между естественными (луговыми) и полевыми травяными агроценозами, а больше всего отличаются от естественных агроценозы с пропашными культурами, у которых соотношение между надземной и корневой фитомассой многократно расширено в пользу надземной, и это делает понятной особую нуждаемость таких агроценозов в органических удобрениях. Злаки, большинство которых по происхождению степные растения, могли бы компенсировать убыль гумусовых соединений за счет неотчуждаемой вегетативной фитомассы, но в этом случае большую роль играет процесс превращения растительных остатков в гумусовые вещества, определяемый биогенностью почвы: заселенностью ее микроорганизмами и насыщенностью ферментами, что еще мало изучено в качестве фактора почвообразования.

В современной научной литературе развивается новое направление изучения плодородия почв на основе оценки их рефлексорности как способности отражать информацию о факторах почвообразования в экосистемах и рассматривать агроценозы как особые природные системы.

Это позволяет сделать вывод: системный подход на пути научно-обоснованного повышения и сохранения плодородия почв – вызов современности.

### ВЫВОДЫ

1. Плодородие – функция не только твердофазной части почвы, но всей экосистемы – биогеоценоза.
2. Лесные, луговые и полевые биогеоценозы существенно различаются по способу депонирования компонентов минерального питания и азота.
3. Экосистемное функционирование полевых биогеоценозов – агроценозов – находится на начальном этапе изучения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ковда, В.А. Основы учения о почвах / В.А. Ковда – М.: Наука, 1973. – Кн.1. – С. 144.
2. Щербаков, А.П. Эффективное плодородие почв: методические аспекты / А.П. Щербаков, Е.Е. Кислых- М.: Агропромиздат, 1990. – 77 с.
3. Романова, Т.А. Природные основы плодородия почв: материалы междунар. научно-практической конф., посвященной 100-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки БССР, д-ра с.-х. наук, профессора Р.Т. Вильдфлуша – Минск: Мин-во сельского х-ва и продовольствия республики Беларусь, 2007. – С. 163-167.
4. Романова, Т.А. Агроценоз и почва / Т.А. Романова // Плодородие почв уникальный природный ресурс – в нем будущее России: материалы Междунар. научно-практ. конф., посвящ. 125-летию книги В.В. Докучаева «Русский чернозем», Санкт-Петербург, 26 февраля – 1 марта 2008 г. – Издательский дом Санкт-Петербургского государственного университета, 2008. – С. 103 -104.

5. Экологические функции агросистемы. Модели землепользования, предполагающие сбережение плодородия. Российско-Китайский проект / Зеленская [др.] // Агрохимия.- 2008. – № 6. – с. 95-96.

6. Повышение и сохранение плодородия пахотных почв Гродненской области в современных условиях / Ф.Н. Леонов [и др.] // Земляробство і ахова раслін. - 2005. – № 6, – С. 27-28.

7. Витченко, А.Н. Теоретические и прикладные основы агроэкологического потенциала ландшафтов Беларуси: автореф. дис ... д-ра геогр. наук. / А.Н. Витченко. – Мн., 1996. – 29 с.

8. Дювинье П. Биосфера и место в ней человека (экологические системы и биосфера) / П Дювинье., М. Танг. – М.: Прогресс, 1968.

9. Утенкова, А.П. Лесорастительные свойства почв в ельниках и их влияние на продуктивность древостоев / А.П. Утенкова // Литовский НИИ лесного хозяйства, 1970. – С. 179-186.

10. Мировая коррелятивная база почвенных ресурсов: основа для международной классификации и корреляции почв; науч. ред. В.О. Таргульян и М.И. Герасимова. – М: Товарищество научных изданий КМК, 2007. – 278 с.

11. Долотов, В.А. Специфика биологического круговорота элементов в подзолистых почвах разных угодий / В.А. Долотов // Биогеохимические процессы в подзолистых почвах. – Л.: Наука, 1972.

12. Юркевич, И.Д. Геоботаническая структура и биологическая продуктивность пойменных лугов: По исследованиям поймы р. Березины / И.Д. Юркевич, Н.А. Буртыс, С.Р. Бусько. – Минск: Наука и техника, 1981 -230 с.

13. Волобуев, В.Р. Введение в энергетику почвообразования / В.Р. Волобуев. – М.: Наука, 1974. – 128 с.

14. Агрохимическая характеристика почв Брестской области (V тур). – Минск: Госагропром БССР, Бел.НИИПиА, 1987. – 66 с.

15. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель республики Беларусь – Мн.: Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, 2006. – 288 с.

## **SOILS OF FOREST, MEADOWS ANB FIELD BIOGEOCONOSIS**

**T.A. Romanova**

### **Summary**

Main features of forest, meadows and field geocenosis, which are of significant importance for further perfection of our knowledge about these ecosystems in aspect of possibility of regulation their influence on production processes and fertility status conservation.

*Поступила 19 ноября 2009 г.*

УДК 626:8:624.131.6

## **ВЛИЯНИЕ ОСУШЕНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ПРИЛЕГАЮЩИХ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**К.К. Жибуртович, М.М. Жишкевич**

*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Под влиянием осушения и сельскохозяйственного использования болот изменяются условия формирования грунтовых вод на прилегающей к ним территории: увеличиваются глубины залегания уровней, возрастают уклоны потоков грунтовых вод, разгружающихся в пределах осушаемых болот, изменяются элементы баланса грунтовых вод (инфильтрация, испарение, отток, взаимосвязь грунтовых вод с нижележащими водоносными горизонтами). Оценка этих изменений представляет не только научный, но и производственный интерес, поскольку в результате их возможны нежелательная для человека смена биоценозов и снижение продуктивности сельскохозяйственных угодий на прилегающей территории, а также изменение дебитов водозаборных скважин и родников.

Эти процессы, особенно в области влияния осушения на уровенный режим грунтовых вод прилегающих территорий, изучались многими исследователями на различных объектах. По данным Ш.И. Брусиловского, А.Г. Булавко и К.Ф. Янковского, В.В. Дрозда, Б.С. Маслова и др., зона заметного влияния осушительных систем на уровни грунтовых вод (УГВ) прилегающих территорий, сложенных мощной толщей песчаных и песчано-суглинистых отложений, ограничивается 0,5-3,0 км., величина понижения уровней в пределах ее колеблется от 8-20 см. до 60-130 см.

Как следует из вышеизложенного, изменение уровенного режима грунтовых вод на прилегающих к осушенным массивам землях проявляется многообразно и зависит от ряда факторов. Главными из них являются: существовавший до осушения болота режим УГВ на прилегающих землях, режим УГВ на болоте после осушения, количество инфильтрующихся осадков достигающих УГВ и др. На высоко расположенных по отношению к осушенному болоту прилегающих землях с залеганием грунтовых вод более двух метров от поверхности, влияние осушенного болотного массива на водообеспеченность растительного покрова не отмечено.

### **СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА**

Исследования режима грунтовых вод на территориях, примыкающих к осушенным болотным массивам, дают основание утверждать, что влияние осушения во времени имеет конечную, вполне определенную величину. В большинстве случаев стабилизация уровней грунтовых вод на сопредельных территориях протекает в сравнительно короткое время и редко превышает четыре года [1]. Время стабилизации зависит сугубо от гидрогеологических условий сопре-

дельных территорий и величины понижения УГВ на осушаемом массиве. С практической точки зрения при проектировании мелиоративных систем и разработке природоохранных мероприятий с достаточной степенью точности продолжительность периода, неустановившегося режима грунтовых вод на сопредельной территории, можно оценить по следующей зависимости [1]:

$$T \approx \frac{\mu \Delta H_0^2}{2\pi K h \alpha_g I^2}, \quad (1)$$

где  $T$  – продолжительность понижения уровня грунтовых вод, сут.;

$\Delta H_0$  – величина понижения УГВ на границе осушительной системы или по трассе нагорно-ловчего канала, м;

$K$  – среднее значение коэффициента фильтрации грунтов в зоне влияния мелиоративной системы, м/сут.;

$h$  – средняя мощность грунтового потока, м.;

$\mu$  – водоотдача грунтов, дол. ед.;

$I$  – среднее значение гидравлического уклона грунтовых вод при естественном режиме УГВ на исследуемой территории;

$\bar{\alpha}_g$  – коэффициент «висячести», учитывающий несовершенство канала по степени вскрытия водоносного горизонта, значение которого определяется по формуле С.Ф. Аверьянова:

$$\alpha_g = \frac{1}{1 + \frac{h}{B} A} \quad A = 1,466 I_g \frac{1}{\sin \frac{IS}{2h}}, \quad (2)$$

где  $S = h + a$  ( $a$  – ширина канала по дну м;  $h$  – глубина воды в канале, м);

$B$  – длина грунтового потока, м;

При  $B/h > 20$  значения  $\bar{\alpha}_g > 0,85$ . Поэтому для случая, когда по границе осушительной системы проходит канал, т.е. грунтовой поток является полуограниченным и имеет большую протяженность, а мощность водоносного горизонта составляет 20 м и более, значениями  $\bar{\alpha}_g$  в формуле (1) можно пренебречь.

Время стабилизации  $T$  содержит период времени, за которое поток конечной длины в целом (после того как испытал воздействие) в основном достигнет нового, измененного, более или менее «стационарного режима». До истечения времени  $T$  в любой из точек пространства, принадлежащего ширине зоны влияния  $L$ , режим грунтовых вод не может рассматриваться как «стационарный».

Продолжительность периода  $T$ , в течение которого на расстоянии  $X$  от осушительной системы на прилегающей территории наблюдается «неустановившийся режим» грунтовых вод, можно рассчитать по формуле:

$$T - t(x) \approx \frac{\mu(\Delta H_0^2 - X^2 I^2)}{2\pi k h \alpha_g I^2} \quad (3)$$

где  $t(x)$  – время запаздывания (своего рода «добегание») влияния мелиоративной системы на УГВ сопредельной территории на удалении  $X$  от границы осушения.

Остальные обозначения см. формулу (1).

Оценка продолжительности периода  $T$  – формирования зоны влияния осушительной системы по зависимости (1) – хорошо согласуется с натурными данными, полученными при проведении экспериментальных работ в бассейнах р. Припяти [1].

Утверждение, что от границы болота в сторону прилегающих земель фиксируется кривая депрессии, описываемая экспоненциальной зависимостью [2], не учитывает характерные особенности этой кривой [3]. Более того, на некотором удалении от осушаемого болота имеет место прогиб с точкой минимума на многолетней кривой депрессии [4].

В прогнозных расчетах положения кривой депрессии на прилегающих к осушенным массивам землям, не имеющих нагорно-ловчих каналов, исходят из того, что уровень понижения грунтовых вод на осушенном болоте известен и является величиной постоянной [5]. Однако на практике такого фиксированного уровня не существует, поскольку на мелиоративных системах имеет место значительное колебание УГВ в течение года в зависимости от водопотребления сельскохозяйственных культур и метеорологических условий (рис. 1). Неучет этих колебаний, а также инфильтрации осадков к УГВ на прилегающих землях, приводит к значительному завышению размеров зоны влияния мелиорации на смежные территории.

### МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ

В период эксплуатации мелиоративных систем на положение УГВ на сопредельных территориях значительное влияние оказывает осадка и сработка торфяной залежи на самом осушенном болоте.

Для разработки модели влияния осушения на смежные территории использован метод Монте-Карло.

Основной водной артерией изучаемого района является р. Морочь, долина которой, в основном, слабо выражена в рельефе, за исключением верхнего течения, где она суживается и прослеживается более четко. Склоны долины пологие, в северной части – средней крутизны, местами крутые, ширина поймы колеблется от 0,3 до 1,0 км.

Климат территории района умеренно-континентальный. Лето теплое и влажное. Зима облачная, мягкая. Постоянные морозы устанавливаются с начала декабря. Снежный покров устойчив с 9-16 декабря. Самый холодный месяц – январь, со среднемесячной температурой  $-6,2^{\circ}\text{C}$ , самый теплый месяц – июль со среднемесячной температурой  $+18,1^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовая температура воздуха  $+6,1^{\circ}\text{C}$ , минимальная  $-36^{\circ}\text{C}$ , максимальная  $+35^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовое количество осадков – 601-609 мм, относительная влажность воздуха зимой – 84%, летом – 63%.

Региональным водоупором являются глинистые отложения московско-днепровской морены, залегающей на глубине около 60 м. Водоносный горизонт составляют мелкозернистые пески, коэффициент фильтрации  $K = 3,50$  м/сут., коэффициент водоотдачи –  $\mu = 0,20$ .

Весенний подъем УГВ (рис. 1) вызван повышением температуры воздуха до положительных значений – оттепелью в конце февраля – начале марта, что приводит к интенсивному таянию снега, а также большим количествам осадков в марте. Внутригодовой ход уровней грунтовых вод достаточно полно прослеживается по трем характерным положениям – зимний спад, весенний подъем (максимум) и летний спад (минимум).



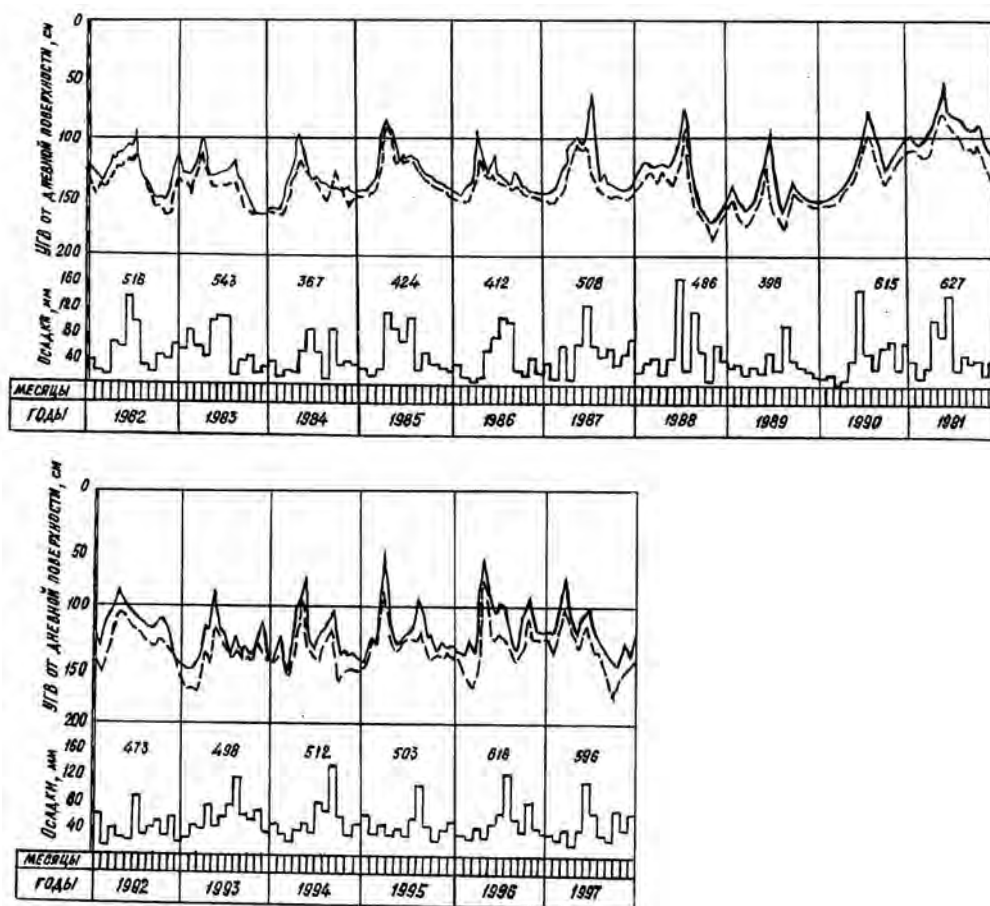


Рис. 1. Колебания УГВ на мелиоративной системе «Средняя Морочь»

Величина сезонных и годовых амплитуд колебания уровней грунтовых вод зависит, прежде всего, от мощности зоны аэрации и, в меньшей степени, от геоморфологической принадлежности участка. Зимний спад уровня происходит с января по февраль включительно, прерываемый локальными повышениями с очень незначительными амплитудами до 0,3 м. Продолжительность зимнего спада 25-50 дней.

Начало весеннего подъема приходится на конец февраля начало марта. Максимум весеннего подъема – с 30 марта по 10 апреля. Следующий за весенним подъемом – летний спад уровней – начинается в основном во второй половине апреля и продолжается до конца периода наблюдений. Амплитуда летнего спада колеблется от 0,36 м до 1,53 м.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали исследования (объект «Средняя Морочь»), снижение УГВ на прилегающих землях на расстоянии 1427 м от границы мелиоративной системы составило, в среднем, 21 см. Приведенные данные по снижению уровней грунтовых вод под влиянием осушения, хорошо согласуются с данными других авто-

ров, полученными ими в условиях Украинского Полесья [6, 7] и при исследованиях на Мещерской низменности [8].

На рис. 2 установленные нами значения величин снижения УГВ сопоставлены с данными других авторов. Установленные разными исследователями точки размещены в пределах одной зоны, ограниченной двумя кривыми. Большой разброс точек от средних значений вполне объясним различием в геолого-гидрогеологических условиях осушаемых массивов.

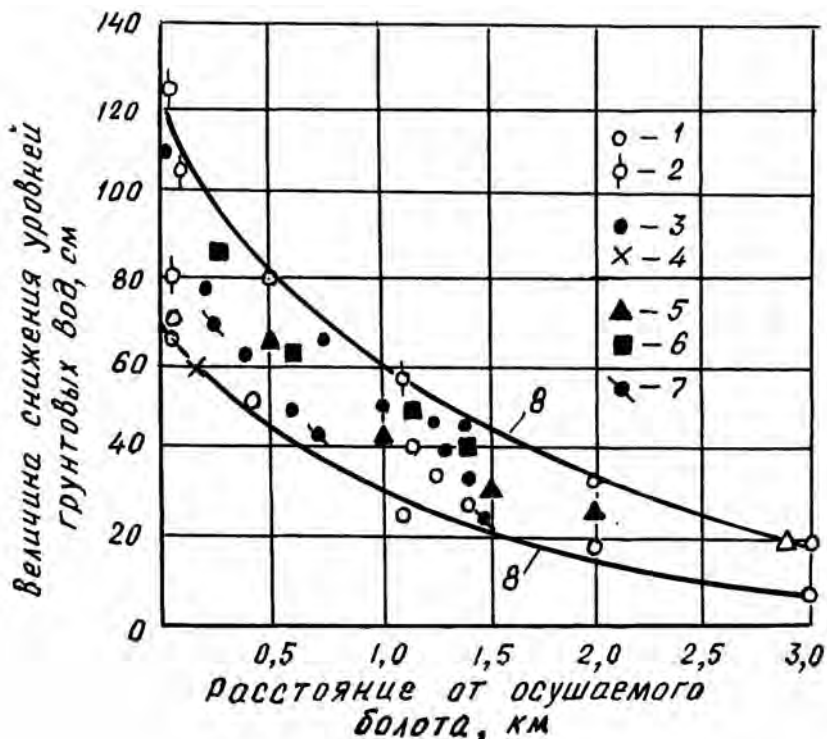


Рис. 2. Связь величины понижения уровней грунтовых вод на прилегающих к осушительным системам землях с расстояниями от осушаемых болот по данным различных авторов:

1 – Б. С. Маслов, начало и первая половина вегетационного периода; 2 – Б. С. Маслов, конец вегетационного периода; 3 – А. Г. Булавко и К. Ф. Янковский; 4 – Ш. И. Брусиловский; 5 – А. П. Лавров и др. (болото Лунинецкое); 6 – В. В. Дрозд; 7 – К. К. Жибуртович; 8 – предельные

Наблюдения за уровнями грунтовых вод первоначально проводились Полесской гидрогеолого-мелиоративной экспедицией (Оресская, а с 1980 г. – Солигорская партии). Окончательное осушение массива «Средняя Морочь» произведено в 1977-1978 гг.

Нами были проанализированы колебания УГВ по скважине (Полесская экспедиция), расположенной на расстоянии 1427 м от границы болотного массива «Средняя Морочь», и отмечены максимальные и минимальные отметки УГВ до осушения (1973-1976 гг.) и после осушения с 1979 по 1983 годы (рис. 3).

Положение уровней грунтовых вод в пределах болота (объект «Средняя Морочь») изменялось в летний период (май-сентябрь) в пределах 0-40 см до осу-

шения и 50-160 см после осушения. Максимальная глубина залегания уровней наблюдалась в конце и в середине лета, минимальная – в начале вегетационного периода.

Полученные данные позволили разработать вероятностно-стахостическую модель влияния мелиоративных систем на урочный режим смежных территорий. Модель разработана на основе метода Монте-Карло [9, 10]. Граница болотного массива изображена вертикальной прямой I-I (рис. 3). Прямая II-II проходит по скважине, отстоящей на расстоянии 1427 м от границы болотного массива. Вертикаль I-I разделена на пять участков 0-1, 0-1<sup>1</sup>, 1<sup>1</sup>-2, 2-3, 3-4, 4-5. Участок 0-1 представляет собой интервал колебаний УГВ на болоте до осушения. Участок 0-1<sup>1</sup> – осадка и сработка торфяной залежи за исследуемый период. Участок 1<sup>1</sup>-2 представляет почвенный горизонт, в котором располагается корневая система сельскохозяйственных культур и УГВ стоят ниже этого горизонта. Участок 2-3 – слой водоносного грунта, который (при подъеме и опускании) проходит УГВ, а максимальный и минимальный уровни фиксируются на участках 2-3 и 4-5. Поскольку речь идет о прогнозе УГВ, то отметки максимального его положения (при подъеме) и минимального (при понижении) рассматриваются как случайные числа.

На вертикали II-II выделено два участка 6-7 и 6<sup>1</sup>-7<sup>1</sup>, внутри которых зафиксированы положения среднегодового УГВ в наблюдаемой скважине до осушения (6-7) и после осушения (6<sup>1</sup>-7<sup>1</sup>) в соответствии с отмеченными наиболее низким и наиболее высоким уровнями. Отметки УГВ на участках 6-7 и 6<sup>1</sup>-7<sup>1</sup> рассматриваются как случайные числа при выборке их из многолетних данных.

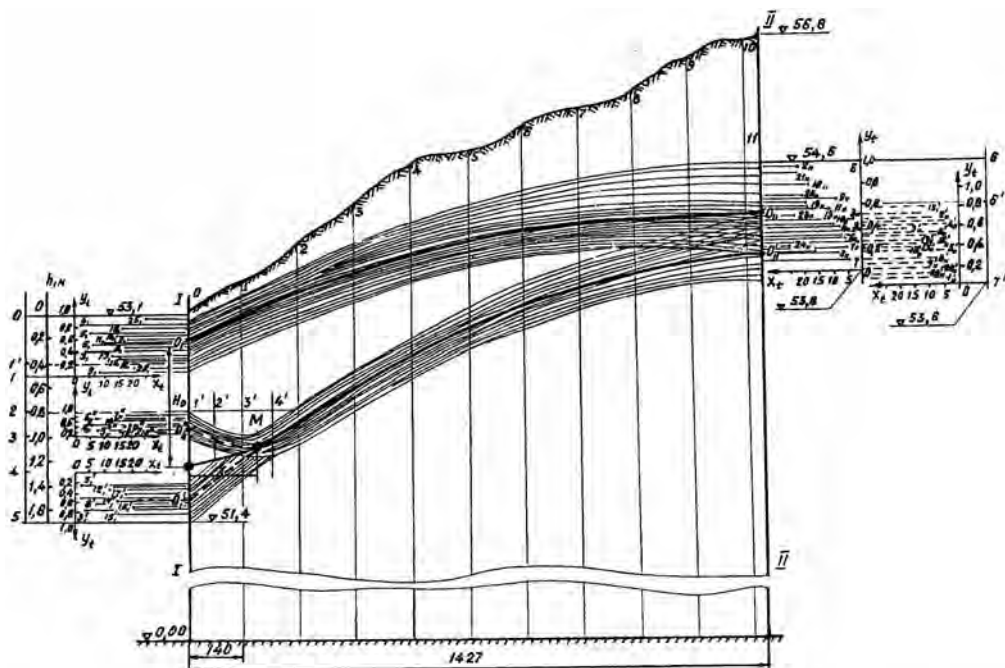


Рис. 3. Многолетние кривые депрессии уровней грунтовых вод

По оси абсцисс  $X_t$  отложены периоды наблюдений в годах ( $t$ ), на оси ординат – среднегодовые колебания УГВ на участках 0-1, 2-3, 4-5, 6-7 и 6<sup>1</sup>-7<sup>1</sup>. Распреде-

ние случайных величин соответствует нормальному закону распределения, поскольку более вероятная отметка УГВ находится на середине участков 0-1; 2-3; 4-5; 6-7; 61-71 и равновозможны отметки как выше, так и ниже средней. Далее выписывается 21 случайное двузначное число (по числу рассматриваемых лет), и перед каждым числом ставится нуль целых. Случайные числа для нормального закона распределения выписываются из специальных таблиц [11] или генерируются на ЭВМ. Полученные таким образом отметки уровней грунтовых вод всех участков перенесены (спроектированы) на вертикали I-I и II-II. Начальный (исходный) уровень, от которого произведен расчет снижения УГВ на прилегающих землях, соответствует среднемноголетнему УГВ на осушенном болоте (точка  $O_1$  в сечении I-I и точка  $O_{11}$  в сечении II-II).

От начального произошло понижение УГВ до отметки  $O_1^1$ . Эта точка соединена с проекцией точки  $O_{11}^1$  на вертикаль II-II (сечение 61-71). Затем на болоте происходит поднятие УГВ до отметки  $O_{11}^1$  в сечении 2-3 и т. д. При поднятии УГВ на болоте фильтрация направлена в сторону прилегающих земель. Проекция точки  $O_{11}^1$  на вертикаль I-I соединена кривой депрессии с кривой  $O_1 - O_{11}$ . Аналогично строится множество возможных кривых депрессии.

Ежегодные колебания УГВ на осушенном болоте происходят значительно быстрее, чем на прилегающих землях, в результате действия мелиоративной сети. Кривая депрессии, отражающая годовой цикл колебания УГВ, в таком случае приобретает сложное очертание с точкой перегиба на некотором удалении от болота. В наших исследованиях это расстояние составило 148 м. Это обусловлено также и тем, что инфильтрация влаги до УГВ на осушенном болоте и прилегающих землях не адекватна из-за различия слагаемых почв, зон аэрации, растительности и других условий. Кривые депрессии в сторону болота построены по ординатам, вычисленным по формулам установившегося движения грунтовых вод [12]:

$$H_x = \sqrt{H_1^2 + \frac{H_2^2 - H_1^2}{L_{1-11}} X + \frac{\varepsilon_0}{K} (L_{1-11} - X) X}, \quad (4)$$

Для расчета кривых депрессии расстояние от вертикали I-I до вертикали II-II разбито на ряд сечений (0, 1, 2, ..., 10). Время, в течение которого происходит снижение УГВ на осушенном болоте, взято средним статистическим. Продолжительность снижения УГВ от отметок на участке 2-3 до отметки (существующего года) на участке 4-5 составило 45 суток. При таком понижении УГВ положение кривой депрессии рассчитано по формулам неуставившегося движения [13]:

$$\bar{Z} = 1 - T(\tau, x) \quad (5)$$

Для расчета кривых депрессии от болота в сторону прилегающих территорий расстояние от болота  $L_{1-11}$  разбито на сечения 11, 21, 31, 41. Точки пересечения кривых соединены плавной линией. Все кривые в совокупности рассматриваются как случайная функция [14]. Для этой функции в сечениях вычислена средняя арифметическая величина и несмещенная оценка. Определено также среднеквадратическое отклонение. По расчетным ординатам строится среднемноголетняя кривая депрессии (рис. 3). Кривая имеет точку минимума, отстоящую на расстоянии  $X$  от болота. Существование перегиба с точкой минимума на многолетней кривой депрессии подтверждается исследованиями Ш.И. Брусиловского

[6] (рис. 4), Е. Д. Орлова [15, 16], Н. А. Красильникова [17] и др. Очевидно, что точка минимума и должна считаться начальной для построения кривой депрессии снижения УГВ на прилегающих землях.

При наличии нагорно-ловчего канала определение начальной точки для построения кривой депрессии снижения УГВ на прилегающих территориях имеет несколько другой подход в отличие от систем, не имеющих ловчих каналов. При отсутствии подпорных сооружений на нагорно-ловчем канале поводковые и ливневые воды сходят, и поступление воды в канал идет только за счет фильтрации грунтовых вод. Если уровень воды не поднимается от выпадающих осадков, то в канале наблюдается незначительный слой воды. Фиксированного, сплошного уровня в канале нет. Фильтрация воды в канал не прекращается, но расход уменьшается со временем, никогда не достигая нулевых значений.

Определить дальность действия ловчего канала можно, например, по формуле С. Ф. Аверьянова [13], однако, как и по формулам других авторов, для расчета необходимо указать фиксированный уровень воды в нагорно-ловчем канале. На практике же имеет место колебание уровней воды. Границы колебания уровней в канале определяются гидрографом уровней воды.

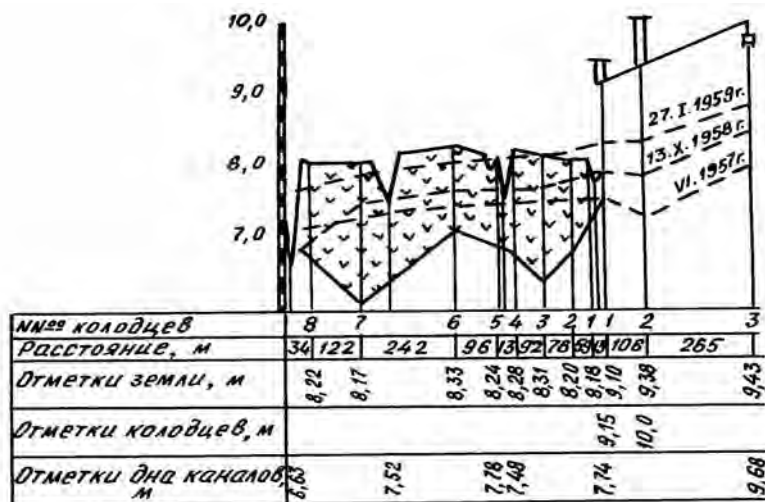


Рис. 4. Продольный профиль по оси наблюдательных колодцев на Яриновской осушительной системе (по Ш.И. Брусиловскому) [6]

Ординаты кривой депрессии соответствующие глубине воды в канале вычисляются по формулам [10, 13]:

$$S = S_0 \operatorname{erfc}(\lambda), \quad (6)$$

где  $S_0$  – понижение УГВ от первоначального, м;

$\operatorname{erfc}(\lambda)$  – функция, значения которой следует находить по таблицам приложений 1 и 2 [10] в зависимости от величины  $\lambda$ .

$$\lambda = \frac{X}{2\sqrt{at}}, \quad (7)$$

где  $X$  – расстояние от канала в сторону прилегающей территории, м;

$a$  – коэффициент уровнепроводности;

$$a = \frac{Kh}{\mu}, \quad (8)$$

где  $K$  – коэффициент фильтрации грунта, м/сут.;  
 $\mu$  – коэффициент водоотдачи грунта, дол. ед;  
 $h$  – глубина водоупора, м;  
 $t$  – время понижения уровня воды в канале, начиная от наивысшего уровня, сут.

Таким же образом, используя формулы (6, 7, 8), можно построить кривую депрессии, соответствующую критической глубине воды в канале – нижнему предельному положению (расход воды формируется только за счет фильтрационных вод). Верхняя предельная граница определяется в зависимости от гидрографа уровней воды в нагорно-ловчем канале. Наиболее часто гидрограф уровней воды в нагорно-ловчем канале имеет два пика: весенний и осенний подъемы на проектную отметку заполнения канала. Тогда, воспользовавшись формулами (7, 8), можно построить кривую депрессии на прилегающей территории для предельного верхнего положения, определяемого отрезком времени между двумя пиками.

Как показали результаты исследований [13], на форму кривой депрессии большое влияние оказывает скорость подъема воды в канале, реке. При малых скоростях подъема уровня, грунтовые воды могут фильтроваться в канал, реку и питать их, при этом кривая депрессии повышается. При большой скорости подъема уровня появляется обратный уклон кривой депрессии, то есть река или ловчий канал питает грунтовые воды. Существует промежуточная скорость подъема уровня (критическая), при которой ни канал, ни река не питает грунтовые воды, и грунтовые воды не поступают в реку или канал.

При наступлении второго пика в сторону прилегающих земель будет идти фильтрация, при этом вся кривая депрессии переместится вверх. По формулам, приведенным в [5, 9], имея данные о времени стояния уровня воды на некоторой отметке, строится кривая подпора в сторону прилегающей территории. С прекращением поверхностного стока в канал уровень воды в нем падает, одновременно начинает подступать фильтрационная вода, и образуется бугор растекания. Поскольку наинизшим положением мы считаем положение кривой депрессии перед началом второго подъема, то в последующее время она не может опуститься до наинизшего. Следовательно, дальнейшее перемещение кривой депрессии будет наблюдаться выше наинизшего.

При достаточно частом повторении промежуточных подъемов растекание бугров грунтовых вод будет способствовать некоторому постоянному превышению положения кривой депрессии над наинизшим уровнем. Из этого следует, что кривая депрессии у канала будет иметь затухающие бугры растекания в виде некоторой волнистой линии. Бугры растекания создают подпор фильтрующейся в канале воде. Однако установить очертание кривой депрессии в пределах определенного расстояния не представляется возможным из-за многообразия гидрографов уровней для одного и того же канала в различные годы. Как показали наши исследования, более надежным методом определения положения многолетней кривой депрессии (III), будет среднее значение нижнего предельного положения (VI) и верхнего предельного положения (VII) (рис. 5).

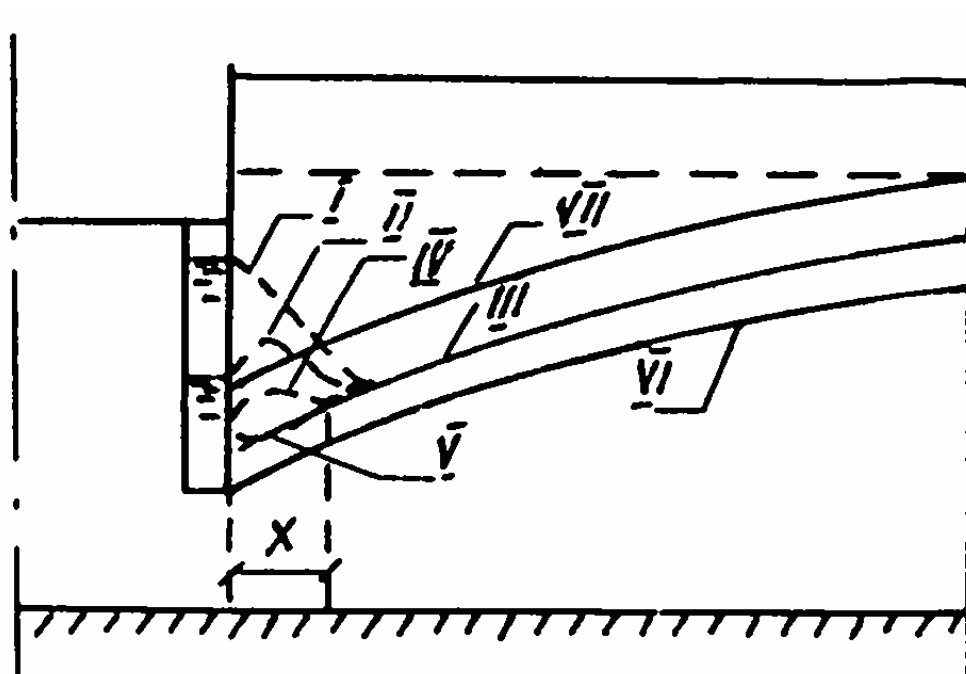


Рис. 5. Гидрограф колебаний уровней в канале  
 I – максимальный пик; II, IV, V – промежуточные пики;  
 III – многолетняя кривая депрессии;  
 VI – понижение предельного положения кривой депрессии;  
 VII – верхнее предельное положение депрессии

## ВЫВОДЫ

Для оценки суммарного эффекта влияния мелиорации на прилегающие территории необходимы сведения о пространственном распределении зон влияния. Такие материалы получены в результате натуральных наблюдений за глубиной залегания грунтовых вод за периоды до и после осушения на мелиорированном и естественном водосборах (объект «Верховье р. Ясельды») [18]. Представляется целесообразным увязывать фактическую величину понижения УГВ на смежных площадях с исходным их положением для того, чтобы определить границы зон положительного, отрицательного и нейтрального влияния сниженного УГВ на продуктивность угодий.

Исследования показали, что до проведения мелиоративных работ 7,4-9,8% прилегающих к болотам территорий были переувлажнены [18]. За счет краевого эффекта осушения их водный режим изменился в благоприятную сторону без дополнительных материальных затрат увеличились площади земель с уровнями грунтовых вод от 1,1 до 2,0 м, в разряд которых перешли и ранее переувлажненные участки. В зависимости от физико-географических условий, зоны положительного и отрицательного влияния мелиорации могут достигать соответственно до 26,1 и 22,3% прилегающей территории [18]. Однако во всех случаях наибольший удельный вес падает на земли, не изменяющие своего водного режима. К ним относятся участки, УГВ которых до осушения находился на глубине более 2 м от поверхности.

В практике сельскохозяйственного производства представляется важным определение реакции возделываемых культур на изменение водного режима. Проведенные специальные исследования различными методами (лизиметрические, полевые опыты, производственные посевы) показали, что в целом суммарный эффект влияния осушения на прилегающие земли с учетом зон положительного, отрицательного и нейтрального его проявления складывается положительным (рис. 6) [18,19]. Имеющиеся отрицательные последствия чаще всего перекрываются положительным эффектом. Отмечено, что во влажные годы в целом по прилегающим территориям, подверженным влиянию мелиорации, урожай полевых культур заметно выше, чем на суходольных землях.

Таким образом, возможное влияние осушения болот в зоне Белорусского Полесья на водный режим и продуктивность прилегающих территорий сельскохозяйственного назначения не приводит к суммарному отрицательному эффекту.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бовтрамович, Ф.Б. Продолжительность понижения уровня грунтовых вод осушительной системой на прилегающей территории / Ф.Б. Бовтрамович // Мелиорация и водное хозяйство. – 1986. – № 5. – С. 23-25.
2. Методические рекомендации по определению размеров зоны влияния мелиоративных систем на уровень грунтовых вод прилегающих земель / А.Г. Булавко [и др.]; под ред. А.Г. Булавко. – Минск: ЦНИИКИВР, 1977. – 30 с.
3. Минаев, И. В. Прогноз уровней грунтовых вод вблизи осушительных систем / И.В. Минаев, К.К. Жибуртович // Мелиорация и водное хозяйство. – 1981. – Сер. 2. – № 5 – С. 10-17.
4. Жибуртович, К.К. Оценка влияния осушительно-увлажнительных систем на уровеньный режим прилегающих территорий: материалы X Республ. гидрометеор. конф., Вильнюс, 1983. – с. 82-83.
5. Кривецкая, Т.Д. Методы оценки изменения режима грунтовых вод на прилегающих к осушительным системам территориях (в условиях Белорусского Полесья) / Т.Д. Кривецкая // Гидрогеология и инженерная геология Белоруссии. – Минск, 1975. – с. 61-73.
6. Брусиловский, Ш. И. Влияние осушения болот на водный режим прилегающих минеральных земель / Ш.И. Брусиловский // Мелиорация и использование осушенных земель. Т. 14. – Минск: Ураджай, 1966. – с. 123-134.
7. Майборода, В.О. Определение зоны влияния осушительных систем на уровень грунтовых вод прилегающих территорий / В.О. Майборода // Тезисы докладов V Всесоюзного совещания по мелиоративной гидрогеологии, инженерной геологии и мелиоративному почвоведению. Ч. 1. – М., 1984. – с. 142-148.
8. Маслов, Б.С. Влияние осушения болот на уровни грунтовых вод прилегающих земель и водоприитоки к болотам / Б.С.Маслов, В.К. Седова // Осушение, орошение и освоение земель. Вып. 2. – ВНИИГиМ, 1973. – с. 11-25.
9. Минаев И.В., К методу расчета кривых депрессии на прилегающих к осушенным болотам землях. И.В. Минаев, К.К. Жибуртович // Мелиорация переувлажненных земель. Вып. 30. – Минск: Ураджай, 1982. – с. 60-69.
10. Жибуртович, К.К. Методология расчета водно-воздушного режима мелиорированных и сопредельных земель: монография / К.К. Жибуртович; Институт энергетики АПК НАН Беларуси. – Мн., 2005. – 242 с.



11. Соболев, И.М. Метод Монте-Карло / И.М. Соболев. – М.: Наука, 1968. – 480 с.
12. Силин-Бекчурин, И.М. Динамика подземных вод (с основами гидравлики) / И.М. Силин-Бекчурин. М.: изд. МГУ, 1965. – 380 с.
13. Веригина, Н.Н. Методы фильтрационных расчетов гидромелиоративных систем / под ред. Н.Н. Веригина. – М.: изд. МГУ, 1965 – 356 с.
14. Виленкин, С.Я. Статистическая обработка результатов исследования случайных функций / С.Я. Виленкин. – М.: Энергия, 1979 – 469 с.
15. Орлов, Е.Д. Опыт осушения окраек болот в условиях Вологодской области / Е.Д. Орлов // Осушение и восстановления леса на заболоченных землях Северо-запада.- Л., ЛенНИИЛХ, 1973,. – с. 39-48.
16. Орлов, Е.Д. Типологические основы лесосушения болот / Е.Д.Орлов // Вопросы комплексного изучения болот – Петрозаводск, 1973. – с. 160-164.
17. Красильников, Н.А. Режим грунтовых вод периферийных зон болот / Н.А. Красильников // Межвузовский сб. науч. тр. Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. – Л., 1979. – Вып.8 – с. 90-99.
18. Окулик, Н.В. Оценка влияния осушения болот на водный режим прилегающих земель сельскохозяйственного назначения / Н.В. Окулик // Тезисы докладов V Всесоюзного совещания по мелиоративной гидрогеологии, инженерной геологии и мелиоративному почвоведению. Ч. 1. – М., 1984 – с. 166-169.
19. Шведовский, П.В. Усовершенствование способа расчета характеристик влияния осушительных мелиораций на водный режим грунтовых вод прилегающих территорий / П.В. Шведовский. – Брест: Белгипроторф, 1975. – 152 с.

## **TO A METHOD OF DEFINITION OF EFFICIENCY OF THE EARTHS OF AN AGRICULTURAL PURPOSE ADJOINING TO A DRAINED BOG**

**K.K. Zhiburtovich, M.M. Zhishevich**

### **Summary**

The stochastic model of influence of drainage on a mode of adjacent territories is stated. The estimation of total effect of influence of drainage on efficiency of agricultural crops on the adjoining grounds is given, in view of zones of positive, negative and his neutral display.

*Поступила 30 сентября 2009 г.*

## 2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 633:631.8

### ПРОДУКТИВНОСТЬ ПАШНИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЧВЕННО-АГРОХИМИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

**И.М. Богдевич, Н.Д. Терещенко**

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

#### ВВЕДЕНИЕ

Удобрения являются важным и неотъемлемым фактором интенсификации земледелия, так как в сочетании со средствами защиты растений обеспечивают около половины формируемого урожая сельскохозяйственных культур [1-2]. Воспроизводство плодородия почв в современных условиях также невозможно без рационального использования минеральных и органических удобрений [3].

Осуществление мероприятий Государственной программы возрождения и развития села на 2005-2010 годы обеспечило заметную положительную динамику развития аграрной отрасли. По сравнению с предшествовавшим периодом увеличилось производство всех видов сельскохозяйственной продукции: зерна, картофеля, овощей, сахарной свеклы, льна, кормов, молока и мяса. В целом, среднегодовые темпы роста валового продукта в сельскохозяйственных организациях республики за период 2005-2008 гг. были в пределах 106-114%.

Однако, вследствие высоких удельных затрат на конечную продукцию экономика аграрной отрасли остается сложной. Главная проблема состоит в недостаточной эффективности используемых средств интенсификации производства. Например, генетический потенциал сельскохозяйственных культур, полученный в системе государственного сортоиспытания на основе использования новых сортов и технологий возделывания, достигший уровня более 80 ц/га зерновых, свыше 380 ц/га картофеля, более 800 ц/га сахарной свеклы и адекватной урожайности кормовых культур, реализован в производстве в среднем не более, чем на 50% [4]. Поэтому закономерно, что удельная прибыль на баллогектар сельскохозяйственных земель, по оценке академика В.Г. Гусакова, за период 2004-2007 гг. была в пределах 2,1-4,7 тыс. руб., что многократно меньше норматива самоокупаемости производства, составляющего 25 тыс. руб. [5].

В связи с неизбежным, постоянным удорожанием энерготехнических ресурсов возрастает значимость окупаемости затрат на удобрения прибавкой урожайности сельскохозяйственных культур. Важным условием рационального применения минеральных удобрений является оценка их эффективности.

Цель исследований – дать количественную оценку влияния почвенно-агрохимических и экономических факторов на эффективность минеральных удобрений и суммарную продуктивность сельскохозяйственных культур на пахотных землях в условиях производства. Эффективность минеральных удобрений, вносимых под зерновые культуры, в зависимости от плодородия почв и ряда хозяй-

ственных условий рассмотрена в предыдущих публикациях [6, 7]. В настоящей работе обсуждаются пути повышения продуктивности пашни и эффективности удобрений на основе учета плодородия почв и экономических факторов.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве количественных характеристик исследуемых факторов взяты следующие показатели:

- продуктивность или суммарная урожайность всех культур на пашне, к.ед. ц/га;
- уровень плодородия почв – (балл пашни, содержание подвижных форм фосфора и калия, мг/кг, доля кислых почв рН менее 5,0, %, доля осушенных (мелиорированных) земель, %);
- дозы минеральных удобрений (NPK, кг/га);
- затраты труда, человеко-часов, и материально-денежных средств, долларов США на 1 га посева;
- обеспеченность трудовыми ресурсами, из расчета среднегодовых работников на 1000 га пашни, в том числе квалифицированными специалистами;
- окупаемость 1 кг NPK прибавкой урожая, к.ед.;
- прибыль за счет минеральных удобрений, долларов США на 1 га посева.

Оценка агрономической эффективности удобрений базируется на предварительном прогнозировании продуктивности пашни, которое определяется как сумма слагаемых, обусловленная потенциальным плодородием почв и нормативной прибавкой урожая от внесенных удобрений, дифференцированной по показателям (баллам) плодородия почв. Расчет показателей экономической эффективности удобрений проводили на основании соответствующих методик Института почвоведения и агрохимии [8, 9]. Используются текущие цены на продукцию и удобрения. В целях большей сравнимости результатов по годам расчеты проведены в условных единицах – долларах США.

Оценка зависимости окупаемости удобрений от почвенно-агрохимических факторов проведена на материале крупномасштабного обследования пахотных почв и отчетно-статистических данных о внесении удобрений и суммарной продуктивности сельскохозяйственных культур в кормовых единицах с гектара посева на уровне районов и хозяйств. Собран, верифицирован и проанализирован массив данных по 247 сельскохозяйственным предприятиям Гомельской области за период 2001-2005 гг. и по всем районам республики за период 2004-2008 гг. Для обработки исходных данных использованы метод статистических группировок, корреляционный и регрессионный анализы, которые дают возможность установить степень тесноты, характер и количественные характеристики взаимосвязи между исследуемыми факторами.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В последние годы наблюдается существенное увеличение капиталовложений, обусловленное техническим перевооружением сельскохозяйственного производства, согласно задачам Государственной программы возрождения и развития села на 2005-2010 гг. Одновременно повысились дозы вносимых минеральных удобрений, улучшилась защита растений, повысилось качество подго-

товки почв и ухода за посевами. Новые сорта и гибриды сельскохозяйственных культур, выведенные отечественными селекционерами, весьма отзывчивы на факторы интенсификации. Суммарный выход растениеводческой продукции в кормовых единицах с гектара пашни повысился с 28,8 ц в 2001 до 49,4 ц в 2008 году, или в 1,7 раза (рис.1).

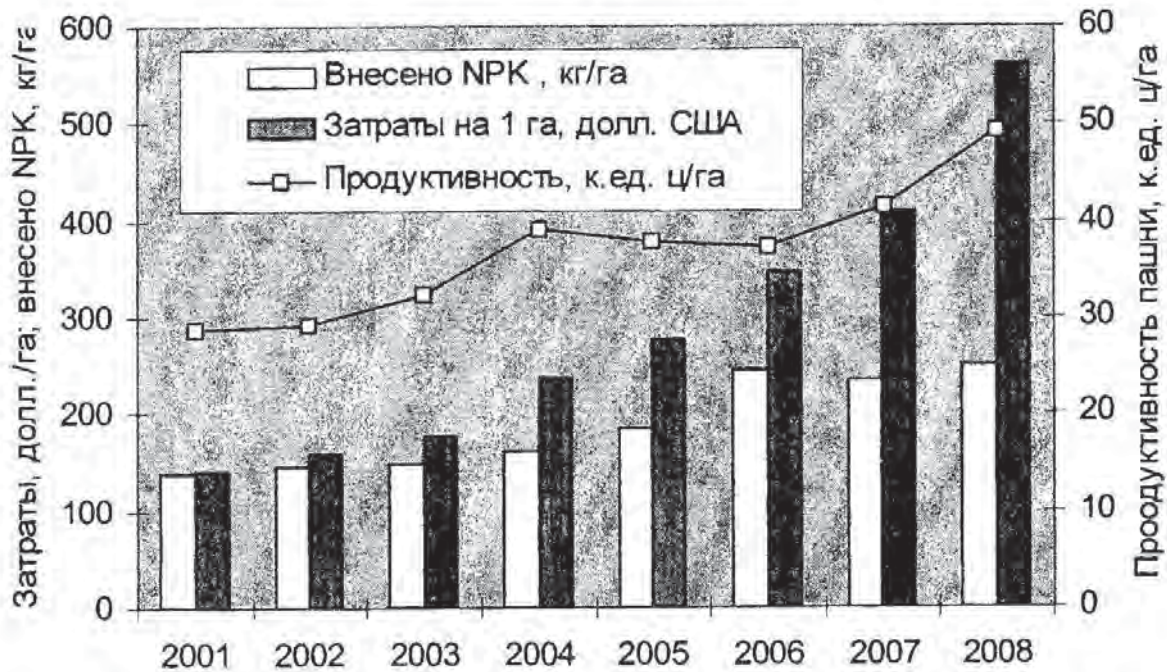


Рис.1. Динамика продуктивности пашни Беларуси (к.ед. т/га) в сопоставлении с количеством внесенных минеральных удобрений (NPK, кг/га) и стоимостью всех затрат в долларах США на гектар посева

Однако стоимость материально-денежных затрат на гектар посева за этот же период возросла в 4 раза и составила в 2008 году 561 доллар США. В результате себестоимость 1 тонны кормовых единиц суммарного сбора растениеводческой продукции повысилась в 2,3 раза и достигла 114 долларов в 2008 году.

Переход к рыночным условиям диктует дополнительные требования, прежде всего, производить конкурентоспособную продукцию. Это значит, что конечные продукты растениеводческой и животноводческой отрасли должны обладать высоким качеством при меньших затратах средств интенсификации [2].

Низкий естественный уровень плодородия почв Беларуси обусловил тесную зависимость продуктивности пахотных почв от количества элементов питания, внесенных с минеральными и органическими удобрениями. Около 52% урожая растениеводческой продукции формируется в настоящее время за счет минеральных и органических удобрений. Несомненно, что в нынешней ситуации высока значимость рационального использования удобрений и повышения их эффективности. Прежде всего, важно исследовать влияние основных факторов, определяющих различия в продуктивности пашни и окупаемости удобрений по районам и хозяйствам. В целях исключения маскирующего влияния погодных условий для исследования использованы средние показатели продуктивности пашни и эффективности минеральных удобрений за пятилетний период по районам Беларуси. В таблице 1 представлена группировка районов по показателю продуктивности пашни.

**Среднегодовая продуктивность пашни за 2004-2008 гг.  
по группам районов Беларуси  
в сопоставлении с баллом плодородия и дозами удобрений**

Группы районов по продуктивности к.ед., ц/га	Количество районов	Продуктивность, ц/га к.ед.	Балл плодородия	Внесено на 1 га посевов				
				навоза, тонн	минеральных удобрений, кг			
					NPК	N	P	K
< 30,0	16	28,0	26,3	4,9	194	68	31	95
30,1-40,0	59	34,4	29,7	5,4	205	76	32	97
40,1-50,0	28	45,0	32,6	8,1	230	90	36	104
>50,0	15	61,3	36,8	11,3	280	114	46	120
<b>Всего</b>	<b>118</b>	<b>41,1</b>	<b>31,2</b>	<b>6,9</b>	<b>216</b>	<b>83</b>	<b>35</b>	<b>98</b>

В 16 районах средняя продуктивность пашни была менее 30 ц к. ед. с гектара, а в 15 районах получено свыше 50 ц/га. Наиболее многочисленными были группы районов с продуктивностью 30,1-40,0 ц/га (59) и 40,1-50,0 ц/га (28 районов). Из данных табл.1 видно, что величина продуктивности пашни в сильной степени определялась уровнем плодородия пахотных почв, дозами внесения органических и минеральных удобрений.

Среднегодовая продуктивность пашни находилась в тесной положительной линейной связи с баллом плодородия почв ( $R^2 = 0,60$ ) и описывалась уравнением  $Y = -26,4 + 2,138 B$ ,

где  $Y$  – продуктивность к. ед. ц/га,  $B$  – балл пашни. Это значит, что повышение уровня плодородия почв на 1 балл (в диапазоне 20-42 баллов) сопровождалось повышением продуктивности пашни на 2,138 ц/га.

Продуктивность пашни в районах повышалась по мере повышения среднегодовой дозы внесения навоза на гектар пашни в диапазоне от 1,7 до 15,2 т. Уравнение регрессии:  $Y = 22,8 + 2,4717 H$  ( $R^2 = 0,48$ ), где  $H$  – среднегодовая доза навоза, т/га.

За период 2004-2008 гг. среднегодовые дозы минеральных удобрений (суммы NPK) различались по районам от 150 до 348 кг/га. Продуктивность пашни была в положительной корреляционной связи ( $R^2 = 0,42$ ) с дозами минеральных удобрений и повышалась согласно уравнению:

$Y = 3,6 + 0,1637 D$ , где  $D$  – среднегодовая доза NPK кг/га.

В целом, продуктивность пашни по районам Беларуси была на 77% обусловлена различиями вышеперечисленных факторов и описывалась уравнением  $Y = -28,3 + 1,50 B + 0,858 H + 0,072 D$ ,  $R^2 = 0,77$ . Это уравнение, показывающее зависимости при уровне значимости мене 0,01, может быть использовано при планировании (прогнозе) продуктивности пашни на региональном уровне.

Окупаемость минеральных удобрений под все сельскохозяйственные культуры, возделываемые на пашне, выражается прибавкой продуктивности в кормовых единицах на один килограмм NPK. Исходя из нормативов, на пахотных почвах Беларуси окупаемость 1 кг суммы NPK должна составить не менее 7,9 к.ед. За период 2004-2008 гг. она составила в среднем 8,3 к. ед. с колебаниями более чем вдвое по группам районов (табл. 2).

Таблица 2

**Показатели плодородия почв по группам районов Беларуси  
с различной окупаемостью минеральных удобрений прибавкой  
продуктивности пашни (среднее за 2004-2008 гг.)**

Группы по прибавке на 1 кг NPK, к. ед.	Количество районов	Прибавка на 1 кг NPK, к. ед.	Балл плодородия пашни	Средневзвешенное содержание, мг/кг почвы		Доля в пашне, %	
				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	кислых почв pH <5,0	осушенных почв
< 6,0	7	5,6	25,5	158	162	8,8	39,0
6,1-8,0	61	6,9	29,0	157	187	4,5	27,0
8,1-10,0	42	8,9	33,0	134	193	4,7	17,4
> 10,0	8	11,5	37,9	195	213	5,0	10,8
<b>Всего</b>	<b>118</b>	<b>8,3</b>	<b>31,2</b>	<b>180</b>	<b>191</b>	<b>4,8</b>	<b>23,2</b>

В группе из семи районов окупаемость удобрений составила 5,6 к.ед., или 84% от норматива 6,7 для балла плодородия 25,5. В наиболее многочисленной группе (61 район) со средним баллом плодородия 29, норматив окупаемости составляет 7,5 к.ед. Фактически в этой группе районов получено 6,9 к. ед. на каждый кг NPK удобрений, или 93% к нормативу. В группе 42 районов со средним показателем плодородия 33 балла окупаемость 1 кг минеральных удобрений была на уровне 8,9 к. ед., или 107% к нормативу. И, наконец, в группе 8 районов, с наибольшей окупаемостью удобрений 11,5 к. ед. на 1 кг NPK, норматив выполнен на 123%.

В целом по всем районам различия в окупаемости удобрений на пашне, в основном ( $R^2 = 0,62$ ), обусловлены величиной балла плодородия почв и среднегодовой дозой органических удобрений. Уравнение:  $Y = -1,03 + 0,271 B + 0,082 H$ , где  $Y$  – прибавка к. ед. на 1 кг NPK,  $B$  – балл пашни,  $H$  – среднегодовая доза навоза, т/га. Показатели окупаемости удобрений прибавкой продуктивности пашни увеличивались в районах с повышенной обеспеченностью почв подвижными формами фосфора и калия и, наоборот, снижались по мере повышения доли кислых почв, что согласуется с ранее установленными закономерностями в полевых опытах [10]. Начало проявляться пока небольшое, но достоверное снижение эффективности удобрений в районах по мере увеличения доли осушенных почв в составе пахотных земель (рис. 2).

Снижение эффективности минеральных удобрений на осушенных землях является следствием старения мелиоративных систем и постепенного увеличения доли полей с неблагоприятным водным режимом. Кроме того, известно, что зерновые культуры, картофель, кукуруза на осушенных землях в большей степени страдают от неблагоприятных погодных явлений. По данным академика В.Ф. Логинова интенсивная осушительная мелиорация Полесья оказала негативное влияние на климат этого региона и Беларуси в целом [11, 12]. На осушенных и прилегающих землях растения стали более подвержены засухе и заморозкам.

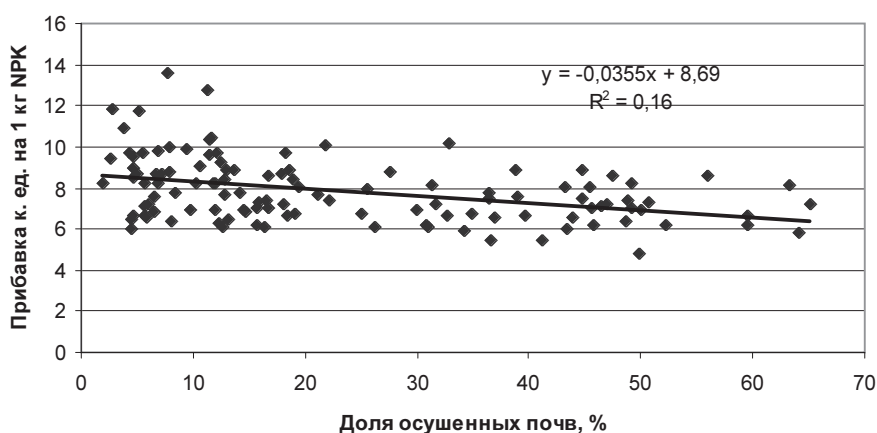


Рис. 2. Прибавка продуктивности к. ед. на 1 кг NPK внесенных удобрений в зависимости от доли осушенных пахотных почв по районам Беларуси (среднее 2004-2008 гг.)

Результаты экономической эффективности минеральных удобрений, в первую очередь, зависят от уровня окупаемости каждого кг NPK прибавкой продуктивности пашни, что можно видеть на примере группировки районов Беларуси по этому показателю (рис.3). Дозы минеральных удобрений в 2008 году, равно как и стоимость всех затрат на применение удобрений и уборку прибавки урожая, мало различались по приведенным группам районов. Однако прибыль на гектар посева различалась более чем на порядок. В первой группе из четырех районов, где окупаемость 1 кг NPK была менее 6,0 к.ед., средняя прибыль от применения удобрений составила только 18 долларов, а в Лельчицком районе даже получен убыток 11 долларов. Во второй группе из 53 районов, с окупаемостью 1 кг NPK 6,1-8,0 к.ед., средняя прибыль составила 58 долларов. В третьей группе (35 районов), с окупаемостью 1 кг NPK 8,1-10,0 к.ед., получена уже заметная средняя прибыль 99 долларов. И только в четвертой группе (26 районов), при окупаемости 1 кг NPK 10,1-15,4 к.ед., получена средняя прибыль 184 доллара на гектар посева, соизмеримая с затратами на удобрения, при среднем показателе рентабельности 64%.

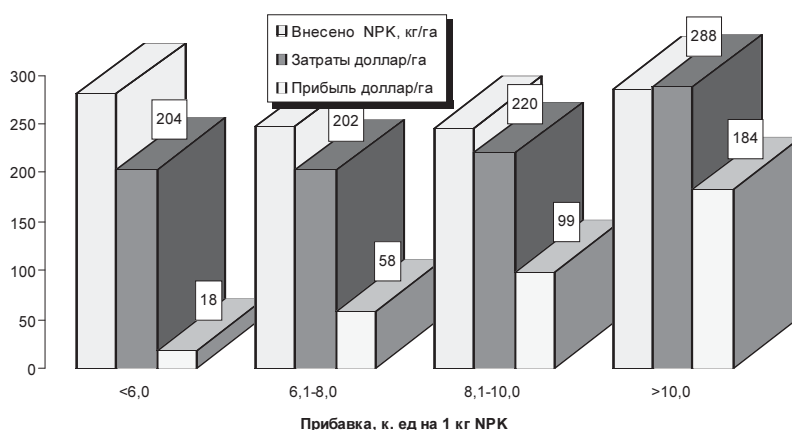


Рис.3. Дозы минеральных удобрений, затраты на их применение и прибыль по группам районов Беларуси в 2008 году, в зависимости от прибавки продуктивности пашни к. ед. на 1 кг NPK

Еще большие различия наблюдаются на уровне сельскохозяйственных предприятий. Для исследования использованы средние показатели урожайности всех сельскохозяйственных культур на пашне за пять лет по 247 хозяйствам Гомельской области, сравнимым по площади землепользования за 2001-2005 гг. Все хозяйства были разделены на 6 групп по величине продуктивности пашни (табл.3).

Таблица 3

**Зависимость продуктивности пашни от балла плодородия почв и удобрений по группам хозяйств Гомельской области (2001-2005 гг.)**

Группы хозяйств по продуктивности к.ед., ц/га	Количество хозяйств в группе	Продуктивность, к.ед. ц/га	Балл плодородия пашни	Внесено на 1 га посева				
				навоз, тонн	минеральных удобрений, кг			
					NPK	N	P	K
< 30,0	45	26,2	30,4	3,4	130	39	19	72
30,1-40,0	107	35,1	30,2	5,9	159	49	26	84
40,1-50,0	52	44,3	29,4	7,4	176	57	28	91
50,1-60,0	28	54,5	30,7	8,5	192	60	31	102
60,1-70,0	11	64,2	34,8	9,9	231	69	40	123
>70,0	4	79,1	33,7	14,2	248	75	49	124
<b>Всего</b>	<b>247</b>	<b>39,6</b>	<b>30,4</b>	<b>6,4</b>	<b>166</b>	<b>51</b>	<b>27</b>	<b>88</b>

Продуктивность пашни сильно различалась по хозяйствам. В 45 хозяйствах выход кормовых единиц был менее 30 ц/га. Наиболее многочисленными были группы хозяйств с продуктивностью 30,1-40,0 ц/га (107) и 40,1-50,0 ц/га (52 хозяйства). А в 4 хозяйствах среднегодовая продуктивность пашни превысила уровень 70 ц/га.

Различия в продуктивности пашни, прежде всего, обусловлены дозами вносимых органических и минеральных удобрений, которые существенно различались по всем шести группам хозяйств. Связь продуктивности с баллом плодородия и его составляющими агрохимическими показателями менее тесная.

Продуктивность пашни в хозяйствах закономерно повышалась по параболической затухающей кривой по мере повышения среднегодового уровня внесения навоза на гектар пашни в диапазоне от 0,9 до 25,8 т. Уравнение регрессии:  $Y \text{ к. ед. ц/га} = 15,2 + 5,0X - 0,1438 X^2$ , где  $X$  – доза навоза, т/га ( $R^2 = 0,48$ ). Расчетный максимум урожайности, согласно уравнению, наблюдался при среднегодовой дозе навоза 17,4 тонн на гектар пашни.

За период 2001-2005 гг., в среднем по Гомельской области, под все сельскохозяйственные культуры на пашне было внесено 166 кг/га элементов питания (NPK) минеральных удобрений. Среднегодовые дозы удобрений различались по хозяйствам от 65 до 434 кг/га. Продуктивность пашни была в достоверной корреляционной связи с дозами минеральных удобрений и повышалась согласно уравнению:  $Y \text{ к. ед. ц/га} = 17,9 + 0,1661X - 0,0002X^2$ , где  $X$  – среднегодовая доза NPK кг/га ( $R^2 = 0,21$ ).



Продуктивность пашни по группам хозяйств также хорошо сочетается с рядом экономических показателей (табл. 4). Очевидно, что различия хозяйств в энерговооруженности, обеспеченности рабочей силой и специалистами играют значительную роль в достижении высокого уровня продуктивности пахотных почв.

Таблица 4

**Обеспеченность материальными и трудовыми ресурсами по группам хозяйств Гомельской области с разной урожайностью всех сельскохозяйственных культур на пашне (2001-2005 гг.)**

Группы хозяйств по продуктивности пашни, к.ед. ц/га	Стоимость всех затрат на 1 га, долл. США	Энерговооруженность на 100 га пашни, л.с.	Среднегодовых работников на 1000 га пашни		Затраты труда на 1 га, чел.-ч
			всего	из них специалистов	
< 30,0	144	377	61	10	26
30,1-40,0	198	436	79	15	36
40,1-50,0	242	533	98	19	44
50,1-60,0	284	622	107	19	51
60,1-70,0	293	594	135	21	72
>70,0	348	937	155	26	79
По выборке	213,4	481	86	16	40

Сумма материально-денежных затрат на гектар посева является интегральной характеристикой интенсификации производства растениеводческой продукции и в наибольшей степени коррелирует с уровнем продуктивности пашни ( $R^2=0.48$ ). Продуктивность пашни повышалась в диапазоне изменения затрат от 70 до 400 долларов. Только несколько специализированных хозяйств имели затраты от 400 до 666 долларов на га. Однако уже эти сверхзатраты (при производстве овощей и др.) не сопровождались прибавкой продуктивности пашни.

В разработанной на базе совокупной выборки (247 хозяйств) множественной регрессии формирования продуктивности пашни ц/га к.ед. ( $Y$ ) учтены наиболее значимые факторы:

- качественная характеристика пахотных почв ( $X_1$  – балл плодородия);
- средства интенсификации земледелия – внесение удобрений ( $X_2$ ,  $X_3$  соответственно, внесение навоза т/га и минеральных удобрений суммы NPK, кг/га);
- уровень интенсификации отрасли ( $X_4$  – сумма материально-денежных затрат на 1 га посева,  $X_5$  – затраты труда, чел.-ч на 1 га);
- условия производства ( $X_6$  и  $X_7$  – наличие работников на 1 тыс. га пашни,  $X_8$  – энергетических мощностей на 100 га пашни, л.с.).

Уравнение множественной регрессии имеет следующий вид:

$$Y = 4,4 + 0,3346 X_1 + 0,8798 X_2 + 0,0120 X_3 + 0,0444 X_4 + 0,0890 X_5 + 0,0187 X_6 + 0,0058 X_7$$

$(R^2 = 0,55, P < 0,01).$

В целом, вариация результативного показателя объясняется изменением учтенных факторов на 55%. В нашем случае модель является устойчивой.

В представленной выше производственной функции количественное влияние факторов на результативный показатель выражено коэффициентами регрессии. К примеру, с повышением оценки плодородия пахотных земель на 1 балл, продуктивность их прирастает на 33 к.ед., с увеличением дозы внесения навоза на 1 т/га – продуктивность гектара повышается на 88 к. ед. и так далее.

Следует отметить устойчивую тенденцию к повышению продуктивности пашни по мере увеличения затрат труда на гектар посева. Здесь обращает внимание весьма большой диапазон затрат труда на единицу площади посева, который различается в 3 раза по группам хозяйств (табл. 4) и изменяется на порядок по отдельным хозяйствам: от 10 до 166 чел.-часов на 1 га. Разумеется, что все это – следствие большой доли ручного труда и больших различий в обеспеченности хозяйств средствами механизации.

Известно, что экономический закон роста производительности труда обуславливает потребности постоянного развития и укрепления материально-технической базы сельскохозяйственного производства, которая является материальной основой совершенствования производственных отношений [13]. И в то же время не наблюдается достоверной связи продуктивности пашни со стоимостью основных фондов в расчете на 100 га пахотных земель, что может быть объяснимо «информационным шумом», вызванным многократными переоценками стоимости устаревших построек, техники и технологического оборудования.

Окупаемость минеральных удобрений под все сельскохозяйственные культуры, возделываемые на пашне Гомельской области, согласно принятым нормативам, должна составить не менее 7,7 к.ед. на один килограмм NPK. За период 2001-2005 гг. она составила, в среднем, 8,9 к.ед. с различиями от 3,1 до 18,1 к.ед. по отдельным хозяйствам. В табл. 5 представлены показатели плодородия пахотных почв по группам хозяйств, ранжированных по окупаемости минеральных удобрений.

Таблица 5

**Показатели плодородия почв по группам хозяйств Гомельской области с различной окупаемостью минеральных удобрений прибавкой продуктивности пашни**

Группы по прибавке на 1 кг NPK, к. ед.	Хозяйств в группе		Прибавка к. ед. на 1 кг NPK	Балл плодородия пашни	Средневзвешенное содержание, мг/кг		Доля в пашне, %	
	количество	%			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	кислых почв	осушенных земель
< 6,0	12	5	5,5	27,5	259	201	8,7	21,5
6,1-8,0	86	35	7,2	30,5	227	205	6,4	15,9
8,1-10,0	82	33	9,0	30,0	217	197	6,7	27,3
10,1-12,0	44	18	10,9	29,8	203	187	7,3	27,8
12,1-14,0	18	7	12,7	33,2	244	243	6,3	29,2
> 14,0	5	2	15,6	36,8	220	262	4,2	16,2
<b>Всего</b>	<b>247</b>	<b>100</b>	<b>8,9</b>	<b>30,4</b>	<b>222</b>	<b>203</b>	<b>6,7</b>	<b>23,0</b>

В группе из 12 хозяйств окупаемость удобрений составила 5,5 к.ед., или 77% от норматива для балла плодородия 27,5. В наиболее многочисленной группе (86 хозяйств) со средним баллом плодородия 30,5, норматив окупаемости составляет 7,8 к.ед. Фактически, в этой группе районов получено 7,2 к.ед. на каждый кг NPK удобрений, или 94% к нормативу. В группе 82 хозяйств со средним показателем плодородия 30 баллов, окупаемость 1 кг минеральных удобрений была на уровне 9,0 к.ед. или 119% к нормативу. И, наконец, в группе 5 хозяйств, с наибольшей окупаемостью удобрений 15,6 к.ед. на 1 кг NPK, норматив выполнен на 172%.

Таким образом, окупаемость удобрений прибавкой продуктивности пашни закономерно увеличивалась в хозяйствах по мере повышения балла плодородия почв, но слабо коррелировала с содержанием в почве фосфора и калия. Это можно объяснить преобладающей повышенной обеспеченностью почв этими элементами во всех анализируемых группах хозяйств.

Окупаемость совершенно не зависела от дозы минеральных удобрений, но достоверно повышалась по мере увеличения доз навоза до уровня 14т/га (рис. 4).

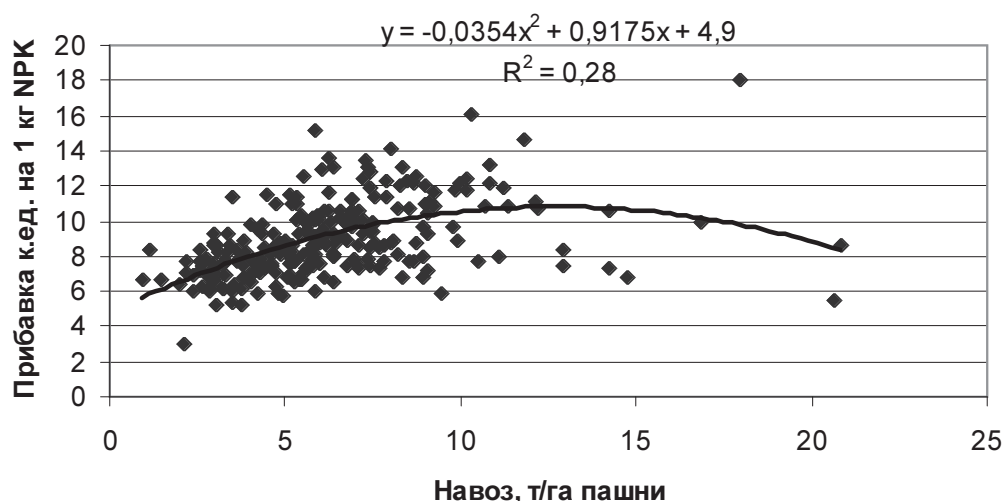


Рис.4. Прибавка продуктивности пашни к.ед. на 1 кг NPK удобрений в зависимости от среднегодовой дозы внесения навоза по хозяйствам Гомельской области

Значительный интерес представляет влияние экономических условий на окупаемость удобрений. В хозяйствах с более высокими прибавками продуктивности пашни на 1 кг внесенных удобрений существенно увеличивались затраты труда на гектар посева (табл. 4). При окупаемости 1 кг NPK менее 8 к.ед. на гектар посева затратили 33-36 человеко-часов, а чтобы получить удельную прибавку продуктивности более 14 к.ед., необходимо было затратить в среднем 69 человеко-часов на каждый гектар пашни.

Сумма материально-денежных затрат на гектар посева в значительной мере ( $R^2=0,33$ ) определяет уровень окупаемости удобрений прибавкой продуктивности пашни (рис.5).

Таблица 4

Экономическая эффективность минеральных удобрений по группам хозяйств Гомельской области (2001-2005 гг.)

Группы по прибавке на 1 кг NPK, к. ед.	Затраты труда на 1 га посева, чел.-ч.	Сумма затрат на 1 га посева, USD	Затраты на удобрения, USD/га	Прибыль, USD/га	Рентабельность удобрений, %
< 6,0	36	219	59	29	52
6,1-8,0	33	179	50	38	77
8,1-10,0	40	208	51	51	100
10,1-12,0	44	250	60	72	120
12,1-14,0	60	286	69	94	138
> 14,0	69	291	84	132	156
<b>Всего</b>	<b>40</b>	<b>213</b>	<b>55</b>	<b>54</b>	<b>97</b>

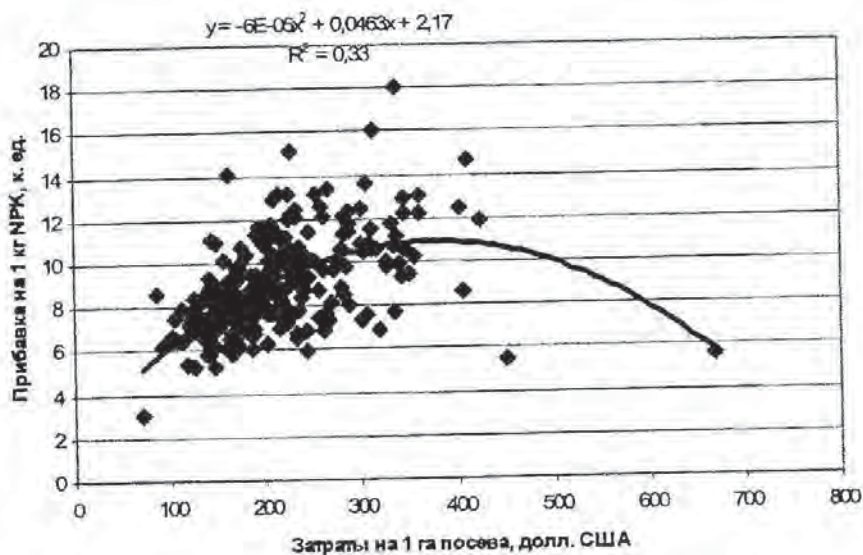


Рис. 5. Прибавка продуктивности пашни к.ед. на 1 кг NPK удобрений в зависимости от уровня материально-денежных затрат на гектар посева по хозяйствам Гомельской области

Согласно приведенной функции, окупаемость 1 кг NPK удобрений повышалась от 5 до 11 к. ед. в диапазоне изменения затрат от 70 до 460 долларов, а затем имела тенденцию к снижению.

Как же окупаются средства, затраченные на применение удобрений, уборку и реализацию прибавки урожая, которые составляют от 27 до 40% от общих затрат при возделывании всех культур на пашне? За период 2001-2005 гг. среднегодовые прибавки урожайности за счет удобрений, в целом, хорошо окупали затраты, связанные с применением удобрений. Однако, в группе хозяйств, где получено менее 5,0 к. ед. на 1 кг NPK, затраты на удобрения едва покрывались. Только при удельной прибавке продуктивности на уровне 10 к. ед. и выше прибыль от применения удобрений была заметно выше затрат, а рентабельность превышала 100% (рис.6).

Таким образом, определение расчетной прибавки продуктивности пашни на 1 кг NPK является центральным звеном анализа эффективности удобрений. При этом важно учитывать основные количественные характеристики плодородия почв и экономических условий хозяйств, которые сильно отличаются от средних региональных, а тем более республиканских показателей.

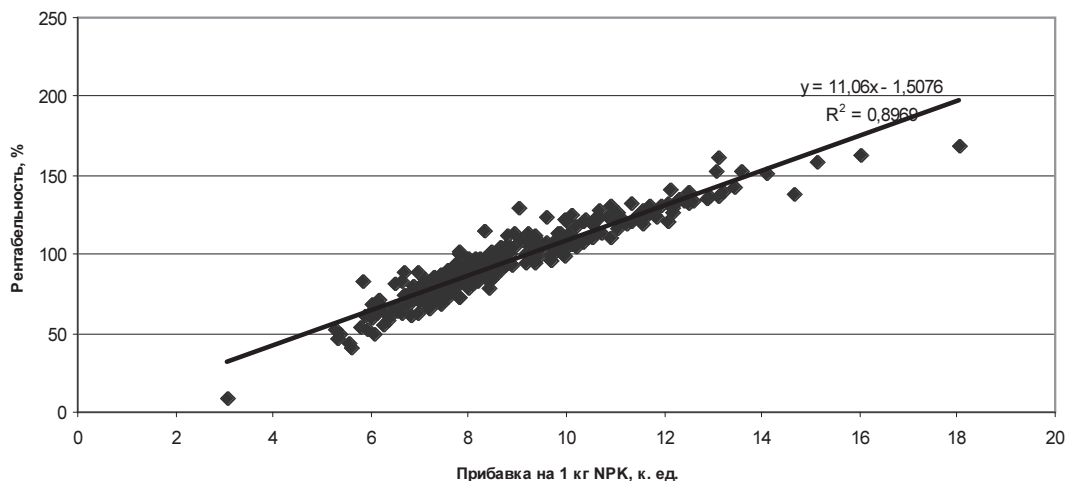


Рис. 6. Рентабельность применения минеральных удобрений (%) в хозяйствах Гомельской области за 2001-2005 гг. в зависимости от прибавки продуктивности пашни на 1 кг NPK

В целом, по всем хозяйствам нашей выборки показатели в окупаемости удобрений на пашне ( $Y$  – прибавка к. ед. на 1 кг NPK) наиболее тесно связаны с величиной балла плодородия почв ( $X_1$ ), среднегодовой дозой органических удобрений ( $X_2$ ), стоимостью материально-денежных затрат на га, долларов США ( $X_3$ ) и затрат труда на 1 га посевов, чел.-час. ( $X_4$ ). Эти зависимости хорошо описываются уравнением множественной линейной регрессии:  $Y = 3,23 + 0,0634 X_1 + 0,0686 X_2 + 0,0124 X_3 + 0,0182 X_4$ , ( $R^2 = 0,36$ ;  $P < 0,01$ ). Это уравнение может быть использовано при сравнительной оценке окупаемости минеральных удобрений с учетом особенностей отдельных хозяйств.

## ВЫВОДЫ

1. Продуктивность пашни в кормовых единицах показывает ее устойчивый прирост в Беларуси за период 2001-2008 гг., с 28,8 до 49,4 ц/га, или в 1,7 раза. Однако стоимость всех материально-денежных затрат на гектар посева растет опережающими темпами и за этот же период повысилась в 4 раза. Для повышения конкурентоспособности конечной продукции необходима систематическая оценка эффективности удобрений, за счет которых теперь формируется около 52% растениеводческой продукции, на уровне каждого региона (области, района) и хозяйства. Продуктивность пашни по районам республики за 2004-2008 гг. различалась от 24,5 до 88,1 ц/га. Эти различия на 77% были обусловлены показателями балла плодородия почв, среднегодовыми дозами внесения органических и минеральных удобрений.

2. Показатели экономических условий хозяйств, определяющих возможность достижения высокого уровня продуктивности пахотных почв, также должны учи-

ываться при оценке эффективности удобрений. Интегральной характеристикой интенсификации производства, тесно коррелирующей с уровнем продуктивности пашни, является стоимость всех материально-денежных затрат на гектар посева. Важным информативным показателем является также уровень затрат труда, человеко-часов на гектар посева.

3. Первостепенную значимость имеет определение окупаемости минеральных удобрений. Средние показатели прибавок продуктивности пашни на 1 кг NPK за 2001-2005 гг. различались по 247 хозяйствам Гомельской области от 3,1 до 18,1 к.ед., а прибыль за счет применения удобрений различалась от 4 до 188 долларов США на гектар посева. Эти различия в окупаемости удобрений наиболее тесно связаны с величиной балла плодородия почв, среднегодовой дозой органических удобрений, стоимостью всех материально-денежных затрат и затрат труда на 1 га посева и хорошо описываются уравнением множественной линейной регрессии. Целенаправленное изменение указанных характеристик создаст предпосылки для повышения эффективности удобрений и более полной реализации потенциала отрасли растениеводства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лапа, В.В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В. Лапа, В.Н. Босак - Мн.: БелНИИПА, 2002. – 184 с.
2. Гусаков, В.Г. Сущность, средства и факторы интенсификации сельского хозяйства / В.Г. Гусаков, А.П. Святогор // Изв. НАН Беларуси. – 2005. – № 2. – С. 2-15.
3. Богдевич, И. М Концепция повышения плодородия почв Республики Беларусь / И.М. Богдевич, Н. И. Смяян, В.В. Лапа // Ахова раслін. – 2002. №1. – С. 8-11.
4. Кукреш, Л.В. Потенциал растениеводства Беларуси и его реализация / Л.В. Кукреш // Известия НАН Беларуси. – № 3. – 2008. – С. – 34-39.
5. Гусаков, В.Г. Основные концептуальные подходы перспективной организации сельского хозяйства // В.Г. Гусаков // Изв. НАН Беларуси. – 2008. – № 4. – С. 12-19.
6. Богдевич, И.М Эффективность использования удобрений под зерновые культуры в зависимости от плодородия почв и экономических условий хозяйств Гомельской области / И.М. Богдевич, Н.Д. Терещенко // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – №1(38). – С. 112-120.
7. Терещенко, Н.Д. Влияние почвенно-агрохимических и экономических условий на урожайность зерновых культур и окупаемость удобрений / Н. Д. Терещенко // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – №2(39). – С. 133-141.
8. Методика определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур – Мн.: БелНИИПА, 1988. – 30 с.
9. Василюк, Г.В. Оценка экономической и агрономической эффективности минеральных удобрений, внесенных под зерновые и зернобобовые культуры / Г.В. Василюк, Т.М. Германович // Агроэкономика. – 2004. – №4. – С.50-54.
10. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.] – Мн.: РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси», 2006. – 288 с.

11. Климат Беларуси; под ред. Ф.Ф. Логинова. – Мн., 1996. – 233 с.
12. Логинов, В.Ф. Изменение числа экстремальных климатических явлений в Беларуси за период инструментальных наблюдений / В.Ф. Логинов // Природопользование. – Мн., 1997. – Вып. 3. – С. 24-25.
13. Лазаревич, М.И. Себестоимость сельскохозяйственной продукции и пути ее снижения. Актуальные проблемы развития АПК Беларуси / М.И. Лазаревич М.И., А.В. Горбатовский. – Минск: НИЭИ Минэкономки РБ, 2003. – с. 28-41.

## **PRODUCTIVITY OF ARABLE LAND AND FERTILIZER Efficiency IN RELATION TO SOIL FERTILITY AND ECONOMY FACTORS**

**I.M. Bogdevitch, N.D. Tereshchenko**

### **Summary**

The relation of the arable land productivity in feed units (f. u.) and fertilizer use efficiency to soil fertility and economic conditions of 118 districts of Belarus for 2004-2008 period and 247 cooperative farms in Gomel region for period 2001-2005 had been studied. It was found that yield response per 1 kg NPK applied varied on farm level from 3.1 to 18.0 f. u., while the profit from fertilizer use varied from 4 to 188 USD per ha. Analysis of reasons preventing the realization of potential crop yields according to soil fertility indices and fertilizer used has been done.

*Поступила 7 декабря 2009 г.*

УДК 631.8.022.3:631.872:631.445.2

## **СОСТАВ ПОДВИЖНОЙ ФРАКЦИИ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ**

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

### **ВВЕДЕНИЕ**

В интенсивном земледелии в зависимости от масштабов применяемых агротехнических мероприятий подвижные гумусовые вещества, в наибольшей степени подвергающиеся трансформационным процессам, наряду с количественными превращениями претерпевают и качественные изменения [1, 2].

Высокое содержание подвижных гумусовых веществ означает, что в составе гумуса много органических соединений с активными функциональными группами, которые обеспечивают благоприятные условия для роста и развития растений и являются энергетическим материалом для жизнедеятельности микроорганизмов [3, 4]. Особую ценность при характеристике лабильной части гумуса приобретают те гумусовые вещества, которые наиболее обогащены азотом, имеют относительно простое строение макромолекул и достаточно быстро минерализуются. Наиболее легкодоступными гумусовыми веществами являются фульво-

11. Климат Беларуси; под ред. Ф.Ф. Логинова. – Мн., 1996. – 233 с.
12. Логинов, В.Ф. Изменение числа экстремальных климатических явлений в Беларуси за период инструментальных наблюдений / В.Ф. Логинов // Природопользование. – Мн., 1997. – Вып. 3. – С. 24-25.
13. Лазаревич, М.И. Себестоимость сельскохозяйственной продукции и пути ее снижения. Актуальные проблемы развития АПК Беларуси / М.И. Лазаревич М.И., А.В. Горбатовский. – Минск: НИЭИ Минэкономки РБ, 2003. – с. 28-41.

## **PRODUCTIVITY OF ARABLE LAND AND FERTILIZER Efficiency IN RELATION TO SOIL FERTILITY AND ECONOMY FACTORS**

**I.M. Bogdevitch, N.D. Tereshchenko**

### **Summary**

The relation of the arable land productivity in feed units (f. u.) and fertilizer use efficiency to soil fertility and economic conditions of 118 districts of Belarus for 2004-2008 period and 247 cooperative farms in Gomel region for period 2001-2005 had been studied. It was found that yield response per 1 kg NPK applied varied on farm level from 3.1 to 18.0 f. u., while the profit from fertilizer use varied from 4 to 188 USD per ha. Analysis of reasons preventing the realization of potential crop yields according to soil fertility indices and fertilizer used has been done.

*Поступила 7 декабря 2009 г.*

УДК 631.8.022.3:631.872:631.445.2

## **СОСТАВ ПОДВИЖНОЙ ФРАКЦИИ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ**

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

### **ВВЕДЕНИЕ**

В интенсивном земледелии в зависимости от масштабов применяемых агротехнических мероприятий подвижные гумусовые вещества, в наибольшей степени подвергающиеся трансформационным процессам, наряду с количественными превращениями претерпевают и качественные изменения [1, 2].

Высокое содержание подвижных гумусовых веществ означает, что в составе гумуса много органических соединений с активными функциональными группами, которые обеспечивают благоприятные условия для роста и развития растений и являются энергетическим материалом для жизнедеятельности микроорганизмов [3, 4]. Особую ценность при характеристике лабильной части гумуса приобретают те гумусовые вещества, которые наиболее обогащены азотом, имеют относительно простое строение макромолекул и достаточно быстро минерализуются. Наиболее легкодоступными гумусовыми веществами являются фульво-



кислоты (ФК), отличающиеся более простым строением по сравнению с гуминовыми кислотами и активно воздействующие на эффективное плодородие почвы. Отмечая положительную роль фульвокислот, авторы работы [5] указывают, что, обладая высокой емкостью катионного обмена, фульвокислоты участвуют в поглотительной способности почв; после минерализации являются источником зольных элементов; могут участвовать в структурообразовании, способствуя склеиванию более крупных вторичных агрегатов. С другой стороны, фульвокислоты, обладая высокой реакционной способностью, при взаимодействии с силикатной частью почвы интенсивно разрушают кристаллическую решетку минералов. Характерной чертой фульвокислот и их органно-минеральных производных является повышенная подвижность, вследствие чего наблюдается миграция растворимых фульватов по почвенному профилю. Это способствует обеднению пахотного слоя кальцием, магнием и другими катионами, в результате чего такие почвы подкисляются, теряют структуру и приобретают неблагоприятные агрохимические показатели.

Напротив, гуминовые кислоты (ГК), обладающие высокой поглотительной способностью и образующие ряд нерастворимых в воде органно-минеральных производных, играют важную роль в улучшении структуры почвы; велико также значение гуминовых кислот в качестве аккумулятора энергии и элементов питания, и, прежде всего, азота [6, 7].

Согласно Л.Н. Александровой [6], в профиле дерново-подзолистых почв в условиях избыточной влажности при разложении и гумификации органических остатков образуется много фульвокислот и их производных, а промывной водный режим создает благоприятные условия для их миграции и выноса из пахотного слоя почвы.

При окультуривании дерново-подзолистых почв важно, чтобы применение различных систем удобрения, оказывая влияние на изменение состава подвижного гумуса, обеспечивало увеличение содержания гуминовых кислот как наиболее ценной части гумуса.

Цель исследований – изучить влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на содержание и состав фракций лабильного гумуса дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы разной степени окультуренности.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований была дерново-подзолистая легкосуглинистая почва, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке. Качественный состав лабильного гумуса определяли в почвенных образцах, отобранных поделяночно после окончания третьей ротации плодосменного севооборота в полевом опыте лаборатории систем удобрения и питания растений в СПК "Щемяслица" Минского района. 1-я ротация (картофель – ячмень – овес – кормовая свекла – яровая пшеница – лен-долгунец; 1992-1997 гг.); 2-я ротация (картофель – ячмень – овес – люпин узколистный – яровая пшеница; 1998-2002 гг.); 3-я ротация (пелюшко-овсяная смесь – яровое тритикале – яровой рапс – люпин узколистный – яровая пшеница; 2003-2007 гг.). Схема опыта реализована на двух фонах (известкованном и неизвесткованном) и включала варианты: 1. Контроль (без удобрений); 2. NPK; 3. навоз; 4. навоз + NPK. Среднегодовые дозы удобрений за три ротации севооборота составили  $N_{83}P_{61}K_{112}$ ; навоза – 12,5 т/га.

Пахотный слой исследуемой почвы перед началом первой ротации севооборота характеризовался следующими агрохимическими показателями: известкованный фон –  $pH_{KCl}$  5,7-5,8,  $P_2O_5$  (0,2 М HCl) – 275-295 мг/кг,  $K_2O$  (0,2 М HCl) – 230-280 мг/кг почвы, гумус (0,4 М  $K_2Cr_2O_7$ ) – 1,4-1,7%; неизвесткованный фон –  $pH_{KCl}$  4,3-4,5,  $P_2O_5$  – 265-290 мг/кг,  $K_2O$  – 225-285 мг/кг почвы, гумус – 1,4-1,6%. В конце первой ротации севооборота на известкованном фоне внесена доломитовая мука, в результате чего кислотность почвы в вариантах доведена до  $pH_{KCl}$  6,3-6,4.

Органические удобрения в виде соломистого навоза КРС в первой ротации севооборота вносили под картофель (60 т/га) и кормовую свеклу (40 т/га); во второй ротации – под картофель (60 т/га); в третьей ротации – под пелюшко-овсяную смесь (40 т/га). Агротехника на опытном поле общепринятая для данной зоны.

Для оценки влияния отдельных агроприемов на количественные изменения лабильной части гумуса использовали 0,1 М NaOH-вытяжку (без предварительного декальцинирования почвы) по методу Тюрина с последующим определением гуминовых и фульвокислот [8]. Математическая обработка экспериментального материала проведена дисперсионным методом с использованием программы MS Excel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В зависимости от степени окультуренности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы и систем удобрения абсолютное содержание углерода подвижной фракции ( $C_{под.}$ ) варьирует в интервале 2473-3864 мг/кг при относительном содержании 28,99-44,53% от общего углерода почвы (табл.1).

Таблица 1

### Содержание лабильных гумусовых веществ в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при длительном применении различных систем удобрения

Вариант	Гумус, %	$C_{общ.}$ , %	Вытяжка 0,1 М NaOH					
			$C_{под.}$		$C_{гк}$		$C_{фк}$	
			мг/кг	% к $C_{общ.}$	мг/кг	% к $C_{общ.}$	мг/кг	% к $C_{общ.}$
$pH_{KCl}$ 4,3-4,5 ( $I_{ок}$ 0,63)								
Без удобрений	1,41	0,818	3441	42,08	1151	14,07	2290	28,01
$N_{83}P_{61}K_{112}$	1,47	0,853	3797	44,53	1295	15,19	2502	29,34
Навоз, 12,5 т/га	1,62	0,940	3545	37,72	1519	16,17	2026	21,56
Навоз + $N_{83}P_{61}K_{112}$	1,69	0,980	3864	39,42	1651	16,85	2213	22,57
$pH_{KCl}$ 6,3-6,4 ( $I_{ок}$ 0,91)								
Без удобрений	1,37	0,795	2473	31,12	894	11,24	1580	19,88
$N_{83}P_{61}K_{112}$	1,35	0,783	2583	32,99	955	12,20	1628	20,79
Навоз, 12,5 т/га	1,52	0,882	2556	28,99	1140	12,92	1416	16,07
Навоз + $N_{83}P_{61}K_{112}$	1,68	0,974	3022	31,01	1414	14,51	1608	16,50
$HCP_{05}$	0,05	0,03	305		130		161	

Наименьшим абсолютным и относительным количеством углерода лабильной части гуминовых кислот в почве с  $pH_{KCl}$  4,3-4,5 характеризуется вариант без удобрений. Абсолютное содержание углерода ГК в неудобренном варианте составило 1151 мг/кг почвы при относительном содержании 14,07 % от общего углерода почвы. Это связано с более низкой урожайностью в данном варианте на протяжении длительного времени и соответственно низким количеством пожнивно-корневых остатков. Ограниченное поступление органических остатков, сильноокислая реакция почвенного раствора и низкая микробиологическая деятельность в большей степени способствуют образованию фульвокислот. Вследствие этого накопление углерода подвижных ФК достигло 2290 мг/кг почвы, что в 2 раза больше по сравнению с гуминовыми кислотами. Наши данные согласуются с выводами Л.Н. Александровой [6], по мнению которой кислая реакция почвенной среды, угнетая бактериальную микрофлору и стимулируя развитие грибов, не только тормозит новообразование гумусовых веществ, но и существенно влияет на состав образующихся продуктов: в кислой среде снижается количество новообразованных гуминовых кислот и возрастает содержание фульвокислот.

Известкование сильноокислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы значительно уменьшило лабильность гуминовых и фульвокислот, что проявилось в снижении их абсолютного и относительного содержания. В высококультурной почве абсолютное содержание лабильного углерода гуминовых кислот в варианте без удобрений составило 894 мг/кг, фульвокислот – 1580 мг/кг почвы, что соответственно на 257 и 710 мг/кг почвы меньше по сравнению с известкованной почвой. Относительное содержание углерода подвижной фракции ГК в этом варианте по сравнению с сильноокислой почвой уменьшилось в пахотном слое известкованной почвы с 14,07 до 11,24%, фульвокислот – с 28,01 до 19,88%. Отмечено более резкое снижение содержания фульвокислот на известкованном фоне по сравнению с подвижной частью гуминовых кислот. Это, возможно, связано с увеличением интенсивности микробиологической деятельности, в результате которой минерализации подвергаются, прежде всего, химически менее сложные и более подвижные гумусовые соединения, т.е. фульвокислоты. В то время как снижение содержания лабильных гуминовых кислот при окультуривании легкосуглинистой почвы может быть обусловлено формированием более сложного комплекса гуминовых соединений за счет образования прочных связей. Данная закономерность о влиянии известкования на подвижность ГК и ФК выявлена также и для вариантов с применением различных систем удобрения. В результате исследований установлено, что в сильноокислой легкосуглинистой почве доля углерода лабильной фракции ФК составляет 57,2-66,6% от общего относительного количества углерода. На долю углерода подвижных ГК приходится только 33,4-42,8%. Известкование, оказывая благоприятное влияние на агрономически важные свойства почвы и, прежде всего, смещая кислотность почвенного раствора в сторону нейтральной реакции, активизирует жизнедеятельность микроорганизмов, способствуя улучшению качественного состава лабильной части гумуса. В дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при окультуривании в составе лабильных гумусовых веществ возрастает доля ГК при снижении доли ФК. Доля углерода подвижной фракции гуминовых кислот в высококультурной почве достигает 36,1-46,8%. Доля фульвокислот в составе лабильной фракции гумуса варьирует в пределах от 53,2 до 63,9%. Та-

ким образом, при известковании легкосуглинистой почвы наблюдается некоторое изменение в долевом соотношении отдельных фракций в составе лабильного гумуса, тем не менее, доминирующая роль принадлежит подвижным фульвокислотам.

Применение минеральных удобрений способствовало мобилизации подвижных гумусовых веществ в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Аналогичные закономерности получены также для лабильных фракций гуминовых и фульвокислот. В сильнокислой почве при внесении  $N_{83}P_{61}K_{112}$  наблюдается значительное накопление углерода лабильных ГК и ФК, их количество достигло соответственно 1295 и 2502 мг/кг почвы. В высококультуренной почве минеральная система удобрения несущественно влияла на подвижность гуминовых и фульвокислот. Их содержание возросло относительно варианта без удобрений соответственно на 61 и 48 мг/кг и находилось на уровне 955 и 1628 мг/кг почвы. Относительное содержание углерода лабильных гуминовых кислот под влиянием минеральных удобрений по сравнению с неудобренными вариантами изменялось незначительно и в зависимости от степени окультуренности легкосуглинистой почвы варьировало в пределах 12,20-15,19%. Относительное содержание ФК при внесении  $N_{83}P_{61}K_{112}$  характеризовалось максимальными значениями, достигая в сильнокислой почве 29,34%, в почве с  $pH_{KCl}$  6,3-6,4-20,79% от общего углерода.

Изучение изменения состава подвижных гумусовых веществ при систематическом внесении подстилочного навоза в дозе 12,5 т/га севооборотной площади показало разнонаправленность влияния органических удобрений на лабильность ГК и ФК. Органическая система удобрения достоверно увеличивала абсолютное содержание гуминовых кислот. Количество углерода лабильной фракции гуминовых кислот при внесении органических удобрений в среднекультуренной почве составило 1519 мг/кг почвы, что на 368 мг/кг выше, чем в варианте без удобрений. В высококультуренной почве содержание углерода подвижных ГК возросло на 246 мг/кг по отношению к варианту без внесения удобрений и достигло 1140 мг/кг почвы. Независимо от степени кислотности легкосуглинистой почвы абсолютное и относительное содержание углерода лабильных ФК под влиянием органических удобрений снижалось. Введение в систему удобрения 12,5 т/га навоза в почве с  $pH_{KCl}$  4,3-4,5 и на фоне известкования привело к уменьшению подвижной фракции фульвокислот соответственно на 264 и 164 мг/кг почвы при соответствующем снижении относительных величин на 6,45 и 3,81% по сравнению с вариантами без удобрений. Выявленное отличие по влиянию органических удобрений на содержание лабильных форм гуминовых и фульвокислот, по-видимому, обусловлено несколькими причинами. Во-первых, внесение органических удобрений, активизируя микробиологическую деятельность, точно так же, как и минеральные удобрения, усиливает разложение наиболее легкоминерализуемых гумусовых веществ, прежде всего, фульвокислот. Во-вторых, в результате мобилизации жизнедеятельности микроорганизмов усиливаются процессы гумификации – формирование «молодых» новообразованных гуминовых кислот из продуктов распада растительных остатков и различных органических кислот, находящихся в составе удобрения. В-третьих, органические удобрения содержат значительное количество «готовых» гуминовых кислот, которые, попадая в пахотный слой почвы, увеличивают содержание подвижных гуминовых кислот.

Особый интерес представляют данные о влиянии органоминеральной системы удобрения на подвижность основных групп гумусовых веществ. Установлено, что в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при применении 12,5 т/га подстилочного навоза КРС в сочетании с  $N_{83}P_{61}K_{112}$  достоверно повышается абсолютное содержание лабильных фракций ГК и ФК по сравнению с вариантами с односторонним внесением органических удобрений. Совместное применение органических и минеральных удобрений увеличивало также относительные показатели в данных вариантах. В вариантах с органоминеральной системой удобрения абсолютное и относительное содержание гуминовых кислот характеризуется максимальными величинами – 1414-1651 мг/кг почвы и 14,51-16,85% от общего углерода почвы соответственно.

Расчет доли лабильных гуминовых и фульвокислот в общем относительном количестве подвижных гумусовых веществ показал, что на изменение этого показателя влияет не только известкование, но и системы удобрения. Минеральная система удобрения (среднегодовая доза  $N_{83}P_{61}K_{112}$ ) не оказывала влияния на долевое распределение подвижных частей ГК и ФК по сравнению с вариантами без удобрений. В сильноокислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почве доля углерода лабильной фракции гуминовых кислот составила 34,1% от углерода подвижных гумусовых веществ, фульвокислот – 65,9%, на известкованной почве эти показатели достигли соответственно 37,0 и 63,0%. Органическая система удобрения повышала долю углерода гуминовых кислот в составе подвижных гумусовых соединений в среднеокультуренной почве на 9,5%, в высококультуренной – на 8,5% по отношению к неудобренному варианту при соответствующем процентном снижении доли углерода лабильных ФК. Органоминеральная система удобрения в почве с  $pH_{KCl}$  4,3-4,5 не оказывала влияния на долевое перераспределение углерода подвижных фракций ГК и ФК по сравнению с органической системой удобрения. Доля углерода лабильных гуминовых кислот в этом варианте составила 42,7% от общего относительного количества углерода гумусовых веществ. В отличие от сильноокислой почвы, в почве с  $pH_{KCl}$  6,3-6,4 при органоминеральной системе удобрения установлено максимальное обогащение почвенного гумуса подвижными гуминовыми кислотами. Долевое участие подвижных ГК в общем относительном содержании  $C_{под}$  при применении 12,5 т/га навоза в сочетании с  $N_{83}P_{61}K_{112}$  достигло 46,8%. Таким образом, органоминеральная система удобрения в сочетании с известкованием усиливает положительное влияние органических и минеральных удобрений на содержание лабильных ГК и характеризуется наибольшей эффективностью в отношении изменения состава подвижных гумусовых веществ по сравнению с их раздельным внесением в почву. Несмотря на некоторое увеличение углерода подвижных ГК под влиянием систем удобрения, в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в составе лабильных гумусовых веществ доминируют фульвокислоты.

Наряду с абсолютными и относительными показателями, характеризующими лабильность гумуса, несомненный интерес представляют данные о запасах подвижных гумусовых соединений в пахотном слое дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в зависимости от систем удобрения. Наименьшие запасы углерода лабильных гумусовых веществ и гуминовых кислот характерны для варианта без удобрений известкованной почвы – 7420 и 2681 кг/га соответственно, а минимальное количество подвижных фульвокислот (4249 кг/га) обнаружено в почве с  $pH_{KCl}$  6,3-6,4 при органической системе удобрения (рис. 1).

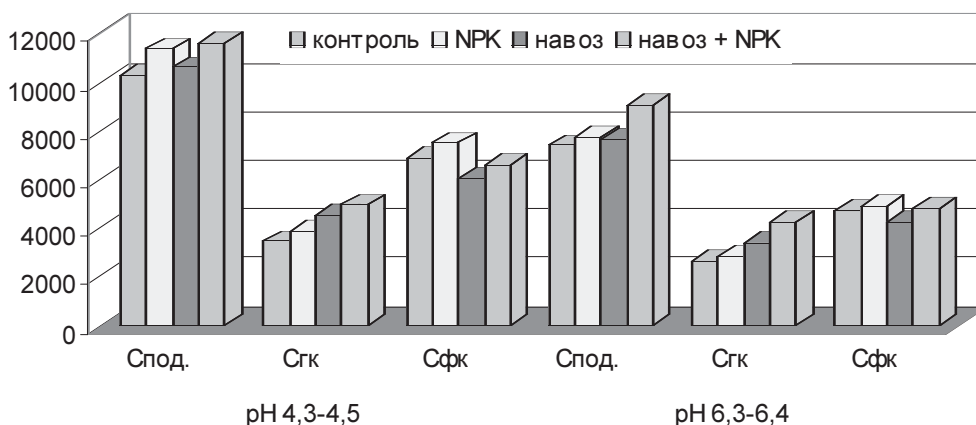


Рис. 1. Запасы лабильных гумусовых веществ в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при длительном применении различных систем удобрения

В среднем по вариантам известкование легкосуглинистой почвы снижало запасы углерода лабильных гумусовых веществ на 3009 кг/га, в том числе гуминовых кислот – на 910 кг/га, фульвокислот – на 2099 кг/га. Применение минеральных удобрений повышало запасы всех групп гумусовых соединений по сравнению с вариантами без удобрений на обоих уровнях кислотности легкосуглинистой почвы. В сильнокислой почве запасы  $C_{\text{под.}}$  на фоне  $N_{83}P_{61}K_{112}$  составили 11390 кг/га, в почве с  $pH_{KCl}$  6,3-6,4-7749 кг/га; количество лабильных ГК в этих вариантах достигало соответственно 3885 и 2866 кг/га. При минеральной системе удобрения запасы подвижных фульвокислот были наибольшими – 7506 кг С на 1 га почвы с  $pH_{KCl}$  4,3-4,5 и 4884 кг/га почвы с  $pH_{KCl}$  6,3-6,4. Среднегодовое внесение 12,5 т/га органических удобрений увеличивало запасы лабильных гумусовых веществ и гуминовых кислот относительно вариантов без удобрений, однако снижало в пахотном слое дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы запасы подвижных ГК. Наибольшие запасы подвижного гумуса и ГК характерны для вариантов с органоминеральной системой удобрения. В сильнокислой почве они достигли соответственно 11592 и 4954 кг/га, при оптимизации почвенной кислотности – 9067 и 4243 кг С на 1 га. Запасы лабильных фульвокислот при органоминеральной системе удобрения хотя и увеличивались по сравнению с односторонним внесением органических удобрений, однако их количество было меньше, чем при минеральной системе удобрения.

## ВЫВОДЫ

1. В среднем по опыту известкование дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы уменьшало содержание углерода лабильной фракции гумусовых веществ, гуминовых и фульвокислот соответственно на 1003, 303 и 700 мг/кг почвы по сравнению с вариантами при  $pH_{KCl}$  4,3-4,5.

2. Минеральная система удобрения (среднегодовая доза  $N_{83}P_{61}K_{112}$ ) в почве с  $pH_{KCl}$  4,3-4,5 достоверно повышала содержание подвижных гумусовых веществ на 356 мг/кг, гуминовых – на 144 мг/кг и фульвокислот – на 212 мг/кг по сравнению с вариантом без удобрений.

3. Органическая система удобрения увеличивала абсолютное содержание подвижных гумусовых соединений в легкосуглинистой почве разной степени окультуренности до 2556-3545 мг/кг при снижении их относительного содержания до 28,99-37,72%. Абсолютное (1140-1519 мг/кг почвы) и относительное

(12,92-16,17% от общего С почвы) содержание лабильных гуминовых кислот возросло под влиянием органических удобрений по сравнению с вариантами без удобрений; фульвокислот – уменьшалось соответственно на 164-264 мг/кг и 3,81-6,45 и 3,81%.

4. Органоминеральная система удобрения в сочетании с известкованием дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы является наиболее эффективным приемом увеличения содержания лабильных гуминовых кислот.

5. Наименьшие запасы углерода лабильных гумусовых веществ и гуминовых кислот (7420 и 2681 кг/га) характерны для варианта без удобрений известкованной почвы; наибольшие – для органоминеральной системы удобрения (в почве с  $pH_{KCl}$  4,3-4,5 они достигли соответственно 11592 и 4954 кг/га, при оптимизации почвенной кислотности – 9067 и 4243 кг/га). Минимальные запасы подвижных фульвокислот (4249 кг/га) обнаружены на известкованном фоне при органической системе удобрения; максимальные – при минеральной системе удобрения (7506 кг С на 1 га почвы с  $pH_{KCl}$  4,3-4,5 и 4884 кг/га почвы с  $pH_{KCl}$  6,3-6,4).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Костюкевич, Л.И. Трансформация органического вещества почвы и удобрений в пахотных дерново-подзолистых почвах: автореф. ... дис. канд. с.х. наук: 06.01.04 / Л.И. Костюкевич; БелНИИПА. – Минск, 1987. – 19 с.
2. Шевцова, Л.К. Гумусное состояние и азотный фонд основных типов почв при длительном использовании удобрений: дис. ... д-ра биол. наук: 06.01.04 / Л.К. Шевцова; МГУ. – М., 1988. – 459 с.
3. Лыков, А.М. Оценка гумуса почв по характеристике его лабильной части / А.М. Лыков, В.А. Черников, Б.П. Боинчан // Известия ТСХА. – 1981. – Вып. 5. – С. 65-70.
4. Когут, Б.М. Трансформация гумусового состояния черноземов при их сельскохозяйственном использовании / Б.М. Когут // Почвоведение. – 1998. – № 7. – С. 794-802.
5. Гумусовые вещества почвы (их образование, состав, свойства и значение в почвообразовании и плодородии) / Записки ЛСХИ; редкол.: В.В. Суворов [и др.]. – Ленинград – Пушкин, 1970. – Т. 142. – 233 с.
6. Александрова, Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л.Н. Александрова. – Л.: Наука, 1980. – 288 с.
7. Возбуцкая, А.Е. Химия почвы / А.Е. Возбуцкая. – М.: Высшая школа, 1968. – 427 с.
8. Практикум по агрохимии / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Ураджай, 1998. 270 с.

## COMPAUNDS OF MOBILE FRACTION HUMIE SUBSTANCES OF SOD-PODZOLIC LIGHT LOAM SOIL DEPENDING ON SYSTEMS OF FERTILIZER

E.N. Bogatyrova, T.M. Seraya, O.M. Biryukova, M.M. Lomonos

### Summary

Liming of sod-podzolic light loam soil with  $pH_{KCl}$  4,3-4,5 promoted the decrease in lability of soil humus due to decrease in labile fraction of humic acids on 303 mg/kg,

fulvic acids on 700 mg/kg of soil. Under influence of organic fertilizers the contents of labile humic acids has increased for 1140-1519 mg/kg of soil, fulvic acids has decreased for 164-264 mg/kg of soil. The most effective way to increase of contents of labile humic acids in soil was joint application of 12,5 т/га in one year of manure and  $N_{83}P_{61}K_{112}$  fertilizers on a limed background.

The greatest supply of mobile humus and humic acids is observed to variants with organic-mineral system of fertilization. The maximal supply of mobile fulvic acids are typical for variants with application of mineral system of fertilizer.

*Поступила 24 сентября 2009 г.*

УДК 631. 445.24:631.821.1

## **АГРОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИЗВЕСТКОВАНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ СЛАБОКИСЛОЙ ПОЧВЫ**

**И.А. Царук**

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

Кислотность сельскохозяйственных земель – важнейший физико-химический показатель, который оказывает влияние на агрономические свойства почвы, на рост, развитие и продуктивность культур. Известкование кислых почв в Беларуси – радикальный способ, устраняющий избыточную кислотность и создающий базу для повышения урожайности культур, эффективности удобрений и улучшения свойств почвенного поглощающего комплекса. Химическая мелиорация оказывает влияние на многие параметры потенциального плодородия почв: снижает кислотность почвы, способствует увеличению суммы поглощенных оснований и влияет на катионнообменную емкость почвы, что в конечном итоге сказывается на доступности элементов питания для растений.

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

В настоящее время на большей части территории республики кислотность почв находится в оптимальном для растений интервале. Однако, за счет неизбежных потерь кальция и магния вследствие отчуждения с урожаями, применения физиологически кислых минеральных удобрений и вымывания в нижележащие горизонты, происходит постоянное подкисление почв, что вынуждает проводить поддерживающее известкование.

Эффективность известкования зависит главным образом от исходной реакции почвенной среды. Наибольший эффект от внесения извести получен на сильно- и среднекислых почвах (рН менее 5,00), однако каждый пятый гектар, известкуемый в настоящее время, представлен группой суглинистых почв с рН 5,51-6,00 [1, 2, 3].

Начиная с 1998 г., из группы слабокислых (рН 5,51-6,00) известкуются только суглинистые почвы, которые составляют 24,8% от общей площади суглинистых



fulvic acids on 700 mg/kg of soil. Under influence of organic fertilizers the contents of labile humic acids has increased for 1140-1519 mg/kg of soil, fulvic acids has decreased for 164-264 mg/kg of soil. The most effective way to increase of contents of labile humic acids in soil was joint application of 12,5 т/га in one year of manure and  $N_{83}P_{61}K_{112}$  fertilizers on a limed background.

The greatest supply of mobile humus and humic acids is observed to variants with organic-mineral system of fertilization. The maximal supply of mobile fulvic acids are typical for variants with application of mineral system of fertilizer.

*Поступила 24 сентября 2009 г.*

УДК 631. 445.24:631.821.1

## **АГРОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИЗВЕСТКОВАНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ СЛАБОКИСЛОЙ ПОЧВЫ**

**И.А. Царук**

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

Кислотность сельскохозяйственных земель – важнейший физико-химический показатель, который оказывает влияние на агрономические свойства почвы, на рост, развитие и продуктивность культур. Известкование кислых почв в Беларуси – радикальный способ, устраняющий избыточную кислотность и создающий базу для повышения урожайности культур, эффективности удобрений и улучшения свойств почвенного поглощающего комплекса. Химическая мелиорация оказывает влияние на многие параметры потенциального плодородия почв: снижает кислотность почвы, способствует увеличению суммы поглощенных оснований и влияет на катионнообменную емкость почвы, что в конечном итоге сказывается на доступности элементов питания для растений.

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

В настоящее время на большей части территории республики кислотность почв находится в оптимальном для растений интервале. Однако, за счет неизбежных потерь кальция и магния вследствие отчуждения с урожаями, применения физиологически кислых минеральных удобрений и вымывания в нижележащие горизонты, происходит постоянное подкисление почв, что вынуждает проводить поддерживающее известкование.

Эффективность известкования зависит главным образом от исходной реакции почвенной среды. Наибольший эффект от внесения извести получен на сильно- и среднекислых почвах (рН менее 5,00), однако каждый пятый гектар, известкуемый в настоящее время, представлен группой суглинистых почв с рН 5,51-6,00 [1, 2, 3].

Начиная с 1998 г., из группы слабокислых (рН 5,51-6,00) известкуются только суглинистые почвы, которые составляют 24,8% от общей площади суглинистых

почв и 20,9% от всей площади пахотных земель, подлежащих известкованию, так как лишь при известковании почв IV группы кислотности на суглинистых и глинистых почвах может быть достигнут уровень кислотности (рН более 6,00), который входит в зону оптимума большинства сельскохозяйственных культур [4, 3].

Для химической мелиорации пригодны любые формы промышленных и местных известковых удобрений. Нормативная база известкования рассчитана на применение доломитовой муки как самого универсального и экологически чистого мелиоранта, однако наличие в Республике Беларусь почв с содержанием магния более 300 мг/кг обуславливает необходимость применения известковых материалов, не содержащих данный элемент в своем составе [5]. В первую очередь к ним относятся карбонатный сапропель и мел, нейтрализующая способность которых выше по сравнению с доломитовой мукой.

Действующая «Инструкция о порядке известкования кислых почв сельскохозяйственных земель» допускает применение для известкования кислых почв любых известковых материалов, но их физические свойства должны обеспечивать возможность качественного внесения существующими разбрасывателями в требуемых дозах [6].

Важное практическое значение имеет обновление и совершенствование нормативной базы известкования, в первую очередь нормативов затрат извести для сдвига реакции среды на 0,1 ед. [7].

Исходя из высокой стоимости работ по проведению поддерживающего известкования, наличия противоречивых данных и недостаточного количества научной информации по эффективности известкования слабокислых дерново-подзолистых легкосуглинистых почв, целью наших исследований являлось определение целесообразности проведения химической мелиорации при рН 5,51-6,00 различными видами известковых мелиорантов.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

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

Почва характеризовалась следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 2,1%,  $pH_{KCl}$  – 5,63,  $H_r$  – 1,88 смоль(+)/кг почвы, сумма основных катионов – 5,18 смоль(+)/кг почвы,  $V$  – 73%,  $P_2O_5$  (0,2 М HCl) – 260 мг/кг,  $K_2O$  (0,2 М HCl) – 249 мг/кг, CaO (1 М KCl) – 988 мг/кг, MgO (1 М KCl) – 203 мг/кг почвы.

Значения гидротермического коэффициента (ГТК) за вегетационный период 2006 г. превышал среднемноголетний показатель (ГТК=1,6) на 0,5, что характеризуется избытком влаги. В 2007 г. ГТК был ниже среднемноголетнего показателя на 0,3, что характеризует год, как слабо засушливый (ГТК=1,3), но благодаря выпадению большого количества осадков в июле (ГТК=2,3), 2007 г. год был более благоприятным для формирования урожая ярового тритикале, чем 2006 г. Умеренно влажный и теплый вегетационный период в 2008 г. (ГТК=1,6) оказался более благоприятным для формирования урожая гороха, чем в 2007 г.

Исследования проводились в звене севооборота со следующим чередованием культур: яровое тритикале сорт «Лана», горох посевной сорт WSB 1.132.128 и яровой рапс сорт «Антей». Общая площадь делянки – 50 м<sup>2</sup>, учетная – 40 м<sup>2</sup>. Схема опыта включала 9 вариантов и предусматривала изучение на фоне вне-

сения различных доз азотного и калийного удобрения влияния различных форм известковых мелиорантов (доломитовая мука, карбонатный сапропель, мел) на урожайность и качество урожая культур севооборота. Повторность опыта 4-кратная, размещение делянок – рендомизированное (табл. 1).

Таблица 1

**Схема опыта и распределение удобрений по культурам звена севооборота на слабокислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почве**

Вариант	Сельскохозяйственные культуры			Удобрения в среднем на 1 га севооборотной площади 2006-2008 гг.
	яровое тритикале 2006-2007 гг.	горох посевной 2007-2008 гг.	яровой рапс 2008 г.	
1. Без удобрений	–	–	–	–
2. NPK <sub>1</sub>	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>70</sub>	N <sub>16</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>90</sub>	N <sub>72</sub> P <sub>65</sub> K <sub>83</sub>
3. NP + д.м.	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> + д.м.	N <sub>16</sub> P <sub>60</sub> + д.м.	N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> + д.м.	N <sub>72</sub> P <sub>65</sub> + д.м.
4. NPK <sub>1</sub> + д.м.	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>70</sub> + д.м.	N <sub>16</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + д.м.	N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>90</sub> + д.м.	N <sub>72</sub> P <sub>65</sub> K <sub>83</sub> + д.м.
5. NPK <sub>2</sub> + д.м.	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + д.м.	N <sub>16</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + д.м.	N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>120</sub> + д.м.	N <sub>72</sub> P <sub>65</sub> K <sub>110</sub> + д.м.
6. NPK <sub>3</sub> + д.м.	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + д.м.	N <sub>16</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + д.м.	N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>150</sub> + д.м.	N <sub>72</sub> P <sub>65</sub> K <sub>140</sub> + д.м.
7. N <sub>2</sub> PK <sub>3</sub> + д.м.	N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + д.м.	N <sub>36</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> + д.м.	N <sub>150</sub> P <sub>75</sub> K <sub>150</sub> + д.м.	N <sub>102</sub> P <sub>65</sub> K <sub>140</sub> + д.м.
8. NPK <sub>1</sub> + мел	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>70</sub> + мел	N <sub>16</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + мел	N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>90</sub> + мел	N <sub>72</sub> P <sub>65</sub> K <sub>83</sub> + мел
9. NPK <sub>1</sub> +карбонатный сапропель	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>70</sub> + к.с.	N <sub>16</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + к.с.	N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>90</sub> + к.с.	N <sub>72</sub> P <sub>65</sub> K <sub>83</sub> + к.с.

Известкование слабокислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы проводили в дозе 5 т/га д.в. СаСО<sub>3</sub>. Доза доломитовой муки в физическом весе составила 5,3 т/га, мела (месторождение Березовское) – 7,1 т/га, карбонатного сапропеля (озеро Бенин) – 10,2 т/га. Карбонатный сапропель озера Бенин Новогрудского района Гродненской области содержал 73,7% д.в. в пересчете на СаСО<sub>3</sub> (влажность 33,8%), органическое вещество – 15,5%, фосфор – 0,30%, калий – 0,12%, фтор – 125,0 мг/кг сухого вещества, марганец – 105,4 мг/кг, медь – 4,24 мг/кг, кобальт – 0,55 мг/кг, цинк – 6,21 мг/кг, молибден – 0,80 мг/кг. Мел содержал 73,1% д.в. СаСО<sub>3</sub> (влажность 5,2%).

Агротехника возделывания культур – общепринятая для республики. В предпосевную культивацию были внесены минеральные удобрения в виде карбамида (46% N), аммонизированного суперфосфата (8% N и 30% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и хлористого калия (60% K<sub>2</sub>O). Исследования и проведение лабораторных анализов осуществлялись по существующим методикам и ГОСТам.

Статистическая обработка результатов исследований выполнена с использованием дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализов по Б.А. Доспехову (1985) с использованием соответствующих программ на компьютере.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Проведенные нами исследования на опытном участке в двух полях, позволили получить новые данные о действии известки на свойства слабокислых дерново-подзолистых легкосуглинистых почв.

Исходная кислотность почвы опытного участка находилась в пределах интервала рН 5,53-5,71, значения которого относятся по градации кислотности к IV-й группе слабокислых почв [8] (табл. 2).

Таблица 2

**Динамика кислотности при известковании слабокислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы (среднее по двум полям севооборота)**

Вариант	рН <sub>KCl</sub>				Сдвиг рН		Расход CaCO <sub>3</sub> (т/га) для сдвига рН на 0,1 ед.
	2006 г.	2007 г.	2008 г.	Ø 2007-2008 г.	всего на 2-й год	на 1 т д.в. CaCO <sub>3</sub>	
Контроль	5,53	5,66	5,69	5,68	0,13	—	—
NPK <sub>1</sub>	5,60	5,64	5,66	5,65	0,04	—	—
NP + д.м.	5,63	6,21	6,12	6,17	0,58	0,12	0,85
NPK <sub>1</sub> + д.м.	5,65	6,17	6,10	6,13	0,52	0,10	0,97
NPK <sub>2</sub> + д.м.	5,63	6,23	6,12	6,18	0,60	0,12	0,84
NPK <sub>3</sub> + д.м.	5,71	6,32	6,17	6,25	0,61	0,12	0,83
N <sub>2</sub> PK <sub>3</sub> + д.м.	5,64	6,28	6,20	6,24	0,67	0,13	0,76
<b>Ср. при д.м.</b>	<b>5,65</b>	<b>6,24</b>	<b>6,14</b>	<b>6,20</b>	<b>0,60</b>	<b>0,12</b>	<b>0,86</b>
NPK <sub>1</sub> + мел	5,61	7,03	6,61	6,82	1,42	0,28	0,35
NPK <sub>1</sub> + к.с.	5,66	6,60	6,42	6,51	0,94	0,19	0,53
HCP <sub>05</sub>	0,27	0,35	0,20	0,24			

Внесение известковых мелиорантов обусловило сдвиг реакции почвы (табл. 2). Считается, что максимальное действие доломитовой муки проявляется на второй – третий год после химической мелиорации [9].

Проведенные исследования показали, что при известковании слабокислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы максимальное действие известки проявлялось на второй год внесения известковых материалов (2007 г.).

На скорость взаимодействия известковых мелиорантов с почвой большое влияние оказывает их гранулометрический состав, а также форма содержания кальция и магния. Такие виды известковых материалов, как мел и карбонатный сапропель, содержащие в своем составе более растворимую форму кальция – Ca(OH)<sub>2</sub>, действуют значительно быстрее.

На второй год после проведения известкования (2007 г.) наиболее сильное влияние на свойства почвы оказывал мел. В варианте NPK<sub>1</sub> + мел величина рН возросла от 5,61 до уровня слабощелочных почв и составила 7,03. Сдвиг рН почвы при этом составил 1,42 ед., в расчете на 1 т д.в. CaCO<sub>3</sub> – 0,28 ед.

В варианте NPK<sub>1</sub> + к.с. сдвиг реакции почвы составил 0,94 ед. (на 1 т д.в. CaCO<sub>3</sub> – 0,19 ед.) и почва достигла уровня рН нейтральных почв (рН 6,60).

При известковании слабокислой почвы доломитовой мукой сдвиг рН почвенной среды изменился в среднем от 5,65 до 6,24, значения которого относятся к

группе близких к нейтральным почв. Сдвиг рН при применении доломитовой муки составил в среднем 0,60 ед., в расчете на 1 т д.в.  $\text{CaCO}_3$  – 0,12 ед.

На третий год после проведения известкования (2008 г.) в варианте  $\text{NPK}_1$  + мел почва начала подкисляться и рН снизилось на 0,43 ед. до значения 6,61, что относится к значениям VI группы близких к нейтральным почв (табл. 2).

При применении карбонатного сапропеля наблюдалась тенденция увеличения рН на 0,18 ед. При этом рН почвы достигла значения 6,42 и перешла из VI группы кислотности почв к V группе близких к нейтральным почв.

На фоне доломитовой муки кислотность почвы не изменилась, что было связано с более стабильной нейтрализующей способностью этого мелиоранта в силу его химических свойств, и рН почвы осталось на уровне V группы близких к нейтральным почв (рН 6,14).

Таким образом, при внесении таких мелиорантов, как мел и карбонатный сапропель, содержащих в своем составе легкодоступную форму кальция, эффект их действия затухает быстрее, чем на фоне доломитовой муки.

В среднем на второй – третий год после проведения известкования (2007-2008 гг.) рН почвы при применении доломитовой муки составило в среднем 6,20, мела – 6,82, карбонатного сапропеля – 6,51.

В результате проведенных исследований были рассчитаны показатели расхода  $\text{CaCO}_3$  для сдвига рН на 0,1 ед. При применении в качестве известкового мелиоранта доломитовой муки для сдвига рН на 0,1 ед. необходимо 0,86 т/га д.в.  $\text{CaCO}_3$ , мела – 0,35 т/га, карбонатного сапропеля – 0,53 т/га д.в.  $\text{CaCO}_3$ .

Известкование – прием продолжительного действия. Оценку этого приема необходимо производить в звене севооборота. Агрonomическая эффективность известкования определяется в первую очередь прибавкой урожайности культуры, которая зависит от исходной кислотности, дозирования мелиоранта, состава возделываемых культур севооборота.

В первый год действия известковых мелиорантов возделывалось яровое тритикале. Продуктивность культуры находилась в пределах от 68,5 ц/га к.ед. до 81,1 ц/га к.ед. (табл. 3, 4).

При известковании доломитовой мукой и мелом на фоне применения базовой дозы минеральных удобрений  $\text{NPK}_1$  достоверных изменений продуктивности ярового тритикале не произошло. Применение карбонатного сапропеля обусловило увеличение урожайности культуры на 2,8 ц/га к.ед.

Таблица 3

**Продуктивность звена севооборота в зависимости от известкования слабокислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы**

Вариант	Урожайность продукции, ц/га к.ед.		
	яровое тритикале	горох посевной	яровой рапс
Контроль	68,5	60,5	56,7
$\text{NPK}_1$	73,1	72,7	69,2
$\text{NPK}_1$ + д.м.	75,1	75,0	74,9
$\text{NPK}_1$ + мел	75,4	74,3	72,0
$\text{NPK}_1$ + к с.	75,9	77,1	75,8
$\text{HCP}_{05}$	2,5	1,8	2,8

На фоне известкования доломитовой мукой возрастала роль калийного удобрения в формировании урожайности культуры (табл. 4). Повышение дозы калия с  $K_{70}$  до  $K_{120}$  кг/га на фоне доломитовой муки способствовало росту урожая ярового тритикале на 6,0 ц/га к.ед.

На второй год при возделывании гороха известкование доломитовой мукой способствовало росту продуктивности культуры на 2,4 ц/га к.ед. (табл. 3). Прибавка от применения карбонатного сапропеля составила 4,5 ц/га к.ед.

Повышение на фоне доломитовой муки доз калийного удобрения с  $K_{90}$  до  $K_{120}$  кг/га способствовало росту урожая гороха на 2,8 ц/га к.ед., от  $K_{120}$  до  $K_{150}$  кг/га – на 4,4 ц/га к.ед. (табл. 4).

Таблица 4

**Продуктивность звена севооборота в зависимости от доз калийного удобрения при известковании слабокислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы**

Вариант	Урожайность продукции, ц/га к.ед.		
	яровое тритикале	горох посевной	яровой рапс
Контроль	68,5	60,5	56,7
NP + д.м.	71,8	70,7	60,3
NP $K_1$ + д.м.	75,1	75,0	74,9
NP $K_2$ + д.м.	76,2	77,8	76,4
NP $K_3$ + д.м.	81,1	82,2	79,1
N $_2$ PK $_3$ + д.м.	78,3	79,2	77,5
HCP $_{05}$	2,5	1,8	2,8

На третий год после известкования при возделывании ярового рапса продуктивность культуры находилась в пределах от 56,7 до 79,1 ц/га к. ед. (табл. 3).

Известкование доломитовой мукой, мелом и карбонатным сапропелем способствовало увеличению сбора кормовых единиц ярового рапса на 5,7-2,8-6,6 ц/га к. ед.

Повышение доз калия на фоне доломитовой муки с  $K_{90}$  до  $K_{150}$  кг/га способствовало росту урожая ярового рапса на 4,2 ц/га к.ед. (табл. 4).

В среднем за 2006-2008 гг. продуктивность звена севооборота колебалась в пределах от 61,9 до 80,8 ц/га к.ед. (табл. 5, 6).

Применение доломитовой муки и карбонатного сапропеля на фоне применения в среднем  $N_{72}P_{65}K_{83}$  кг/га севооборотной площади являлось эффективным агрохимическим приемом и обеспечило достоверную прибавку продуктивности звена севооборота в размере 3,3 и 4,6 ц/га к.ед. соответственно (табл. 5). Окупаемость 1 т  $CaCO_3$  при этом составила 66 и 92 кг к.ед.

При известковании слабокислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы мелом агрономического эффекта по звену севооборота получено не было.

На фоне известкования доломитовой мукой и применения  $N_{72}P_{65}$  внесение калийного удобрения в дозе  $K_{83}$  кг/га севооборотной площади обусловило прибавку продуктивности севооборота 7,4 ц/га к. ед. (табл. 6).

Таблица 5

**Агрономическая эффективность известкования слабокислой  
дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы  
(среднее за 2006-2008 гг.)**

Вариант	Продуктив- ность звена севооборота, ц/га к. ед.	Прибавка урожая, ц/га к.ед.		Окупае- мость 1 т CaCO <sub>3</sub> , кг к. ед.
		к конт- ролю	к варианту без внесения известковых материалов	
Контроль	61,9	–	–	–
N <sub>72</sub> P <sub>65</sub> K <sub>83</sub>	71,7	9,8	–	–
N <sub>72</sub> P <sub>65</sub> K <sub>83</sub> + д.м.	75,0	13,5	3,3	66
N <sub>72</sub> P <sub>65</sub> K <sub>83</sub> + мел	73,9	12,0	2,2	44
N <sub>72</sub> P <sub>65</sub> K <sub>83</sub> + к.с.	76,3	14,4	4,6	92
НСР <sub>05</sub>	2,3			

Увеличение на фоне доломитовой муки и N<sub>72</sub>P<sub>65</sub> доз калийного удобрения с K<sub>83</sub> кг/га до K<sub>110</sub> кг/га севооборотной площади не привело к изменению продуктивности звена севооборота. Увеличение продуктивности звена севооборота на 4,0 ц/га к.ед. происходило при повышении на фоне доломитовой муки доз калийного удобрения от K<sub>110</sub> до K<sub>140</sub> кг/га севооборотной площади в варианте N<sub>72</sub>P<sub>65</sub>K<sub>140</sub> + д.м.

Таблица 6

**Агрономическая эффективность калийного удобрения  
при известковании слабокислой дерново-подзолистой  
легкосуглинистой почвы (среднее за 2006-2008 гг.)**

Вариант	Продуктив- ность звена севооборота, ц/га к. ед.	Прибавка урожая, ц/га к.ед.		Окупае- мость 1 кг калия, кг к. ед.
		к конт- ролю	к варианту без внесения калия	
Контроль	61,9	–	–	–
N <sub>72</sub> P <sub>65</sub> + д.м.	67,6	5,7	–	–
N <sub>72</sub> P <sub>65</sub> K <sub>83</sub> + д.м.	75,0	13,5	7,4	8,9
N <sub>72</sub> P <sub>65</sub> K <sub>110</sub> + д.м.	76,8	14,9	9,2	8,9
N <sub>72</sub> P <sub>65</sub> K <sub>140</sub> + д.м.	80,8	18,9	13,2	9,4
N <sub>102</sub> P <sub>65</sub> K <sub>140</sub> + д.м.	78,3	16,4	–	–
НСР <sub>05</sub>	2,5			

По отношению к варианту без внесения калия N<sub>72</sub>P<sub>65</sub> + д.м. применение калийного удобрения в дозе K<sub>140</sub> кг/га обеспечивало прибавку продуктивности звена севооборота на уровне 13,2 ц/га к. ед.

При увеличении дозы азотного удобрения с N<sub>72</sub> до N<sub>102</sub> кг/га севооборотной площади продуктивность звена севооборота снизилась на 2,5 ц/га к. ед. Наи-

большая продуктивность звена севооборота формировалась при применении доломитовой муки и применении  $N_{72}P_{65}K_{140}$  кг/га севооборотной площади. Продуктивность звена севооборота при этом составила 80,8 ц/га к.ед., оплата 1 кг калия составила 9,4 кг к.ед.

Между продуктивностью звена севооборота и кислотностью дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при применении различных известковых мелиорантов установлена зависимость (рис. 1), которая описывается уравнением регрессии (1):

$$Y = - 8,5008x^2 + 108,18x - 268,3 \quad (1)$$

где  $Y$  – продуктивность звена севооборота, ц/га к. ед.;

$x$  – рН почвы в среднем на второй и третий год после проведения известкования.

Коэффициент детерминации составил  $R^2=0,94$ , что говорит о тесноте связи продуктивности звена севооборота с увеличением рН при известковании дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы.

С использованием коэффициентов первого и второго порядка квадратичной функции рассчитано пороговое значение рН – 6,36. Это говорит о том, что достижение уровня рН более 6,36 при известковании слабокислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы не ведет к дальнейшему увеличению продуктивности звена севооборота.

В вариантах с применением различных форм известковых мелиорантов наибольшая продуктивность звена севооборота формировалась при величине рН 6,51, достигнутой при использовании карбонатного сапропеля. Однако это значение находится за пределами порогового значения 6,36, поэтому увеличение продуктивности звена севооборота в варианте  $N_{72}P_{65}K_{83}$  + к.с. можно объяснить комплексным действием мелиоранта.

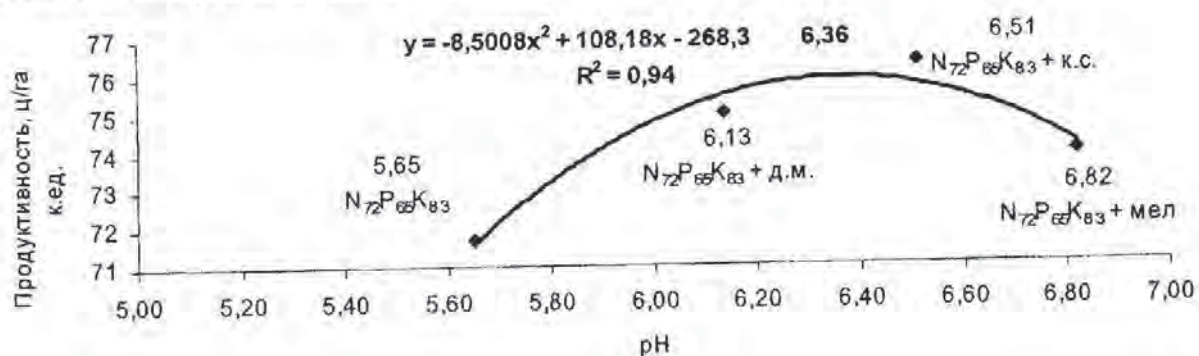


Рис. 1. Зависимость продуктивности звена севооборота от кислотности почвы при применении различных форм известковых мелиорантов

Исследования показали, что наиболее агрономически целесообразно рН 6,10-6,20, достигнутый при применении в качестве известкового мелиоранта доломитовой муки, сдвиг от которой составил – 0,60 ед. (0,12 ед. / 1 т/га д.в.  $CaCO_3$ ) (табл. 2).

Расчетным путем было установлено, что при применении для известкования слабокислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы таких мелиорантов, как мел (месторождение Березовское) и карбонатный сапропель (озеро Бенин),



сдвиг pH от внесения 1 т д.в.  $\text{CaCO}_3$  которых составляет 0,28 и 0,19 ед. соответственно, в формулах по расчету доз этих мелиорантов необходимо применять поправочные коэффициенты 0,43 для мела (0,12/0,28) и 0,63 для карбонатного сапропеля (0,12/0,19), что позволит избежать перерасхода известковых материалов и снизить затраты на проведение поддерживающего известкования. Доза мела в физическом весе в таком случае уменьшится с 7,1 до 3,1 т/га, карбонатного сапропеля – с 10,2 до 6,4 т/га.

Применение поправочного коэффициента устранил также отрицательное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур кратковременного подщелачивания вследствие резкого сдвига pH при применении мела.

Во избежание превышения порогового значения pH 6,36 при известковании слабокислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы с pH 5,76-6,00, дозы, установленные согласно действующей инструкции, целесообразно уменьшить до 2,0-2,5 т/га д.в.  $\text{CaCO}_3$ , что позволит достичь уровня pH 6,10-6,20 и снизить затраты при проведении работ по известкованию почв данного диапазона кислотности. При этом доза доломитовой муки в физическом весе составит 2,4 т/га, мела – 1,4 т/га, карбонатного сапропеля – 3,0 т/га.

Таким образом, поддерживающее известкование слабокислых дерново-подзолистых легкосуглинистых почв необходимо проводить невысокими дозами извести, не дожидаясь падения уровня pH < 6,00 и не допуская превышения уровня pH 6,20.

## ВЫВОДЫ

1. Максимальное действие извести проявлялось на второй год внесения известковых материалов. Наибольшее влияние на величину сдвига кислотности почвы оказывал мел (0,28 ед. / на 1 т д.в.  $\text{CaCO}_3$ ). Сдвиг pH от 1 т д.в.  $\text{CaCO}_3$  при внесении доломитовой муки составил 0,12 ед. карбонатного сапропеля – 0,19 ед.

2. Известкование слабокислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы доломитовой мукой в звене севооборота яровое тритикале – горох посевной – яровой рапс на фоне  $\text{N}_{72}\text{P}_{65}\text{K}_{83}$  обеспечивало среднегодовую прибавку продуктивности звена севооборота в размере 3,3 ц/га к.ед. Внесение карбонатного сапропеля на фоне  $\text{N}_{72}\text{P}_{65}\text{K}_{83}$  увеличивало прибавку продуктивности звена севооборота до 4,6 ц/га к.ед.

Вследствие отсутствия агрономической эффективности, применение мела в дозе 5,0 т/га д.в.  $\text{CaCO}_3$  без учета поправочного коэффициента нецелесообразно.

Внесение на фоне  $\text{N}_{72}\text{P}_{65}$  + д.м. калия в дозах  $\text{K}_{83}$ ,  $\text{K}_{110}$  и  $\text{K}_{140}$  кг/га при известковании доломитовой мукой обуславливало увеличение продуктивности звена севооборота на 7,4-9,2-13,2 ц/га к.ед. соответственно. Наибольшая продуктивность звена севооборота (80,8 ц/га к. ед.) формировалась при внесении доломитовой муки и минерального удобрения в дозе  $\text{N}_{72}\text{P}_{65}\text{K}_{140}$  кг/га севооборотной площади.

3. Между продуктивностью звена севооборота и кислотностью дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы установлена математическая зависимость, и на основании использования коэффициентов первого и второго порядка квадратичной функции рассчитано пороговое значение pH – 6,36, превышение которого не ведет к дальнейшему увеличению продуктивности звена севооборота.

Для достижения уровня pH 6,10-6,20 и во избежание кратковременного подщелачивания почвы в результате увеличения pH выше рассчитанного порогового значения 6,36 при использовании карбонатного сапропеля и мела для извест-

ткования слабокислых дерново-подзолистых легкосуглинистых почв рекомендуется вводить поправочные коэффициенты к расчетным дозам по  $\text{CaCO}_3$  – соответственно 0,63 для карбонатного сапропеля (озеро Бенин) и 0,43 – для мела (месторождение Березовское).

4. При известковании слабокислых дерново-подзолистых легкосуглинистых почв с рН 5,76-6,00 оптимальные дозы  $\text{CaCO}_3$  должны составлять 2,0-2,5 т/га д.в., что позволит достичь показателя рН 6,10-6,20.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Василюк, Г.В. Пути энергосбережения при известковании кислых почв Беларуси / Г.В. Василюк, Н.В. Клебанович, Т.Т. Шапшеева // Роль адаптивной интенсификации земледелия в повышении эффективности аграрного производства: материалы междунар. науч. конф. – Жодино, 1998. – Т. 1. – С. 170-174.

2. Клебанович, Н.В. Известкование почв Беларуси: монография / Н.В. Клебанович, Г.В. Василюк. – Минск: изд-во БГУ, 2003. – 321 с.

3. Клебанович, Н.В. Экономическая эффективность известкования слабокислых почв / Н.В. Клебанович // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы X Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 28 февр.-1 марта 2007 г. Гродн. гос. аграр. ун.-т. – Гродно, 2007. – С. 259.

4. Аканова, Н.И. Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при длительном последствии известкования / Н.И. Аканова // Агрохимия. – 2000. – № 9. – С. 28-34.

5. Богдевич, И.М. Агрохимические показатели плодородия почв и мероприятия по их улучшению / И.М. Богдевич // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2005. – № 4. – С. 48-59.

6. Инструкция о порядке известкования кислых почв сельскохозяйственных земель / В.В. Лапа, И.М. Богдевич, Т.М. Германович, М.В. Рак, О.Ф. Смяянович, И.А. Царук, О.Л. Мишук // РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2008. – 30 с.

7. Агрохимические регламенты для повышения плодородия почв и эффективного использования удобрений: учеб. пособие / под ред. И.Р. Вильдфлуша [и др.]. – Горки: Белорусская госуд. сельскохозяйств. академия, 2002. – 48 с.

8. Справочник агрохимика / В.В. Лапа и [и др.]; под общ. ред. В.В. Лапы. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 383 с.

9. Клебанович, Н.В. Система поддерживающего известкования почв Беларуси: автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04 / Н.В. Клебанович; НИРУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2004. – 42 с.

## THE AGRONOMIC LIMING EFFICIENCY OF WEEK ACIDITY SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL

I.A. Tsaruk

### Summary

Liming of sod – podzolic light loamy soil by dolomite meal and carbonate sapropel on the application  $\text{N}_{72}\text{P}_{65}\text{K}_{83}$  was agronomic efficiency method which give productivity of crop rotation in dimensions 3,3 metric c/ha f. un. and 4,6 c/ha f. un. Most the

productivity of crop rotation was on for dolomite meal in dose of the potassium fertilizer 140 kg/ha of phase crop rotation end was 80,8 c/ha f. un.

The max effect of lime was on second year after carrying in lime material. Most influence on index of acidity soil exerted chalk (0,28 un. from 1 t w.s.  $\text{CaCO}_3$ ). Exact displacement medium reaction ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) in dolomite meal was 0,12 un., and in carbonate sapropel – 0,19 un.

For achievement level pH 6,10-6,20 and to avoid momentary alkali effect of soil in consequence increase pH more than 6,36 using carbonate sapropel and chalk for liming weak acidity sod-podzolic light loamy soil recommend to use correction factor  $\text{CaCO}_3$  – 0,63 for carbonate sapropel (lake Benin) and for chalk – 0,43 (deposit Berezov).

Using liming of soils on weak acidity sod-podzolic light loamy soil with pH 5,76-6,00 optimum dose  $\text{CaCO}_3$  must be 2,0-2,5 t/ha w.s., it will be able to reach index pH 6,10-6,20.

*Поступила 5 октября 2009 г.*

УДК 631.8.022.3:633.324:631.445.2

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ОЗИМОЕ ТРИТИКАЛЕ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ**

**Т.М. Серая, Е.Н. Богатырева, О.Н. Марцунь, Р.Н. Бирюков, В.В. Туров**  
*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

В современных условиях обеспечение продовольственной безопасности Республики Беларусь – важнейшая стратегическая задача агропромышленного комплекса. Перспективной зерновой культурой является озимое тритикале. Посевы озимого тритикале с 1995 г. по 2008 г. возросли с 32,9 до 423,8 тыс. га и в структуре зерновых и зернобобовых занимают 18%.

Увеличение посевов тритикале обусловлено его высокой потенциальной продуктивностью, повышенной устойчивостью к болезням, хорошей зимостойкостью, меньшей требовательностью к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям по сравнению с пшеницей. Конкуренентоспособность данной культуры связана также с возможностью ее использования как в продовольственных целях, так и на зернофураж. Тритикале сочетает ценные признаки и свойства, присущие ржи (высокая экологическая пластичность) и пшенице (качество зерна). По кормовым достоинствам оно не уступает основным зернофуражным культурам. В 1 кг зерна тритикале содержится в среднем 1,19 к.ед. и 110 г переваримого протеина. По обеспеченности кормовой единицы переваримым протеином данная культура превосходит овес и ячмень на 25-29 г [1-3].

В условиях интенсивного ведения сельскохозяйственного производства получение высоких и стабильных урожаев невозможно без применения удобрений. Отличаясь высоким потенциалом продуктивности, озимое тритикале достаточно отзывчиво на внесение удобрений [4, 5]. Однако на современном этапе потенциальная продуктивность этой культуры в условиях производства реализована далеко не полностью.

productivity of crop rotation was on dolomite meal in dose of the potassium fertilizer 140 kg/ha of crop rotation end was 80,8 c/ha f. un.

The max effect of lime was on second year after carrying in lime material. Most influence on index of acidity soil exerted chalk (0,28 un. from 1 t w.s.  $\text{CaCO}_3$ ). Exact displacement medium reaction ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) in dolomite meal was 0,12 un., and in carbonate sapropel – 0,19 un.

For achievement level pH 6,10-6,20 and to avoid momentary alkali effect of soil in consequence increase pH more than 6,36 using carbonate sapropel and chalk for liming weak acidity sod-podzolic light loamy soil recommend to use correction factor  $\text{CaCO}_3$  – 0,63 for carbonate sapropel (lake Benin) and for chalk – 0,43 (deposit Berezov).

Using liming of soils on weak acidity sod-podzolic light loamy soil with pH 5,76-6,00 optimum dose  $\text{CaCO}_3$  must be 2,0-2,5 t/ha w.s., it will be able to reach index pH 6,10-6,20.

*Поступила 5 октября 2009 г.*

УДК 631.8.022.3:633.324:631.445.2

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ОЗИМОЕ ТРИТИКАЛЕ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ**

**Т.М. Серая, Е.Н. Богатырева, О.Н. Марцунь, Р.Н. Бирюков, В.В. Туров**  
*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

В современных условиях обеспечение продовольственной безопасности Республики Беларусь – важнейшая стратегическая задача агропромышленного комплекса. Перспективной зерновой культурой является озимое тритикале. Посевы озимого тритикале с 1995 г. по 2008 г. возросли с 32,9 до 423,8 тыс. га и в структуре зерновых и зернобобовых занимают 18%.

Увеличение посевов тритикале обусловлено его высокой потенциальной продуктивностью, повышенной устойчивостью к болезням, хорошей зимостойкостью, меньшей требовательностью к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям по сравнению с пшеницей. Конкурентоспособность данной культуры связана также с возможностью ее использования как в продовольственных целях, так и на зернофураж. Тритикале сочетает ценные признаки и свойства, присущие ржи (высокая экологическая пластичность) и пшенице (качество зерна). По кормовым достоинствам оно не уступает основным зернофуражным культурам. В 1 кг зерна тритикале содержится в среднем 1,19 к.ед. и 110 г переваримого протеина. По обеспеченности кормовой единицы переваримым протеином данная культура превосходит овес и ячмень на 25-29 г [1-3].

В условиях интенсивного ведения сельскохозяйственного производства получение высоких и стабильных урожаев невозможно без применения удобрений. Отличаясь высоким потенциалом продуктивности, озимое тритикале достаточно отзывчиво на внесение удобрений [4, 5]. Однако на современном этапе потенциальная продуктивность этой культуры в условиях производства реализована далеко не полностью.

Цель наших исследований заключалась в определении эффективности последствий подстилочного навоза и применения минеральных удобрений при возделывании озимого тритикале на дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение эффективности применения органических и минеральных удобрений при возделывании озимого тритикале проводили в двух стационарных полевых опытах на дерново-подзолистых легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почвах. Исследования на дерново-подзолистой легкосуглинистой, развивающейся на мощном лессовидном суглинке почве проводили в СПК "Щемяслица" Минского района ( $pH_{KCl}$  5,4-5,7, содержание  $P_2O_5$  (0,2 М HCl) – 275-315 мг/кг,  $K_2O$  (0,2 М HCl) – 180-200 мг/кг почвы, гумуса (0,4 М  $K_2Cr_2O_7$ ) – 1,60-1,65 %). В РУП "Экспериментальная база им. Суворова" Узденского района опыт заложен на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной на морене почве. Почва опытного участка характеризовалась следующими агрохимическими показателями:  $pH_{KCl}$  5,6-5,9, содержание  $P_2O_5$  (0,2 М HCl) – 140-160 мг/кг,  $K_2O$  (0,2 М HCl) – 160-180 мг/кг почвы, гумуса (0,4 М  $K_2Cr_2O_7$ ) – 2,35-2,45 %.

Озимое тритикале сорта Вольтарио возделывали в 2008-2009 гг. в пятипольном плодосменном севообороте со следующим чередованием культур: кукуруза – яровой рапс – озимое тритикале – люпин – ячмень. Схема опыта представлена в таблице 1. Опыты проходили в двух полях, повторность вариантов – четырехкратная. Исследования проводились методом расщепленных делянок.

Органические удобрения в виде солоमистого навоза крупного рогатого скота (КРС) в севообороте вносили под кукурузу. Фосфорные и калийные удобрения в виде аммонизированного суперфосфата и хлористого калия внесены осенью согласно схеме опыта под культивацию, азотные в виде карбамида – весной в начале активной вегетации ( $N_{70}$ ) и в фазу начала выхода в трубку ( $N_{30}$ ).

Уход за посевами озимого тритикале включал: обработку против сорняков курагом (КС) из расчета 1,0 л/га на 2-й день после посева; в фазу выхода в трубку – обработку баковой смесью фоликура БТ (1,0 л/га) и хлормекватхлорида 460 БАСФ (2,0 л/га) против болезней и полегания.

Агротехника возделывания озимого тритикале – общепринятая для Республики Беларусь [6]. Анализ растительных образцов проводили в соответствии с общепринятыми методиками: после мокрого озоления проб в смеси серной кислоты и пергидроля определяли азот и фосфор фотоколориметрическим индофенольным и ванадо-молибдатным методами, калий – на пламенном фотометре, кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре [7].

Уборку и учет урожайности зерна озимого тритикале проводили сплошным методом поделяночно. Для статистической обработки экспериментального материала применяли метод дисперсионного анализа с использованием программы MS Excel. Расчет экономической эффективности выполнен согласно принятым методикам в ценах на удобрения и продукцию на 01.05.2009 г. [8].

Температурный режим во время вегетации озимого тритикале в годы исследований был близким к средним многолетним значениям. Однако количество осадков, выпавших за вегетационный период, существенно различалось по годам. (рис. 1). Вегетационный период 2008 г. в целом характеризовался доволь-

но благоприятными гидротермическими условиями (ГТК 1,9). Экстремальными в 2009 г. были апрель и июнь: в апреле осадков выпало в 10 раз меньше нормы, в результате ГТК составил 0,3; в июне – в 3 раза больше среднееголетнего значения и в 6 раз больше, чем в 2008 г., ГТК составил 5,6. Выше нормы ГТК был и в июле 2009 г. – 2,1.

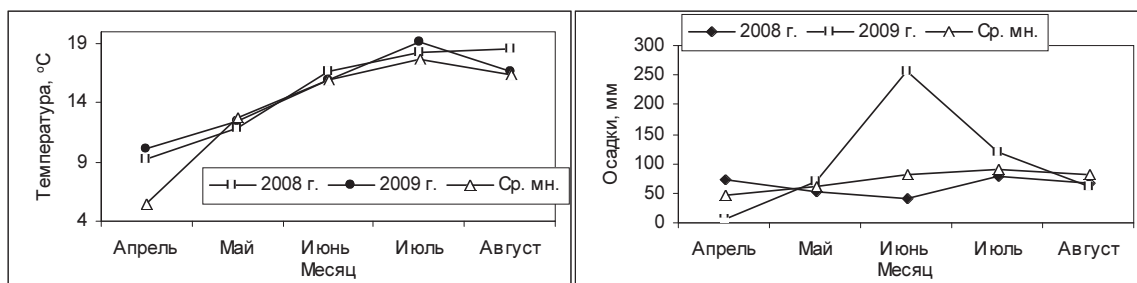


Рис. 1. Метеорологические условия в период вегетации озимого тритикале в годы проведения исследований

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В среднем за два года за счет плодородия дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы получена урожайность зерна озимого тритикале 48,3 ц/га (табл. 1).

Таблица 1

**Влияние применяемых удобрений на урожайность зерна озимого тритикале на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (2008-2009 гг.)**

Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка, ц/га			Окупаемость удобрений, кг зерна		
	2008 г.	2009 г.	Ø	На-воз	N	PK	1 т на-воза	1 кг д.в. N	1 кг д.в. PK
Без удобрений	48,1	48,4	48,3	-	-	-	-	-	-
N <sub>70+30</sub>	72,9	66,7	69,8	-	21,6	-	-	21,6	-
N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	79,0	70,9	75,0	-	-	5,1	-	-	2,9
Последействие 20 т/га навоза, 2-й год – Фон 1	50,6	51,0	50,8	2,5	-	-	12,8	-	-
Фон 1+ N <sub>70+30</sub>	74,9	69,1	72,0	2,2	21,2	-	11,0	21,2	-
Фон 1+ N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	80,9	73,1	77,0	2,1	-	5,0	10,3	-	2,8
Последействие 40 т/га навоза, 2-й год – Фон 2	52,9	53,5	53,2	4,9	-	-	12,4	-	-
Фон 2+ N <sub>70+30</sub>	77,0	70,7	73,9	4,0	20,7	-	10,1	20,7	-
Фон 2+ N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	82,4	73,9	78,2	3,2	-	4,3	8,0	-	2,4
Последействие 60 т/га навоза, 2-й год – Фон 3	55,4	55,5	55,5	7,2	-	-	12,0	-	-
Фон 3+ N <sub>70+30</sub>	79,0	72,6	75,8	6,0	20,4	-	10,0	20,4	-
Фон 3+ N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	84,3	75,4	79,9	4,9	-	4,1	8,2	-	2,3
НСР <sub>05</sub>	2,8	3,5	4,5						

Последствие возрастающих доз навоза обеспечило повышение урожайности зерна озимого тритикале до 50,8-55,5 ц/га, что на 2,6-7,2 ц/га выше по сравнению с вариантом без удобрений. Отмечено, что прибавка урожая от последствия органических удобрений существенно не отличалась по годам исследований. Окупаемость 1 т навоза в среднем составила 10,5 кг зерна. На фоне применения минеральных удобрений окупаемость соломистого навоза КРС в среднем была на 23% ниже, чем в вариантах с внесением только органических удобрений.

Эффективным средством повышения урожайности зерновых культур являются азотные удобрения. На дерново-подзолистых почвах они обеспечивают повышение урожайности зерновых культур на 20-40% и более [9]. Установлено, что в среднем за 2 года исследований внесение азотных удобрений в вариантах без навоза способствовало увеличению урожайности зерна на 21,6 ц/га по сравнению с вариантом без удобрений при окупаемости 1 кг азота 21,6 кг зерна. Применение 100 кг азота на фоне 2-го года последствия возрастающих доз навоза обеспечило практически одинаковую урожайность (72,0-75,8 ц/га), что на 23,7-27,7 ц/га выше, чем в варианте без удобрений. Агрономическая эффективность азотных удобрений на фоне последствия навоза несколько снижалась: окупаемость 1 кг азота в среднем составила 20,8 кг зерна.

Применение фосфорных и калийных удобрений на фоне  $N_{70+30}$  обеспечило дополнительный сбор зерна 5,1 ц/га при окупаемости 1 кг РК 2,9 кг зерна. В среднем по опыту прибавка от внесения  $P_{60}K_{120}$  составила 4,6 ц/га. Низкая эффективность фосфорных и калийных удобрений, по-видимому, обусловлена высоким содержанием в почве подвижных форм фосфора и средним содержанием калия.

Эффективность минеральных удобрений различалась по годам исследований, что обусловлено влиянием погодных условий. Для сельскохозяйственных культур влияние погодных условий наиболее существенно в критические периоды их роста и развития. Для зерновых культур необходимо достаточное количество осадков при благоприятных температурах в период кущения и стеблевания, в то время как в период налива зерна усиленное выпадение осадков может привести к полеганию растений и снижению их продуктивности [10]. По гидротермическим условиям 2008 г. в целом был более благоприятным для формирования урожайности зерна озимого тритикале. Однако в варианте без внесения удобрений и в вариантах на фоне 2-го года последствия навоза в 2009 г. получена урожайность на уровне 2008 г., в то время как в вариантах с внесением минеральных удобрений урожайность зерна в 2008 г. в среднем была на 7,2 ц/га выше по сравнению с 2009 г. Изобилие осадков в июне 2009 г. (255 мм) привело к тому, что в условиях более густого стеблестоя в вариантах с применением минеральных удобрений наблюдалось более интенсивное развитие болезней на надземной части и корневых гнилей, что способствовало ухудшению налива зерна, полеганию растений озимого тритикале и, в конечном итоге, недобору урожайности.

В целом за годы исследований максимальная урожайность зерна озимого тритикале (79,9 ц/га) получена при внесении  $N_{70+30}P_{60}K_{120}$  на фоне 2-го года последствия 60 т/га навоза, минимальная – в контрольном варианте (48,3 ц/га). В среднем по опыту за счет последствия навоза получено 4,9 ц/га, минеральных удобрений – 24,2 ц/га, совместного действия минеральных и органических – 27,9 ц/га.

Оценивая роль отдельных факторов в формировании урожайности зерна озимого тритикале, можно заключить, что в среднем за два года за счет почвенного плодородия получено 61 % урожая, за счет средств химизации – 39% (рис. 2).

Из применяемых удобрений преобладающая роль принадлежала азотным удобрениям (26%). Фосфорные и калийные удобрения и последствие навоза оказали практически одинаковое влияние на формирование урожая тритикале (6-7%). Долевое участие почвенного плодородия в формировании урожайности зерна озимого тритикале в 2009 г. было выше и составило 64%. Внесение азотных удобрений способствовало формированию 24%, фосфорных и калийных – 6% урожайности озимого тритикале. В 2008 г. сложились более благоприятные условия для действия минеральных удобрений: применение азотных удобрений повысило урожайность озимого тритикале в среднем по опыту на 29%, фосфорных и калийных – на 8 % при снижении долевого участия почвенного плодородия до 57%. Доля последствие солоmistого навоза в формировании урожая зерна тритикале в годы исследований была на уровне 6 %.

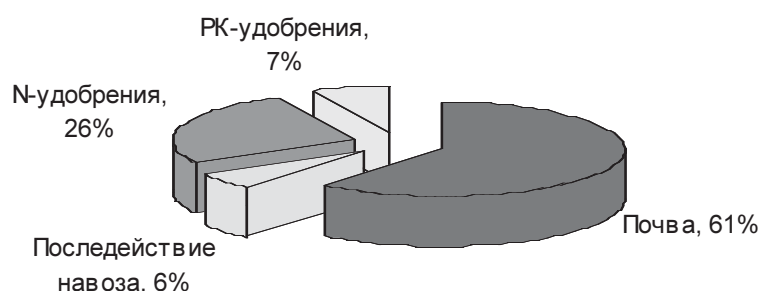


Рис. 2. Долевое участие отдельных факторов в формировании урожайности зерна озимого тритикале (среднее за 2008-2009 гг.)

Расчет экономической эффективности показал, что в среднем по опыту чистый доход от применения удобрений составил 143 тыс. руб. при рентабельности 38% (табл. 2).

Таблица 2

**Экономическая эффективность применения удобрений при возделывании озимого тритикале на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (среднее за 2008-2009 гг.)**

Вариант	Чистый доход, тыс. руб./га	Рентабельность, %
Без удобрений	-	-
N <sub>70+30</sub>	268,2	105
N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	151,5	30
Последствие 20 т/га навоза, 2-й год – Фон 1	3,4	6
Фон 1+ N <sub>70+30</sub>	265,0	85
Фон 1+ N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	145,6	26
Последствие 40 т/га навоза, 2-й год – Фон 2	3,9	3
Фон 2+ N <sub>70+30</sub>	255,4	70
Фон 2+ N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	123,0	20
Последствие 60 т/га навоза, 2-й год – Фон 3	1,7	1
Фон 3+ N <sub>70+30</sub>	247,6	59
Фон 3+ N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	110,5	17



Наиболее высокий чистый доход получен при внесении азотных удобрений в дозе 100 кг д.в./га – 246-268 тыс. руб. Уровень рентабельности в этих вариантах также характеризовался достаточно высокой величиной и составил в среднем по вариантам 102%. Внесение фосфорных и калийных удобрений при возделывании озимого тритикале было убыточным, что обусловлено низкой прибавкой урожайности зерна и высокой стоимостью фосфорных удобрений. Несмотря на то, что применение полного минерального удобрения на фоне 2-го года последействия навоза было менее эффективным по сравнению с вариантами с внесением N<sub>70+30</sub>, внесение фосфорных и калийных удобрений необходимо для поддержания почвенного плодородия.

Возделывание озимого тритикале на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве наряду с основными закономерностями, полученными в опыте на легкосуглинистой почве, имело и свои особенности (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние применяемых систем удобрения на урожайность зерна озимого тритикале, возделываемого на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве (среднее за 2008-2009 гг.)**

Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка, ц/га			Окупаемость удобрений, кг зерна		
	2008 г.	2009 г.	Ø	навоз	N	PK	1 т навоза	1 кг д. в. N	1 кг д. в. PK
Без удобрений	36,5	41,2	38,9	-	-	-	-	-	-
N <sub>70+30</sub>	55,6	52,5	54,1	-	15,2	-	-	15,2	-
N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	66,4	57,6	62,0	-	-	8,0	-	-	4,4
Последствие 20 т/га навоза, 2-й год – Фон 1	39,8	46,5	43,2	4,3	-	-	21,5	-	-
Фон 1+ N <sub>70+30</sub>	58,8	60,4	59,6	5,6	16,5	-	27,8	16,5	-
Фон 1+ N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	68,7	68,3	68,5	6,5	-	8,9	32,5	-	4,9
Последствие 40 т/га навоза, 2-й год – Фон 2	42,4	47,6	45,0	6,1	-	-	15,4	-	-
Фон 2+ N <sub>70+30</sub>	62,0	61,9	62,0	7,9	17,0	-	19,8	17,0	-
Фон 2+ N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	72,2	69,8	71,0	9,0	-	9,1	22,5	-	5,0
Последствие 60 т/га навоза, 2-й год – Фон 3	45,0	50,1	47,6	8,7	-	-	14,5	-	-
Фон 3+ N <sub>70+30</sub>	63,7	65,2	64,5	10,4	16,9	-	17,3	16,9	-
Фон 3+ N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	73,7	72,0	72,9	10,9	-	8,4	18,1	-	4,7
НСП <sub>05</sub>	3,3	3,4	4,7						

В целом по опыту урожайность зерна была на 10 ц/га (или 15%) ниже, чем на легкосуглинистой почве; более высокой была прибавка урожая от последствия органических, фосфорных и калийных удобрений при снижении эффек-

тивности азотных удобрений. В среднем за годы исследований за счет почвенного плодородия получено 38,9 ц/га зерна озимого тритикале. Последействие 20 т/га навоза (2-й год) обеспечило прибавку урожая на уровне 4,3 ц/га, что не превышало НСР<sub>05</sub>. Существенное влияние на урожайность озимого тритикале оказало последействие 40-60 т/га органических удобрений, способствуя формированию 45,0-47,6 ц/га зерна. При внесении азотных удобрений в зависимости от доз навоза прибавка урожая зерна находилась в пределах от 15,2 до 17,0 ц/га. Наши данные согласуются с результатами исследований, полученными в работах [11, 12], согласно которым прибавка урожая зерна озимого тритикале на дерново-подзолистых супесчаных почвах в зависимости от доз азотных удобрений достигает 14,4-21,0 ц/га. Применение фосфорных и калийных удобрений на рыхлосупесчаной почве, в отличие от легкосуглинистой, обеспечило достоверное увеличение урожайности озимого тритикале, что в среднем по опытным вариантам составило 8,6 ц/га. Максимальная урожайность зерна тритикале (68,5-72,9 ц/га) получена в вариантах с внесением N<sub>70+30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> на фоне 2-го года последействия возрастающих доз солоमистого навоза, обеспечивающих прибавку на уровне 29,7-34,0 ц/га.

В среднем по опыту окупаемость 1 т навоза на рыхлосупесчаной почве составила 21,0 кг зерна, фосфорных и калийных удобрений – 4,8 кг, что в 1,8-2,0 раза выше в сравнении с легкосуглинистой почвой. Окупаемость 1 кг азота на рыхлосупесчаной почве изменялась от 15,2 до 17,0 кг и в среднем по вариантам составила 16,4 кг зерна (или 78% от величины этого показателя, полученного на легкосуглинистой почве). Оплата 1 кг NPK зерном в среднем за годы исследований на рыхлосупесчаной почве составила 8,9 кг; на легкосуглинистой – 9,7 кг. Эффективность последействия органических удобрений на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве была существенно выше, чем на легкосуглинистой.

На дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве в вариантах с односторонним применением минеральных удобрений урожайность зерна озимого тритикале в 2009 г. была в среднем на 5,9 ц/га ниже, чем в 2008 г. В связи с промывным режимом рыхлосупесчаной почвы растения озимого тритикале меньше пострадали от избытка осадков.

При сложившихся погодных условиях в 2008 г. доля почвенного плодородия в формировании урожайности зерна озимого тритикале в среднем составила 50%, последействия навоза – 9%; за счет фосфорных и калийных удобрений получено 15% урожая, азотных – 26% (рис. 3).

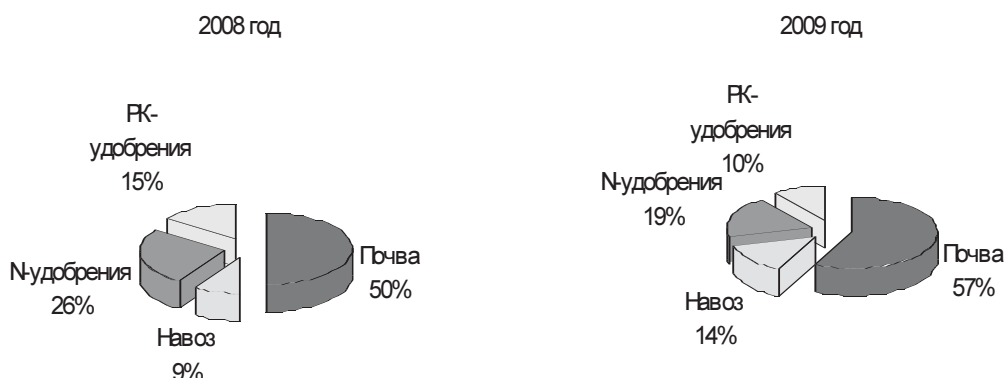


Рис. 3. Роль отдельных факторов в формировании урожайности зерна озимого тритикале на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве

В 2009 г. сложились менее благоприятные условия для действия минеральных удобрений. Долевое участия азотных и фосфорно-калийных удобрений в формировании урожая зерна снизилось соответственно до 19 и 10% при увеличении роли почвенного плодородия (57%) и последействия навоза (14%).

В среднем по опыту на рыхлосупесчаной почве чистый доход от внесения удобрений составил 131 тыс. руб. при рентабельности 40%, в т.ч. от навоза – 55 тыс. руб./га при рентабельности 48%, от применения азотных удобрений – 172 тыс.руб./га при рентабельности 76%, внесение фосфорных и калийных удобрений в опыте было убыточным.

Для расчета баланса элементов питания, а также доз удобрений, важным и достаточно стабильным показателем является удельный (нормативный) вынос питательных элементов с 1 т основным и соответствующим количеством побочной продукции. Установлено, что в зависимости от применения минеральных удобрений и последействия навоза значения данного показателя на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве изменялись в пределах 15,3-20,0 кг азота, 9,3-10,6 кг фосфора, 11,9-20,9 кг калия, 1,0-1,6 кг кальция и 1,7-2,0 кг магния (табл. 4).

Вынос элементов питания на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве был несколько ниже, чем на легкосуглинистой почве, и составил в среднем по опытным вариантам по азоту 17,5 кг, по фосфору – 9,4 кг, по калию – 14,2 кг, по кальцию – 1,2 кг и по магнию – 1,8 кг.

Таблица 4

**Удельный вынос элементов питания озимым тритикале в зависимости от применения удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (среднее за 2008-2009 гг.)**

Вариант	Удельный вынос с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции, кг/т				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
Без удобрений	15,3	9,3	11,9	1,0	1,7
N <sub>70+30</sub>	18,5	10,1	16,3	1,4	1,9
N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	18,6	10,2	17,6	1,5	1,9
Последействие 20 т/га навоза, 2-й год – Фон 1	16,0	9,8	13,1	1,1	1,8
Фон 1+ N <sub>70+30</sub>	18,4	10,0	16,0	1,2	1,9
Фон 1+ N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	19,3	10,3	18,4	1,5	1,9
Последействие 40 т/га навоза, 2-й год – Фон 2	16,1	9,7	13,6	1,2	1,8
Фон 2+ N <sub>70+30</sub>	18,8	10,1	16,4	1,3	1,9
Фон 2+ N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	19,2	10,4	19,5	1,5	1,9
Последействие 60 т/га навоза, 2-й год – Фон 3	16,7	9,9	14,5	1,2	1,9
Фон 3+ N <sub>70+30</sub>	19,4	10,2	17,1	1,3	1,9
Фон 3+ N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	20,0	10,6	20,9	1,6	2,0

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в вариантах с максимальной урожайностью нормативный вынос азота с 1 т основной и соответствующим

количеством побочной продукции в среднем составил 19,5 кг, фосфора – 10,4 кг, калия – 19,6 кг, кальция – 1,5 кг, магния – 1,9 кг. На дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве эти показатели соответственно составили 18,8 кг, 9,6 кг, 16,0 кг, 1,3 кг и 1,8 кг.

### ВЫВОДЫ

1. При возделывании озимого тритикале на дерново-подзолистых почвах максимальная урожайность сформировалась в вариантах с внесением  $N_{70+30}P_{60}K_{120}$  на фоне 2-го года последействия возрастающих доз навоза. На легкосуглинистой почве урожайность зерна в этих вариантах составила 77,0-79,9 ц/га при окупаемости 1 кг минеральных удобрений в среднем 9,0 кг зерна, 1 т навоза – 8,8 кг. Применение минеральных удобрений на фоне последействия 20-60 т/га навоза на рыхлосупесчаной почве обеспечило формирование урожайности зерна озимого тритикале на уровне 68,5-72,9 ц/га. Каждый килограмм NPK при этом окупался 9,1 кг зерна тритикале, 1 т навоза – 24,4 кг.

2. Чистый доход в вариантах с максимальной урожайностью на легкосуглинистой почве составил 111-146 тыс. руб. при рентабельности 17-26%, на рыхлосупесчаной почве – 155-165 тыс. руб. при рентабельности 23-29%.

3. Удельный вынос элементов питания с урожаем озимого тритикале составил в среднем 17,8 кг азота, 9,7 кг фосфора, 15,3 кг калия, 1,3 кг кальция и 1,9 кг магния.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Технология производства и качество продовольственного зерна / Э.М. Мухаметов [и др.]; под общ. ред. Э.М. Мухаметова. – Минск, : ДизайнПРО, 1996. – 256 с.

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

3. Гриб, С.И. Особенности возделывания озимого тритикале / С.И. Гриб, В.Н. Буштевич, Т.М. Булавина // Современные технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / Ин-т землед. и селекции НАН Беларуси; под ред. М.А. Кадырова. – Минск, 2005. – С. 56-64.

4. Малахова, М.И. Урожайность и качество зерна озимого тритикале в зависимости от предшественника и уровня интенсификации / М.И. Малахова // Сб. науч. тр. / Минская ОСХОС НАН Беларуси. – Минск, 2008. – Вып. 4: Совершенствование приемов увеличения производства сельскохозяйственной продукции в Минской области. – С. 37-46.

5. Оптимизация элементов технологии возделывания озимого и ярового тритикале / Г.А. Гесть [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2005. – № 4. – С. 17-20.

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

7. Практикум по агрохимии / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Ураджай, 1998. – 270 с.

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

9. Семеновко, Н.Н. Адаптивные системы применения азотных удобрений / Н.Н. Семеновко. – Минск: Хата, 2003. – 164 с.

10. Погода и урожай: перевод с чешского / П.Иржи [и др.]; под ред. А.С. Соломе. – М.: Агропромиздат, 1990. – 332 с.

11. Продуктивность озимого тритикале при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве / В.В. Лапа [и др.] // Современные проблемы повышения плодородия почв и защиты их от деградации: материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 27-29 июня 2006 г. / НАН Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии, БОП; редкол. В.В. Лапа [и др.]. – Минск, 2006. – С. 140-142.

12. Савчик, М.И. Влияние азота на урожайность и качество зерна озимого тритикале / М.В. Савчик, И.Е. Мартыненко // Земледелие и растениеводство Белорусского Полесья: сб. науч. тр. / БелНИИ земледелия и кормов Полесский ф-ал; ред. Кол. А.В. Сикорский [и др.]. – Мозырь, 2002. – С. 78-82.

## EFFICIENCY OF OF ORGANIC AND MINERAL FERTILIZERS APPLICATION UNDER WINTER TRITIKALE ON SOD-PODZOLIC SOILS

T.M Seraya, E.N. Bogatyrova, O.N. Martsul, R.N. Biryukov, V.V. Turov

### Summary

At winter triticale cultivation on sod-podzolic soils the maximal productivity is received in variants with  $N_{70+30}P_{60}K_{120}$  application on a background of 2-nd year aftereffect of growing dozes of manure. On light loam soil the grain productivity in these variants has made 77,0-79,9 c/ha at a recouplement of mineral fertilizers of 1 kg on the average 9,0 kg of grain, 1 t manure – 8,8 kg. The net profit has made 111-146 thousand roubles at profitability of 17-26%.

Application of mineral fertilizers on a background of 20-60 т/га manure aftereffect on loose sandy loam soil has provided formation of productivity of a grain winter triticale at a level 68,5-72,9 ц/га. Each kg NPK thus paid off by 9,1 kg of grain triticale, 1 t manure – 24,4 kg. The net profit has made 155-165 thousand roubles at profitability 23-29%.

Specific output of nutrients with crop yield of winter triticale has made on the average 17,8 kg of nitrogen, 9,7 kg of phosphorus, 15,3 kg of potassium, 1,3 kg of calcium and 1,9 kg of magnesium.

*Поступила 5 ноября 2009 г.*

УДК 633.324:631.524.84:631.445.2

## **ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ**

**В.Н. Босак<sup>1-2</sup>, В.В. Цвирков<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Белорусский государственный экономический университет,  
г. Минск, Беларусь*

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

### **ВВЕДЕНИЕ**

Озимые зерновые культуры относятся к важнейшим сельскохозяйственным культурам, обеспечивающим продовольственную безопасность Республики Беларусь. Основными озимыми зерновыми культурами в Беларуси являются озимая пшеница, озимое тритикале и озимая рожь. Согласно Государственной программе развития и возрождения села на 2005-2010 годы, в структуре посевной площади зерновых культур необходимо расширить посевы озимой и яровой пшеницы до 400 тыс. гектаров, озимого и ярового тритикале – до 420 тыс. гектаров [1]. В 2007 г. площадь посева озимой пшеницы составила 247,0 тыс. га, озимого тритикале – до 399,0, озимой ржи – до 584,7 тыс. га при урожайности зерна соответственно 34,3, 30,2 и 22,7 ц/га (общая площадь посева в 2007 г. – 5592,1 тыс. га).

Зерно озимых зерновых культур широко используется в хлебопекарной, кондитерской, макаронной, спиртовой и комбикормовой промышленности. Отходы мукомольного производства (отруби, мучная пыль), а также солома и полова идут на корм животным. Солома широко используется также в качестве органического удобрения [2-3].

Получение высоких и устойчивых урожаев озимых зерновых культур невозможно без применения научно-обоснованной системы удобрения. При этом наиболее эффективной является полная органоминеральная система удобрения, предусматривающая рациональное сочетание органических и минеральных удобрений [4-6]. Нормативная прибавка урожая зерна озимых зерновых культур от внесения 1 т навоза или компостов составляет 25 кг, 1 кг NPK – 6,1 кг (озимая рожь), 7,8 кг (озимая пшеница) и 8,0 кг зерна (озимое тритикале) [7].

Цель исследований – изучить влияние минеральных и органических удобрений на продуктивность озимых зерновых культур (озимая пшеница, озимое тритикале, озимая рожь) на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

### **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования по изучению влияния доз и сроков внесения минеральных и органических удобрений на продуктивность озимых зерновых культур (озимая пшеница Кубус, озимое тритикале Вольтарио, озимая рожь Зарница) проводили в полевом опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве опытного поля Марьиногорского аграрного колледжа в Пуховичском районе Минской области на протяжении 2007-2009 гг.

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта исследуемой почвы имела следующие показатели:  $pH_{KCl}$  5,9-6,1, содержание  $P_2O_5$  (0,2 М HCl) – 241-250 мг/кг,  $K_2O$  (0,2 М HCl) – 102-114 мг/кг почвы, гумуса (0,4 М  $K_2Cr_2O_7$ ) – 1,8-1,9%.

Схема опыта предусматривала внесение возрастающих доз органических удобрений (20, 30, 40, 50, 60 т/га соломистого навоза КРС) непосредственно под озимые зерновые культуры под вспашку и в занятом пару под горохо-ячменную смесь. Фосфорные и калийные удобрения ( $P_{60}K_{120}$ , аммонизированный суперфосфат, хлористый калий) применяли под предпосевную культивацию, азотные (карбамид) –  $N_{60}$  в подкормку весной в начале возобновления вегетации и  $N_{30}$  в стадии первого узла.

Агротехника возделывания озимых зерновых культур – общепринятая для Республики Беларусь. Схема опыта была реализована на фоне интегрированной системы защиты растений. Качество продукции, а также экономический анализ применения удобрений определяли согласно принятым методикам в ценах на удобрения и продукцию на 1.09.2009 г. [8-11].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Применение минеральных и органических удобрений оказало существенное влияние на урожайность озимых зерновых культур в наших исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (табл. 1-3). Определенное влияние на урожайность озимых зерновых культур оказали погодные условия. Так, в 2008 г. урожайность зерна озимой пшеницы в зависимости от опытного варианта составила 16,3-61,9 ц/га, озимой ржи – 26,1-67,4 ц/га, озимого тритикале – 27,8-72,7 ц/га, в 2009 г. – соответственно 27,5-59,9, 24,3-64,4 и 30,5-74,9 ц/га.

В среднем за два года исследований применение возрастающих доз органических удобрений в занятом пару увеличило урожайность озимой пшеницы на 5,6-16,5 ц/га при окупаемости 1 т навоза 28-30 кг зерна. При внесении органических удобрений непосредственно под озимую пшеницу прибавка урожая зерна составила 6,7-19,9 ц/га при оплате 1 т навоза 33-37 кг зерна. Существенное возрастание урожайности озимой пшеницы на обоих фонах применения органических удобрений в наших исследованиях отмечено при увеличении дозы навоза до 50 т/га. При дальнейшем увеличении дозы навоза до 60 т/га отмечена лишь тенденция возрастания урожайности на 1,4-1,5 ц/га при снижении окупаемости 1 т органических удобрений. Внесение 20-40 т/га органических удобрений в исследованиях с озимой пшеницей как в занятом пару, так и непосредственно под культуру, оказалось практически равнозначным (прибавка урожая находилась в пределах НСР). При увеличении дозы подстилочного навоза до 50-60 т/га более эффективным оказалось применение органических удобрений непосредственно под культуру, которое обеспечило дополнительный сбор зерна 3,6-3,7 ц/га.

Внесение полного минерального удобрения  $N_{60+30}P_{60}K_{120}$  под озимую пшеницу (фосфорные и калийные удобрения – осенью под предпосевную культивацию, азотные удобрения –  $N_{60}$  весной в начале возобновления вегетации в сочетании с подкормкой  $N_{30}$  в стадии первого узла) увеличили урожайность зерна на 18,9 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 7,0 кг зерна.

Содержание сырого белка в зерне озимой пшеницы в зависимости от исследуемого варианта оказалось 12,2-16,3% с большими показателями на фоне вне-

сения органических удобрений непосредственно под культуру. Минеральные удобрения способствовали повышению белковости на 0,6-1,6%, органические удобрения – до 1,0-2,5%.

Таблица 1

**Влияние удобрений на продуктивность озимой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве**

Вариант	Зерно, ц/га			Прибавка, ц/га			Сырой белок, %
	2008 г.	2009 г.	Ø	навоз	НРК	фон 2 / фон 1	
Внесение органических удобрений в занятом пару – фон 1							
Без удобрений	16,3	27,5	21,9	–	–	–	12,8
N <sub>60+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	40,5	41,1	40,8	–	18,9	–	13,4
НРК + навоз, 20 т/га	46,0	46,8	46,4	5,6	–	–	13,4
НРК + навоз, 30 т/га	48,9	49,5	49,2	8,4	–	–	13,7
НРК + навоз, 40 т/га	52,1	52,7	52,4	11,6	–	–	13,9
НРК + навоз, 50 т/га	54,9	56,7	55,8	15,0	–	–	14,3
НРК + навоз, 60 т/га	56,1	58,5	57,3	16,5	–	–	14,4
Внесение органических удобрений под культуру – фон 2							
Без удобрений	16,5	27,7	22,1	–	–	0,2	12,2
N <sub>60+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	40,8	41,2	41,0	–	18,9	0,2	13,8
НРК + навоз, 20 т/га	47,5	47,9	47,7	6,7	–	1,3	14,1
НРК + навоз, 30 т/га	51,3	51,1	51,2	10,2	–	2,0	15,1
НРК + навоз, 40 т/га	54,9	54,5	54,7	13,7	–	2,3	15,3
НРК + навоз, 50 т/га	60,4	58,6	59,5	18,5	–	3,7	15,5
НРК + навоз, 60 т/га	61,9	59,9	60,9	19,9	–	3,6	16,3
НСР <sub>05</sub>	2,8	3,1	2,4				0,7

В исследованиях с озимой рожью минеральные удобрения обеспечили дополнительный сбор зерна 20,3-20,6 ц/га, органические – 5,0-20,0 ц/га при общей урожайности зерна в удобренных вариантах 45,5-65,9 ц/га. Окупаемость 1 кг НРК в исследованиях составила 7,5-7,6 кг, 1 т навоза – 25-38 кг зерна. Как и в исследованиях с озимой пшеницей, существенное возрастание урожайности зерна озимой ржи отмечено с увеличением дозы подстилочного навоза до 50 т/га как при внесении органических удобрений в занятом пару, так и непосредственно под озимую рожь. Увеличение дозы органических удобрений до 60 т/га не приводило к дальнейшему увеличению урожайности озимой ржи (тенденция в прибавке урожая составила всего 1,2-1,4 ц/га).



Таблица 2

**Влияние удобрений на продуктивность озимой ржи на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве**

Вариант	Зерно, ц/га			Прибавка, ц/га			Сырой белок, %
	2008 г.	2009 г.	Ø	навоз	НРК	фон 2 / фон 1	
Внесение органических удобрений в занятом пару – фон 1							
Без удобрений	26,1	24,3	25,2	–	–	–	9,8
N <sub>60+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	47,9	43,1	45,5	–	20,3	–	10,7
НРК + навоз, 20 т/га	53,3	47,7	50,5	5,0	–	–	11,2
НРК + навоз, 30 т/га	56,4	51,3	53,9	8,4	–	–	11,4
НРК + навоз, 40 т/га	59,7	55,4	57,6	12,1	–	–	11,5
НРК + навоз, 50 т/га	62,8	58,5	60,7	15,2	–	–	11,7
НРК + навоз, 60 т/га	63,7	60,5	62,1	16,6	–	–	11,9
Внесение органических удобрений под культуру – фон 2							
Без удобрений	26,0	24,6	25,3	–	–	0,1	9,7
N <sub>60+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	49,3	42,4	45,9	–	20,6	0,4	10,2
НРК + навоз, 20 т/га	54,4	50,0	52,2	6,3	–	1,7	10,5
НРК + навоз, 30 т/га	58,4	53,8	56,1	10,2	–	2,2	10,5
НРК + навоз, 40 т/га	62,2	57,9	60,1	14,2	–	2,5	10,9
НРК + навоз, 50 т/га	65,9	63,4	64,7	18,8	–	4,0	11,1
НРК + навоз, 60 т/га	67,4	64,4	65,9	20,0	–	3,8	11,3
НСР <sub>05</sub>	3,0	3,2	2,5				0,6

Внесение 50-60 т/га органических удобрений непосредственно под озимую рожь обеспечило в сравнении с внесением аналогичных доз навоза в занятом пару дополнительный сбор зерна 3,8-4,0 ц/га. При внесении 20-40 т/га подстилочного навоза существенного отличия в урожайности озимой ржи в зависимости от срока внесения органических удобрений в исследованиях не отмечено (тенденция прибавки урожая составила 1,7-2,5 ц/га).

Содержания сырого белка в зерне озимой ржи в зависимости от опытного варианта составило 9,7-11,9% с максимальными значениями в вариантах с полным органоминеральным удобрением.

При возделывании озимого тритикале урожайность зерна оказалась максимальной среди всех исследуемых озимых зерновых культур и составила в вариантах с полным органоминеральным удобрением 60,1-73,8 ц/га. Внесение возрастающих доз органических удобрений в занятом пару увеличило урожайность

зерна озимого тритикале на 6,1-15,8 ц/га, непосредственно под озимое тритикале – на 6,9-19,7 ц/га при окупаемости 1 т навоза соответственно 26-31 и 33-38 кг зерна. Существенный рост урожайности зерна озимого тритикале в наших исследованиях отмечен при дозах органических удобрений 20-50 т/га независимо от срока их применения. В то же время внесение 50-60 т/га подстилочного навоза оказалось эффективнее при его применении непосредственно под озимое тритикале (прибавка урожая составила 3,9-4,0 ц/га зерна). При внесении меньших доз органических удобрений существенного различия в урожайности зерна в зависимости от срока применения подстилочного навоза при возделывании озимого тритикале не отмечено.

Таблица 3

**Влияние удобрений на продуктивность озимого тритикале на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве**

Вариант	Зерно, ц/га			Прибавка, ц/га			Сырой белок, %
	2008 г.	2009 г.	Ø	навоз	НРК	фон 2 / фон 1	
Внесение органических удобрений в занятом пару – фон 1							
Без удобрений	27,8	30,5	29,2	–	–	–	8,5
N <sub>60+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	53,1	54,9	54,0	–	24,8	–	9,9
НРК + навоз, 20 т/га	59,9	60,3	60,1	6,1	–	–	10,6
НРК + навоз, 30 т/га	61,1	65,5	63,3	9,3	–	–	11,8
НРК + навоз, 40 т/га	65,3	67,6	66,5	12,5	–	–	11,9
НРК + навоз, 50 т/га	68,1	69,9	69,0	15,0	–	–	12,3
НРК + навоз, 60 т/га	69,1	70,5	69,8	15,8	–	–	12,8
Внесение органических удобрений под культуру – фон 2							
Без удобрений	27,9	30,5	29,2	–	–	–	9,1
N <sub>60+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	53,7	54,4	54,1	–	24,9	0,1	10,4
НРК + навоз, 20 т/га	60,8	61,2	61,0	6,9	–	0,9	10,9
НРК + навоз, 30 т/га	62,5	68,3	65,4	11,3	–	2,1	11,3
НРК + навоз, 40 т/га	67,4	70,1	68,8	14,7	–	2,3	11,8
НРК + навоз, 50 т/га	71,1	74,6	72,9	18,8	–	3,9	12,3
НРК + навоз, 60 т/га	72,7	74,9	73,8	19,7	–	4,0	12,7
HCP <sub>05</sub>	2,9	3,2	2,4				0,6

Внесение полного минерального удобрения N<sub>60+30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> увеличило урожайность зерна озимого тритикале на 24,8-24,9 ц/га при окупаемости 1 кг НРК

9,2 кг зерна. Содержание сырого белка в вариантах с полным минеральным удобрением возросло на 1,3-1,4% при общем его содержании 9,9-10,4%. В вариантах с полным органоминеральным удобрением содержание сырого белка в зависимости от дозы и срока внесения органических удобрений оказалось 10,6-12,8%.

При оценке эффективности применения минеральных и органических удобрений особенно важным является экономический анализ, который позволяет выбрать наиболее приемлемый вариант удобрения с точки зрения экономической эффективности [2, 3, 6].

В наших исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве применение полного органоминерального удобрения при возделывании озимых зерновых культур характеризовалось довольно высокими показателями, однако значительно различалось по культурам, что связано прежде всего с разницей в закупочных ценах для отдельных зерновых культур (рис. 1-3).

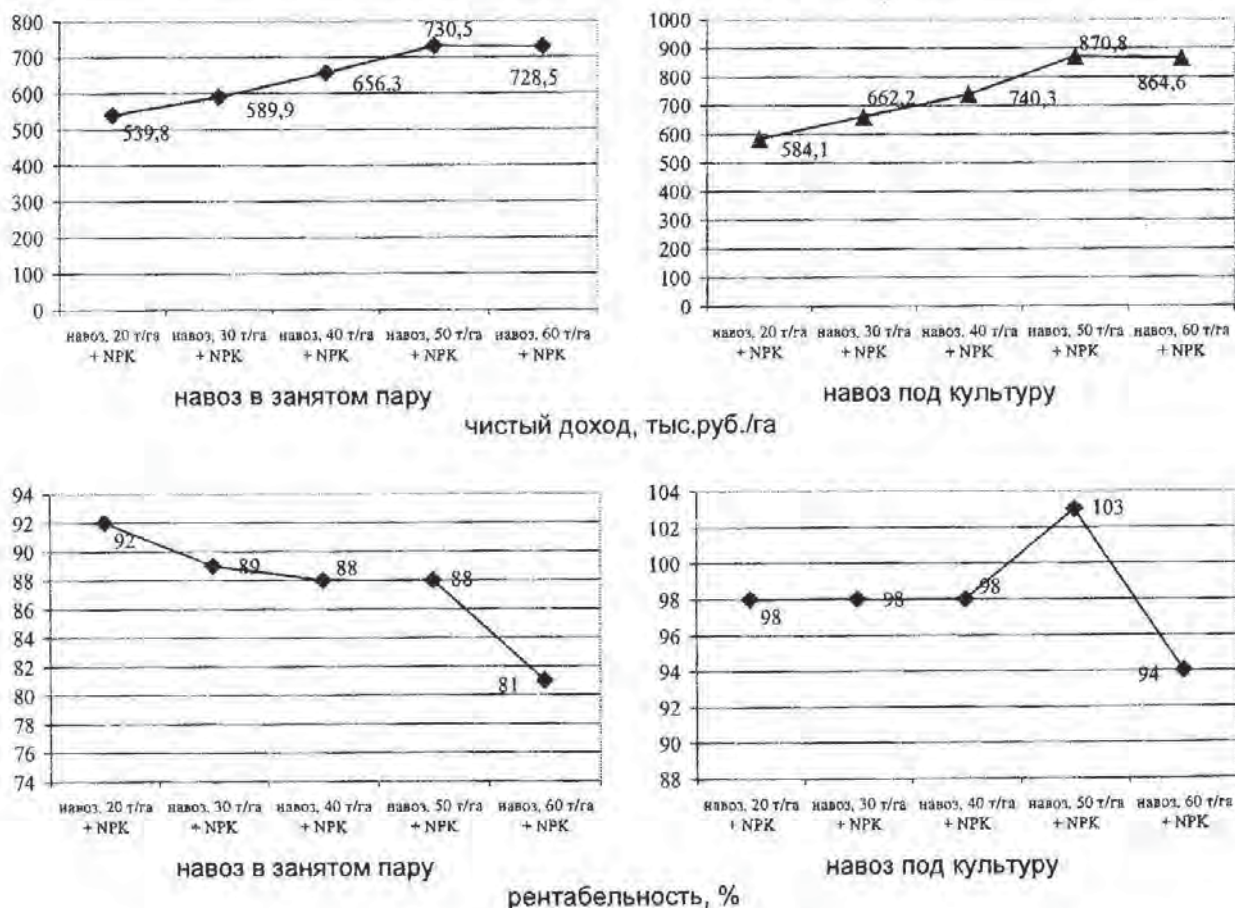


Рис. 1. Экономическая эффективность применения полного органоминерального удобрения при возделывании озимой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

В исследованиях с озимой пшеницей чистый доход при применении полного органоминерального удобрения оказался максимальным и составил в зависимости от доз и сроков применения подстилочного навоза 539,8-870,8 тыс. руб./га при рентабельности 81-103%. Применение полного органоминерального удобрения при возделывании озимого тритикале обеспечило чистый доход

251,4-352,5 тыс. руб./га с рентабельностью 24-43%. При возделывании озимой ржи чистый доход от применения полного органоминерального удобрения оказался 62,2-156,5 тыс. руб./га с рентабельностью 5-18%.

Внесение органических удобрений непосредственно под озимые зерновые культуры обеспечило несколько большие показатели экономической эффективности в сравнении с применением аналогичных доз подстилочного навоза в занятом пару.

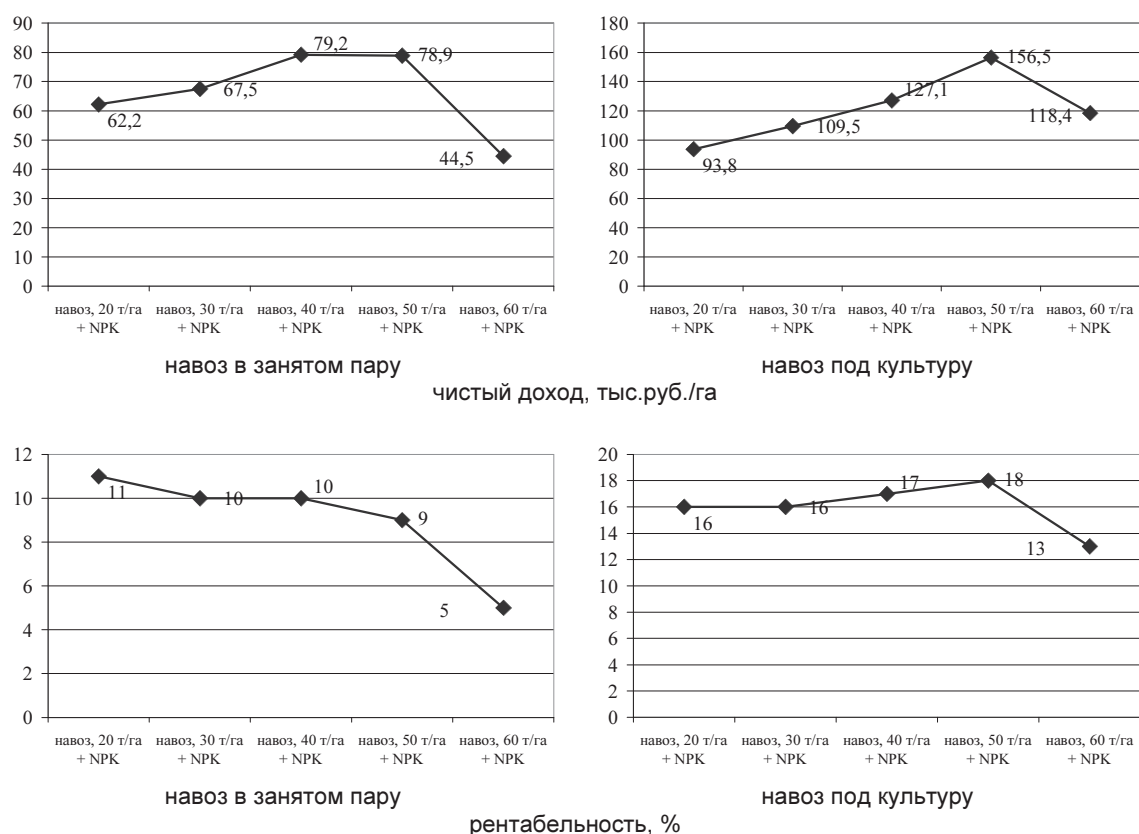


Рис. 2. Экономическая эффективность применения полного органоминерального удобрения при возделывании озимой ржи на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

В наших исследованиях со всеми озимыми зерновыми культурами максимальные показатели чистого дохода получены в варианте с применением полного минерального удобрения в сочетании с внесением 50 т/га подстилочного навоза непосредственно под культуру (озимая рожь – 156,5, озимое тритикале – 352,5, озимая пшеница – 870,8 тыс. руб./га).

В исследованиях с озимой рожью и озимым тритикале при внесении органических удобрений в занятом пару по показателю чистого дохода несколько более эффективным оказалось внесение 40 т/га подстилочного навоза, в исследованиях с озимой пшеницей – 50 т/га подстилочного навоза.

Применение полного минерального удобрения в исследованиях с озимой пшеницей обеспечило получение 439,9 тыс.руб./га чистого дохода с рентабельностью 103%; в исследованиях с озимым тритикале – 238,8-241,1 тыс. руб./га с рен-

табельностью 52%; в исследованиях с озимой рожью – 86,8-92,7 тыс.руб./га с рентабельностью 20-21%.

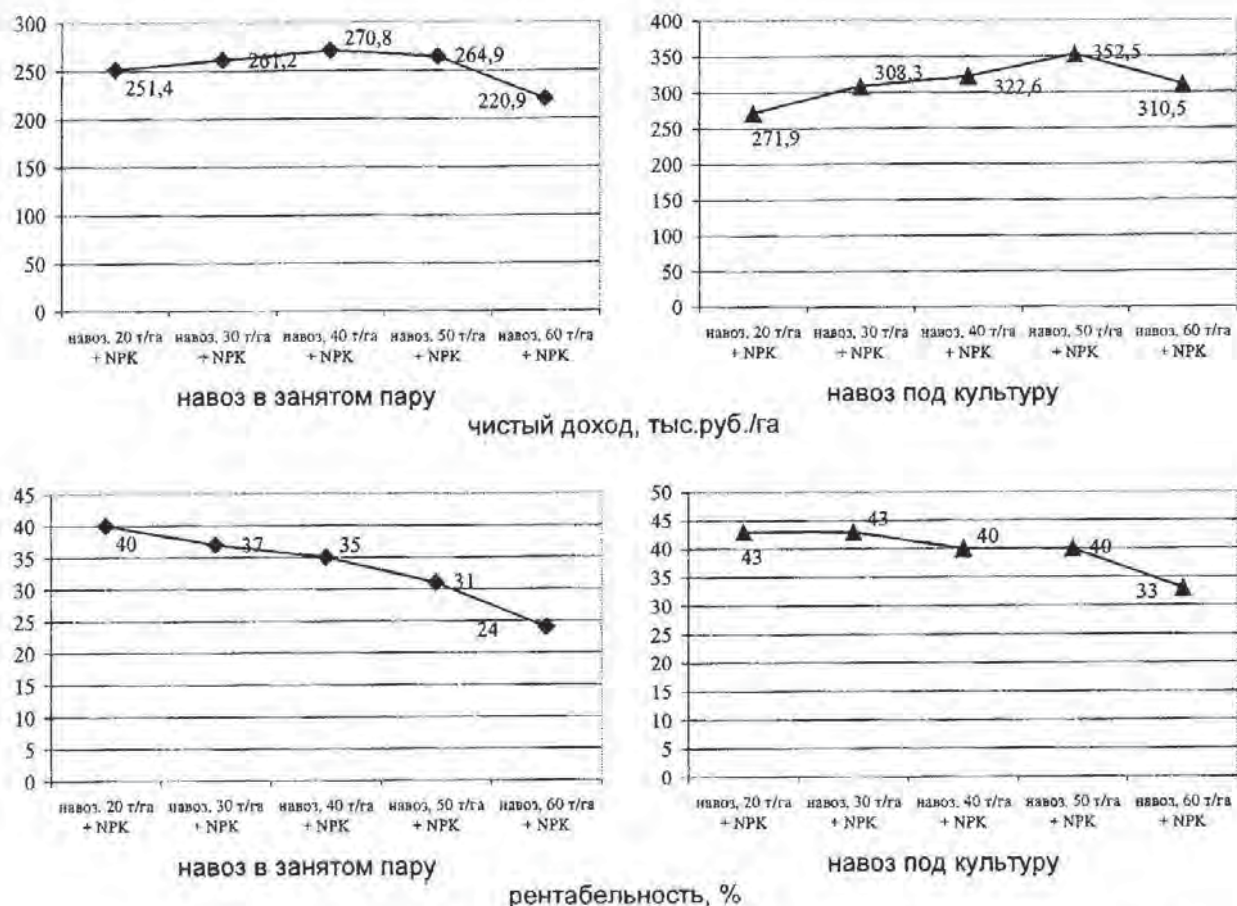


Рис. 3. Экономическая эффективность применения полного органоминерального удобрения при возделывании озимого тритикале на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

## ВЫВОДЫ

В исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве применение возрастающих доз подстилочного навоза 20-60 т/га увеличило урожайность зерна озимой пшеницы на 5,6-19,9 ц/га, озимой ржи – на 5,0-20,0 ц/га, озимого тритикале – на 6,1-19,7 ц/га, полного минерального удобрения  $N_{60+30}P_{60}K_{120}$  – соответственно на 18,9, 20,3-20,6 и 24,8-24,9 ц/га при общей урожайности зерна в вариантах с полным органоминеральным удобрением 46,4-60,9 ц/га (озимая пшеница), 50,5-65,9 ц/га (озимая рожь) и 60,1-73,8 ц/га (озимое тритикале) и содержания сырого белка 13,4-16,3, 10,5-11,9 и 10,6-12,8%. Существенное увеличение урожайности зерна получено при возрастании дозы органических удобрений до 50 т/га. При увеличении дозы подстилочного навоза до 60 т/га отмечена лишь тенденция увеличения урожайности озимых зерновых при снижении окупаемости 1 т органических удобрений.

Максимальные показатели чистого дохода в исследованиях со всеми озимыми зерновыми культурами получены в варианте с применением полного минерального удобрения  $N_{60+30}P_{60}K_{120}$  в сочетании с внесением 50 т/га подстильно-

го навоза непосредственно под культуру (озимая рожь – 156,5, озимое тритикале – 352,5, озимая пшеница – 870,8 тыс. руб./га) при рентабельности соответственно 18, 40 и 103%.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа возрождения и развития села на 2005-2010 годы. – Минск: Беларусь, 2005. – 96 с.
2. Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая / В.В. Лапа, В.Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006. – 120 с.
3. Босак, В.Н. Органические удобрения / В.Н. Босак. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 256 с.
4. Босак, В.Н. Агроэкономическая эффективность применения удобрений при возделывании озимых зерновых культур / В.Н. Босак, В.В. Цвирков // Вестник БГСХА. – 2009. – № 2. – С. 91-95.
5. Голуб, И.А. Научные основы формирования высоких урожаев озимых зерновых культур в Беларуси / И.А. Голуб. – Минск: Еврокнига, 1996. – 200 с.
6. 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.
7. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
8. Методика определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]; БелНИИПА. – Минск, 1988. – 30 с.
9. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отраслевых регламентов. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 304 с.
10. Практикум по агрохимии / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Ураджай, 1998. – 270 с.
11. Современные технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси / М.А. Кадыров [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2005. – 304 с.

## INFLUENCE OF FERTILIZERS ON EFFICIENCY OF WINTER GRAIN CROPS ON SOD-PODSOLIC LIGHT LOAMY SOIL

V.N. Bosak, V.V. Tsvirkov

### Summary

In researches on sod-podsolic light loamy soil application of manure of 40-50  $\text{tha}^{-1}$  in a combination with  $\text{N}_{60+30}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$  has provided the maximum indicators of efficiency of winter grain crops (a winter wheat, a winter rye, a winter triticale).

Entering of covering manure of 50-60  $\text{tha}^{-1}$  directly under winter grain crops has appeared more effectively the application of similar doses of manure in occupied steam (it has been an increase of a crop of 0,36-0,40  $\text{tha}^{-1}$ ). At application of covering manure of 20-40  $\text{tha}^{-1}$  entering of organic fertilizers in occupied steam and directly under winter grain crops has appeared almost equivalent.

*Поступила 24 сентября 2009 г.*

УДК 631.81:633.14

## ВЫНОС И КОЭФФИЦИЕНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ УДОБРЕНИЯ ОЗИМОЙ РЖИ

О.Е. Шаковец

*Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию,  
г. Жодино, Беларусь*

### ВВЕДЕНИЕ

Одним из показателей эффективности применяемой системы удобрения является усвоение питательных веществ растениями, которое выражается в показателях выноса и коэффициентов использования питательных веществ [1-3]. Вынос элементов питания, рассчитанный на единицу основной продукции (с соответствующим количеством побочной), является величиной менее варьированной, чем общий вынос (суммарное отчуждение из почвы с основной и побочной продукцией). Это обусловлено некоторым саморегулированием растений путем изменения как химического состава, так и соотношения между основной и побочной продукцией. Показатели выноса и коэффициентов использования питательных веществ четко характеризуют видовые особенности культур [4-5].

Цель исследований заключалась в установлении показателей общего и удельного выноса и коэффициентов использования питательных веществ растениями озимой ржи, оценке влияния различных систем удобрения на изменение указанных величин.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 1997-1999 гг. в РУП «Экспериментальная база имени Суворова» Узденского района Минской области на дерново-подзолистой супесчаной, контактно-оглеенной связносупесчаной, развивающейся на связной водно-ледниковой супеси, подстилаемой с глубины 30 см песком, а с глубины 145 см моренным суглинком, почве. В стационарном полевом опыте изучали эффективность систем удобрения с различной интенсивностью балансов (положительный, поддерживающий и дефицитный) элементов питания в севообороте картофель-ячмень-озимая рожь-овес. Схема опыта предусматривала изучение возрастающих доз азотных удобрений на различных уровнях применения фосфорных и калийных удобрений, рассчитанных на 50% (дефицитный баланс), 100% (поддерживающий баланс) и 150% (положительный баланс) компенсации выноса  $P_2O_5$  и  $K_2O$  с урожаем. Планируемый урожай озимой ржи – 40 ц/га. Сорт озимой ржи – Верасень.

Опыт развернут в пространстве в трех полях. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта:  $PH_{KCl}$  5,9-6,2, гидролитическая кислотность – 1,58-1,92, сумма обменных оснований – 9,10-9,52 смоль/кг почвы, обменные кальций 4,4-4,8 и магний 1,3-1,6 смоль/кг почвы, содержание подвижных форм (по Кирсанову):  $P_2O_5$  – 170-290,  $K_2O$  – 130-230 мг/кг почвы; гумуса 2,5-3,0%.

Минеральные удобрения простой аммонизированный суперфосфат (20%  $P_2O_5$ ) и хлористый калий (60%  $K_2O$ ) вносили под предпосевную культивацию. Аммиачную селитру (34% N) вносили весной при возобновлении вегетации растений и в фазу стеблевания согласно схеме опыта.

Общая площадь делянок – 45 м<sup>2</sup> (9 x 5м), учетная – 32 м<sup>2</sup> (8 x 4м), повторность опыта – 4-кратная.

Предпосевную обработку почвы и уход за растениями осуществляли в соответствии с рекомендациями по интенсивной технологии возделывания зерновых культур. В опыте применяли интегрированную систему защиты растений от сорняков, болезней и вредителей.

Срок сева – первая декада сентября, норма высева – 6,5 млн. зерен/га. Уборку озимой ржи проводили поделаяночно комбайном Сампо в первую декаду августа в фазу полной спелости.

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

Вынос и коэффициенты использования питательных веществ рассчитывали согласно [6].

Погодные условия в годы проведения исследований существенно различались. Сумма выпавших осадков за период вегетации (апрель-август) составила в 1997 г. – 425,2 мм, 1998 г. – 500,9 мм, 1999 г. – 135,9 мм при средней многолетней величине 363 мм. Сумма активных температур по годам исследований составила в 1997 г. – 1928,7 С, в 1998 г. – 2016,8 С, в 1999 г. – 2270,4 С. В соответствии с этими показателями изменялся и условный показатель увлажнения – гидротермический коэффициент (ГТК), который в 1997 г. составил 2,21, 1998 – 2,50 и 1999 г. – 0,60. Судя по гидротермическому коэффициенту, вегетационные периоды 1997 и 1998 гг. характеризуются как «умеренно прохладные и дождливые», 1999 г. – «жаркий и засушливый».

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В среднем за три года исследований наиболее высокая урожайность озимой ржи – 41,2 ц/га получена в варианте 12 с дробным внесением азота  $N_{90+30}$  на фоне  $P_{40}K_{80}$ , т.е. при применении системы удобрения, рассчитываемой на компенсацию выноса фосфора и калия с планируемой урожайностью зерна. Это выше по сравнению с контрольным вариантом (без удобрений) на 22,6 ц/га. Окупаемость 1 кг удобрений зерном составила 8,5 кг, 1 кг азотных удобрений – 14,7 кг. Применение таких же доз азотных удобрений на фоне  $P_{70}K_{120}$  (вариант 8) – система удобрения с положительным балансом элементов питания – не приводило к увеличению урожайности зерна озимой ржи, которая в этом варианте составила в среднем за три года 39,7 ц/га.



Применение фосфорных и калийных удобрений в дозах, компенсирующих примерно половину планируемого выноса с урожаем фосфора и калия ( $P_{20}K_{40}$ ) – система удобрения с дефицитным балансом элементов питания – существенно не отразилось на изменении урожайности зерна в вариантах с применением  $N_{60}$  и  $N_{60}+N_{30}$  (варианты 14 и 15), в которых урожайность зерна составила соответственно 34,6 и 36,4 ц/га. По отношению к варианту  $P_{70}K_{120}$  установлено достоверное снижение урожайности зерна озимой ржи (табл. 1).

Урожайность соломы в вариантах без внесения минеральных удобрений и с последствием органических удобрений в среднем за три года исследований составляла 27,9-32,1 ц/га, в вариантах с применением минеральных удобрений – 37,6-62,3 ц/га. Наибольшее влияние на урожайность соломы оказывали азотные удобрения в дозах 60 и 90 кг/га д.в. В этих вариантах урожайность достигала 54,8 (фон  $P_{20}K_{40}$ ) – 62,3 (фон  $P_{70}K_{120}$ ) ц/га. В варианте с максимальной урожайностью зерна –  $P_{40}K_{80}+N_{90}+N_{30}$  соотношение зерно: солома составило 1,00:1,45. Таким образом, на хорошо окультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве с содержанием фосфора и калия более 200 мг/кг урожайность озимой ржи на уровне 40-50 ц/га обеспечивается при внесении  $N_{90}+N_{30}$ , на фоне применения фосфорных и калийных удобрений в дозах, компенсирующих вынос этих элементов питания с урожайностью.

Таблица 1

**Влияние систем удобрений на урожайность озимой ржи**

№ вар.	Вариант	Урожайность, ц/га					Прибавка, ц/га		Оплата 1кг удобрений зерном, кг	
		зерна				соломы	фону	PK	NPK	N
		1997 г.	1998 г.	1999 г.	Ø					
1.	Без удобрений	14,8	17,3	23,3	18,6	27,9	-	-	-	-
2.	Послед НКРС-фон	16,8	20,2	25,1	20,7	32,1	-	-	-	-
3.	$P_{70}+N_{60}+N_{30}$	35,8	38,5	42,1	38,8	54,0	18,1	-	11,3	-
4.	$K_{120}+N_{60}+N_{30}$	34,2	37,7	43,3	38,4	56,1	17,7	-	8,4	-
5.	$P_{70}K_{120}$	18,0	25,7	33,0	25,6	43,5	4,9	-	2,6	-
6.	$P_{70}K_{120}+N_{60}$	27,7	35,9	41,8	35,1	56,2	14,4	9,5	5,8	15,8
7.	$P_{70}K_{120}+N_{60}+N_{30}$	32,0	37,6	46,1	38,6	62,3	17,9	13,0	6,4	14,4
8.	$P_{70}K_{120}+N_{90}+N_{30}$	29,0	49,2	40,9	39,7	61,5	19,0	14,1	6,1	11,8
9.	$P_{40}K_{80}$	19,2	22,3	29,3	23,6	38,3	2,9	-	2,4	-
10.	$P_{40}K_{80}+N_{60}$	30,3	37,1	39,0	35,5	54,9	14,8	11,9	8,2	19,8
11.	$P_{40}K_{80}+N_{60}+N_{30}$	31,0	37,9	41,3	36,7	57,4	16,0	13,1	7,6	14,6
12.	$P_{40}K_{80}+N_{90}+N_{30}$	29,4	52,5	41,7	41,2	59,9	20,5	17,6	7,3	14,7
13.	$P_{20}K_{40}$	20,8	20,3	27,4	22,8	37,6	2,1	-	3,5	-
14.	$P_{20}K_{40}+N_{60}$	30,4	35,9	37,4	34,6	54,8	13,4	11,8	11,6	19,7
15.	$P_{20}K_{40}+N_{60}+N_{30}$	29,9	40,1	39,3	36,4	54,4	15,7	13,6	10,5	15,1
	НСР <sub>05</sub>	5,0	3,5	3,8	2,4	3,3				

Анализ данных химического состава зерна озимой ржи показывает, что наиболее динамичным показателем, подверженным влиянию удобрений, является содержание в нем азота.

Содержание азота в зерне озимой ржи изменялось в зависимости от доз азотных удобрений и погодных условий периода вегетации. Содержание общего азота по годам исследований в варианте без удобрений изменялось незначи-

тельно: от 1,39 в 1997 г. до 1,48% в 1998 г. Различия по годам в удобренных вариантах в зависимости от погодных условий были более существенными. Наиболее высокое содержание азота было установлено в 1997 г., который характеризовался температурными условиями и выпадением осадков более близкими к средним многолетним данным, чем 1998 г. и 1999 г. В среднем за три года содержание общего азота в зерне озимой ржи при увеличении доз азотных удобрений возрастало, достигая максимума 1,80-1,81% в вариантах с внесением N<sub>90</sub> (вариант 4) и N<sub>120</sub> (вариант 8,12) в два срока (90 кг/га д.в. весной при возобновлении вегетации растений и 30 кг/га д.в. в стадию начала трубкования). В оптимальном по урожайности варианте содержание азота по годам изменялось от 1,72 до 1,90% (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние минеральных удобрений на химический состав озимой ржи, % на сухое вещество (1997-1999 гг.)**

№ вар.	Вариант	Зерно					Солома				
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
1.	Без удобрений	1,42	0,48	0,49	0,06	0,12	0,38	0,41	1,00	0,23	0,11
2.	Послед. НКРС-фон	1,49	0,49	0,49	0,06	0,13	0,38	0,45	1,08	0,24	0,11
3.	P <sub>70</sub> +N <sub>60</sub> +N <sub>30</sub>	1,74	0,50	0,48	0,06	0,13	0,38	0,34	1,52	0,24	0,12
4.	K <sub>120</sub> +N <sub>60</sub> +N <sub>30</sub>	1,81	0,50	0,49	0,06	0,13	0,48	0,31	1,54	0,24	0,12
5.	P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	1,59	0,49	0,49	0,06	0,13	0,38	0,38	1,16	0,22	0,12
6.	P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> +N <sub>60</sub>	1,65	0,48	0,50	0,06	0,12	0,46	0,34	1,50	0,22	0,11
7.	P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> +N <sub>60</sub> +N <sub>30</sub>	1,77	0,50	0,48	0,06	0,13	0,38	0,34	1,58	0,21	0,12
8.	P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> +N <sub>90</sub> +N <sub>30</sub>	1,82	0,52	0,50	0,06	0,14	0,47	0,32	1,76	0,23	0,12
9.	P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	1,51	0,50	0,50	0,06	0,13	0,39	0,36	1,36	0,23	0,12
10.	P <sub>40</sub> K <sub>80</sub> +N <sub>60</sub>	1,73	0,49	0,50	0,06	0,13	0,34	0,34	1,44	0,22	0,11
11.	P <sub>40</sub> K <sub>80</sub> +N <sub>60</sub> +N <sub>30</sub>	1,76	0,48	0,48	0,06	0,13	0,54	0,32	1,60	0,23	0,11
12.	P <sub>40</sub> K <sub>80</sub> +N <sub>90</sub> +N <sub>30</sub>	1,80	0,51	0,50	0,06	0,14	0,49	0,30	1,76	0,24	0,12
13.	P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	1,64	0,50	0,49	0,06	0,14	0,36	0,44	1,24	0,23	0,12
14.	P <sub>20</sub> K <sub>40</sub> +N <sub>60</sub>	1,69	0,49	0,49	0,06	0,13	0,36	0,31	1,42	0,23	0,11
15.	P <sub>20</sub> K <sub>40</sub> +N <sub>60</sub> +N <sub>30</sub>	1,65	0,49	0,48	0,06	0,13	0,48	0,38	1,52	0,22	0,11
	НСП <sub>05</sub>	0,08	0,03	0,03	0,01	0,01	0,04	0,04	0,08	0,01	0,01

Содержание азота в соломе было значительно ниже, чем в зерне и в среднем за три года исследований оно составляло по вариантам опыта 0,36 -0,54%.

Содержание фосфора в зерне и соломе в зависимости от доз минеральных удобрений практически не изменялось. Содержание калия в зерне озимой ржи в основном зависело от погодных условий вегетационного периода. Так, во влажном 1998 г. оно было практически в два раза ниже, чем в 1997 г. и 1999 г.

В среднем за три года содержание калия в зерне не зависело от доз применяемых удобрений, а в соломе – достоверно увеличивалось при повышении доз азотных удобрений на всех фонах фосфорных и калийных удобрений. В оптимальном по урожайности зерна варианте (вариант 12) установлено следующее содержание элементов питания в зерне: азот – 1,80, фосфор – 0,51, калий – 0,50, CaO – 0,06 и MgO – 0,14%, соломе: азот – 0,49, фосфор – 0,30, калий – 1,76, CaO – 0,24 и MgO – 0,12%.

Вынос элементов питания определяется их концентрацией в основной и побочной продукциях, а также соотношением последних.

Согласно обобщенным данным, отношение зерна к соломе под влиянием удобрений меняется незначительно [5], что подтверждается также и нашими исследованиями. В исследованиях соотношение зерна к соломе наибольшее складывалось при дефицитном балансе с применением минимальной дозы азота (1,4), а при возрастающих дозах азота уменьшалось с 1,5 до 1,3. При положительном балансе этот показатель находился на одном уровне – 1,4.

Общий вынос элементов питания с одного гектара существенно варьировал как по годам исследований, так и от уровней минерального питания. Из минеральных удобрений наиболее значимым на вынос элементов питания было влияние возрастающих доз азота. Так, если в варианте без внесения минеральных удобрений растениями озимой ржи отчуждалось с одного гектара 31,6 кг азота, 17,3 кг – фосфора, 31,2 кг – калия, 6,4 кг кальция и 4,6 кг магния, то в удобренных вариантах эти величины возросли более, чем в два раза. В среднем при рекомендуемых дозах минеральных удобрений с одного гектара при урожайности зерна 41,2 ц/га растениями озимой ржи выносятся 88,4 кг азота, 33,1 кг фосфора, калия – 106,2 кг, кальция – 14,0 кг, магния – 10,8 кг/га.

Расчеты выноса элементов питания показали, что в зависимости от применяемой системы удобрения общий вынос азота изменялся от 43,2 до 88,4 кг/га, фосфора – 21,7-34,4, калия – 48,8-108,0, кальция – 8,6-14,0, магния – 6,4-10,8 кг/га. Рост доз NPK усиливал вынос элементов питания как из минеральных удобрений, так и из почвы.

Максимальный вынос азота, фосфора, калия, кальция и магния отмечается на вариантах с внесением дозы азота  $N_{120}$  на фоне фосфорных и калийных удобрений. Общий вынос элементов питания максимальный в вариантах с внесением азотных удобрений в два срока (весной при возобновлении вегетации растений и в стадию 2-го узла стеблевания) на фоне РК при применении систем удобрения с поддерживающим и положительными балансами компенсации выноса  $P_2O_5$  и  $K_2O$  с урожаем.

На основании данных химического состава озимой ржи нами рассчитан удельный вынос элементов питания с 1 т зерна и соответствующим количеством соломы. Удельный вынос азота изменялся в зависимости от доз азотных удобрений: при дозе  $N_{60}$  – 19-20 кг,  $N_{90}$  -20-22 кг,  $N_{120}$  -21-22 кг. В варианте, обеспечивающем максимальный урожай зерна озимой ржи ( $N_{90+30}P_{40}K_{80}$ ), вынос азота с 1 т зерна и соответствующим количеством соломы составил 21 кг. Удельный вынос фосфора, калия, кальция и магния был практически одинаков для всех изучаемых систем удобрения и в меньшей мере зависел от доз удобрений. При этом удельный вынос фосфора в оптимальном варианте (система удобрения с поддерживающим балансом компенсации выноса  $P_2O_5$  и  $K_2O$  с урожаем) составил 8 кг, калия – 26 кг.

Установлено, что в оптимальном по урожайности варианте  $N_{90+30}P_{40}K_{80}$  с 1 т основной продукции при соответствующем количестве побочной, озимая рожь выносит 21,0 кг азота, 8,0 – фосфора, 26,0 – калия, 3,4 кг кальция и 2,6 кг магния, что ниже методического удельного выноса фосфора (16 кг) [7].

Удельный вынос кальция и магния был достаточно близким по всем вариантам исследований – 3,3-3,8 и 2,5-2,8 кг соответственно (табл. 3). Удельный вынос элементов питания максимальный в вариантах с внесением азотных удобрений в два срока (весной при возобновлении вегетации растений и в стадию

2-го узла стеблевания) на фоне РК при применении систем удобрения с поддерживающим и положительными балансами компенсации выноса  $P_2O_5$  и  $K_2O$  с урожаем.

Таблица 3

**Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на вынос элементов питания**

№ вар.	Вариант	Удельный вынос, кг на 1 тонну зерна и соответствующее количество побочной продукции					Общий вынос, кг/га				
		N	$P_2O_5$	$K_2O$	CaO	MgO	N	$P_2O_5$	$K_2O$	CaO	MgO
1.	Без удобрений	17	9	17	3,4	2,5	31,6	17,3	31,2	6,4	4,6
2.	Послед. НКРС-фон	18	10	18	3,6	2,6	36,8	20,9	37,9	7,5	5,4
3.	$P_{70}+N_{60}+N_{30}$	19	8	22	3,4	2,5	75,4	32,1	85,0	13,0	9,8
4.	$K_{120}+N_{60}+N_{30}$	21	8	23	3,5	2,6	82,3	31,1	88,7	13,3	9,8
5.	$P_{70}K_{120}$	19	10	21	3,7	2,8	48,9	24,6	53,1	9,5	7,1
6.	$P_{70}K_{120}+N_{60}$	20	9	24	3,4	2,5	71,5	30,5	85,9	12,0	8,7
7.	$P_{70}K_{120}+N_{60}+N_{30}$	20	9	26	3,4	2,7	78,6	34,4	98,6	13,2	10,4
8.	$P_{70}K_{120}+N_{90}+N_{30}$	22	9	27	3,5	2,7	86,4	34,3	108,0	14,0	10,8
9.	$P_{40}K_{80}$	18	9	23	3,7	2,7	43,2	21,7	53,9	8,7	6,4
10.	$P_{40}K_{80}+N_{60}$	19	9	23	3,4	2,6	68,4	30,6	81,6	12,1	9,2
11.	$P_{40}K_{80}+N_{60}+N_{30}$	22	8	25	3,6	2,5	81,6	30,6	92,3	13,1	9,2
12.	$P_{40}K_{80}+N_{90}+N_{30}$	21	8	26	3,4	2,6	88,4	33,1	106,2	14,0	10,8
13.	$P_{20}K_{40}$	19	10	21	3,8	2,8	43,5	23,7	48,8	8,6	6,4
14.	$P_{20}K_{40}+N_{60}$	19	8	23	3,6	2,6	66,9	29,2	79,9	12,4	9,1
15.	$P_{20}K_{40}+N_{60}+N_{30}$	20	9	23	3,3	2,5	73,6	32,7	84,5	12,1	9,1

Коэффициент использования растениями элементов питания из почвы показывает долю его потребления от общего содержания подвижных форм этих элементов в пахотном слое. Проведенные нами расчеты в варианте без внесения минеральных удобрений, который характеризует потребление элементов питания из почвы, показали, что коэффициенты использования фосфора и калия озимой рожью из дерново-подзолистой супесчаной почвы составили соответственно 3,8 и 8,8%.

По разности выноса фосфора и калия в удобренных и неудобренных вариантах, отнесенного к применяемой дозе удобрения, рассчитывались коэффициенты использования этих элементов растениями озимой ржи из удобрений (табл. 4). В результате проведенных исследований установлено, что коэффициенты использования азота из удобрений в зависимости от применяемых доз изменялись незначительно, и, в зависимости от фонов фосфорных и калийных удобрений составляли 31-51%. На фоне  $P_{40}K_{80}$  при увеличении доз азотных удобрений от 60 до 120 кг/га д.в. коэффициент использования азота из удобрения уменьшался от 42 до 38%, т.е. только на 4%. По нашему мнению, это связано с тем, что увеличение доз азотных удобрений сопровождалось соответствующим приростом урожайности зерна озимой ржи.

Коэффициенты использования фосфора и калия из вносимых удобрений, наоборот, в значительной мере зависели от применяемых доз. Так, если при внесении фосфора в дозе 70 кг/га д.в. коэффициент использования фосфора из удобрения составлял 8-14%, то при дозе 40 кг/га д.в. он повышался до 22-28%, а при использовании  $P_{20}$  – до 27-45%. По сути 20 кг/га д.в. фосфорных удобрений

ний – это доза для локального внесения и коэффициент использования фосфора из удобрения на уровне 27-45% характеризует эффективность локального внесения этого вида удобрения. Следует отметить также, что на величину коэффициента использования фосфора из удобрений положительное влияние оказывало применение более высоких доз азота – от 60 до 120 кг/га д.в., особенно на фонах  $P_{40}K_{80}$  и  $P_{20}K_{40}$ , где коэффициент использования фосфора из удобрения составил соответственно 28 и 45%.

Таблица 4

**Влияние условий минерального питания на использование элементов питания из удобрений**

№ вар.	Вариант	Коэффициенты использования элементов питания из удобрений, %		
		N	$P_2O_5$	$K_2O$
1.	Без удобрений	-	-	-
2.	Послед. НКРС-фон	-	-	-
3.	$P_{70}+N_{60}+N_{30}$	43	16	-
4.	$K_{120}+N_{60}+N_{30}$	51	-	42
5.	$P_{70}K_{120}$	-	5	13
6.	$P_{70}K_{120}+N_{60}$	38	8	27
7.	$P_{70}K_{120}+N_{60}+N_{30}$	33	14	38
8.	$P_{70}K_{120}+N_{90}+N_{30}$	31	14	46
9.	$P_{40}K_{80}$	-	2	20
10.	$P_{40}K_{80}+N_{60}$	42	22	35
11.	$P_{40}K_{80}+N_{60}+N_{30}$	43	22	48
12.	$P_{40}K_{80}+N_{90}+N_{30}$	38	28	65
13.	$P_{20}K_{40}$	-	14	27
14.	$P_{20}K_{40}+N_{60}$	39	27	77
15.	$P_{20}K_{40}+N_{60}+N_{30}$	33	45	89

Аналогичная зависимость отмечалась и в исследованиях с оценкой эффективности использования калия из удобрений. Более низкая величина этого показателя – 27-46% была установлена при внесении калия в дозе 120 кг/га д.в. При оптимальной в опыте дозе  $K_{80}$  величина коэффициента использования этого элемента увеличивалась до 35-65%, а при дозе  $K_{40}$  он возрастал до 77-89%.

В оптимальном по полученной урожайности варианте  $N_{90+30}P_{40}K_{80}$  использование азота из удобрений составило 38%, фосфора – 28%, калия – 65%, что свидетельствует о достаточно высокой эффективности рекомендуемых доз минеральных удобрений – система удобрения с поддерживающим балансом компенсации выноса  $P_2O_5$  и  $K_2O$  с урожаем.

**ВЫВОДЫ**

Таким образом, на дерново-подзолистой супесчаной, контактно-оглеенной связносупесчаной, развивающейся на связной водно-ледниковой супеси, подстилаемой с глубины 30 см песком, а с глубины 145 см моренным суглинком, почве, оптимальная урожайность зерна озимой ржи 41,2 ц/га высокого качества

(содержание белка 9,1%) формировалась при применении системы удобрения с поддерживающим балансом компенсации выноса  $P_2O_5$  и  $K_2O$  с урожаем при дозах  $N_{90}+N_{30}P_{40}K_{80}$ .

При применении оптимальных доз минеральных удобрений удельный вынос азота с 1 тонной зерна и соответствующим количестве побочной продукции составлял 21, фосфора – 8, калия – 26, кальция – 3,4, магния – 2,6 кг. Коэффициенты использования фосфора из почвы составляли 3,8%, калия – 8,8%, из минеральных удобрений – азота – 38, фосфора – 28, калия – 65%.

### ЛИТЕРАТУРА

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

2. Вынос и коэффициенты использования элементов питания в севообороте на дерново-подзолистой супесчаной почве / Н.Н. Ивахненко [и др.] // Почвы и их плодородие на рубеже столетий : материалы II съезда Белорус. о-ва почвоведов, Минск, 25-29 июня 2001 г. / Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии ; ред. И.М. Богдевич [и др.]. – Минск, 2001. – Кн. 2: Актуальные проблемы плодородия почв в современных условиях. – С. 122-125.

3. Шаковец, О.Е. Влияние доз минеральных удобрений на использование элементов питания овсом на дерново-подзолистой супесчаной почве / О.Е. Шаковец // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2002. – Вып. 32. – С. 156-161.

4. Лапа, В.В. Влияние азотных удобрений на урожай овса и вынос элементов питания / В.В.Лапа, В.Н.Босак, Е.М.Лимантова, Т.М.Германович // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 1999. – Вып. 30. – С. 89-95.

5. Детковская, Л.П. Вынос элементов питания урожаем зерновых культур // Л.П.Детковская, Н.Н.Ивахненко, Ю.В.Цеханович, М.Ф.Коваленок // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 1986. – Вып. 22. – С. 106-111.

6. Методика разработки нормативных показателей выноса и коэффициентов использования питательных веществ сельскохозяйственными культурами из минеральных удобрений и почвы: метод. указания / ЦИНАО. – М., 1982. – 56 с.

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

## REMOVAL AND COEFFICIENTS OF NUTRIENTS USE OF WINTER RYE BY VARIOUS FERTILIZER SYSTEMS

O.E. Shakovets

### Summary

The three-year data on influence of various winter rye fertilizer systems on indexes of total and specific removal and coefficients of nutrients use of soil and fertilizer are given.

*Поступила 13 ноября 2009 г.*

УДК УДК 631.84:633.11:631.445.2

## **ВЛИЯНИЕ ЖИДКИХ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА НАКОПЛЕНИЕ МЕДИ В РАСТЕНИЯХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ**

**Г.В. Пироговская<sup>1</sup>, А.Г. Ганусевич<sup>2</sup>, Е.В. Овчинников<sup>2</sup>**

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

*<sup>2</sup>Гродненский государственный аграрный университет, г. Гродно, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Необходимость применения микроудобрений обусловлена недостаточным содержанием подвижных форм ряда микроэлементов в почвах Республики Беларусь. Интенсивное применение минеральных удобрений требует необходимый минимум микроэлементов в почве [1].

Пшеница характеризуется высокой отзывчивостью на применение медных и марганцевых микроудобрений. Использование сернокислых солей меди и марганца (при pH более 6,0) в некорневые подкормки является обязательным элементом интенсивной технологии возделывания зерновых культур, что обеспечивает повышение их урожайности и улучшение качества зерна [2].

Общеизвестно, что при недостатке меди у зерновых культур появляется побеление и подсыхание верхушек молодых листьев, растения приобретают светло-зелёную окраску, колошение задерживается. Иногда при сильном медном голодании растения обильно кустятся и часто продолжают образовывать новые побеги после полного засыхания верхушек. Различные сельскохозяйственные культуры обладают неодинаковой чувствительностью к недостатку меди. Растения можно распределить в следующем порядке по убывающей отзывчивости на медь: пшеница, ячмень, овёс, кукуруза. Сортные особенности зерновых культур в пределах одного и того же вида имеют большое значение и существенно влияют на степень проявления симптомов медной недостаточности. Например, в 16 сортах пшеницы, возделываемой на одной и той же почве, содержание меди изменялось от 5,6 до 16,7 мг/кг сухой массы. Медь участвует в углеводном, белковом обмене в растениях и повышает активность ферментов, синтез белков, углеводов и жиров [3].

Зерновые культуры наиболее чувствительны и к недостатку марганца, особенно озимые и яровые культуры, а также кукуруза и рапс. Признаком недостатка марганца является бурая и серая пятнистость листьев у злаков, в растениях накапливается избыток железа и они заболевают хлорозом. Марганцевая недостаточность обостряется при низкой температуре и высокой влажности. Марганец участвует в обмене веществ, синтезе органических веществ и витаминов, фотосинтезе, принимает участие в важнейших процессах, происходящих в растениях [2, 3, 4].

Известно также, что применение азотных удобрений на фоне фосфорно-калийных, микроэлементов и регуляторов роста растений или биологически активных веществ положительно сказывается на урожайности и качестве зерна пшеницы [5].

В последние годы в зарубежной [6, 7, 8] и отечественной [9, 10] практике широко используются в сельскохозяйственном производстве азотсодержащие растворы типа КАС, в том числе и медленнодействующие их формы. Опыт применения азотсодержащих растворов типа КАС показывает, что его можно совмещать с микроэлементами, регуляторами роста растений и средствами защиты [11]. Эффективность КАС такая же, как и других видов твёрдых и жидких азотных удобрений. КАС можно применять под все сельскохозяйственные культуры в качестве как основного удобрения, так и в виде подкормок, но наиболее целесообразно их применение под зерновые культуры, в том числе под яровую пшеницу [9].

Микроэлементный состав сельскохозяйственной продукции – важный показатель ее биологической ценности. Отклонения содержания микроэлементов от оптимального в сторону уменьшения или увеличения имеют прямое отношение к проблеме здоровья человека и животных. В этой связи особенно актуально изучение экологических последствий применения микроудобрений на почвах различной степени их обеспеченности, что позволяет оценить степень их накопления основной и побочной продукцией возделываемых сельскохозяйственных культур.

Целью исследований заключалась в оценке влияния жидких азотных удобрений с добавками микроэлементов (меди, или совместно меди и марганца) и биологически активных веществ на накопление микроэлементов в растениях яровой пшеницы сорта Рассвет в период вегетации (кущение, колошение, полная спелость).

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по оценке накопления содержания меди в продукции яровой пшеницы в зависимости от доз и форм жидких азотных удобрений с добавками микроэлементов и биологически активных веществ проводили в 2006-2008 гг. в полевых опытах на дерново-подзолистой суглинистой, развивающейся на легких суглинках, подстилаемых с глубины 0,50-0,55 м мореными суглинками почвы: в 2006 г. – на сортоиспытательном участке УО «ГГАУ» (д. Грандичи), в 2007-2008 гг. – на производственном участке «Лапенки», УО «Путришки» Гродненского района, Гродненской области. Площадь делянок в полевых опытах составляла – 48 м<sup>2</sup> (2006 г.), 36 м<sup>2</sup> (2007 г.) и 39 м<sup>2</sup> (2008 г.), учётная площадь делянок – 35, 25 и 30 м<sup>2</sup> соответственно, повторность вариантов во все годы исследований была 4-кратная.

Исследования проводили на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с высокими агрохимическими показателями: рН в КСl в пахотном горизонте – 6,2-6,5, подвижного Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> – 305-400 и К<sub>2</sub>О – 275-346 мг/кг почвы (по Кирсанову), гумуса – 2,52-2,90%, со средним и высоким содержанием подвижной меди (в 2006 г. – 2,4- 2,5 мг/кг и в 2007-2008 гг. – 3,3-4,1 мг/кг почвы – вытяжка 1,0 М НС1) и низкой обеспеченностью марганцем (содержание марганца в 2006-2008 гг. – 0,71-0,74 мг/кг почвы (вытяжка – 1,0 М КСl), или от 2,6 до 6 мг/кг почвы (вытяжка 0,1 М Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

В исследованиях при возделывании яровой пшеницы применяли следующие азотные удобрения: КАС стандартный (ст), КАС с добавками микроэлементов (меди, марганца или совместно меди и марганца) и КАС с добавками микроэле-



ментов и регуляторов роста растений («Эпин» или «Гидрогумат»). КАС стандартный вносился в один приём, в дозах –  $N_{60}$  и  $N_{90}$  (в предпосевную культивацию) и дробно  $N_{90}$  ( $N_{60}$  – в основное внесение +  $N_{30}$  – в стадию первого узла) и  $N_{120}$  ( $N_{90}$  – в основное внесение +  $N_{30}$  – в стадию первого узла); КАС с модифицирующими добавками, соответственно, в один приём ( $N_{90}$ ) и дробно ( $N_{60+30}$ ).

С жидкими азотными удобрениями при дозе внесения  $N_{90}$  вносилось меди: с КАС с  $Cu_1$  – 0,6 кг/га, КАС с  $Cu_2$  – 1,2 и КАС с  $Cu_3$  – 0,45 кг/га, соответственно марганца с КАС с  $Mn_1$  – 0,3 и КАС с  $Mn_2$  – 0,6 кг/га.

Эффективность жидких азотных удобрений испытывалась на фоне внесения фосфорных (аммонизированный суперфосфат) и калийных (гранулированный хлористый калий) удобрений в дозе  $P_{60}K_{120}$ .

В опытах высевали среднеспелый сорт яровой пшеницы Рассвет (ГЗНИИХ), репродукция – суперэлита. С 2004 г. сорт является стандартом в Госсортоиспытаниях в Республике Беларусь.

Исследования по изучению действия новых форм азотных удобрений с модифицирующими добавками на накопление меди в растениях яровой пшеницы (в корневых и пожнивных остатках, стеблях, колосьях, соломе и зерне) проводились в фазу кущения (2007-2008 гг.), колошения и полной спелости (2006-2008 гг.).

Закладку и проведение полевых опытов, статистическую обработку результатов исследований проводили в соответствии с методическими указаниями по закладке полевых опытов и использованием программ дисперсионного и корреляционного анализа на ЭВМ [12], анализ почв и растений – по общепринятым методикам [13].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка эффективности жидких азотных удобрений с модифицирующими добавками проводилась на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в годы с различными погодными условиями. Так, по данным агрометеорологической станции г. Гродно в 2006 г. за вегетационный период возделывания яровой пшеницы (апрель-август) гидротермический коэффициент изменялся в пределах от 0,92 до 2,83, июль был очень засушливый (ГТК=0,17), август очень влажный (ГТК=2,83). Сумма активных температур за период вегетации (28.04.-26.08.2006) составила 2230°C. Гидротермический коэффициент в среднем за вегетационный период был равен 1,28.

В 2007 г. погодные условия в апреле, мае и июне несущественно различались с 2006 г., при этом июль был очень влажный, август – засушливый. Гидротермический коэффициент изменялся в пределах от 0,43 до 2,37, а в среднем за вегетационный период – 1,19, сумма активных температур – 2329,2°C.

Погодные условия 2008 г. различались с 2006 и 2007 гг. Гидротермический коэффициент изменялся в пределах от 0,90 (июнь) до 2,34 (май), а в среднем за апрель-август составил 1,53, сумма активных температур – 2249,8 °C.

В результате проведённых исследований на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве не установлено четкой зависимости изменения содержания меди в корневых и пожнивных остатках яровой пшеницы в зависимости от доз ( $N_{60}$ ,  $N_{90}$  и  $N_{120}$  ( $90 + 30$ ) кг/га д.в.) азотного удобрения КАС. При разных уровнях внесения азота в форме КАС стандартного содержание меди в корневых и пожнив-

ных остатках яровой пшеницы изменялось в пределах: в фазу кущения от 2,64 до 2,86 мг/кг, в фазу колошения – от 2,83 до 2,97 и полной спелости – от 2,61 до 2,72 мг/кг (среднее за 2007-2008 гг.), таблица 1.

Таблица 1

**Содержание меди в корневых и пожнивных остатках  
яровой пшеницы при внесении  
азотного удобрения КАС, 2006-2008 гг.**

Варианты	Содержание Cu, мг/кг (сухое вещество)										
	кущение			колошение				полная спелость			
	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года*	200 г.	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года*	2006 г.	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года*
1. Контроль без удобрений	2,16	3,13	<b>2,64</b>	1,95	2,49	3,16	<b>2,83</b>	1,86	2,21	3,01	<b>2,61</b>
2. N <sub>10,7</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> (фон)	2,10	3,57	<b>2,84</b>	2,02	2,41	3,40	<b>2,91</b>	1,88	2,27	3,13	<b>2,70</b>
3. N <sub>60</sub> КАС ст + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,12	3,60	<b>2,86</b>	2,05	2,49	3,30	<b>2,90</b>	1,93	2,25	3,18	<b>2,72</b>
4. N <sub>90</sub> КАС ст + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,16	3,29	<b>2,72</b>	1,97	2,60	3,33	<b>2,97</b>	2,00	2,27	3,16	<b>2,72</b>
5. N <sub>120</sub> (90 + 30) КАС ст + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,20	3,33	<b>2,76</b>	-	2,53	3,28	<b>2,91</b>	-	2,24	3,20	<b>2,72</b>
НСП <sub>05</sub>	0,18	0,27	0,25	0,11	0,22	0,21	0,24	0,09	0,17	0,13	0,12

\* среднее за два года исследований (2007-2008 гг.)

Отмечена тенденция увеличения (2007 г.) или сохранения на одном уровне (2008 г.) содержания меди в корневых и пожнивных остатках яровой пшеницы от фазы кущения к фазе колошения, и снижение ее содержания к фазе полной спелости.

Результаты исследований показали, что на содержании меди в корневых и пожнивных остатках в большей степени сказывается влияние погодных условий, накопление биомассы и урожайность культуры. Например, биомасса корневых и пожнивных остатков в фазу колошения в зависимости от вариантов опыта изменялась в 2006 г. в пределах от 8,0 до 9,5 ц/га, 2007 г. – от 24,4 до 26,0 и 2008 г. – 27,2-28,7 ц/га, а в фазу полной спелости – 12,6-14,4, 40,0-41,2 и 40,4-44,7 ц/га, соответственно. Урожайность зерна в указанных вариантах в 2006 г. изменялась от 16,7 до 21,4 ц/га, в 2007 г. – от 47,8 до 56,1 и в 2008 г. – 37,9-80,1 ц/га.

Установлено, что при повышении дозы азота с 60 до 90 кг/га д.в. прослеживается незначительная тенденция к увеличению содержания меди (увеличение недостоверное) в зеленой массе (кущение), стеблях (колошение) и колосьях (колошение). При дальнейшем увеличении дозы азота до 120 кг/га д.в. содержание меди во все фазы развития растений яровой пшеницы остается на уровне дозы азота 90 кг/га д.в. (табл. 2).

В процессе вегетации растений яровой пшеницы от фазы кущения до фазы колошения обнаруживается снижение содержания меди в стеблях на 0,80-0,84 (среднее за 2007-2008 гг.) мг/кг в зависимости от вариантов опыта.

Таблица 2

**Содержания меди в растениях яровой пшеницы  
(зеленая масса, стебли, колосья)  
при внесении азотного удобрения КАС, 2006-2008 гг.**

Варианты	Содержание Cu, мг/кг (сухое вещество)										
	кущение (зеленая масса)			колошение (стебли)				колошение (колосья)			
	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года	2006 г.	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года*	2006 г.	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года*
1. Контроль без удобрений	2,71	3,01	<b>2,86</b>	1,76	1,92	2,16	<b>2,04</b>	0,88	1,54	1,77	<b>1,66</b>
2. N <sub>10,7</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> (фон)	2,62	3,04	<b>2,83</b>	1,69	1,95	2,11	<b>2,03</b>	0,82	1,33	1,72	<b>1,53</b>
3. N <sub>60</sub> КАС ст + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,66	3,05	<b>2,85</b>	1,74	1,88	2,15	<b>2,02</b>	0,85	1,55	1,86	<b>1,71</b>
4. N <sub>90</sub> КАС ст+ P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,72	3,08	<b>2,90</b>	1,75	1,92	2,19	<b>2,06</b>	0,91	1,62	1,88	<b>1,75</b>
5. N <sub>120 (90+30)</sub> КАС ст + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,70	3,08	<b>2,89</b>	-	1,99	2,15	<b>2,07</b>	-	1,60	1,89	<b>1,75</b>
НСР <sub>05</sub>	0,11	0,05	0,08	0,05	0,06	0,10	0,11	0,11	0,13	0,14	0,11

\* среднее за два года исследований (2007-2008 гг.)

Данные по содержанию меди в соломе и зерне яровой пшеницы при внесении различных доз жидких азотных удобрений КАС представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Содержание меди в соломе и зерне яровой пшеницы  
при внесении азотного удобрения КАС,  
2006-2008 гг.**

Варианты	Содержание Cu, мг/кг (сухое вещество)							
	полная спелость (солома)				полная спелость (зерно)			
	2006 г.	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года*	2006 г.	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года*
1. Контроль без удобрений	1,63	2,00	2,00	<b>2,00</b>	1,39	1,55	1,79	<b>1,67</b>
2. N <sub>10,7</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> (фон)	1,66	2,02	2,03	<b>2,03</b>	1,40	1,59	1,95	<b>1,77</b>
3. N <sub>60</sub> КАС ст + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	1,69	2,11	2,13	<b>2,12</b>	1,44	1,60	1,84	<b>1,72</b>
4. N <sub>90</sub> КАС ст + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	1,68	2,13	2,16	<b>2,15</b>	1,44	1,62	1,88	<b>1,75</b>
5. N <sub>120 (90+30)</sub> КАС ст + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	-	2,09	2,11	<b>2,10</b>	-	1,67	1,80	<b>1,74</b>
НСР <sub>05</sub>	0,04	0,08	0,09	0,06	0,06	0,06	0,14	0,11

\* среднее за два года исследований (2007-2008 гг.)

Не выявлено существенных различий по изменению содержания меди в соломе и зерне яровой пшеницы в зависимости от доз азотного удобрения КАС. Содержание меди в соломе в 2007 и 2008 гг. находилось в близких пределах (2007 г. – от 2,00 до 2,13 и в 2008 г. – 2,00-2,16 мг/кг), а в 2006 г. этот показатель был значительно ниже (от 1,63 до 1,69 мг/кг сухого вещества).

Содержание меди в зерне также в большей степени изменялось в зависимости от года исследований и максимальное ее содержание в зерне отмечалось в 2008 г. В 2006 г. во всех вариантах опыта содержание меди в зерне значительно повышалось (в 1,58-1,71 раз), по сравнению с содержанием меди в колосьях, а в 2007-2008 гг. находилось в близких пределах.

В исследованиях изучалось влияние форм и способов внесения жидких азотных удобрений КАС с добавками микроэлементов и биологически активных веществ (основное –  $N_{90} + P_{60}K_{120}$  и дробное –  $N_{60+30} + P_{60}K_{120}$ ) на содержание меди в частях растений яровой пшеницы по фазам вегетации.

В фазу кущения при основном внесении азота  $N_{90}$  на фоне  $P_{60}K_{120}$  содержание меди в корневых и пожнивных остатках в зависимости от вариантов опыта изменялось в пределах от 2,56 до 2,93 мг/кг (среднее за 2007-2008 гг.), соответственно при дробном внесении азота ( $N_{60+30}$ ) – от 2,62 до 2,81 мг/кг (табл. 4).

В фазу колошения среднее содержание меди в корневых и пожнивных остатках (в среднем за три года) при основном внесении азота изменялось от 2,50 до 2,70 мг/кг, а при дробном – от 2,47 до 2,61 мг/кг. В целом отмечено при основном внесении азота увеличение содержания меди на 0,01-0,34 мг/кг (по данным 2007-2008 гг.) по отношению к фазе кущения, за исключением варианта со снижением меди на 0,21 мг/кг, где КАС применялся с медью, марганцем и регулятором роста растений «Гидрогумат». При дробном внесении азота во всех вариантах опыта отмечено также увеличение к фазе колошения содержания меди на 0,01-0,21 мг/кг в зависимости от форм вносимых удобрений и снижение (на 0,02 мг/кг) в варианте, где вносился КАС с медью и регулятором роста растений «Гидрогумат».

В фазу полной спелости среднее содержание меди в корневых и пожнивных остатках осталось на уровне фазы колошения и изменялось при основном внесении от 2,39 до 2,60 мг/кг, при дробном внесении азота – от 2,40 до 2,61 мг/кг.

Следует отметить, что новые формы азотных удобрений к фазе полной спелости способствовали увеличению содержания меди в корневых и пожнивных остатках яровой пшеницы как при основном (2,52-2,60 мг/кг), так и при дробном внесении азота (2,51-2,61 мг/кг), по сравнению с базовым вариантом – КАС стандартный (2,46 и 2,40 мг/кг). При этом максимальное накопление меди в корневых остатках как при основном, так и дробном внесении азота наблюдалось при внесении КАС с  $Cu_1$  (2,60 и 2,55 мг/кг) и КАС с  $Cu_1$  и регулятором роста растений «Эпин» (2,56 и 2,61 мг/кг).

В таблице 5 приведены данные о влиянии различных форм КАС с модифицирующими добавками на содержание меди в растениях яровой пшеницы по фазам развития, при основной и дробной форме внесения азота.

При основном внесении азота в фазу кущения в базовом варианте средний показатель содержания меди в зеленой массе был равен 2,87 мг/кг. Характерно, что во всех других вариантах с новыми формами жидких азотных удобрений содержание меди было примерно на уровне базового варианта.

Таблица 4

**Влияние КАС с модифицирующими добавками на содержание меди в корневых и пожнивных остатках яровой пшеницы, 2006-2008 гг.**

Варианты	Содержание Cu, мг/кг																					
	Основное внесение азота									Дробное внесение азота												
	кущение			полная спелость			кущение			полная спелость			кущение			полная спелость						
	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	среднее за 3 года			
Контроль без удобрений	2,16	3,13	2,64	1,95	2,49	3,16	2,53	1,96	2,21	3,01	2,39	2,08	2,27	3,13	2,42	-	-	-	-	-		
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> (фон)	2,10	3,24	2,67	2,02	2,41	3,40	2,61	1,88	2,27	3,13	2,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
N <sub>90</sub> (КАС ст) + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + некорневые подкормки Cu и Mn – базовый вариант	2,15	3,26	2,70	1,99	2,44	3,25	2,56	1,93	2,29	3,18	2,46	2,13	3,14	2,62	1,88	2,34	3,20	2,47	1,90	2,40		
Фон + N <sub>90</sub> КАС с Cu <sub>1</sub> + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,03	3,10	2,56	2,05	2,49	3,25	2,59	2,06	2,43	3,33	2,60	2,23	3,17	2,70	2,02	2,39	3,42	2,61	2,09	2,55		
Фон + N <sub>90</sub> КАС с Cu <sub>2</sub> + регулятор роста растений "гидроумат" + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,22	3,19	2,70	2,03	2,41	3,16	2,53	2,00	2,41	3,16	2,52	2,20	3,30	2,75	2,11	2,20	3,25	2,52	2,05	2,27	2,51	
Фон + N <sub>90</sub> КАС с Cu <sub>3</sub> + Mn <sub>1</sub> + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,17	3,15	2,66	2,11	2,69	3,30	2,70	2,03	2,37	3,22	2,54	2,16	3,33	2,74	2,06	2,34	3,33	2,57	2,08	2,41	2,55	
Фон + N <sub>90</sub> КАС с Cu <sub>3</sub> +Mn <sub>1</sub> + регулятор роста растений "гидроумат" + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,26	3,60	2,93	2,08	2,32	3,12	2,50	2,09	2,39	3,16	2,54	2,24	3,21	2,72	2,00	2,37	3,20	2,52	2,10	2,43	2,52	
Фон + N <sub>90</sub> КАС с Mn <sub>1</sub> + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,33	3,22	2,77	-	2,40	3,16	-	-	2,33	3,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Фон + N <sub>90</sub> КАС с Cu <sub>3</sub> и регулятор роста растений "Эпин" + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,21	3,17	2,69	2,13	2,43	3,21	2,59	2,06	2,36	3,28	2,56	2,26	3,36	2,81	2,03	2,40	3,24	2,55	2,14	2,40	3,30	2,61
Фон + N <sub>90</sub> КАС с Cu <sub>3</sub> +Mn <sub>1</sub> + регулятор роста растений "Эпин" + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,19	3,28	2,72	2,05	2,34	3,17	2,52	2,11	2,37	3,15	2,54	2,17	3,34	2,75	2,10	2,41	3,27	2,59	2,09	2,38	3,18	2,55
НСР <sub>05</sub>	0,15	0,19	0,22	0,10	0,09	0,06	0,16	0,12	0,29	0,17	0,11	0,14	0,13	0,16	0,11	0,15	0,20	0,17	0,13	0,11	0,10	0,19

Таблица 5

**Влияние КАС с модифицирующими добавками на содержание меди в растениях  
(зеленая масса, стебли, солома) яровой пшеницы, 2006-2008 гг.**

Варианты	Содержание Cu, мг/кг																	
	Основное внесение азота						Дробное внесение азота						Содержание Cu, мг/кг					
	кущение (зеленая масса)		колошение (стебли)		полная спелость (солома)		кущение (зеленая масса)		колошение (стебли)		полная спелость (солома)		кущение (зеленая масса)		колошение (стебли)		полная спелость (солома)	
2007 г.	2008 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	
Контроль без удобрений	2,71	3,01	2,86	1,76	1,92	1,94	1,63	2,00	1,87	2,00	2,00	1,87	2,00	1,87	2,00	2,00	1,87	2,00
N <sub>107</sub> , P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> (фон)	2,62	3,04	2,83	1,69	1,95	1,91	1,66	2,02	1,90	2,03	2,03	1,90	2,03	1,90	2,03	2,03	1,90	2,03
-N <sub>90</sub> (КАС ст) + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + некорневые подкормки Cu и Mn – базовый вариант	<b>2,75</b>	<b>3,00</b>	<b>2,87</b>	<b>1,63</b>	<b>1,93</b>	<b>1,93</b>	<b>1,68</b>	<b>1,97</b>	<b>1,88</b>	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>	<b>1,88</b>	<b>2,00</b>	<b>1,88</b>	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>	<b>1,88</b>	<b>2,00</b>
Фон + N <sub>90</sub> КАС с Cu <sub>1</sub> + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,66	3,08	<b>2,87</b>	1,74	1,89	2,09	1,66	1,89	1,89	2,13	2,13	1,89	2,13	1,89	2,13	2,13	1,89	2,13
Фон + N <sub>90</sub> КАС с Cu <sub>3</sub> + регулятор роста растений "гидроумат" + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,72	3,01	<b>2,86</b>	1,77	1,88	2,19	1,64	1,92	1,89	2,11	2,11	1,89	2,11	1,89	2,11	2,11	1,89	2,11
Фон + N <sub>90</sub> КАС с Cu <sub>3</sub> +Mn <sub>1</sub> + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,74	3,05	<b>2,89</b>	1,80	1,95	2,15	1,62	2,00	1,92	2,16	2,16	1,92	2,16	1,92	2,16	2,16	1,92	2,16
Фон + N <sub>90</sub> КАС с Cu <sub>3</sub> +Mn <sub>1</sub> + регулятор роста растений "гидроумат" + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,81	3,03	<b>2,92</b>	1,86	1,97	2,19	1,65	2,00	1,94	2,18	2,18	1,94	2,18	1,94	2,18	2,18	1,94	2,18
Фон + N <sub>90</sub> КАС с Mn <sub>1</sub> + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,35	3,04	<b>2,69</b>	-	1,99	2,21	-	1,94	2,10	2,10	2,10	-	2,10	-	2,10	2,10	-	2,10
Фон + N <sub>90</sub> КАС с Cu <sub>3</sub> и регулятор роста растений "Эпин" + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,58	3,04	<b>2,81</b>	1,82	2,00	2,20	1,70	1,97	1,95	2,20	2,20	1,95	2,20	1,95	2,20	2,20	1,95	2,20
Фон + N <sub>90</sub> КАС с Cu <sub>3</sub> +Mn <sub>1</sub> + регулятор роста растений "Эпин" + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,66	2,99	<b>2,82</b>	1,76	1,93	2,14	1,69	2,02	1,95	2,14	2,14	1,95	2,14	1,95	2,14	2,14	1,95	2,14
НСР <sub>05</sub>	0,10	0,11	0,22	0,12	0,11	0,15	0,06	0,07	0,14	0,11	0,11	0,14	0,11	0,14	0,11	0,11	0,14	0,11

В фазу колошения в стеблях и фазу полной спелости в соломе содержание меди в вариантах с использованием жидких азотных удобрений с модифицирующими добавками было выше, чем в базовых вариантах. Более высокое содержание меди в соломе при основном внесении азота было в вариантах с внесением КАС с медью и регулятором роста растений «Эпин» (1,95 мг/кг) и КАС с медью, марганцем и регулятором роста растений Гидрогумат или Эпин (1,94-1,95 мг/кг), при ее наличии в базовом варианте 1,88 мг/кг. Аналогичные закономерности по содержанию меди в зеленой массе, стеблях и соломе в зависимости от форм вносимых жидких азотных удобрений с модифицирующими добавками, наблюдались и при дробном внесении азота. Наибольшее содержание меди в соломе было отмечено в вариантах, где КАС применялся с медью, или медью и марганцем (1,94 мг/кг) и КАС с медью марганцем и регулятором роста растений «Эпин» (1,95 мг/кг), табл. 5.

Сравнительная оценка содержания меди в растениях яровой пшеницы на одном уровне минерального питания при разных способах внесения азотных удобрений свидетельствует, что значительное снижение содержания меди в растениях яровой пшеницы происходит от фазы кущения к фазе полной спелости.

Данные, представленные на рис. 1, свидетельствуют, что при основном внесении азота  $N_{90}$  кг/га д.в. в вариантах с новыми формами азотных удобрений с модифицирующими добавками содержание меди в колосьях выше на 0,05-0,11 мг/кг, а в зерне – на 0,01-0,08 мг/кг, чем в базовом варианте (вар.3).

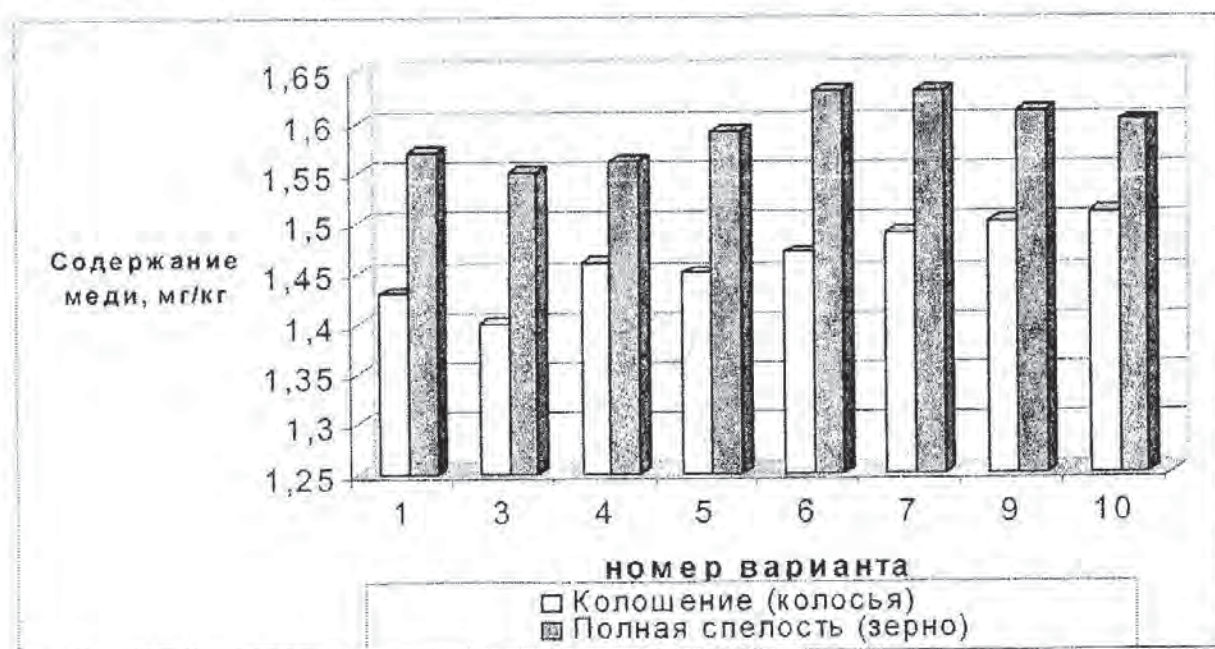


Рис. 1. Содержание меди в колосьях (колошение) и зерне (полная спелость) яровой пшеницы при основном внесении азота, мг/кг (сухое вещество), 2006-2008 гг.

- 1 – Контроль без удобрений
- 3 – Фон +  $N_{90}$  (кас ст) + некорневые подкормки Cu и Mn
- 4 – Фон +  $N_{90}$  КАС с Cu1
- 5 – Фон +  $N_{90}$  КАС с Cu3+ регулятор роста растений Гидрогумат
- 6 – Фон +  $N_{90}$  КАС с Cu3+Mn1
- 7 – Фон +  $N_{90}$  КАС с Cu3+Mn1 + регулятор роста растений Гидрогумат
- 9 – Фон +  $N_{90}$  КАС с Cu3 и регулятор роста растений Эпин
- 10 – Фон +  $N_{90}$  КАС с Cu3+Mn1 + регулятор роста растений Эпин

Аналогичная тенденция наблюдалась и при дробном внесении азота  $N_{60+30}$  кг/га д.в. Это свидетельствует о том, что в процессе созревания пшеницы идёт накопление меди в колосьях и зерне. Максимальное накопление меди в зерне яровой пшеницы отмечено в вариантах с внесением КАС с  $Cu_1+Mn_1$  (вар.6) и КАС с микроэлементами и регуляторами роста растений «Гидрогумат» или «Эпин» (вар. 5, 7, 9, 10).

Так как яровая пшеница возделывалась на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с высокой обеспеченностью медью и низкой обеспеченностью марганцем, то нами оценивалась возможность использования соломы на корм животных, а зерна – на продовольственные цели.

Существуют различные мнения относительно фоновых (нормальных) концентраций элементов в растениеводческой продукции. Например, согласно N.E. Bassaw и A. Thorman (цит. по В.Г. Минееву [14]), нормальным содержанием меди в продукции считают от 2 до 12 мг/кг сухого вещества со средним выносом растениями в год от 30 до 150 г/га; по С. Мэлстэду (цит. по В.Б. Ильину [15]) – нормальное содержание меди (для разных растений) – 3-40, предположительно максимальное – 150 мг/кг сухого веществ; по А. Котиньи (цит. по В.Б. Ильину [15]) – содержание меди для трав (райграс) дефицитное – меньше 5, нормальное – 6-15, и токсичное – больше 20 мг/кг сухого вещества. В Республике Беларусь оценка качества растениеводческой продукции, в том числе по меди, проводится по существующим нормативам их содержания в продукции разного целевого назначения. Временный максимально допустимый уровень (МДУ) по меди в кормах для сельскохозяйственных животных составляет в зерне и зернофураже – 30, в грубых и сочных кормах – 30 мг/кг корма. Оптимальное содержание меди в кормах составляет 5-12 мг/кг сухой массы [16].

Нормы содержания меди в продуктах питания более жесткие, чем в кормах и, согласно медико-биологическим требованиям СанПиН 11 – 63 РБ-98, зерно, в т.ч. пшеница, рожь, тритикале, овес, ячмень, просо, кукуруза, рис, сорго, на продовольственные цели должно содержать не более 10 мг/кг меди (допустимый уровень) [17].

Данные таблицы 6 свидетельствуют, что содержание меди в корневых и пожнивных остатках самое высокое, по сравнению с ее содержанием в соломе и зерне яровой пшеницы. Это свидетельствует о том, что корневые остатки являются биологическим барьером для снижения фитотоксичности меди.

Содержание меди в зерне яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с высокой обеспеченностью медью, во всех вариантах с удобрениями, не превышало 2 мг/кг при допустимом уровне не более 10 мг/кг, в соломе – не более 2, т.е. не превышает допустимых значений. Следовательно, данное зерно может использоваться для продовольственных целей, а также в качестве корма для животных.

В последние годы особенно важное значение в интенсивных технологиях возделывания зерновых культур приобретает применение хелатных соединений микроэлементов и жидких комплексных удобрений с хелатными формами микроэлементов при некорневых подкормках растений по вегетации.

Влияние жидких комплексных удобрений ( $N:P:K = 8:4:9$   $Cu$  и  $Mn$  в хелатной форме), а также хелатов  $Fe$  в чистом виде на содержание меди в корневых и пожнивных остатках, зеленой массе, стеблях и соломе, колосьях и зерне представлено в таблице 7.



Таблица 6

**Содержание меди и марганца в растениях яровой пшеницы сорта Рассвет в фазу полной спелости, (мг/кг, среднее за 2006-2008 гг.)**

Показатели	Контроль без удобрений	N <sub>90</sub> (КАС) + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> (фон) - базовый вариант*	Фон + N <sub>90</sub> КАС с Cu <sub>1</sub>	Фон + N <sub>90</sub> КАС с Cu <sub>2</sub>	Фон + N <sub>90</sub> КАС с Cu <sub>3</sub> и Гидргумат	Фон + N <sub>90</sub> КАС с КАС с Cu <sub>3</sub> и Эпин	Фон + N <sub>90</sub> КАС с Cu <sub>3</sub> +Mn <sub>1</sub>	Фон + N <sub>90</sub> КАС с Cu <sub>3</sub> +Mn <sub>1</sub> и Гидрогумат	Фон + N <sub>90</sub> КАС с Cu <sub>3</sub> +Mn <sub>1</sub> и Эпин
Урожайность (сухое вещество), ц/га									
Корневые и пожнив-ные остатки	31,3	32,5	34,0	35,3	33,5	34,0	34,1	33,6	34,0
солома	40,9	48,5	48,6	46,4	46,4	55,5	48,7	49,3	49,8
зерно	29,3	43,9	45,0	43,3	48,0	46,8	46,1	49,4	49,1
Содержание меди, мг/кг									
корневые и пожнив-ные остатки									
Cu	2,39	2,46	2,60	2,63	2,52	2,56	2,54	2,54	2,54
	солома								
	1,87	1,88	1,89	1,92	1,89	1,95	1,92	1,94	1,95
зерно									
	1,57	1,55	1,56	1,65	1,59	1,61	1,63	1,63	1,60

Таблица 7

**Влияние различных форм ЖКУ на содержание меди в различных частях растений яровой пшеницы, 2007-2008 гг.**

Варианты	Содержание Cu, мг/кг (сухое вещество)								
	кущение			колошение			Полная спелость		
	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года
корневые и пожнив-ные остатки									
Контроль без удобрений	2,16	3,13	2,65	2,49	3,16	2,83	2,21	3,01	2,61
N <sub>90</sub> (КАС ст) + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + некорневые подкормки Cu и Mn* - базовый вариант	2,15	3,26	2,71	2,44	3,25	2,85	2,29	3,18	2,74
N <sub>90</sub> (КАС ст) + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + некорневые подкормки ЖКУ, 3 л/га	2,20	3,20	2,70	2,50	3,33	2,92	2,26	3,10	2,68
N <sub>90</sub> КАС ст + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + некорневые подкормки ЖКУ, 6 л/га	2,20	3,23	2,72	2,57	3,39	2,98	2,25	3,17	2,71
N <sub>90</sub> КАС ст + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + некорневые подкормки хелатом Fe, 3 л/га	2,22	3,19	2,71	2,61	3,43	3,02	2,28	3,20	2,74
НСР <sub>05</sub>	0,05	0,08	0,11	0,09	0,08	0,13	0,05	0,08	0,10

Варианты	Содержание Cu, мг/кг (сухое вещество)								
	кущение			колошение			Полная спелость		
	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года
	зеленая масса			стебли			солома		
Контроль без удобрений	2,71	3,01	<b>2,86</b>	1,92	2,16	<b>2,04</b>	2,00	2,00	<b>2,00</b>
N <sub>90</sub> (КАС ст) + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + некорневые подкормки Cu и Mn* – <b>базовый вариант</b>	2,75	3,00	<b>2,88</b>	1,93	2,24	<b>2,09</b>	1,97	2,00	<b>1,99</b>
N <sub>90</sub> (КАС ст) + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + некорневые подкормки ЖКУ, 3 л/га	2,68	3,08	<b>2,88</b>	1,96	2,19	<b>2,08</b>	2,10	2,08	<b>2,09</b>
N <sub>90</sub> КАС ст + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + некорневые подкормки ЖКУ, 6 л/га	2,72	3,11	<b>2,92</b>	1,94	2,20	<b>2,07</b>	2,13	2,06	<b>2,10</b>
N <sub>90</sub> КАС ст + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + некорневые подкормки хелатом Fe, 3 л/га	2,75	3,06	<b>2,91</b>	1,97	2,17	<b>2,07</b>	2,11	2,12	<b>2,12</b>
HCP <sub>05</sub>	0,03	0,05	0,13	0,05	0,03	0,08	0,03	0,07	0,08
				колосья			зерно		
Контроль без удобрений	-	-	-	1,54	1,87	<b>1,71</b>	1,55	1,79	<b>1,67</b>
N <sub>90</sub> (КАС ст) + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + некорневые подкормки Cu и Mn* – <b>базовый вариант</b>	-	-	-	1,58	1,81	<b>1,70</b>	1,51	1,80	<b>1,66</b>
N <sub>90</sub> (КАС ст) + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + некорневые подкормки ЖКУ, 3 л/га	-	-	-	1,55	1,92	<b>1,74</b>	1,60	1,90	<b>1,75</b>
N <sub>90</sub> КАС ст + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + некорневые подкормки ЖКУ, 6 л/га	-	-	-	1,62	1,90	<b>1,76</b>	1,58	1,94	<b>1,76</b>
N <sub>90</sub> КАС ст + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + некорневые подкормки хелатом Fe, 3 л/га	-	-	-	1,60	1,89	<b>1,75</b>	1,56	1,85	<b>1,71</b>
HCP <sub>05</sub>				0,06	0,05	0,10	0,03	0,06	0,08

Примечание: \* – 200 г/га сульфата меди и 220 г/га – сульфата марганца.

Анализ данных таблицы 7 показывает, что содержание меди в корневых и пожнивных остатках, а также в зеленой массе растений в фазу кущения находится примерно на одинаковом уровне во всех вариантах. После проведения некорневой подкормки в фазу первого узла растений яровой пшеницы жидкими комплексными удобрениями или хелатами железа в чистом виде содержание меди к фазе колошения увеличивается в корневых и пожнивных остатках, а также в колосьях в вариантах с внесением 3-6 л/га ЖКУ и 3 л/га хелата железа. В фазу полной спелости эти удобрения не оказали влияние на изменение содержания меди в корневых и пожнивных остатках и увеличили ее содержание в соломе и зерне яровой пшеницы по сравнению с вариантом, где применялись некорневые подкормки микроэлементами в форме сульфатов.

Приведенные данные по анализу роли влияния доз, форм жидких азотных удобрений, ЖКУ и хелатов на содержание меди в различных частях растений

яровой пшеницы по фазам развития (кущение, колошение и полная спелость) позволяют сделать следующие выводы.

## ВЫВОДЫ

1. На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с высоким содержанием подвижных форм фосфора и калия, средней и высокой обеспеченностью подвижной формой меди и низкой обеспеченностью марганцем увеличение доз жидкого азотного удобрения КАС с  $N_{60}$  до  $N_{120}$  кг/га д.в. не оказывало существенного влияния на изменение содержания меди в корневых и пожнивных остатках в период вегетации яровой пшеницы. Отмечено незначительное увеличение содержания меди в зеленой массе (кущение), стеблях и колосьях (колошение), соломе и зерне (полная спелость) при дозе  $N_{90}$ , по сравнению с  $N_{60}$ , а при дозе  $N_{120}$  эти показатели оставались на уровне внесения азота в дозе  $N_{90}$ .

2. Применение жидкого азотного удобрения КАС с добавками микроэлементов (меди и марганца) и регуляторов роста растений способствовало как при основном, так и дробном внесении азота на фоне  $P_{60}K_{120}$  увеличению содержания меди к фазе полной спелости яровой пшеницы в корневых и пожнивных остатках (на 0,06-0,14 (основное внесение азота) – 0,11-0,20 мг/кг – дробное), к фазе колошения и полной спелости – повышению содержания меди в стеблях, соломе, колосьях (на 0,05-0,11 мг/кг) и зерне (на 0,01-0,08 мг/кг), по сравнению с базовым вариантом (КАС стандартный с некорневыми подкормками сульфатом меди и сульфатом марганца). Максимальное накопление меди в зерне яровой пшеницы отмечено в вариантах с внесением КАС с Cu и Mn и КАС с Cu, Mn и регуляторами роста растений «Гидрогумат» или «Эпин».

3. На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с высокой обеспеченностью медью при внесении КАС с добавками меди, меди и марганца, или меди, марганца и регуляторов роста растений в дозе  $N_{90}$  кг/га д.в. (с которой вносились от 0,45 до 1,20 кг/га меди) не выявлено превышения содержания меди в соломе и зерне яровой пшеницы выше допустимых уровней.

4. Применение жидких комплексных удобрений (ЖКУ) с хелатными формами микроэлементов (N:P:K = 8:4:9 с Cu и Mn в хелатной форме) и хелатов Fe в фазу первого узла яровой пшеницы обеспечивало увеличение содержания меди к фазе колошения в корневых и пожнивных остатках на 0,07-0,17 мг/кг (2,5-6,0%), в колосьях – на 0,04-0,06 мг/кг (2,4-3,5%) и зерне – на 0,05-0,10 мг/кг (3,0-6,0%), по сравнению с вариантом, где некорневые подкормки проводились в форме сульфатов микроэлементов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Микроэлементный состав растениеводческой продукции Беларуси и его качественная оценка / И.Р.Вильдфлуш [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – №4. – С.23-24.
2. Система применения микроудобрений под сельскохозяйственные культуры: рекомендации / М.В. Рак [и др.]. – Минск, 2006. – 26 с.
3. Анспок, П.И. Микроудобрения / П.И. Анспок – 2-е издание; перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат, 1990. – 272 с.

4. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А.Кабата-Пендиас, А.Х.Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 376 с.
5. Вакуленко, В.В. Регуляторы роста растений в сельскохозяйственном производстве / В.В Вакуленко, О.А. Шаповал // Плодородие. – 2001. – №2. – С. 23-26.
6. Mutinsky, J. Karalna hnojiva s pozvolne pusobicim busikem / J. Mutinsky, J. Svehla // Agrochemia. Bratislava.- 1986. – Т. 26 . – №3. – S. 71-74.
7. Kranz, P. Ausnutzung von Ammonium-Deport durch Gemusekulturen / P. Kranz, F. Lenz // Forshungsber / Rheinische Fridrich-Wilhelms-Univ. Landwirtschaftliche Fak. Bonn, 1991. – Н. 1. – S. 132-139.
8. Lamon, G.P. Nutritional Studies of Christmas Bell / G.P. Lamont, G.C. Gresswell, G.J. Griffith // Hort-Science. – 1990 – Vol. 25, №11. – P. 1401-1402.
9. Безлюдный, Н.Н. Применение нового азотного удобрения КАС на посевах зерновых колосовых культур: рекомендации / Н.Н. Безлюдный [и др.] – Минск: Ураджай, 1990. – 16 с.
10. Применение карбамид-аммиачной смеси под основные сельскохозяйственные культуры: рекомендации / Ф.Н. Леонов [и др.]. – Минск, 2004. – 12 с.
11. Вильдфлуш, И.Р. Эффективность комплексного применения жидкого азотного удобрения и средств защиты растений на дерново-подзолистой почве / И.Р. Вильдфлуш // Агрохимия. – 2005. – № 6. – С. 34-36.
12. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1973. – 336 с.
13. Агрохимические методы исследования почв. М., Наука, 1975. – 656 с.
14. Минеев, В.Г. Агрохимия и биосфера / В.Г. Минеев. – М.: Колос, 1984. – 245 с.
15. Ильин, В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение / В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 1991. – 132 с.
16. Антонов, Б.И. Лабораторные исследования в ветеринарии. Химико-токсикологические методы / Б.И. Антонов. – М.: ВО Агропромиздат, 1989. – 303 с.
17. Гигиенические требования к качеству безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов // 2.3.5. Продовольственное сырье и пищевые продукты: Санитарные правила и нормы СанПиН 11-63 РБ-98. – Мн., 2000. – 218 с.

## **THE INFLUENCE OF LIQUID NITROGEN FERTILIZERS ON CUPPER ACCUMULATION IN SPRING WHEAT PLANTS ON LUVISOL SANDY LOAM SOIL**

**H.V. Pirahouskaya, A.G. Ganusevich, E.B. Ovchinnikov**

### **Summary**

The influence of doses and forms of liquid N-fertilizers amended by microelements (Cu and Mn) and biologically active substances applied both by basal and partial fertilizing as well as liquid complex fertilizers containing the chelate forms of microelements (including Fe) applied by foliar nutrition on the transfer of Cu in the spring wheat plants (cultivar Rassvet) under tillering, earing, ripeness was considered in the paper.

*Поступила 9 октября 2009 г.*

УДК 633.11:581.13:631.54

## ПОГЛОЩЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ И НАКОПЛЕНИЕ БИОМАССЫ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И СОРТА

О.С. Красноцкая

*Опытная научная станция по сахарной свекле, г. Несвиж, Беларусь*

### ВВЕДЕНИЕ

Азот, фосфор и калий являются необходимыми элементами питания для роста и развития растений. Азот входит в состав аминокислот, белков, которые являются главной составной частью цитоплазмы растительных клеток. Фосфор содержится в нуклеиновых кислотах, витаминах, ферментах. В растительной клетке он играет исключительно важную роль в энергетическом обмене, участвует в разнообразных процессах обмена веществ, фотосинтеза, дыхания, деления и размножения. Калий положительно влияет на интенсивность фотосинтеза, окислительных процессов, углеводного и азотного обменов. Он повышает устойчивость зерновых культур к полеганию и заболеваниям [1, 2, 3].

Содержание основных элементов питания в растении является важным показателем оценки сельскохозяйственных культур и эффективности системы удобрения при их возделывании. Оно непосредственно влияет на качественные показатели продукции.

Для создания урожая растения потребляют определенное количество питательных веществ в различных соотношениях. Поглощение их растениями является сложным физиологическим процессом, который зависит от наследственной природы и условий внешней среды. Важную роль в нем играет степень развития корневой системы, величина ее поглощающей поверхности и усваивающая способность [4, 5, 6, 7].

Яровая пшеница в сравнении с озимой слабее кустится, обладает менее развитой корневой системой. В сочетании с более коротким периодом вегетации это обуславливает высокую потребность в питательных веществах и необходимость их для полноценного питания растений на всем протяжении вегетации [1, 5].

Для повышения эффективности действия удобрений и факторов среды необходимы знания особенностей минерального питания возделываемых сортов яровой пшеницы. Сорта растений в силу генетически детерминированных признаков и свойств способны в неодинаковой мере поглощать и использовать элементы минерального питания. Агрохимически эффективные сорта имеют более высокие коэффициенты использования элементов питания удобрений и почвы, способны синтезировать за единицу времени на единицу поглощенного азота, фосфора и калия больше органического вещества хозяйственно-ценной части урожая. Они более устойчивы к абиотическим стресс-факторам в зоне корней, лучше окупают затраты на применение удобрений [8].

К сожалению, имеющиеся в литературе сведения по этому вопросу немногочисленны и разрозненны, что послужило основанием для проведения настоящих исследований.

Цель исследований – установить влияние технологии возделывания различной степени интенсивности на содержание и накопление элементов питания в сухой наземной массе сортов яровой пшеницы.

### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые опыты проводили в 2005-2007 гг. на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», расположенном в Смолевичском районе Минской области.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая легкосуглинистая, хорошо окультурена. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта: pH(KC1) – 5,8-6,0, содержание подвижных форм P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 258-293, K<sub>2</sub>O – 281-332 мг/кг, гумуса – 2,7-2,9%.

Объектами исследований являлись сорта яровой пшеницы: Рассвет, Ростань, Виза, Дарья, Тома, Банти, Мунк; технологии возделывания различной степени интенсивности.

Первая (условно слабоинтенсивная) технология: доза азотных удобрений составила 90 кг/га д.в. (в т. ч. 20 кг/га – при появлении флагового листа). Фунгицид (альто-супер, к.э., 0,4 л/га) применяли один раз за вегетацию.

Вторая (среднеинтенсивная) технология: доза азотных удобрений увеличивалась до 120 кг/га д.в. (70 кг/га в основное внесение, 30 – в подкормку в начале трубкования и 20 – в полное колошение). Фунгициды (альто-супер, к.э., 0,4 л/га и рекс Дуо, к.с., 0,6 л/га) применяли два раза за вегетацию, один раз посеvy обрабатывали ретардантом (хлормекватхлорид 460, БАСФ, 42% в.р., 1,25 л/га) и инсектицидом (фастак, 10% к.э., 0,1 л/га).

Третья (высокоинтенсивная) технология: доза азота повышалась до 150 кг/га (азотные удобрения вносили дробно в четыре приема: 70 – основное внесение + 30 – в подкормку в начале трубкования + 30 – в подкормку в фазу флагового листа + 20 – в полное колошение), посеvy три раза обрабатывали фунгицидами, один раз – ретардантом, два раза – инсектицидами. Проводилась некорневая подкормка растений препаратами Сейбит В1 и Сейбит В2.

Общим фоном по трем технологиям вносили фосфорные и калийные удобрения (P<sub>70</sub>K<sub>120</sub>).

Закладка полевых опытов проводилась по методике многофакторного опыта. Учетная площадь делянки – 25 м<sup>2</sup>, повторность – четырехкратная. Предшественник – клевер одного года пользования.

Обработка почвы, посев, уход за посевами, уборка урожая выполнялась согласно агротехническим требованиям.

В растительных образцах по общепринятым методикам определяли содержание азота (по Кьельдалю), фосфора и калия, а также вынос элементов питания растениями с единицы площади.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Положительное влияние на накопление сухой надземной массы оказывало повышение интенсивности технологии возделывания яровой пшеницы. Уже в фазе цветения по среднеинтенсивной технологии в сравнении со слабоинтенсивной накопление сухой надземной массы возрастало в среднем на 1,4 ц/га (2,2%), а в фазе полной спелости – на 6,5 ц/га (6,6%) (табл. 1). Дальнейшее на-

рацивание уровня применения средств химизации увеличивало различия между технологиями соответственно на 5,2 ц/га (8,2%) и 11,4 ц/га (11,5%). По высокоинтенсивной технологии количество сухой надземной массы перед уборкой достигало 110,3 ц/га, что на 41,3 ц/га было больше, чем в фазу цветения.

Таблица 1

**Накопление сухой надземной массы яровой пшеницы, ц/га  
(среднее за 2005-2007 гг.)**

Технология возделывания	Сорт							Ср. по технологии
	Рассвет	Ростань	Виза	Дарья	Тома	Банги	Мунк	
Фаза цветения								
1	67,5	64,2	60,8	62,5	62,7	63,2	65,4	63,8
2	66,4	68,8	62,6	64,4	65,3	64,4	64,6	65,2
3	69,0	68,6	66,2	68,3	69,1	71,9	70,1	69,0
Ср. по сорту	67,6	67,2	63,2	65,1	65,7	66,5	66,7	
Фаза полной спелости								
1	98,9	101,1	96,7	98,9	98,4	101,2	97,4	98,9
2	104,8	109,7	101,9	107,7	101,7	105,6	106,5	105,4
3	106,5	104,7	105,9	111,9	111,5	115,9	115,9	110,3
Ср. по сорту	103,4	105,2	101,5	106,2	103,9	107,6	106,6	

Исследуемые сорта яровой пшеницы сравнительно слабо различались между собой по накоплению надземной массы в период вегетации. Количество ее в фазу цветения в зависимости от сорта изменялось в пределах 63,2-67,6 ц/га. В фазу полной спелости составляло 101,5-107,6 ц/га, причем сорта Банги, Мунк, Дарья несколько превосходили другие сорта по этому показателю.

Технологии возделывания оказывали влияние на содержание и потребление питательных веществ растениями.

Наши исследования показали, что содержание азота в сухой надземной массе пшеницы в фазу цветения в среднем составляло 1,89%, фосфора – 0,53 и калия – 3,53% при возделывании яровой пшеницы на хорошо окультуренной почве после бобового предшественника (клевера) с внесением полного минерального удобрения в дозе 280 кг/га д.в. (N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub>) (табл. 2), что находится в интервале оптимальных для этой фазы концентраций элементов (N – 1,5-2,3%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,5-0,7%, K<sub>2</sub>O – 2,2-3,6%) [9].

По мере повышения степени интенсивности технологии и, следовательно, применения более высоких доз азотных удобрений (120-150 кг/га д.в.) содержание азота в пшенице возрастало (на 12,7-18,0%). Кроме того, повышалось содержание фосфора и калия, хотя и в менее значительных размерах (на 6,2-11,3%).

Увеличение содержания элементов питания в растении по мере повышения уровня интенсивности технологии наблюдалось и в фазу полной спелости зерна.

В наших опытах в фазу цветения по слабоинтенсивной технологии растения яровой пшеницы поглощали из почвы и удобрений в среднем 116,6 кг/га азота, 34,0 – фосфора и 223 кг/га – калия. В последующий период вегетации к уборке урожая потребление азота возрастало до 150,1 кг/га (на 28,7%), фосфора – до 47,4 кг/га (на 39,4%), а калия снижалось до 164,7 кг/га (на 26,1%).

Более высокий уровень применения средств химизации по среднеинтенсивной и высокоинтенсивной технологиям повышал перед уборкой урожая вынос азота соответственно на 15,0 и 23,0%, фосфора – на 15,2 и 18,6%, калия – на 16,3 и 27,7%. По высокоинтенсивной технологии вынос азота с одного гектара достигал 184,6 кг, фосфора – 56,2, калия – 210,4 кг, что значительно превышало количество питательных веществ, внесенных с минеральными удобрениями ( $N_{150}P_{70}K_{120}$ ). Интенсивность баланса азота и калия была дефицитной.

Таблица 2

**Содержание и потребление элементов питания растениями  
в зависимости от технологии возделывания  
(среднее по сортам за 2005-2007 гг.)**

Технология возделывания:	Фаза цветения			Фаза полной спелости		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Содержание элементов питания в надземной массе, % в сухом веществе						
1	1,89	0,53	3,53	1,52	0,48	1,66
2	2,13	0,59	3,78	1,64	0,52	1,82
3	2,23	0,58	3,75	1,67	0,51	1,90
Потребление элементов питания, кг/га						
1	116,6	34,0	223,0	150,1	47,4	164,7
2	135,9	38,2	245,1	172,6	54,6	191,6
3	151,7	39,8	260,9	184,6	56,2	210,4

Сортовые особенности пшеницы оказали сравнительно слабое и неустойчивое влияние на величину потребления питательных веществ растениями. Все исследуемые сорта в фазу полной спелости поглощали несколько большее количество питательных веществ с единицы площади, чем в фазу цветения. Различия между сортами по этому показателю были небольшими и чаще всего незначительными. В фазу цветения в зависимости от сорта среднее (по трем технологиям) потребление азота растениями изменялось в пределах 127-141 кг/га, фосфора – 33-40 и калия – 227-261 кг/га, в фазу полной спелости – соответственно 163-172, 50-56 и 175-204 кг/га (табл. 3).

Возделываемые сорта пшеницы практически одинаково использовали поглощенные питательные вещества на накопление сухой надземной массы растений. В фазу цветения в расчете на 1 кг суммы поглощенных элементов питания ее величина в зависимости от сорта варьировала в пределах 18,0-19,3 кг, в фазу полной спелости – 29,3-31,3 кг (табл. 4).

Наиболее агрохимически эффективным (энергетически рациональным) сортом при разных технологиях возделывания оказался сорт Мунк, у которого на



1 кг суммы поглощенных NPK синтезировалось в среднем 13,9 кг сухой массы зерна. В числе лучших также были сорта Рассвет, Виза.

Таблица 3

**Потребление элементов питания растениями  
в зависимости от сорта, кг/га  
(среднее за 2005-2007 гг.)**

Элементы питания	Сорт						
	Рас-свет	Рос-тань	Виза	Да-рья	Тома	Банги	Мунк
Фаза цветения							
N	138	139	127	134	137	127	141
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	36	41	33	38	39	35	40
K <sub>2</sub> O	249	261	229	247	240	248	227
Фаза полной спелости							
N	163	172	167	171	167	171	172
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	51	54	50	51	54	54	56
K <sub>2</sub> O	175	188	176	204	185	202	192

Таблица 4

**Использование элементов питания  
на накопление надземной массы и зерна в зависимости  
от сорта и технологии возделывания  
(среднее за 2005-2007 гг.)**

Сорт	Надземная масса		Зерно
	Фаза цветения	Фаза полной спелости	
Количество сухой надземной массы на 1 кг суммы NPK, кг			
Сорт			
Рассвет	18,8	31,3	13,2
Ростань	18,0	30,0	12,7
Виза	19,2	30,4	13,3
Дарья	18,3	29,3	12,4
Тома	18,6	30,2	12,4
Банги	19,2	29,8	12,7
Мунк	19,3	30,1	13,9
Технология возделывания			
1	20,1	32,1	-
2	18,3	29,6	-
3	17,9	28,7	-

С повышением степени интенсивности технологии возделывания пшеницы накопление сухой надземной массы в расчете на 1 кг суммы поглощенных NPK снижался в среднем в фазу цветения с 20,1 до 17,9 кг и в фазу полной спелости – с 32,1 до 28,7 кг.

## ВЫВОДЫ

1. Повышение степени интенсивности технологии возделывания яровой пшеницы положительно влияет на накопление сухой надземной массы растениями. В фазу полной спелости сорта Банти, Мунк, Дарья способны продуцировать с единицы площади большее количество биомассы, чем сорт Виза. Различия между другими сортами по этому показателю менее значимые.

2. Полное минеральное удобрение в дозе 280 кг/га д.в. ( $N_{90}P_{70}K_{120}$ ), внесенное под яровую пшеницу на хорошо окультуренной почве после бобового предшественника, обеспечивает перед уборкой содержание азота 150,1 кг/га, фосфора 47,4 кг/га и калия 164,7 кг/га в растениях. По мере повышения уровня применения средств химизации при возделывании пшеницы потребление питательных веществ растениями с единицы площади возрастает, а накопление их в зерне и надземной массе растений в расчете на 1 кг суммы поглощенных NPK снижается.

3. Исследуемые сорта яровой пшеницы поглощают азот, фосфор и калий в практически одинаковых количествах и существенно не различаются между собой по количеству сухой надземной массы, синтезированной в расчете на 1 кг суммы поглощенных элементов питания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Босак, В.Н. Содержание и вынос основных элементов питания сельскохозяйственными культурами на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / В.Н. Босак, О.Ф. Смянович, Е.С. Малей // Почвоведение и агрохимия / Минск: БелНИИПА, 2002. – Вып. 32. – С. 79-88.

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

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

4. Мосолов, И.В. Физиологические основы применения минеральных удобрений / И.В. Мосолов. – М: Колос, 1968, – 175 с.

5. Вахмистров, Д.В. Распределительная функция корневой системы растений / Д.В. Вахмистров // Агрохимия. – 1966. – №2. – С. 49-55.

6. Петербургский, А.В. Поступление питательных веществ в корни растений из поглощенного состояния / А.В. Петербургский, Г.А. Тарабрин. – М.: Наука, 1964. – С. 253-259.

7. Ратнер, К.И. Питание растений и жизнедеятельность их корневых систем / К.И. Ратнер. – М: Изд-во Академии наук СССР, 1958. – 104 с.

8. Климашевский, Э.Л. Оценка агрохимической перспективности сорта / Э.Л. Климашевский, Н.Ф. Чернышева // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1982. – №10. – С. 28-36.

9. Семененко, Н.Н. Азот в земледелии Беларуси / Н.Н. Семененко, Н.В. Невмержицкий. – Минск: Хата, 1997. – 196 с.

**ABSORPTION OF ELEMENTS OF A FOOD  
AND ACCUMULATION OF A BIOMASS BY SUMMER WHEAT  
IN DEPENDENCE FROM TECHNOLOGY OF CULTIVATION  
AND A GRADE**

**O.S. Krasotskaya**

**Summary**

In article results of experience on studying of accumulation and consumption of elements of a food by plants of spring wheat of the various grades cultivated on three technologies of different degree of intensity are stated. It is established, that technologies of cultivation rendered stronger influence, than high-quality features of plants on consumption of nutrients. Absorption of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O with increase of level of intensity of technology increased, and on grades was practically identical.

*Поступила 10 августа 2009 г.*

## ABSORPTION OF ELEMENTS OF A FOOD AND ACCUMULATION OF A BIOMASS BY SUMMER WHEAT IN DEPENDENCE FROM TECHNOLOGY OF CULTIVATION AND A GRADE

O.S. Krasotskaya

### Summary

In article results of experience on studying of accumulation and consumption of elements of a food by plants of spring wheat of the various grades cultivated on three technologies of different degree of intensity are stated. It is established, that technologies of cultivation rendered stronger influence, than high-quality features of plants on consumption of nutrients. Absorption of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O with increase of level of intensity of technology increased, and on grades was practically identical.

*Поступила 10 августа 2009 г.*

УДК 633.1:631.147.2:631.445.2

## УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОГО ТРИТИКАЛЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ КИСЛОТНОСТИ И ОБЕСПЕЧЕННОСТИ КАЛИЕМ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ

Т.М. Германович<sup>1</sup>, В.А. Сатишур<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный экономический университет,  
г. Минск, Беларусь

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

### ВВЕДЕНИЕ

Яровое тритикале – это ценная зерновая культура с высоким потенциалом урожайности. Считается, что генетические ресурсы продуктивности у тритикале выше, чем у пшеницы. Благодаря своим хозяйственно-биологическим особенностям (высокой засухоустойчивости, зимостойкости, устойчивости к грибным заболеваниям, высокой кормовой ценности) яровое и озимое тритикале может возделываться в большинстве районов Беларуси [1-7]. Урожайность данной культуры по данным Государственного сортоиспытания достигает 60-70 ц/га [8].

Эффективность применения удобрений при возделывании тритикале зависит от почвенно-климатических условий, гранулометрического состава почвы, ее агрохимических свойств и кислотности. Калий является одним из основных, наряду с азотом и фосфором, элементов минерального питания. Он положительно влияет на интенсивность фотосинтеза, окислительных процессов и образование органических кислот в растении, также участвует в углеводном и азотном обмене [9]. При недостатке калия в растении тормозится синтез белка [10].

Не менее важным фактором эффективного применения удобрений, особенно калийных, является кислотность почвы. Она оказывает влияние на доступность питательных веществ растениям. Кислотность почвы можно регулировать проведением известкования. Результатом известкования является изменение комплекса почвенных условий, способствующих созданию благоприятного режима почвы, что имеет наибольшее значение для сельского хозяйства. В настоящее время на большей части территории республики кислотность почв находится в оптимальном для растений интервале. Однако, применение физиологически кислых минеральных удобрений, отчуждение с урожаем и вымывание в нижележащие горизонты кальция и магния приводят к постоянному подкислению почв [11]. По данным агрохимического обследования (2001-2004 гг.) в республике подлежит известкованию 1699,6 тыс. га кислых почв, что составляет 24,9% от всей площади пахотных угодий [12]. Система удобрений ярового тритикале должна обеспечивать эффективное использование почвенных запасов элементов питания.

Цель исследования – изучить влияние кислотности и обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы подвижным калием на урожайность и качество зерна ярового тритикале.

### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Опыт заложен в двух полях в звене севооборота: яровое тритикале – горох – яровой рапс. В 2006-2007 гг. возделывалось яровое тритикале сорт Лана. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта следующая: содержание гумуса – 2,87-3,03%, фосфора – 175-229 мг/кг. Полевой опыт заложен на двух уровнях обеспеченности почвы калием (первый – 200-250 мг/кг, второй – 300-350 мг/кг). А также на трех блоках кислотности почвы:  $pH_{KCl}$  4,8-4,9;  $pH_{KCl}$  5,4-5,6 и  $pH_{KCl}$  6,3-6,5. Повторность вариантов в опыте четырехкратная. Общая площадь делянки составляет 50 м<sup>2</sup>, учетная – 22 м<sup>2</sup>. Схема опыта предусматривала следующие варианты внесения минеральных удобрений (табл. 1) Агротехника возделывания культур – общепринятая для республики. Обработка почвы включала: зяблевую вспашку и предпосевную обработку. Из минеральных удобрений использовали карбамид, двойной суперфосфат, хлористый калий. Микроэлементы в виде  $CuSO_4$  (120 г/га) вносили в виде некорневой подкормки в фазу начала трубкования. Посев проводился сплошным рядовым способом сеялкой СПУ-4 в третьей декаде апреля. Уход за посевами включал следующие обработки: до всходов против двудольных сорняков гербицидом – Кугар к.с. (1 л/га), в фазу кущения ярового тритикале фунгицидом (Фалькон 46% к.э. 0,6 л/га). Уборка проводилась комбайном Сампо-500 в фазу полной спелости зерна. Данные урожайности приводились к 14% влажности и 100% чистоте. Анализ растительных образцов проводили в соответствии с общепринятыми методиками: в растительных образцах после мокрого озоления проб в смеси серной кислоты и пергидроля определяли азот фотоколориметрическим методом.

Таблица 1

**Схема применения удобрений под яровое тритикале в 2006-2007 гг.**

Вариант	рН <sub>KCl</sub> 4,8-4,9						рН <sub>KCl</sub> 5,4-5,6						рН <sub>KCl</sub> 6,3-6,5					
	Содержание подвижного калия, мг/кг																	
	200-250			300-350			200-250			300-350			200-250			300-350		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Контроль б/у	-			-			-			-			-			-		
NP – фон	80	60	-	-			80	60	-	-			80	60	-	-		
Фон + K <sub>1</sub>	80	60	70	80	60	70	80	60	70	80	60	70	80	60	70	80	60	70
Фон + K <sub>2</sub>	80	60	90	80	60	90	80	60	90	80	60	90	80	60	90	80	60	90
Фон + K <sub>3</sub>	80	60	120	80	60	120	80	60	120	80	60	120	80	60	120	80	60	120

Содержание сырого протеина определяли умножением содержания общего азота на коэффициент 6,25. Содержание критических (треонин, метионин, лизин) и незаменимых (треонин, метионин, лизин, валин, фенилаланин, изолейцин и лейцин) аминокислот – на жидкостном хроматографе HP AGILENT 1100 SERIES (условия гидролиза – 6 М HCL, 108 °C, 24 часа).

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Урожайность ярового тритикале (табл. 2) в нашем опыте изменялась в зависимости от применения удобрений и кислотности на различных уровнях обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы подвижным калием по-разному от 42,1 до 61,5 ц/га. Наименьшая урожайность наблюдалась на контрольных вариантах без применения удобрений. Фоновое внесение азотно-фосфорных удобрений (в дозе азота 80 кг/га д.в. и фосфора 60 кг д.в.) увеличило урожайность зерна по сравнению с контрольными вариантами на 7,4-8,3 ц/га, что доказывает высокую эффективность их применения.

Таблица 2

**Урожайность зерна ярового тритикале (средняя за 2006-2007 гг.) в зависимости от доз калийных удобрений и кислотности дерново-подзолистой легкосуглинистой разного уровня обеспеченности подвижным калием почвы, ц/га**

K <sub>2</sub> O, мг/кг почвы	Вариант	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка от кислотности почвы, ц/га к предыдущему рН <sub>KCl</sub>	Прибавка от внесения калийных удобрений, ц/га	Прибавка от уровня калия в почве, ц/га
1	2	3	4	5	6
рН <sub>KCl</sub> 4,8-4,9					
200-250	Контроль б/у	42,1	-	-	-
	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> - фон	50,4	-	-	-
	Фон + K <sub>70</sub>	52,4	-	2,0	-
	Фон + K <sub>90</sub>	52,6	-	2,2	-
	Фон + K <sub>120</sub>	55,2	-	4,8	-

1	2	3	4	5	6
300-350	Фон + K <sub>70</sub>	55,8	-	-	3,4
	Фон + K <sub>90</sub>	55,1	-	-	2,5
	Фон + K <sub>120</sub>	54,6	-	-	-0,6
НСР <sub>0,05</sub>	Варианты	1,87			
	Уровни K <sub>2</sub> O	1,20			
рН <sub>KCl</sub> 5,4-5,6					
200-250	Контроль б/у	43,0	0,9	-	-
	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> - фон	50,5	0,1	-	-
	Фон + K <sub>70</sub>	53,0	0,6	2,5	-
	Фон + K <sub>90</sub>	53,9	1,3	3,4	-
	Фон + K <sub>120</sub>	55,8	0,6	5,3	-
300-350	Фон + K <sub>70</sub>	56,8	1,0	-	3,8
	Фон + K <sub>90</sub>	56,8	1,7	-	2,9
	Фон + K <sub>120</sub>	56,3	1,7	-	0,5
НСР <sub>0,05</sub>	Варианты	1,59			
	Уровни K <sub>2</sub> O	0,90			
рН <sub>KCl</sub> 6,3-6,5					
200-250	Контроль б/у	47,0	4,0	-	-
	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> - фон	54,4	3,9	-	-
	Фон + K <sub>70</sub>	57,3	4,3	2,9	-
	Фон + K <sub>90</sub>	57,9	4,0	3,5	-
	Фон + K <sub>120</sub>	60,7	4,9	6,3	-
300-350	Фон + K <sub>70</sub>	61,2	4,4	-	3,9
	Фон + K <sub>90</sub>	60,1	3,3	-	2,2
	Фон + K <sub>120</sub>	61,5	5,2	-	0,8
НСР <sub>0,05</sub>	Варианты	2,39			
	Уровни K <sub>2</sub> O	0,74			
НСР <sub>0,05</sub>	Уровни рН	1,60			

Применение возрастающих от 70 до 120 кг/га д.в. доз калийных удобрений на уровне обеспеченности почвы подвижным калием 200-250 мг/кг привело к увеличению урожайности по сравнению с фоновым внесением азотно-фосфорных удобрений на 2,0-6,3 ц/га. В варианте с внесением дозы калийных удобрений 120 кг/га д.в. получена наибольшая от внесения калийных удобрений прибавка зерна (4,8-6,3 ц/га). Величина данной прибавки увеличивалась с изменением кислотности почвы от рН<sub>KCl</sub> 4,8-4,9 до рН<sub>KCl</sub> 6,3-6,5. Максимальная прибавка зерна ярового тритикале, в варианте с внесением дозы калийных удобрений 120 кг/га д.в., получена при кислотности почвы рН<sub>KCl</sub> 6,3-6,5 и составила 6,3 ц/га.

При применении возрастающих от 70 до 120 кг/га д.в. доз калийных удобрений на уровне обеспеченности почвы подвижным калием 300-350 мг/кг отмечалась тенденция снижения прибавки зерна. Наибольшая прибавка (3,4-3,9 ц/га) зерна ярового тритикале в зависимости от уровня обеспеченности почвы подвижным калием получена при внесении дозы калийных удобрений 70 кг/га д.в.

Причем наблюдалась тенденция увеличения данной прибавки зерна с изменением кислотности почвы с рН<sub>KCl</sub> 4,8-4,9 до рН<sub>KCl</sub> 6,3-6,5. Изменение кислотности почвы с рН<sub>KCl</sub> 4,8-4,9 до рН<sub>KCl</sub> 6,3-6,5 привело к увеличению урожайности зерна ярового тритикале на 4,0-6,9 ц/га.

Проблема дефицита растительного белка в течение многих лет является актуальной в мировом земледелии. Основным источником белка являются зерновые и зернобобовые культуры. Влияние изучаемых в нашем опыте факторов на содержание, сбор сырого белка и массу 1000 зерен ярового тритикале представлено в табл. 3, а на аминокислотный состав – в табл. 4.

Содержание сырого белка в зерне ярового тритикале (в среднем за 2006-2007 гг.) в зависимости от изучаемых факторов изменялось от 11,6 до 13,3%. Минимальное содержание сырого белка получено на вариантах без внесения удобрений. Увеличение уровня содержания подвижного калия до 300-350 мг/кг почвы привело к увеличению содержания сырого белка на 0,4-1,2%, на 0,2-0,4%, на 0,1-0,8% соответственно при кислотности почвы рН<sub>KCl</sub> 4,8-4,9, рН<sub>KCl</sub> 5,4-5,6, рН<sub>KCl</sub> 6,3-6,5.

Изучаемые нами факторы, а именно: кислотность почвы, уровень обеспеченности почвы подвижным калием и применение удобрений – оказали положительное влияние на сбор сырого белка ярового тритикале. В опыте его величина изменялась от 4,2 до 6,9 ц/га. Наибольший сбор сырого белка получен при внесении 120 кг/га д.в. калия на фоне азотно-фосфорных удобрений на уровне содержания подвижного калия в почве 200-250 мг/кг, причем его величина увеличивалась с изменением кислотности почвы в нейтральный диапазон. При рН<sub>KCl</sub> 4,8-4,9 сбор белка в этом варианте составил 5,9 ц/га, при рН<sub>KCl</sub> 5,4-5,6 – 6,0 ц/га, при рН<sub>KCl</sub> 6,3-6,5 – 6,4 ц/га. Увеличение уровня содержания подвижного калия в почве до 300-350 мг/кг повысило сбор сырого белка на 0,2-1,0 ц/га. Разница между вариантами внесения калия 70, 90, 120 кг/га д.в. была небольшой и статистически не существенной, что указывает на большую эффективность варианта с меньшим внесением калия, а именно – 70 кг/га д.в.

Масса 1000 зерен ярового тритикале в среднем за годы проведения исследований изменялась от 35,2 до 41,7 г. Изменение кислотности почвы с рН<sub>KCl</sub> 4,8-4,9 до рН<sub>KCl</sub> 6,3-6,5 привело к увеличению массы 1000 зерен.

В нашем опыте прослеживается обратная зависимость между содержанием сырого белка и массой 1000 зерен. Содержание белка в зерне ярового тритикале увеличивалось с уменьшением массы 1000 зерен, что объясняется увеличением алейронового слоя в массе зерновки. На данную зависимость, полученную в работах с яровыми зерновыми культурами, указывают и другие исследователи [13].

Пищевая ценность зерна ярового тритикале зависит не только от содержания белка, но и от его аминокислотного состава [14]. Аминокислоты, содержащиеся в белках, делят на незаменимые и заменимые. К незаменимым относятся аминокислоты (лизин, лейцин, изолейцин, треонин, триптофан, метионин, валин, фенилаланин), которые не синтезируются в организме человека и животных и должны обязательно доставляться с продуктами питания и кормами. Отсутствие незаменимых аминокислот или недостаточное их количество в пище вызывает различные нарушения деятельности организма.



**Влияние доз калийных удобрений и кислотности  
дерново-подзолистой легкосуглинистой  
разного уровня обеспеченности подвижным калием почвы  
на качество продукции ярового тритикале  
(среднее за 2006-2007 гг.)**

К <sub>2</sub> O, мг/кг почвы	Вариант	Содержание сырого белка в зерне, %	Сбор сырого белка, ц/га	Масса 1000 зерен, г
рН <sub>KCl</sub> 4,8-4,9				
200-250	Контроль б/у	11,6	4,2	38,9
	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> - фон	11,9	5,2	36,8
	Фон + K <sub>70</sub>	12,1	5,4	35,2
	Фон + K <sub>90</sub>	12,5	5,6	36,8
	Фон + K <sub>120</sub>	12,5	5,9	37,0
300-350	Фон + K <sub>70</sub>	13,3	6,4	38,3
	Фон + K <sub>90</sub>	13,0	6,2	39,4
	Фон + K <sub>120</sub>	12,9	6,1	39,5
HCP <sub>0,05</sub>	Варианты	0,7	0,3	2,0
	Уровни K <sub>2</sub> O	0,6	0,2	1,7
рН <sub>KCl</sub> 5,4-5,6				
200-250	Контроль б/у	11,8	4,4	39,6
	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> - фон	11,9	5,2	39,6
	Фон + K <sub>70</sub>	12,5	5,7	39,4
	Фон + K <sub>90</sub>	12,6	5,8	39,2
	Фон + K <sub>120</sub>	12,4	6,0	39,3
300-350	Фон + K <sub>70</sub>	12,7	6,2	39,8
	Фон + K <sub>90</sub>	12,9	6,3	39,6
	Фон + K <sub>120</sub>	12,8	6,2	39,7
HCP <sub>0,05</sub>	Варианты	0,6	0,3	1,9
	Уровни K <sub>2</sub> O	0,4	0,2	1,5
рН <sub>KCl</sub> 6,3-6,5				
200-250	Контроль б/у	12,1	4,9	39,9
	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> - фон	11,9	5,6	41,2
	Фон + K <sub>70</sub>	12,6	6,2	40,4
	Фон + K <sub>90</sub>	12,3	6,1	41,8
	Фон + K <sub>120</sub>	12,3	6,4	41,6
300-350	Фон + K <sub>70</sub>	12,7	6,7	40,7
	Фон + K <sub>90</sub>	13,1	6,8	41,2
	Фон + K <sub>120</sub>	13,0	6,9	40,9
HCP <sub>0,05</sub>	Варианты	0,7	0,4	2,0
	Уровни K <sub>2</sub> O	0,5	0,3	1,6
HCP <sub>0,05</sub>	Уровни рН	0,4	0,2	1,2

Известкование, применение удобрений и увеличение содержания подвижно-го калия в почве оказали влияние на аминокислотный состав зерна ярового тритикале (табл. 4).

Таблица 4

## Содержание аминокислот в зерне ярового тритикале (среднее за 2006-2007 гг.), г/кг зерна

K <sub>2</sub> O, мг/кг почвы	Вариант	Аминокислоты							Сумма критических аминокис- лот*	Сумма незаменимых аминокислот
		Треонин*	Метионин*	Лизин*	Фенилаланин	Изолейцин	Лейцин	Валин		
		pH <sub>KCl</sub> 4,8-4,9								
	Контроль б/у	1,69	0,73	2,53	2,79	2,21	3,99	3,21	4,95	12,20
200- 250	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> - фон	1,92	0,77	2,25	2,60	2,52	4,08	3,39	4,94	12,59
	Фон + K <sub>120</sub>	2,00	1,07	2,77	4,07	3,28	5,72	4,66	5,84	17,73
300- 350	Фон + K <sub>120</sub>	1,86	1,02	2,46	3,95	3,12	5,47	4,47	5,34	17,01
		pH <sub>KCl</sub> 5,4-5,6								
	Контроль б/у	1,71	0,97	3,60	3,64	2,93	5,27	4,21	6,28	16,05
200- 250	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> - фон	1,83	1,04	3,65	4,02	3,21	5,71	4,47	6,52	17,41
	Фон + K <sub>120</sub>	2,20	1,22	3,21	4,57	3,70	6,47	5,20	6,73	19,94
300- 350	Фон + K <sub>120</sub>	1,88	1,07	3,82	4,09	3,28	5,80	4,60	6,67	17,77
		pH <sub>KCl</sub> 6,3-6,5								
	Контроль б/у	1,63	0,94	3,52	3,42	2,76	5,03	4,09	6,09	15,30
200- 250	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> - фон	1,86	1,07	2,64	3,97	3,15	5,67	4,59	5,57	17,38
	Фон + K <sub>120</sub>	1,98	1,11	3,97	4,19	3,32	6,01	4,77	7,06	18,29
300- 350	Фон + K <sub>120</sub>	2,09	1,21	2,85	4,13	3,35	5,89	4,85	6,15	18,22

Минимальное количество аминокислот получено на контрольных вариантах без внесения удобрений. Применение азотно-фосфорных удобрений увеличило сумму незаменимых аминокислот на 0,39-2,80, причем сумма увеличивалась с изменением кислотности почвы в нейтральный диапазон. Сумма критических аминокислот при применении азотно-фосфорных удобрений осталась практически без изменений при  $pH_{KCl}$  4,8-4,9, увеличилась на 0,24 при  $pH_{KCl}$  5,4-5,6 и уменьшилась на 0,12 при  $pH_{KCl}$  6,3-6,5. Внесение 120 кг/га д.в. калия на фоне азотно-фосфорных удобрений обеспечило получение наибольшей суммы критических и незаменимых аминокислот. Наибольшая сумма критических аминокислот (7,06) получена при кислотности почвы  $pH_{KCl}$  6,3-6,5, а наибольшая сумма незаменимых аминокислот (19,94) – при кислотности  $pH_{KCl}$  5,4-5,6. Увеличение уровня содержания подвижного калия в почве до 300-350 мг/кг привело к уменьшению суммы незаменимых и критических аминокислот.

### ВЫВОДЫ

Таким образом, изучаемые нами факторы, а именно: кислотность почвы, уровень обеспеченности почвы подвижным калием и применение удобрений – оказали положительное влияние на урожайность и качество зерна ярового тритикале.

Урожайность зерна изменялась от 42,1 до 61,5 ц/га. Максимальная урожайность зерна ярового тритикале получена при кислотности почвы  $pH_{KCl}$  6,3-6,5 и применении калийных удобрений в дозе 120 кг/га д.в. (60,7 ц/га) на уровне обеспеченности почвы подвижным калием 200-250 мг/кг и от дозы 70 кг/га д.в. (61,2 ц/га) на уровне обеспеченности почвы подвижным калием 300-350 мг/кг.

Наибольший сбор сырого белка получен при внесении 120 кг/га д.в. калия на фоне азотно-фосфорных удобрений на уровне содержания подвижного калия в почве 200-250 мг/кг. Увеличение уровня содержания подвижного калия в почве до 300-350 мг/кг повысило сбор сырого белка на 0,2-1,0 ц/га. Прибавка между вариантами внесения калия 70, 90, 120 кг/га д.в. на уровне 300-350 мг/кг почвы статистически не существенна, что указывает на большую эффективность варианта с меньшим внесением калия, а именно – 70 кг/га д.в. Изменение кислотности почвы с  $pH_{KCl}$  4,8-4,9 до  $pH_{KCl}$  6,3-6,5 привело к увеличению массы 1000 зерен, содержания и сбора сырого белка. Внесение 120 кг/га д.в. калия на фоне азотно-фосфорных удобрений обеспечило получение наибольшей суммы критических и незаменимых аминокислот. Наибольшая сумма критических аминокислот (7,06) получена при кислотности почвы  $pH_{KCl}$  6,3-6,5, а наибольшая сумма незаменимых аминокислот (19,94) – при кислотности  $pH_{KCl}$  5,4-5,6.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Близнюк, Н.А. Влияние условий минерального питания на урожайность и качество озимого тритикале на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Н.А. Близнюк; БелНИИПА. – Минск, 2005. – 116 с.
2. Булавина, Т.М. Оптимизация приемов возделывания тритикале в Беларуси / Т.М. Булавина; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т земледелия и селекции НАН Беларуси; науч. ред. С.И. Гриб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2005. – 224 с.
3. Гриб, С.И. Яровое тритикале: основные преимущества и особенности технологии возделывания / С.И. Гриб, В.Н. Буштевич, Т.М. Булавина // Современ-

ные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию». – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.

4. Кочурко, В.И. Урожайность, качество и кормовая ценность ярового тритикале / В.И. Кочурко, В.Н. Савченко // *Аграрная наука*. – 2000. – № 9. – С. 14-15.

5. Кукреш, Л.В. Яровое тритикале – кладовая белка / Л. В. Кукреш, Н.П. Лукашевич // *Белорусская нива*. – 1992. – С. 2.

6. Федоров, А.К. Тритикале – ценная зернокармливая культура / А.К. Федоров. // *Кормопроизводство*. – 1997. – № 5-6. – С. 41-42.

7. Шостко, А.В. Влияние систем минеральных удобрений на химический состав и вынос элементов питания яровым тритикале / А.В. Шостко // *Земляробства і ахова раслін*. – 2007. – № 2. – С. 60-63.

8. Результаты испытания сортов сельскохозяйственных культур в республике Беларусь за 2005-2007 годы: [в 2 ч.]. Ч.1 / Министерство сельского хозяйства и продовольствия республики Беларусь, ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений»; сост. П.В. Николаенко [и др.]. – Минск, 2007. – 367 с.

9. Роль калия в жизни растений // *Агрохимия* / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Ураджай, 2001. – С. 160-161.

10. Смирнов П.М *Агрохимия: учебник* / П.М Смирнов, Э.А. Муравин – М.: Колос, 1984. – 304 с.

11. Эффективность химической мелиорации и нормативы сдвига показателей pH почв при проведении поддерживающего известкования в Республике Беларусь / Т.М. Германович [и др.] // *Почвоведение и агрохимия*. – 2007. – №2(39). – С. 148-157.

12. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И. М. Богдевич [и др.]; РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси». – Минск, 2006. – 288 с.

13. Иванова, Т.И. Прогнозирование эффективности удобрений с использованием математических моделей / Т.И. Иванова. – М.: Агропромиздат, 1989. – 235 с.

14. Завалин, А.А. Формирование урожая и качества зерна ячменя и овса в зависимости от доз и сроков внесения азота / А.А. Завалин, В.И. Потапов // *Агрохимия*. – 1996. – № 11. – С. 20-26.

## INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF SUMMER TRITICALE DEPENDING ON DEGREE OF ACIDITY AND POTASSIUM SECURITY ON SOD-PODSOLIC LOAMY SAND SOILS

T.M. Germanovich, V.A. Satsishur

### Summary

In the article data on influence of mineral fertilizers on quality of grain summer triticales depending on degree of acidity and potassium security of soil are stated. The maximum productivity of summer triticales is received on soil with acidity pH<sub>KCl</sub> 6,3-6,5 and application the dose of potash fertilizers of 120 kg/hectares (60,7 t/hectares) –

at level of soil security of mobile potassium 200-250 mg/kg, and doses of 70 kg/hectares (61,2 t/hectares) -at level of soil security of mobile potassium 300-350 mg/kg. Change of soil acidity with pH<sub>KCl</sub> 4,8-4,9 to pH<sub>KCl</sub> 6,3-6,5 has led to increase in weight of 1000 grains, the maintenance and gathering of crude fiber. The application of 120 kg/hectares potassium against nitrogen-phosphoric fertilizers has ensured the greatest sum of critical and irreplaceable amino acids. The greatest sum of critical amino acids (7,46) is received at acidity of soil pH<sub>KCl</sub> 6,3-6,5, and the greatest sum of irreplaceable amino acids (20,55) at acidity pH<sub>KCl</sub> 5,4-5,6.

*Поступила 12 ноября 2009 г.*

УДК 633.13:631.8.022.3:631.524.84

## **ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ ГОЛОЗЁРНОГО ОВСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

**В.В. Лапа, М.С. Лопух**

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

### **ВВЕДЕНИЕ**

Голозёрный овёс является относительно новой и перспективной зерновой культурой, интерес к которой возрос в последнее время. Зерно голозёрного овса – это биологически и энергетически ценное сырьё для производства диетических продуктов и комбикормов. Разноплановость его использования обуславливает необходимость разработки и совершенствования системы питания, на долю которой в формировании урожая приходится 35-40% [1, 2].

Повышение урожайности голозёрного овса невозможно без изучения и регуляции одного из важнейших физиологических процессов – фотосинтеза. Минеральное питание, наряду с другими факторами внешней среды, играет важную роль в формировании фотосинтетического аппарата, синтезе пигментов, ферментативных процессах. Фотосинтез и минеральное питание составляют в целом единую систему питания растений. Вместе с тем минеральное питание растений – это та сторона их жизнедеятельности, которую можно регулировать и через посредство которой наиболее легко и эффективно влиять на ход формирования и размеры урожая [3, 4].

В связи с этим одной из поставленных нами задач являлось определить влияние условий минерального питания на фотосинтетические параметры голозёрного овса.

### **МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования по изучению влияния комплексного применения макро- и микроудобрений на урожайность и качество овса голозёрного проводились в 2007-2009 гг. на опытном участке, расположенном на территории РУП «Экспериментальная база имени Суворова» Узденского района Минской области. Почва участка дерново-подзолистая контактно-оглеенная, развивающаяся на водноледниковой супеси, рыхлосупесчаная подстилаемая с глубины 1,15 м морен-

# **ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ ГОЛОЗЁРНОГО ОВСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

**В.В. Лапа, М.С. Лопух**

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

## **ВВЕДЕНИЕ**

Голозёрный овёс является относительно новой и перспективной зерновой культурой, интерес к которой возрос в последнее время. Зерно голозёрного овса – это биологически и энергетически ценное сырьё для производства диетических продуктов и комбикормов. Разноплановость его использования обуславливает необходимость разработки и совершенствования системы питания, на долю которой в формировании урожая приходится 35-40% [1, 2].

Повышение урожайности голозёрного овса невозможно без изучения и регуляции одного из важнейших физиологических процессов – фотосинтеза. Минеральное питание, наряду с другими факторами внешней среды, играет важную роль в формировании фотосинтетического аппарата, синтезе пигментов, ферментативных процессах. Фотосинтез и минеральное питание составляют в целом единую систему питания растений. Вместе с тем минеральное питание растений – это та сторона их жизнедеятельности, которую можно регулировать и через посредство которой наиболее легко и эффективно влиять на ход формирования и размеры урожая [3, 4].

В связи с этим одной из поставленных нами задач являлось определить влияние условий минерального питания на фотосинтетические параметры голозёрного овса.

## **МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования по изучению влияния комплексного применения макро- и микроудобрений на урожайность и качество овса голозёрного проводились в 2007-2009 гг. на опытном участке, расположенном на территории РУП «Экспериментальная база имени Суворова» Узденского района Минской области. Почва участка дерново-подзолистая контактно-оглеенная, развивающаяся на водноледниковой супеси, рыхлосупесчаная подстилаемая с глубины 1,15 м морен-

ным суглинком, сменяемым песком. Агрохимические показатели пахотного горизонта следующие:  $pH_{КС1} - 6,5-6,7$ , содержание гумуса – 2,12-2,44%, содержание подвижного  $P_2O_5 - 203-221$  мг/кг,  $K_2O - 182-200$  мг/кг. Схема опыта предусматривала различные дозы и сочетание макроудобрений, сроки внесения азотных удобрений, их комплексное применение с микроэлементами и фунгицидом.

Полевой опыт заложен в четырёхкратной повторности. Метод размещения вариантов в повторении рендомизированный. Общая площадь одной делянки составляет 39 м<sup>2</sup>, учётная – 22 м<sup>2</sup>. Предшественник овса – просо.

Фосфорные и калийные удобрения вносили согласно схеме опыта в основное внесение, азотные – в основное внесение и в подкормки (в фазу первого узла и в фазу флагового листа голозёрного овса). Некорневая подкормка микроэлементами проводилась в фазу 1 узла культуры в дозе 200 г/га сернокислой меди и сернокислого марганца. Из минеральных удобрений использовали карбамид, аммофос, хлористый калий.

Обработка почвы включала: зяблевую вспашку, осеннюю культивацию, весеннюю культивацию, предпосевную обработку.

Посев овса голозёрного сорта Вандроўнік осуществлялся во второй декаде апреля сплошным рядовым способом сеялкой СПУ-4 с нормой высева 5,5 млн. всхожих семян на гектар. Глубина заделки семян 4-5 см.

Уход за посевами включал обработку гербицидами: диален супер 0,6 л/га + лонтрел – 500 г/га в фазу кущения голозёрного овса. Сплошная обработка инсектицидом Децис экстра (0,05 л/га) проводилась в фазу выхода в трубку культуры. Фунгицидная обработка препаратом Импакт (0,5 л/га) осуществлялась согласно схеме опыта при появлении признаков болезни на втором сверху листе овса голозёрного.

Для определения площади листовой поверхности и биомассы проводился отбор растительных образцов поделяночно, с площади 0,25 м<sup>2</sup>, при наступлении следующих фенологических фаз развития растений овса голозёрного: кущение, 1 узел, флаговый лист, выметывание метёлок.

Площадь листовой поверхности определялась по формуле:

$$S_n = a \cdot b \cdot 0,67 \quad (1)$$

где:  $a$  – наибольшая ширина листа, м;

$b$  – длина листа, м;

$S_n$  – площадь одного листа, м<sup>2</sup>;

0,67 – коэффициент, отражающий конфигурацию листа.

Фотосинтетический потенциал (ФП) и чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) определялись по следующим формулам:

$$\Phi\Pi = \frac{L_1 + L_2}{2 \times 1000} \times T \quad (2)$$

где:  $L_1$  и  $L_2$  – площадь листовой поверхности в определяемые стадии развития, тыс.м<sup>2</sup>/га;

$T$  – длительность межфазного периода, дней;

1000 – коэффициент перевода;

$$\text{ЧПФ} = \frac{(U_{c2} - U_{c1}) \times 100}{0,5(L_1 + L_2) \times T} \quad (3)$$

где:  $U_{c1}$  и  $U_{c2}$  – сухая биомасса растений в изучаемые стадии развития, ц/га;

100 – коэффициент перевода [5, 6].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Важным показателем фотосинтетической продуктивности посевов, оказывающим влияние на накопление биомассы и урожайность является площадь листовой поверхности [4]. Обеспечение развития в посевах оптимальной площади листьев имеет большое значение. А.А. Ничипорович считает, что для получения высоких урожаев необходимо заботиться о том, чтобы площадь листьев в посевах по возможности быстро достигала размеров в 40-50 тыс. м<sup>2</sup>/га и достаточно долго сохранялась в активном состоянии на этом уровне, а затем уменьшалась за счёт постепенного отмирания листьев [7, 8].

Результаты исследований показали, что ассимиляционная поверхность листьев голозёрного овса варьировала в достаточно широких пределах в зависимости от этапов онтогенеза и условий минерального питания (табл. 1).

Таблица 1

**Площадь листовой поверхности голозёрного овса  
по фазам развития, тыс. м<sup>2</sup>/га**

Вариант	Фазы развития			
	Кущение	Первый узел	Флаговый лист	Вымётывание
Без удобрений	6,92	22,12	30,77	19,71
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	11,28	33,08	46,39	27,61
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	11,75	33,95	45,82	27,43
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>120</sub>	11,82	34,33	46,54	28,15
N <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	11,72	32,91	43,88	25,13
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	12,02	34,00	47,65	28,04
N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>90</sub>	11,92	34,13	47,61	28,27
P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	9,24	26,17	34,88	22,55
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	11,98	34,30	47,24	28,23
N <sub>60+30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	11,46 (10,86*)	34,29 (39,22*)	50,86 (59,31*)	30,93 (34,18*)
N <sub>90</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> *	12,59*	42,12*	54,96*	31,47*
N <sub>60+30+20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	11,61	34,55	51,25	31,93
N <sub>60+30+20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> +Cu+Mn+фунгицид	11,93	34,41	51,57	33,28

\* – среднее за 2008-2009 гг.

Максимальная площадь листовой поверхности формировалась к фазе флагового листа культуры и составила от 30,77 тыс. м<sup>2</sup>/га в варианте без удобрений до 51,57 тыс. м<sup>2</sup>/га в варианте N<sub>60+30+20</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub>+Cu+Mn+фунгицид. К фазе вымётывания метёлки из-за отмирания листьев нижних ярусов фотосинтезирующая поверхность несколько снижалась, но оставалась ещё на достаточно высоком уровне 19,71-33,28 тыс. м<sup>2</sup>/га.

Наименьшие значения данного показателя по всем фазам роста и развития отмечались в варианте без удобрений. Внесение фосфора и калия повысило площадь листьев на 2,32 тыс. м<sup>2</sup>/га в фазу кущения, на 4,05 тыс. м<sup>2</sup>/га в фазу 1



узла, на 4,11 тыс. м<sup>2</sup>/га в фазу флагового листа и на 2,84 тыс. м<sup>2</sup>/га в фазу вымётывания метёлки по отношению к варианту без удобрений.

Наиболее существенное влияние на интенсивность ростовых процессов оказали азотные удобрения. Применение азота в дозе N<sub>60</sub> на фоне P<sub>40</sub>K<sub>90</sub> увеличило площадь листовой поверхности в среднем за три года по отношению к фону на 25-35% в зависимости от фазы развития. Дополнительная подкормка азотными удобрениями в дозе 30 кг/га д.в. по первому узлу повысила фотосинтезирующую поверхность листьев на 3,62 тыс. м<sup>2</sup>/га в фазу флагового листа и на 2,7 тыс. м<sup>2</sup>/га в фазу вымётывания метёлки по сравнению с вариантом N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub>. Более длительное функционирование листового аппарата в опыте отмечено в варианте N<sub>60+30+20</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub> + Cu + Mn + фунгицид, что, в конечном итоге, обеспечило получение наибольшей урожайности зерна – 48,5 ц/га.

В среднем за 2008-2009 гг. в период кущение – первый узел наибольшей площадью листьев – 12,59\*–42,12\* тыс. м<sup>2</sup>/га характеризовался вариант с разовым внесением N<sub>90</sub>, однако во второй половине вегетации (флаговый лист – вымётывание) преимущество в величине фотосинтезирующей поверхности имел вариант с дробным внесением такой же дозы азота (N<sub>60+30</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub>).

Применение возрастающих доз фосфора на фоне азотных и калийных удобрений не вызывало увеличения листовой поверхности по фазам развития растений. Повышение дозы калия на фоне азотных и фосфорных удобрений также не имело чётко выраженной зависимости размеров листьев от количества внесённых калийных удобрений.

При изучении взаимосвязей между урожайностью зерна голозёрного овса и фотосинтезирующей поверхностью листьев выявлена тесная корреляционная зависимость. Степень сопряжённости этих двух величин увеличивается от фазы кущения к фазе вымётывания. (табл. 2).

Таблица 2

**Корреляционная связь площади листьев с урожайностью зерна**

Фаза развития	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции, r
Кущение	$y=3,9963x - 7,2366$	0,82±0,18
Первый узел	$y=1,6563x - 16,319$	0,88±0,15
Флаговый лист	$y=1,144x - 14,64$	0,98±0,06
Вымётывание метёлки	$y=1,9525x - 16,642$	0,99±0,04

В первой половине вегетации коэффициенты корреляции составляют 0,82-0,88. В этот период листья работают на свой рост, а также рост стеблей и корней, чтобы обеспечить необходимое минеральное питание и водоснабжение. Затем продукты фотосинтеза главным образом используются на рост репродуктивных и запасующих органов. В фазу флагового листа уже 96% варьирования урожайности обуславливается величиной площади листьев, а к вымётыванию метёлки 98%. Это говорит о ведущей фотосинтетической роли листьев, что в конечном итоге обуславливает рост урожайности.

Для характеристики фотосинтетической мощности посевов за межфазовый или за весь вегетационный период в практике чаще всего используют значение фотосинтетического потенциала – суммы ежедневных показателей площади листьев на гектар посева [5]. Длительностью функционирования фотосинтетического аппарата определяется продуктивность посевов. ФП посева тесно коррелирует как с биологической, так и с хозяйственной продуктивностью растений [9].

В течение вегетации голозёрного овса величина фотосинтетического потенциала была наибольшей в период первый узел – флаговый лист, и составляла 0,36-0,58 млн. м<sup>2</sup>/га в сутки, а наименьшей в период от флагового листа до вымётывания – 0,15-0,25 млн. м<sup>2</sup>/га в сутки (табл. 3).

Значение ФП в значительной степени определялось действием азотных удобрений. В начальный период роста и развития (кущение – первый узел) в варианте N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub> в среднем за 2008-2009 гг. он составил 0,38\* млн. м<sup>2</sup>/га в сутки. С увеличением разовой дозы минерального азота до 90 кг/га значение ФП возросло до 0,41\* млн. м<sup>2</sup>/га в сутки.

Отмечено, что при дробном внесении азотных удобрений N<sub>60+30</sub> фотосинтетический потенциал был выше чем при предпосевном N<sub>90</sub>, и составил, в среднем за два года, 0,69\* млн. м<sup>2</sup>/га в сутки в период первый узел – флаговый лист, и 0,28\* млн. м<sup>2</sup>/га в сутки от фазы флаглиста до фазы вымётывания.

При применении различных доз калийных удобрений значение фотосинтетического потенциала увеличивалось по межфазным периодам на 0,01 млн. м<sup>2</sup>/га в сутки, либо не изменялось по сравнению с фоновым вариантом. Внесение возрастающих доз фосфора увеличивало ФП на 0,01-0,03 млн. м<sup>2</sup>/га в сутки в зависимости от межфазного периода.

В варианте с наибольшей урожайностью в опыте (N<sub>60+30+20</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub>+Cu+Mn+фунгицид) фотосинтетический потенциал составил 0,32 млн. м<sup>2</sup>/га в сутки в период кущение – первый узел, 0,58 млн. м<sup>2</sup>/га в сутки в период первый узел – флаговый лист, 0,25 млн. м<sup>2</sup>/га в сутки в период флаговый лист – вымётывание.

Таблица 3

**Фотосинтетический потенциал листьев голозёрного овса,  
млн. м<sup>2</sup>/га в сутки**

Вариант	Межфазный период		
	Кущение – первый узел	Первый узел – флаговый лист	Флаговый лист – вымётывание
Без удобрений	0,20	0,36	0,15
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	0,30	0,54	0,22
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	0,31	0,54	0,22
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>120</sub>	0,31	0,55	0,22
N <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	0,30	0,52	0,21
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	0,31	0,55	0,23
N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>90</sub>	0,31	0,55	0,23
P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	0,24	0,41	0,17
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	0,32 (0,38*)	0,55 (0,66*)	0,23 (0,26*)
N <sub>60+30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	0,31 (0,39*)	0,58 (0,69*)	0,25 (0,28*)
N <sub>90</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	0,41*	0,68*	0,26*
N <sub>60+30+20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	0,32	0,58	0,25
N <sub>60+30+20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> +Cu+Mn+фунгицид	0,32	0,58	0,25

\* – среднее за 2008-2009 гг.

Рассматривая характер накопления биомассы растениями голозёрного овса, следует отметить, что масса сухого вещества возрастала от фазы кущения к фазе вымётывания по всем вариантам опыта (табл.4). Применение минеральных удобрений оказывало положительное влияние на ростовые процессы и способствовало более интенсивному накоплению биомассы по всем фазам развития

Таблица 4

**Динамика накопления биомассы растениями голозёрного овса в течение вегетации, ц/га сухого вещества**

Вариант	Фазы развития				Урожайность зерна, ц/га
	Кущение	Первый узел	Флаговый лист	Вымётывание	
Без удобрений	3,6	11,6	25,8	30,0	22,4
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	5,4	18,9	43,1	51,7	36,7
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	5,6	19,0	43,4	52,1	37,0
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>120</sub>	5,6	19,8	44,2	52,7	37,9
N <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	5,1	18,6	39,8	46,4	34,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	5,8	19,4	44,5	53,9	39,5
N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>90</sub>	5,6	19,4	45,1	54,6	38,7
P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	4,4	14,5	31,1	37,3	25,2
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	5,7	19,5	44,8	54,9	38,0
N <sub>60+30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	5,5 (5,0*)	19,7 (21,9*)	47,3 (52,1*)	57,7 (64,2*)	44,2 (48,0*)
N <sub>90</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	5,5*	25,2*	55,4*	68,6*	45,9*
N <sub>60+30+20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	5,6	19,5	47,2	57,9	44,7
N <sub>60+30+20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> +Cu+Mn+ фунгицид	5,7 (5,2*)	20,1 (22,5*)	47,3 (52,5*)	58,6 (65,9*)	48,5 (54,4*)

\* – среднее за 2008-2009 гг.

Азотные удобрения оказывали преобладающее влияние на накопление сухой биомассы растений. Внесение 60 кг/га азота совместно с P<sub>40</sub>K<sub>90</sub> обеспечило по фазам развития дополнительное получение 1,3-17,6 ц/га сухого вещества по сравнению с фоном. Подкормка азотными удобрениями в дозе 30 кг/га д.в. в стадию первого узла, повысила накопление биомассы к фазе флагового листа на 2,4-2,5 ц/га сухого вещества по сравнению с вариантом N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub>. Максимальное значение показателя (58,6 ц/га) в среднем за три года исследований выявлено в фазу вымётывания метёлки в варианте с дробным внесением азота N<sub>60+30+20</sub> на фоне P<sub>40</sub>K<sub>90</sub> в сочетании с микроэлементами и фунгицидом.

В среднем за 2008-2009 гг. с увеличением разовой дозы азота под предпосевную культивацию до 90 кг/га на фоне P<sub>40</sub>K<sub>90</sub> общая биомасса растений увеличивалась по всем фазам развития и к вымётыванию метёлки достигала наибольшего значения (68,6\* ц/га сухого вещества). При этом урожайность зерна в этом варианте была получена на 2,1 ц/га ниже, чем в варианте с дробным внесением азотных удобрений (N<sub>60+30</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub>).

Среднюю эффективность фотосинтеза листьев в посеве характеризует чистая продуктивность фотосинтеза. Однако она слабо коррелирует с конечной урожайностью, и не включает фотосинтез не листовых органов, который в определённых условиях может вносить вклад в формирование урожая. ЧПФ представляет собой комплексный параметр, определяемый интенсивностью не только фотосинтеза, но и дыхания [9].

Внесение минеральных удобрений увеличивало показатель ЧПФ (табл. 5). Его минимальные значения отмечались в варианте без удобрений на протяжении всего вегетационного периода. В варианте с наибольшей урожайностью  $N_{60+30+20}P_{40}K_{90}+Cu+Mn+$  фунгицид чистая продуктивность фотосинтеза составляла 4,44 г/м<sup>2</sup> в сутки (стадия кущение – первый узел), 5,48 г/м<sup>2</sup> в сутки (первый узел – флаговый лист), 3,64 г/м<sup>2</sup> в сутки (флаговый лист – выметывание).

Таблица 5

**Чистая продуктивность фотосинтеза растений голозёрного овса  
в зависимости от условий питания, г/м<sup>2</sup> в сутки**

Вариант	Межфазный период		
	Кущение – первый узел	1 узел – фла- говый лист	Флаговый лист – вымё- тывание
Б/уд. (контроль)	3,95	4,67	2,37
$N_{60}P_{40}$	4,37	5,21	3,21
$N_{60}P_{40}K_{60}$	4,26	5,25	3,25
$N_{60}P_{40}K_{120}$	4,43	5,22	3,06
$N_{60}K_{90}$	4,27	4,76	2,45
$N_{60}P_{60}K_{90}$	4,24	5,33	3,51
$N_{60}P_{80}K_{90}$	4,36	5,43	3,63
$P_{40}K_{90}$	4,13	4,70	2,96
$N_{60}P_{40}K_{90}$	4,33	5,37	3,93
$N_{60+30}P_{40}K_{90}$	4,44 (4,35*)	5,67 (5,31*)	3,50 (3,25*)
$N_{90}P_{40}K_{90}$	4,65*	5,35*	3,85*
$N_{60+30+20}P_{40}K_{90}$	4,35	5,61	3,42
$N_{60+30+20}P_{40}K_{90}+Cu+Mn+$ фунгицид	4,44 (4,41*)	5,48 (5,24*)	3,64 (3,38*)

\* – среднее за 2008-2009 гг.

## ВЫВОДЫ

1. Минеральные удобрения оказывали положительное влияние на фотосинтетическую продуктивность растений голозёрного овса. Наиболее мощное развитие листового аппарата отмечалось в варианте  $N_{60+30+20}P_{40}K_{90}+Cu+Mn+$  фунгицид в фазу флагового листа (51,57 тыс. м<sup>2</sup>/га). Такая площадь листьев обеспечила получение урожайности зерна голозёрного овса на уровне 48,5 ц/га, при значениях фотосинтетического потенциала 0,32 млн. м<sup>2</sup>/га в сутки (фаза куще-

ния – первый узел), 0,58 млн. м<sup>2</sup>/га в сутки (от стадии первого узла до флагового листа) и 0,25 млн. м<sup>2</sup>/га в сутки (в период флаглист – вымётывание).

2. Максимальное накопление сухой биомассы в опыте (5,5 – 68,6 ц/га) и значения показателя чистой продуктивности фотосинтеза (5,35 г/м<sup>2</sup> в сутки) установлены в варианте с разовой дозой азота N<sub>90</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub>, это способствовало в большей мере нарастанию побочной продукции, чем урожайности зерна голозёрного овса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лапа, В.В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В. Лапа, В.Н. Босак. – Минск: БелНИИПА, 2002. – 184 с.;
2. Лапа, В.В. Эффективность систем применения удобрений в звене севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве / В.В. Лапа [и др.] // Почвенные исследования и применение удобрений: межведомствен. тематич. сб. / Бел. науч.-исслед. институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2001. – Вып.26. – С. 13 – 17;
3. Лебедев, С.И. Физиология растений / С.И. Лебедев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1982. – 463 с.;
4. Кулаковская, Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений / Т.Н. Кулаковская; сост. Л.П. Детковская. – М.: Агропромиздат, 1990. – С.31 – 34;
5. Методическое руководство по исследованию смешанных агрофитоценозов / Н.А. Ламан [и др.]; под ред. Н.А. Ламана. – Минск: Навука і тэхніка, 1996. – 101 с.;
6. Фёдоров, Н.И. Фотосинтез и урожай растений: учеб. пособие / Н.И. Фёдоров. – Саратов, 1987. – 97 с.;
7. Ничипорович, А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев / А.А. Ничипорович. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – С. 22;
8. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах (Методы и задачи учёта в связи с формированием урожаев) / А.А. Ничипорович [и др.]; АН СССР, Ин-т физиологии растений им. К.А. Тимирязева; отв. ред. А.Л. Курсанов. – Москва, 1961 – 136 с.;
9. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Н.П. Третьяков [и др.]; под общ. ред. Н.П. Третьякова. – М.: Колос, 1998. – 639 с.;

## PHOTOSYNTHETIC PRODUCTIVITY OF OATS (*AVENA NUDA*) PLANTS DEPENDING MINERAL FERTILIZERS DOZES

V.V. Lapa, M.S. Lopuch

### Summary

The studies influence of conditions of mineral nutrition on photosynthetic productivity of plants oats (*Avena nuda*) are resulted in this paper at cultivation on Podzoluvesol loamy sand soil. The system of fertilizer N<sub>60+30+20</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub> + Cu + Mn + fungicide provided the maximum area in experience of a sheet surface – 51,57 thousand in m<sup>2</sup>/ha is formed to a phase sheet last, and value of photosynthetic potential in this phase reaches 0,58 million in m<sup>2</sup>/ha a day has been found. Active escalating

## **Почвоведение и агрохимия № 2(43) 2009**

---

of a sheet surface, and also its longer preservation in a functional condition (33,28 thousand in m<sup>2</sup>/ha to a phase tasseling of panicle) has ensured productivity of grain 48,2 c/ha.

Application of mineral fertilizers promoted more intensive accumulation of a biomass on all phases of development and led to increase in an indicator of pure efficiency of photosynthesis on the variants with fertilizers.

*Поступила 28 октября 2009 г.*

# **УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН ЯРОВОГО РАПСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ КИСЛОТНОСТИ И ОБЕСПЕЧЕННОСТИ КАЛИЕМ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ**

**Г.М. Сафроновская<sup>1</sup>, Т.М. Германович<sup>2</sup>, В.А. Сатишур<sup>1</sup>**

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

*<sup>2</sup>Белорусский государственный экономический университет,  
г. Минск, Беларусь*

## **ВВЕДЕНИЕ**

Рапс – это ценная масличная культура. За последние годы в республике районировано 16 отечественных высокопродуктивных сортов рапса. Однако средняя урожайность ярового рапса, несмотря на высокую семенную продуктивность новых сортов, низкая и изменялась за последние годы от 11,7 до 12,2 ц/га. Это объясняется тем, что яровой рапс требует высокого уровня плодородия почв с хорошей обеспеченностью элементами питания [1-8]. Применение удобрений позволяет рапсу более полно реализовать свой биологический потенциал путем устранения дефицита элементов питания в почве, снижающего продуктивность. На эффективность применения удобрений оказывает влияние реакция почвенной среды и содержание элементов питания в почве. Калий, наряду с азотом и фосфором, является одним из основных элементов минерального питания. Он положительно влияет на интенсивность фотосинтеза, окислительных процессов и образование органических кислот в растении, также участвует в углеводном и азотном обмене [9]. При недостатке калия в растении тормозится синтез белка [10]. Не менее важным фактором эффективного применения удобрений, особенно калийных, является уровень кислотности почвы.

Целью наших исследований было изучение влияния кислотности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы и уровня обеспеченности ее калием на урожайность и качество семян ярового рапса.

## **МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования проведены в РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Опыт заложен в двух полях в звене севооборота: яровое тритикале – горох –

яровой рапс. В 2008-2009 гг. возделывался яровой рапс сорта Антей. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта следующая: содержание гумуса – 2,87-3,03%, фосфора 175-229 мг/кг. Полевой опыт заложен на двух уровнях обеспеченности почвы калием (первый – 200-250 мг/кг, второй – 300-350 мг/кг). А также на трех блоках кислотности почвы рН<sub>KCl</sub> 4,8-4,9; рН<sub>KCl</sub> 5,4-5,6 и рН<sub>KCl</sub> 6,3-6,5. Повторность вариантов в опыте четырехкратная. Общая площадь делянки составляет 50 м<sup>2</sup>, учетная – 22 м<sup>2</sup>. Схема опыта предусматривала следующие варианты внесения минеральных удобрений (табл. 1). Агротехника возделывания культур – общепринятая для республики. Обработка почвы включала: зяблевую вспашку, весеннюю культивацию для закрытия влаги, культивацию для заделки минеральных удобрений, предпосевную обработку. Из минеральных удобрений использовали карбамид, двойной суперфосфат, хлористый калий. Микроэлементы вносили в виде некорневой подкормки. Посев проводился сплошным рядовым способом – сеялкой СПУ-4 в третьей декаде апреля. Уход за посевами включал следующие обработки: до всходов гербицидом (Бутизан 400 к.с. – 2 л/га), при достижении пороговой численности крестоцветных блошек обработка инсектицидом (Децис экстра, 12,5% к.э. – 0,04 л/га), обработка гербицидами (Лонтрел – 0,4 л/га и Фюзилад супер, 12,5% к.э. – 1,5 л/га), инсектицидная обработка против рапсового цветоеда (Децис экстра, 12,5% к.э. – 0,04 л/га) в баковой смеси с микроэлементами (Эколист Рапс – 3 л/га). Уборка проводилась комбайном Сампо-500 в фазу полной спелости семян. Данные урожайности приводились к 14% влажности и 100% чистоте.

Таблица 1

Схема применения удобрений под яровой рапс в 2008-2009 гг.

Вариант	рН <sub>KCl</sub> 4,8-4,9			рН <sub>KCl</sub> 5,4-5,6			рН <sub>KCl</sub> 6,3-6,5											
	Содержание подвижного калия в почве, мг/кг																	
	200-250			300-350			200-250			300-350								
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K			
Контроль	-			-			-			-			-					
NP - фон	120	75	-	-			120	75	-	-			120	75	-	-		
Фон + K <sub>1</sub>	120	75	90	120	75	90	120	75	90	120	75	90	120	75	90	120	75	90
Фон + K <sub>2</sub>	120	75	120	120	75	120	120	75	120	120	75	120	120	75	120	120	75	120
Фон + K <sub>3</sub>	120	75	150	120	75	150	120	75	150	120	75	150	120	75	150	120	75	150

Анализ растительных образцов проводили в соответствии с общепринятыми методиками: в растительных образцах после мокрого озоления проб в смеси серной кислоты и пергидроля определяли азот фотоколориметрическим методом. Содержание сырого протеина определяли умножением содержания общего азота на коэффициент 6,25.

Содержание критических (треонин, метионин, лизин) и незаменимых (треонин, метионин, лизин, валин, фенилаланин, изолейцин и лейцин) аминокислот – методом жидкостной хроматографии (условия гидролиза – 6 М HCl, 108°C, 24 часа) на жидкостном хроматографе HP AGILENT 1100 SERIES. Содержание глюкозинолатов – глюкотестом (ГОСТ 9824 п. 3.5 МУ Краснодар, 1986 г.). Содержание эруковой кислоты – методом газовой хроматографии на «Hewlett Packard 6890» (ГОСТ 30089-93). Содержание масла по массе обезжиренного остатка по С.В. Рушковскому на аппарате Сокслета – согласно (ГОСТ 13496.15-97).



## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что урожайность семян ярового рапса в среднем за 2008-2009 гг. изменялась от 17,3 до 33,5 ц/га, зависела от кислотности почвы, уровня обеспеченности почвы подвижным калием и доз калийного удобрения (табл. 2).

За счет снижения кислотности почвы с рН 4,8-4,9 до рН 5,4-5,6 происходил рост урожайности семян на контроле – на 1,6 ц/га, а в вариантах с удобрениями увеличивался до 5,0 ц/га. Дальнейшее снижение кислотности почвы до рН 6,3-6,5 увеличивало эффект от извести на контроле на 1,1 ц/га, а в вариантах с удобрениями – до 4,1 ц/га. Рост обеспеченности почвы подвижным калием положительно влиял на урожайность семян. Увеличение содержания подвижного калия в почве с 200-250 мг/кг до 300-350 мг/кг на всех трех уровнях кислотности почвы обеспечивал прибавку урожайности семян рапса от 0,3 до 3,4 ц/га, при этом максимальные прибавки отмечены на почве с близкой к нейтральной реакцией среды (рН 6,3-6,5).

Таблица 2

**Урожайность семян ярового рапса в зависимости  
от кислотности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы  
различного уровня обеспеченности подвижным калием**

Уровни подвижного калия в почве, мг/кг	Вариант	Урожайность семян, ц/га	Прибавка от уровня кислотности почвы, ц/га к предыдущему рН <sub>KCl</sub>	Прибавка от калийного удобрения, ц/га	Прибавка от уровня калия в почве, ц/га
1	2	3	4	5	6
рН <sub>KCl</sub> 4,8-4,9					
200-250	Контроль	17,3	-	-	-
	N <sub>(90+30)</sub> P <sub>75</sub> - фон	23,4	-	-	-
	Фон + K <sub>90</sub>	24,8	-	1,3	-
	Фон + K <sub>120</sub>	25,3	-	1,9	-
	Фон + K <sub>150</sub>	25,7	-	2,3	-
300-350	Фон + K <sub>90</sub>	25,0	-	-	0,3
	Фон + K <sub>120</sub>	25,3	-	-	-0,1
	Фон + K <sub>150</sub>	25,8	-	-	0,1
HCP <sub>0,05</sub>	Варианты		1,88		
	Уровни K <sub>2</sub> O		0,56		
рН <sub>KCl</sub> 5,4-5,6					
200-250	Контроль	18,9	1,6	-	-
	N <sub>(90+30)</sub> P <sub>75</sub> - фон	25,0	1,6	-	-
	Фон + K <sub>90</sub>	26,7	2,0	1,7	-
	Фон + K <sub>120</sub>	27,4	2,1	2,4	-
	Фон + K <sub>150</sub>	29,1	3,4	4,0	-

1	2	3	4	5	6
300-350	Фон + K <sub>90</sub>	29,0	4,0	-	2,3
	Фон + K <sub>120</sub>	30,2	5,0	-	2,8
	Фон + K <sub>150</sub>	29,4	3,6	-	0,3
НСР <sub>0,05</sub>	Варианты	1,27			
	Уровни K <sub>2</sub> O	0,78			
рН <sub>KCl</sub> 6,3-6,5					
200-250	Контроль	19,9	1,1	-	-
	N <sub>(90+30)</sub> P <sub>75</sub> - фон	26,5	1,5	-	-
	Фон + K <sub>90</sub>	28,9	2,2	2,4	-
	Фон + K <sub>120</sub>	30,3	2,9	3,8	-
	Фон + K <sub>150</sub>	32,3	3,2	5,8	-
300-350	Фон + K <sub>90</sub>	32,4	3,4	-	3,4
	Фон + K <sub>120</sub>	33,2	3,0	-	3,0
	Фон + K <sub>150</sub>	33,5	4,1	-	1,1
НСР <sub>0,05</sub>	Варианты	1,38			
	Уровни K <sub>2</sub> O	0,98			
НСР <sub>0,05</sub>	Уровни рН	0,70			

При уровне обеспеченности почвы подвижным калием 200-250 мг/кг прибавки от калийного удобрения по мере увеличения доз с 90 до 150 кг/га на кислой почве имеют тенденцию к росту, а на почве с рН<sub>KCl</sub> 6,3-6,5 достоверно возрастают. Снижение кислотности почвы способствует росту эффекта от внесения калийного удобрения. Самый высокий эффект от внесения калия получен на фоне кислотности рН<sub>KCl</sub> 6,3-6,5 от дозы калия 150 кг/га – прибавка 5,8 ц/га. Прирост урожайности семян от 1 кг калия на фоне рН 4,8-4,9 составляет 1,4-1,6 кг, на фоне рН 5,4-5,6 – 1,9-2,6 кг, на фоне рН 6,3-6,5 – 2,6-3,8 кг.

Следует отметить, что при обеспеченности почвы подвижным калием 300-350 мг/кг, на всех трех уровнях кислотности почвы наибольший прирост урожайности семян получен от дозы калия 90 кг/га (0,3-3,4 ц/га).

Изучаемые в опыте факторы оказали положительное влияние на качество семян ярового рапса (табл. 3 и 4).

Содержание сырого белка в опыте изменялось от 19,6 до 25,1%. Максимальное содержание белка 25,1% – получено в варианте с минеральными удобрениями в дозах N<sub>120</sub>P<sub>75</sub>K<sub>120</sub>. Сбор сырого белка в среднем за годы исследований изменялся от 3,2 до 6,6 ц/га. Минимальный сбор сырого белка отмечен на контрольных вариантах без внесения удобрений. Внесение минеральных удобрений увеличило сбор сырого белка по сравнению с контрольными вариантами на 1,1-1,3 ц/га.

Максимальный сбор сырого белка с урожаем получен на уровне содержания подвижного калия в почве 200-250 мг/кг от внесения калия в дозе 120 кг/га на фоне кислотности рН<sub>KCl</sub> 6,3-6,5 – 6,5 ц/га. Сбор сырого белка увеличивался по мере снижения кислотности почвы. Это объясняется тем, что известкование улучшает условия роста растений ярового рапса, что, в свою очередь, положительно влияет на урожайность и качество растениеводческой продукции.

**Влияние доз калийного удобрения и кислотности  
дерново-подзолистой легкосуглинистой  
с разным уровнем обеспеченности подвижным калием  
на качество продукции ярового рапса  
(среднее за 2008-2009 гг.)**

Уровни подвижного калия в почве, мг/кг	Вариант	Содержание сырого белка в семенах, %	Сбор сырого белка, ц/га	Содержание, %		
				Глюкозинолатов	Эруковой кислоты	Масличность
1	2	3	4	5	6	7
pH <sub>KCl</sub> 4,8-4,9						
200-250	Контроль	21,3	3,2	1-2 (1 кл.)	0,19	45,7
	N <sub>(90+30)</sub> P <sub>75</sub> - фон	22,2	4,5	-	-	-
	Фон + K <sub>90</sub>	21,5	4,6	-	-	-
	Фон + K <sub>120</sub>	21,6	4,7	-	-	-
	Фон + K <sub>150</sub>	23,2	5,1	1-2 (1 кл.)	0,12	46,1
300-350	Фон + K <sub>90</sub>	22,7	4,9	-	-	-
	Фон + K <sub>120</sub>	22,0	4,8	-	-	-
	Фон + K <sub>150</sub>	21,4	4,7	1-2 (1 кл.)	0,70	48,6
HCP <sub>0,05</sub>	Варианты	1,1	0,23	-		
	Уровни K <sub>2</sub> O	0,8	0,17	-		
pH <sub>KCl</sub> 5,4-5,6						
200-250	Контроль	20,6	3,4	1-2 (1 кл.)	0,21	45,8
	N <sub>(90+30)</sub> P <sub>75</sub> - фон	20,8	4,5	-	-	-
	Фон + K <sub>90</sub>	22,4	5,1	-	-	-
	Фон + K <sub>120</sub>	22,0	5,2	-	-	-
	Фон + K <sub>150</sub>	20,0	5,0	1-2 (1 кл.)	0,91	47,2
300-350	Фон + K <sub>90</sub>	21,8	5,4	-	-	-
	Фон + K <sub>120</sub>	19,8	5,1	-	-	-
	Фон + K <sub>150</sub>	22,3	5,6	1-2 (1 кл.)	0,12	48,4
HCP <sub>0,05</sub>	Варианты	1,0	0,25	-		
	Уровни K <sub>2</sub> O	0,9	0,19	-		
pH <sub>KCl</sub> 6,3-6,5						
200-250	Контроль	21,1	3,6	1-2 (1 кл.)	0,21	45,6
	N <sub>(90+30)</sub> P <sub>75</sub> - фон	21,1	4,8	-	-	-
	Фон + K <sub>90</sub>	22,0	5,5	-	-	-
	Фон + K <sub>120</sub>	25,1	6,5	-	-	-
	Фон + K <sub>150</sub>	19,6	5,4	1-2 (1 кл.)	0,14	45,6
300-350	Фон + K <sub>90</sub>	21,2	5,9	-	-	-
	Фон + K <sub>120</sub>	22,4	6,4	-	-	-
	Фон + K <sub>150</sub>	22,8	6,6	1-2 (1 кл.)	0,18	48,8
HCP <sub>0,05</sub>	Варианты	1,10	0,28	-		
	Уровни K <sub>2</sub> O	0,90	0,20	-		
HCP <sub>0,05</sub>	Уровни pH	0,7	0,15	-		

Увеличение уровня содержания подвижного калия в почве с 200-250 до 300-350 мг/кг привело к увеличению сбора сырого белка. Максимальный сбор сырого белка на данном уровне калия при  $pH_{KCl}$  6,3-6,5 получен в варианте с внесением 150 кг/га калия (6,6 ц/га).

Рапсовое масло используется на пищевые и технические цели. Растительные масла содержат большое количество ненасыщенных кислот, которые не образуются в организме человека и поступают с продуктами питания. По своему жирно-кислотному составу и вкусовым качествам рапсовое масло приближается к оливковому, при этом оставаясь гораздо дешевле последнего.

Снижение кислотности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы и рост обеспеченности ее подвижным калием оказали положительное влияние на масличность семян ярового рапса. Внесение минеральных удобрений увеличило масличность на 0,9-1,4% по сравнению с контролем. Увеличение обеспеченности почвы подвижным калием с 200-250 до 300-350 мг/кг приводит к повышению масличности на 1,2-3,2%.

Качество рапсового масла, используемого в пищу, определяется уровнем содержания в нем эруковой кислоты, которая неблагоприятно влияет на здоровье человека и может вызывать ожирение, цирроз печени, нарушение обмена веществ. Благодаря успехам селекционеров на сегодняшний день созданы и широко возделываются в республике низкоэруковые сорта рапса [11].

В наших исследованиях на фоне кислотности  $pH_{KCl}$  4,8-4,9 и  $pH_{KCl}$  6,3-6,5 при внесении минеральных удобрений уменьшалось содержание эруковой кислоты по сравнению с вариантом без удобрений, а на фоне кислотности почвы  $pH_{KCl}$  5,4-5,6 содержание эруковой кислоты увеличилось незначительно.

Увеличение уровня содержания подвижного калия в почве до 300-350 мг/кг привело к уменьшению содержания эруковой кислоты на фоне  $pH_{KCl}$  5,4-5,6 и несколько повысило на фоне  $pH_{KCl}$  4,8-4,9 и  $pH_{KCl}$  6,3-6,5. Согласно нормативному значению ГОСТ 30089-93, семена ярового рапса по содержанию эруковой кислоты соответствуют ГОСТу и относятся к первому классу.

Глюкозинолаты – вещества, содержание которых определяет качество семян рапса, а также возможность использования на корм скоту жмыхов и шротов, которые получают в качестве побочных продуктов при производстве растительного масла из семян рапса. Продукты ферментативного гидролиза глюкозинолатов отрицательно влияют на сердечно-сосудистую систему и репродуктивные функции животных [12]. Качество корма выше, чем меньше содержится в нем глюкозинолатов. В наших исследованиях изучаемые факторы не оказывали существенного влияния на изменение содержания глюкозинолатов в семенах ярового рапса.

Семена ярового рапса отличаются высоким содержанием белка и незаменимых аминокислот, что обуславливает использования рапсового жмыха и шрота на корм животным [7, 13-15].

Кислотность почвы и уровень ее обеспеченности подвижным калием оказали влияние на аминокислотный состав семян ярового рапса (табл. 4).

Таблица 4

## Содержание аминокислот в семенах ярового рапса (среднее за 2008-2009 гг.), г/кг семян

Уровни подвижного калия в почве, мг/кг	Вариант	Аминокислоты								Сумма критических аминокислот*	Сумма незаменимых аминокислот
		Треонин*	Метионин*	Лизин*	Фенилаланин	Изолейцин	Лейцин	Валин			
200-250	Контроль	4,82	2,46	9,52	6,74	7,16	12,10	9,86	16,80	52,66	
	N <sub>(90+30)</sub> P <sub>75</sub> -фон	4,44	2,47	14,42	6,62	7,10	12,11	9,87	21,33	57,03	
	Фон + K <sub>150</sub>	4,69	2,69	10,42	7,44	7,76	13,32	10,75	17,80	57,07	
	Фон + K <sub>150</sub>	5,27	2,67	12,28	7,48	7,92	13,38	10,67	20,22	59,67	
pH <sub>KCl</sub> 4,8-4,9											
200-250	Контроль	4,43	2,48	12,38	6,82	7,18	12,18	9,88	19,29	55,35	
	N <sub>(90+30)</sub> P <sub>75</sub> -фон	4,86	2,5	11,88	6,92	7,36	12,38	10,02	19,24	55,92	
	Фон + K <sub>150</sub>	4,25	2,6	10,95	6,90	7,41	12,53	10,37	17,80	55,01	
	Фон + K <sub>150</sub>	4,73	2,63	13,28	7,36	7,78	13,02	10,51	20,64	59,31	
pH <sub>KCl</sub> 5,4-5,6											
200-250	Контроль	3,45	2,33	9,22	6,50	6,82	11,58	9,33	15,00	49,23	
	N <sub>(90+30)</sub> P <sub>75</sub> -фон	3,41	2,36	10,36	6,56	6,96	11,74	9,42	16,13	50,81	
	Фон + K <sub>150</sub>	4,79	2,62	10,88	7,24	7,66	12,90	10,46	18,29	56,55	
	Фон + K <sub>150</sub>	4,87	2,72	11,58	7,48	7,98	13,36	10,86	19,17	58,85	
pH <sub>KCl</sub> 6,3-6,5											

Минимальная сумма незаменимых и критических аминокислот получена на контрольных вариантах без внесения удобрений (критические аминокислоты – 15,00-19,29; незаменимые – 49,23-55,35). При внесении 120 кг/га азота и 75 кг/га фосфора сумма незаменимых аминокислот увеличилась на 0,57-4,37, а сумма критических аминокислот на 1,13-4,53 по сравнению с контролем. Внесение 150 кг/га калия на уровне обеспеченности подвижным калием 200-250 мг/кг почвы при кислотности почвы  $pH_{KCl}$  4,8-4,9 и  $pH_{KCl}$  5,4-5,6 уменьшило сумму критических аминокислот на 1,44-3,53, а сумму незаменимых аминокислот увеличило на 0,04 при  $pH_{KCl}$  4,8-4,9, уменьшило на 0,91 при  $pH_{KCl}$  5,4-5,6 по сравнению с вариантом без внесения калия. На этих вариантах при кислотности почвы  $pH_{KCl}$  6,3-6,5 сумма незаменимых и критических аминокислот увеличивалась соответственно на 1,58-2,16. Увеличение уровня содержания подвижного калия в почве до 300-350 мг/кг повышало сумму незаменимых и критических аминокислот в варианте с внесением 150 кг/га калия. Сумма критических аминокислот увеличивалась на 0,88-2,82, а сумма незаменимых аминокислот на 2,30-4,30. Снижение кислотности почвы до уровня  $pH$  близкого к нейтральной среде, не приводило к увеличению суммы критических и незаменимых аминокислот.

## ВЫВОДЫ

1. Снижение кислотности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы положительно влияет на урожайность и качество семян ярового рапса. На контрольных вариантах блоков кислотности снижение кислотности с  $pH_{KCl}$  4,8-4,9 до  $pH_{KCl}$  5,4-5,6 и  $pH_{KCl}$  6,3-6,5 способствовало росту урожайности семян соответственно на 1,6 и 1,1 ц/га. В вариантах с удобрениями прибавки урожайности семян от снижения кислотности почвы составляли соответственно 1,6-5,0 и 1,5-4,1 ц/га.

2. На всех уровнях кислотности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при обеспеченности подвижным калием 200-250 мг/кг увеличение дозы калийного удобрения от 90 до 150 кг/га калия повышало урожайность семян от 1,3 до 5,8 ц/га. При этом, прирост урожайности семян от 1 кг калия на фоне  $pH$  4,8-4,9 составляет 1,4-1,6 кг, на фоне  $pH$  5,4-5,6 – 1,9-2,6 кг, на фоне  $pH$  6,3-6,5 – 2,6-3,8 кг.

3. Максимальная прибавка урожайности от увеличения содержания подвижного калия в почве с 200-250 до 300-350 мг/кг получена при внесении  $K_{90}$ . Более высокие дозы калия были не эффективны.

4. Снижение кислотности почвы увеличивало сбор сырого белка с урожаем. Максимальный сбор сырого белка на уровне содержания подвижного калия 200-250 мг/кг почвы получен на фоне кислотности  $pH_{KCl}$  6,3-6,5 от внесения 120 кг/га калия – 6,5 ц/га. Увеличение уровня содержания подвижного калия до 300-350 мг/кг привело к увеличению сбора сырого белка. Максимальный сбор на данном уровне калия получен на фоне кислотности почвы  $pH_{KCl}$  6,3-6,5 при внесении 120 и 150 кг/га калия – 6,6 ц/га.

5. Рост обеспеченности почвы подвижным калием положительно влиял на масличность и сумму критических и незаменимых аминокислот. С ростом обеспеченности почвы подвижным калием с 200-250 до 300-350 мг/кг масличность семян увеличивалась в среднем по фонам кислотности почвы на 3,0%, сумма критических аминокислот – на 2,04 г/кг семян, сумма незаменимых аминокислот – на 3,06 г/кг семян.

6. Содержание в семенах ярового рапса эруковой кислоты практически не зависело от кислотности почвы, обеспеченности подвижным калием и находится в пределах допустимого уровня.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Артемов, И.В. Влияние удобрений и плодородия почвы на урожай ярового рапса / И.В. Артемов, Л.П. Непобедимая // Технические культуры. – 1992. – № 1. – С. 15-17.

2. Боровко, Л. Влияние минеральных удобрений на продуктивность и качество семян ярового рапса / Л. Боровко // Рапс: масло, белок, биодизель: материалы междунар. науч.-практ. конф., Жодино, 25-27 сент. 2006 г. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию; под общ. ред. М.А. Кадырова. – Минск, 2006. – С. 83-91.

3. Влияние азотных удобрений на урожай и качество семян ярового рапса / Ф.Н. Леонов [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – № 6. – С. 22-23.

4. Калина, Т.Е. Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на урожайность и химический состав семян ярового рапса / Т.Е. Калина // Изменение и регулирование почвенного плодородия в условиях интенсификации земледелия: сб. науч. тр. / ВАСХНИЛ, отд-ние по Нечерноземной зоне РСФСР, Пермская гос. с.-х. опытная станция. – Пермь, 1988. – С. 92.

5. Ломонос, О.Л. Потребление и вынос основных элементов питания растениями ярового рапса / О.Л. Ломонос // Почва – удобрение – плодородие: материалы междунар. научно-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рожд. Иванова С.Н. и 90-летию со дня рожд. Кулаковской Т.Н., 16-18 фев., 2009 г. / редкол.: Лапа В.В. и [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2009. – С. 184-186.

6. Савенков, В.П. Роль минеральных удобрений в повышении урожайности и качества семян ярового рапса / В.П. Савенков. – Липецк, 2000. – С. 110-113.

7. Скакун, А.С. Рапс – культура масличная / А.С. Скакун, И.В. Бурда, Д. Брауэр. – Минск: Ураджай, 1994. – 96 с.

8. Тихановский, А.Н. Влияние удобрений и извести на качество и продуктивность ярового рапса / А.Н. Тихановский // Достижения науки и техники АПК. – 1991. – № 3. – С. 18-20.

9. Роль калия в жизни растений / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. // Агрохимия. – Минск: Ураджай, 2001. – С. 160-161.

10. Агрохимия: учебник / П.М. Смирнов, Э.А. Муравин – М.: Колос, 1984. – 304 с.

11. Щербаков, В.Г. Биохимия растительного сырья / В.Г. Щербаков. – М.: Колос, 1999. – 376 с.

12. Пилюк, Н.В. Рапс в рационах животных / Н.В. Пилюк // Белорусское сельское хозяйство. – 2003. – № 11. – С. 34-35.

13. DLG DLG-Futterwerttabellen. – Schweine. 6. Auf. – Frankfurt-Main: DLG-Verlag, 1991. – 64 s.

14. DLG DLG-Futterwerttabellen. – Wiederkauer. 7. Auf. – Frankfurt-Main: DLG-Verlag, 1997. – 212 s.

15. Kerschberger, M. Ermittlung optimaler pH- Werte und pH- Stufen der Ackerboden für Pflanzenproduktion / M. Kerschberger, D. Richter // Archiv Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, 1982. – V. 26. – № 3. – P. 153-158.

## INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF SPRING RAPE SEEDS DEPENDING ON DEGREE OF ACIDITY AND POTASSIUM SUPPLY ON SOD-PODSOLIC LOAMY SAND SOILS

G.M. Safronovskaya, T.M. Germanovich, V.A. Satsishur

### Summary

In article data on influence of acidity and supply on sod-podsolic loamy sand soils mobile potassium on productivity and quality of spring rape seeds are stated. It is established, that decrease in acidity of soil with  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  4,8-4,9 to  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  5,4-5,6 and  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  6,3-6,5 promotes growth of productivity of seeds on the control accordingly on 0,16 and 0,11  $\text{tha}^{-1}$ . In variants with fertilizers of an increase of productivity of seeds from decrease in acidity of soil increase and accordingly make 0,16-0,5 and 0,15-0,41  $\text{tha}^{-1}$ . At supply of soil mobile potassium 200-250 mg/kg the increase in doses of potash fertilizer from 90 to 150 kg/ha raises productivity of seeds from 0,13 to 0,58  $\text{tha}^{-1}$  at all levels of acidity of soil. The increase of productivity of seeds from 1 kg potassium against  $\text{pH}$  4,8-4,9 makes 1,4-1,6 kg, against  $\text{pH}$  5,4-5,6 – 1,9-2,6 kg, against  $\text{pH}$  6,3-6,5 – 2,6-3,8 kg. With growth of supply of soil mobile potassium to 300-350 mg/kg for spring rape the dose of potassium 90 kg/ha is most effective. The increase in doses of potassium at this level to 120-150 kg/ha leads to decrease the increases of productivity of seeds.

*Поступила 5 октября 2009 г.*



## INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF SPRING RAPE SEEDS DEPENDING ON DEGREE OF ACIDITY AND POTASSIUM SUPPLY ON SOD-PODSOLIC LOAMY SAND SOILS

G.M. Safronovskaya, T.M. Germanovich, V.A. Satsishur

### Summary

In article data on influence of acidity and supply on sod-podsolic loamy sand soils mobile potassium on productivity and quality of spring rape seeds are stated. It is established, that decrease in acidity of soil with pH<sub>KCl</sub> 4,8-4,9 to pH<sub>KCl</sub> 5,4-5,6 and pH<sub>KCl</sub> 6,3-6,5 promotes growth of productivity of seeds on the control accordingly on 0,16 and 0,11 t<sub>ha</sub><sup>-1</sup>. In variants with fertilizers of an increase of productivity of seeds from decrease in acidity of soil increase and accordingly make 0,16-0,5 and 0,15-0,41 t<sub>ha</sub><sup>-1</sup>. At supply of soil mobile potassium 200-250 mg/kg the increase in doses of potash fertilizer from 90 to 150 kg/ha raises productivity of seeds from 0,13 to 0,58 t<sub>ha</sub><sup>-1</sup> at all levels of acidity of soil. The increase of productivity of seeds from 1 kg potassium against pH 4,8-4,9 makes 1,4-1,6 kg, against pH 5,4-5,6 – 1,9-2,6 kg, against pH 6,3-6,5 – 2,6-3,8 kg. With growth of supply of soil mobile potassium to 300-350 mg/kg for spring rape the dose of potassium 90 kg/ha is most effective. The increase in doses of potassium at this level to 120-150 kg/ha leads to decrease the increases of productivity of seeds.

*Поступила 5 октября 2009 г.*

УДК 631.8.022.3:633.13:631.445.2

## УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПЕЛЮШКО-ОВСЯНОЙ СМЕСИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

В.В. Лапа, М.М. Ломонос, О.Г. Кулеш

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

### ВВЕДЕНИЕ

Важной задачей сельского хозяйства Беларуси в настоящее время является увеличение объемов производства и реализации животноводческой продукции. Одна из основных причин низкой рентабельности животноводства в республике – чрезмерно высокие удельные затраты кормов, существенно превосходящие зоотехнические нормативы. В данный период времени растениеводческая отрасль не может в полной мере обеспечить достаточного производства кормового растительного белка, дефицит которого по разным оценкам составляет 20-25% от общей его потребности. Анализ показывает, что в последнее десятилетие уровень обеспеченности кормовых рационов переваримым протеином не превышал 85-90 г от потребности, а для физиологически обоснованного кормления

необходимо как минимум 105 г. В то же время установлено, что при недостатке в кормовой единице 1 г переваримого белка до физически обоснованной нормы перерасход кормов составляет 1,5-2,0% [1].

Пелюшко-овсяные смеси широко используются для получения зеленого корма, силоса, сенажа, сена или зерна, которые хорошо сбалансированы по содержанию переваримого протеина и элементов питания. Кроме того, бобово-злаковые смеси обогащают почву симбиотическим азотом, выполняют фитосанитарную роль в севооборотах и являются одними из лучших предшественников для зерновых культур. При этом в севообороте они могут возделываться как основная так и как промежуточная культура [3-5]. Поэтому целью наших исследований являлось определение влияния органических и минеральных удобрений на продуктивность и качество пелюшко-овсяной смеси при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению влияния минеральных удобрений на урожайность и качество пелюшко-овсяной смеси проводили в длительном стационарном полевом опыте в СПК «Щемяслица» Минского района на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на мощном лессовидном суглинке. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта:  $pH_{KCl}$  5,8-6,0, содержание  $P_2O_5$  – 400-420,  $K_2O$  – 300-320 мг/кг почвы, гумуса – 1,8-2,0%, (индекс агрохимической окультуренности – 0,92).

Пелюшко-овсяную смесь возделывали на протяжении 2006-2008 гг. в зерно-травяном севообороте со следующим чередованием культур: пелюшко-овсяная смесь на зеленую массу – озимое тритикале + клевер – клевер луговой 1 г. п. – яровая пшеница – яровой рапс. Схема опыта предусматривала внесение возрастающих доз азотных удобрений на фоне различных уровней фосфорного и калийного питания: только за счет почвенных запасов фосфора и калия, на дефицитный и поддерживающий баланс фосфора и калия (табл. 1). Органические удобрения (40 т/га солоमистого навоза КРС) в севообороте вносили под пелюшко-овсяную смесь.

Агротехника возделывания пелюшко-овсяной смеси общепринятая для Республики Беларусь [6]. Учет урожая – сплошной поделяночный.

Анализ почвенных и растительных образцов проводили в соответствии с общепринятыми методиками: фосфор и калий – по методу Кирсанова (0,2 М HCl), гумус – по Тюрину (0,4 М  $K_2Cr_2O_7$ ); в растительных образцах после мокрого озоления проб в смеси серной кислоты и пергидроля определяли азот фотоколориметрическим методом. Содержание сырого протеина определяли умножением содержания общего азота на коэффициент 6,25 [7].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Применение органических и минеральных удобрений благоприятно сказалось на урожайности зеленой массы пелюшко-овсяной смеси, которая изменялась в зависимости от варианта удобрения и составила в 2006 году 342-566 ц/га, в 2007 – 231-545, а в 2008 – 385-614 ц/га (табл. 1). Различие в урожайности по годам исследований обусловлено влиянием погодных условий в пери-

од вегетации, хотя в целом они были довольно благоприятными для возделывания пелюшко-овсяной смеси.

За три года исследований прибавка от применения азотных удобрений составила 36-118 ц/га, от внесения полного минерального удобрения – 91-193 ц/га. Оптимальным вариантом внесения азотных удобрений оказалось внесение под предпосевную культивацию  $N_{60}$  на фоне применения  $P_{60}K_{120}$ . При увеличении дозы минерального азота отмечается лишь тенденция к увеличению урожайности бобово-злаковой смеси. При внесении под предпосевную культивацию  $N_{60}P_{60}K_{120}$  была получена урожайность 558 ц/га зеленой массы. На фоне  $P_{30}K_{60}$  наиболее эффективной оказалась доза  $N_{90}$ , и урожайность зеленой массы в данном варианте составила 540 ц/га. Применение под предпосевную культивацию  $P_{30}K_{60}$  обеспечило повышение урожайности зеленой массы пелюшко-овсяной смеси в фоновом варианте на 55 ц/га. Повышение доз фосфорных и калийных удобрений до  $P_{60}K_{120}$  привело к увеличению урожайности на 20 ц/га по сравнению с  $P_{30}K_{60}$ .

Таблица 1

**Влияние удобрений на урожайность пелюшко-овсяной смеси  
на дерново-подзолистой  
легкосуглинистой почве, 2006-2008 гг.**

Вариант	Зеленая масса, ц/га				Прибавка, ц/га	
	2006 г.	2007 г.	2008 г.	Ø	N	NPК
Без удобрений	342	231	385	319	-	-
Навоз, 40 т/га – фон 1	402	322	421	382	-	-
Фон 1 + $N_{30}$	462	375	452	430	48	-
Фон 1 + $N_{60}$	501	467	496	488	106	-
Фон 1 + $N_{90}$	522	473	506	500	118	-
Фон 1 + $N_{60}P_{30}$	512	466	502	493	-	-
Фон 1 + $N_{60}K_{60}$	509	470	504	494	-	-
Навоз + $P_{30}K_{60}$ – фон 2	446	397	468	437	-	-
Фон 2 + $N_{30}$	479	427	514	473	36	91
Фон 2 + $N_{60}$	517	461	546	508	71	126
Фон 2 + $N_{90}$	540	493	586	540	103	158
Навоз + $P_{60}K_{120}$ – фон 3	453	430	489	457	-	-
Фон 3 + $N_{30}$	513	495	552	520	63	138
Фон 3 + $N_{60}$	542	533	598	558	101	176
Фон 3 + $N_{90}$	559	535	609	568	111	186
Фон 3 + $N_{60+30}$	557	535	603	565	108	183
Фон 3 + $N_{90+30}$	566	545	614	575	118	193
НСР <sub>0,05</sub>	25	23	19			

Наиболее эффективным вариантом системы удобрения пелюшко-овсяной смеси следует признать внесение под предпосевную культивацию полного ми-

нерального удобрения  $N_{60}P_{60}K_{120}$ , при котором урожайность зеленой массы составила 558 ц/га (61,3 ц/га к.ед.) при прибавке урожайности от азотного и полного минерального удобрения 101 и 176 ц/га соответственно.

Эффективным агрохимическим приемом при возделывании пелюшко-овсяной смеси оказалось внесение под зяблевую вспашку 40 т/га соломистого навоза КРС, которое обеспечило прибавку урожая зеленой массы 63 ц/га или 6,9 ц/га к.ед.

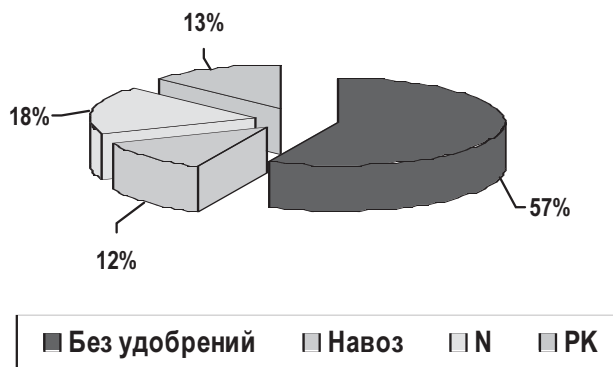


Рис. 1. Долевое участие отдельных факторов в формировании продуктивности пелюшко-овсяной смеси на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Оценивая долевое участие отдельных факторов в формировании урожайности пелюшко-овсяной смеси следует отметить, что почвенное плодородие в рекомендуемом варианте обеспечило формирование 57%, минеральные и органические удобрения – 43% общей продуктивности пелюшко-овсяной смеси (рис. 1). Долевое участие азотных удобрений составило при этом 18%, органических удобрений – 12%, фосфорных и калийных удобрений – 13%. Основной качественной оценкой корма является кормовая единица. Применение органических и минеральных удобрений существенно повышало кормовую продуктивность бобово-злаковой смеси, которая изменялась в зависимости от варианта удобрения от 35,1 до 63,3 ц/га к.ед. (табл. 2).

В среднем за три года исследований применение азотных удобрений увеличило продуктивность пелюшко-овсяной смеси на 4,0-13,0 ц/га к.ед., а внесение полного минерального удобрения – 10,0-21,2 ц/га к.ед.

Установлено, что внесение под предпосевную культивацию полного минерального удобрения  $N_{60}P_{60}K_{120}$  на фоне 40 т/га навоза обеспечило продуктивность пелюшко-овсяной смеси 61,3 ц/га к.ед. при прибавке урожайности от азотного и полного минерального удобрения 11,1 и 19,4 ц/га к.ед. соответственно.

Внесение под зяблевую вспашку 40 т/га соломистого навоза КРС обеспечило увеличение продуктивности пелюшко-овсяной смеси на 6,9 ц/га к.ед.

Для более полного представления о питательности корма применяли показатель кормопротеиновая единица (КПЕ), которая учитывает содержание в корме кормовых единиц и переваримого протеина [8]. Установлено, что применение органоминеральной системы удобрения  $N_{90+30}P_{60}K_{120}$  способствовало получению выхода КПЕ на уровне 86,0 ц/га, что в первую очередь обусловлено высокой урожайностью зеленой массы однолетних трав и высокой обеспеченностью корма переваримым протеином. В оптимальном по продуктивности варианте сбор КПЕ составил 79,4 ц/га.

Таблица 2

**Влияние минеральных удобрений на продуктивность и качественные показатели зеленой массы однолетних трав (среднее за 2006-2008 гг.)**

Вариант	Сбор к.ед., ц/га	Сбор сырого протеина, кг/га	Сбор КПЕ, ц/га	Пп*, г/кг корма	Обеспеченность 1 к.ед. Пп, г
Без удобрений	35,1	681	42,1	13,1	87
Навоз, 40 т/га – фон 1	42,1	860	52,0	13,6	91
Фон 1 + N <sub>30</sub>	47,3	1033	60,8	14,5	96
Фон 1 + N <sub>60</sub>	53,7	1172	69,0	14,4	96
Фон 1 + N <sub>90</sub>	55,0	1248	72,4	15,0	100
Фон 1 + N <sub>60</sub> P <sub>30</sub>	54,3	1197	70,2	14,6	97
Фон 1 + N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	54,4	1160	68,9	14,1	94
Навоз + P <sub>30</sub> K <sub>60</sub> – фон 2	48,1	997	60,0	13,8	92
Фон 2 + N <sub>30</sub>	52,1	1103	65,7	14,1	94
Фон 2 + N <sub>60</sub>	55,9	1233	72,3	14,7	98
Фон 2 + N <sub>90</sub>	59,4	1353	78,4	15,1	101
Навоз + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> – фон 3	50,3	1060	63,3	14,0	93
Фон 3 + N <sub>30</sub>	57,2	1235	73,1	14,3	95
Фон 3 + N <sub>60</sub>	61,3	1353	79,4	14,6	97
Фон 3 + N <sub>90</sub>	62,4	1452	83,5	15,4	103
Фон 3 + N <sub>60+30</sub>	62,2	1449	83,3	15,4	103
Фон 3 + N <sub>90+30</sub>	63,3	1511	86,0	15,8	105
НСР <sub>05</sub>	2,7	60			

Примечания: Пп\* – переваримый протеин

Не менее важным показателем является сбор сырого протеина. В наших исследованиях существенное влияние на сбор сырого протеина оказали азотные удобрения, внесение которых способствовало увеличению сбора сырого протеина на 20,1-45,1% (173-388 кг/га) при использовании почвенных запасов фосфора и калия, 10,6-35,7% (106-356 кг/га) – при внесении фосфора и калия в расчете на дефицитный баланс, и 16,5-42,5% (175-451 кг/га) – при поддерживающем внесении фосфора и калия. Содержание переваримого протеина в зеленой массе бобово-злаковой смеси было более высоким при внесении возрастающих доз азотных удобрений на фоне поддерживающего внесения фосфорных и калийных удобрений. Обеспеченность 1 кормовой единицы переваримым протеином при данных системах удобрения находилась в пределах от 95 г до 105 г, что соответствует общепринятым нормам.

Не менее важным качественным показателем является содержание элементов питания (табл. 3). Содержание общего азота в зеленой массе по опытным вариантам составило 2,16-2,76%, фосфора – 0,79-0,93, калия – 2,12-3,89, кальция – 0,79-0,92 и магния – 0,41-0,48%.

Таблица 3

**Содержание элементов питания в зеленой массе пелюшко-овсяной смеси, % в сухом веществе (среднее за 2006-2008 гг.)**

Вариант	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
Без удобрений	2,16	0,79	2,12	0,81	0,46
Навоз, 40 т/га – фон 1	2,25	0,85	2,53	0,83	0,47
Фон 1 + N <sub>30</sub>	2,42	0,84	2,88	0,87	0,47
Фон 1 + N <sub>60</sub>	2,49	0,85	2,94	0,88	0,48
Фон 1 + N <sub>90</sub>	2,57	0,85	2,91	0,89	0,47
Фон 1 + N <sub>60</sub> P <sub>30</sub>	2,51	0,89	2,76	0,92	0,48
Фон 1 + N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,44	0,83	3,43	0,85	0,44
Навоз + P <sub>30</sub> K <sub>60</sub> – фон 2	2,29	0,92	3,64	0,84	0,44
Фон 2 + N <sub>30</sub>	2,44	0,92	3,60	0,82	0,43
Фон 2 + N <sub>60</sub>	2,54	0,93	3,57	0,83	0,44
Фон 2 + N <sub>90</sub>	2,70	0,91	3,54	0,86	0,44
Навоз + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> – фон 3	2,33	0,92	3,75	0,81	0,43
Фон 3 + N <sub>30</sub>	2,47	0,93	3,83	0,79	0,41
Фон 3 + N <sub>60</sub>	2,60	0,91	3,82	0,82	0,44
Фон 3 + N <sub>90</sub>	2,67	0,93	3,82	0,85	0,44
Фон 3 + N <sub>60+30</sub>	2,68	0,93	3,83	0,80	0,44
Фон 3 + N <sub>90+30</sub>	2,76	0,92	3,86	0,81	0,43
НСР <sub>0,05</sub>	0,15	0,06	0,25	0,08	0,05

При этом возрастающие дозы минеральных удобрений увеличивали содержание азота, фосфора и калия в продукции. Содержание в зеленой массе кальция и магния в меньшей мере зависело от доз и видов и соотношений минеральных удобрений.

Удельный (нормативный) вынос элементов питания, показатели которого используются для расчета баланса элементов питания и доз удобрений в сельскохозяйственном производстве, в рекомендуемом варианте (внесение под предпосевную культивацию N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>) с 1 т зеленой массы составил: азота – 3,9, фосфора – 1,4, калия – 5,7, кальция – 1,2, магния – 0,6 кг; с 1 т к.ед.: азота – 35,4, фосфора – 12,4, калия – 52,1, кальция – 11,0, магния – 5,9 кг (табл. 4).

Таблица 4

**Удельный (нормативный) вынос элементов питания пелюшко-овсяной смесью на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (среднее за 2006-2008 гг.)**

Вариант	С 1 т зеленой массы, кг					С 1 т к.ед. кг				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
Без удобрений	3,5	1,3	3,4	1,3	0,8	31,8	11,6	31,3	12,0	6,9
Навоз, 40 т/га – фон 1	3,6	1,4	4,1	1,4	0,8	33,1	12,4	37,2	12,3	7,0

Вариант	С 1 т зеленой массы, кг					С 1 т к.ед. кг				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
Фон 1 + N <sub>30</sub>	3,9	1,3	4,6	1,4	0,8	35,1	12,2	41,5	12,8	6,9
Фон 1 + N <sub>60</sub>	3,8	1,3	4,5	1,4	0,7	35,0	11,8	41,2	12,3	6,8
Фон 1 + N <sub>90</sub>	4,0	1,3	4,5	1,4	0,7	36,3	12,0	41,1	12,7	6,7
Фон 1 + N <sub>60</sub> P <sub>30</sub>	3,9	1,4	4,3	1,4	0,7	35,3	12,5	38,7	12,9	6,7
Фон 1 + N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,8	1,3	5,3	1,3	0,7	34,2	11,6	48,1	11,9	6,2
Навоз + P <sub>30</sub> K <sub>60</sub> – фон 2	3,7	1,5	5,8	1,4	0,7	33,4	13,4	53,0	12,3	6,5
Фон 2 + N <sub>30</sub>	3,8	1,4	5,5	1,2	0,7	34,1	12,8	50,2	11,2	6,0
Фон 2 + N <sub>60</sub>	3,9	1,4	5,5	1,2	0,7	35,6	12,9	49,9	11,4	6,2
Фон 2 + N <sub>90</sub>	4,0	1,4	5,3	1,3	0,7	36,6	12,3	48,2	11,5	6,0
Навоз + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> – фон 3	3,7	1,5	6,0	1,3	0,7	33,9	13,3	54,3	11,6	6,3
Фон 3 + N <sub>30</sub>	3,8	1,4	5,9	1,2	0,6	34,7	13,0	53,6	10,9	5,8
Фон 3 + N <sub>60</sub>	3,9	1,4	5,7	1,2	0,6	35,4	12,4	52,1	11,0	5,9
Фон 3 + N <sub>90</sub>	4,1	1,4	5,9	1,3	0,7	37,3	13,0	53,2	11,7	6,2
Фон 3 + N <sub>60+30</sub>	4,1	1,4	5,9	1,2	0,7	37,4	13,0	53,4	11,1	6,2
Фон 3 + N <sub>90+30</sub>	4,2	1,4	5,9	1,2	0,6	38,2	12,8	53,5	11,0	5,9

### ВЫВОДЫ

При возделывании пелюшко-овсяной смеси на окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве оптимальной системой удобрения следует признать внесение под предпосевную культивацию N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>, которое обеспечило получение зеленой массы 558 ц/га (61,3 ц/га к.ед.) при прибавке урожайности от азотного и полного минерального удобрения 101 и 176 ц/га или 11,0 и 19,2 ц/га к.ед.. Сбор сырого протеина при данной системе удобрения составил 1353 кг/га при обеспеченности к.ед. переваримым протеином на уровне 97 г.

Удельный (нормативный) вынос элементов питания в рекомендуемом варианте (внесение под предпосевную культивацию N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>) составил с 1 т зеленой массы: азота – 3,9 кг, фосфора – 1,4, калия – 5,7, кальция – 1,2, магния – 0,6 кг; с 1 т к.ед.: азота – 35,4, фосфора – 12,4, калия – 52,1, кальция – 11,0, магния – 5,9 кг.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Кукреш, Л.В. К проблеме производства кормового белка / Л.В. Кукреш, Н.П. Лукашевич // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – № 6. – С. 3-5.
2. Босак, В.Н. система удобрения в сеооборотах на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах / В.Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Мн., 2003. – 176 с.
3. Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая / В.В. Лапа, В.Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2006. – 120 с.
4. Шлапунов В.Н. Кормовое поле Беларуси / В.Н. Шлапунов, В. С. Цыдик. – Барановичи, 2003. – 304 с.
5. Шофман, Л.И. Однолетние кормовые культуры в составе смесей / Л.И. Шофман. – Мн.: БелНЦИМАПК, 1997. – 175 с.
6. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / Ф.И. Привалова [и др.];

РУП «Науч.- прак. центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.

7. Практикум по агрохимии / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Мн.: Ураджай, 1998. – 270 с.

8. Михалев, С.С. Технология производства кормов / под общ. ред. В.А. Тюльдикова. – М.: Колос, 1998. – 432 с.

## PRODUCTIVITY AND QUALITY OF MIX PEA-OATEN DEPENDING ON OF FERTILIZERS APPLICATION ON LIGHT LOAMY SOIL

V.V. Lapa, M.M. Lomonos, O.H. Kulesh

In clause, the results of researches on study of efficiency of application of organic and mineral fertilizers are resulted at cultivation of mix pea-oaten on light loamy soil. The basic entering  $N_{60}P_{60}K_{120}$  has ensured productivity of green weight of 558 c/ha (61,3 c/ha f.u.). Gathering of a crude protein at the given system of fertilizer has made 1353 kg/ha at security f.u. by protein at level of 97 g.

*Поступила 22 ноября 2009 г.*

УДК 631.524.84:633.15:631.445.2

## ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

О.Н. Марцунь<sup>1</sup>, В.Н. Босак<sup>1-2</sup>, Т.М. Серая<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Белорусский государственный экономический университет, г. Минск, Беларусь

### ВВЕДЕНИЕ

Кукуруза относится к важнейшим кормовым и продовольственным культурам на земле. В Республике Беларусь кукурузу в первую очередь возделывают на кормовые цели. Согласно Государственной программе возрождения и развития села на 2005-2010 годы, необходимо сохранить посевную площадь кукурузы на силос 400 тыс. га; в центральной и южной частях Беларуси следует перейти на сев среднеспелых гибридов этой культуры, в северной части – скороспелых [1]. В области семеноводства кукурузы в Гомельской и Брестской областях требуется создание базы для производства не менее 7,5 тыс. тонн (65% от потребности) гибридных семян кукурузы, не уступающих по продуктивности и скороспелости зарубежным.

Зерно кукурузы является ценным энергетическим кормом (1 кг зерна = 1,34 к.ед.), оно с успехом может использоваться также для продовольственных (хлебопечение, растительное масло и т.д.) и технических (биотопливо) целей. Ценным энергетическим кормом является также зеленая масса кукурузы, 1 кг которой содержит от 13-15 до 28-30 к.ед. Кукурузный силос содержит 0,18-



РУП «Науч.- прак. центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.

7. Практикум по агрохимии / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Мн.: Ураджай, 1998. – 270 с.

8. Михалев, С.С. Технология производства кормов / под общ. ред. В.А. Тюльдикова. – М.: Колос, 1998. – 432 с.

## PRODUCTIVITY AND QUALITY OF MIX PEA-OATEN DEPENDING ON OF FERTILIZERS APPLICATION ON LIGHT LOAMY SOIL

V.V. Lapa, M.M. Lomonos, O.H. Kulesh

In clause, the results of researches on study of efficiency of application of organic and mineral fertilizers are resulted at cultivation of mix pea-oaten on light loamy soil. The basic entering  $N_{60}P_{60}K_{120}$  has ensured productivity of green weight of 558 c/ha (61,3 c/ha f.u.). Gathering of a crude protein at the given system of fertilizer has made 1353 kg/ha at security f.u. by protein at level of 97 g.

*Поступила 22 ноября 2009 г.*

УДК 631.524.84:633.15:631.445.2

## ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

О.Н. Марцунь<sup>1</sup>, В.Н. Босак<sup>1-2</sup>, Т.М. Серая<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Белорусский государственный экономический университет, г. Минск, Беларусь

### ВВЕДЕНИЕ

Кукуруза относится к важнейшим кормовым и продовольственным культурам на земле. В Республике Беларусь кукурузу в первую очередь возделывают на кормовые цели. Согласно Государственной программе возрождения и развития села на 2005-2010 годы, необходимо сохранить посевную площадь кукурузы на силос 400 тыс. га; в центральной и южной частях Беларуси следует перейти на сев среднеспелых гибридов этой культуры, в северной части – скороспелых [1]. В области семеноводства кукурузы в Гомельской и Брестской областях требуется создание базы для производства не менее 7,5 тыс. тонн (65% от потребности) гибридных семян кукурузы, не уступающих по продуктивности и скороспелости зарубежным.

Зерно кукурузы является ценным энергетическим кормом (1 кг зерна = 1,34 к.ед.), оно с успехом может использоваться также для продовольственных (хлебопечение, растительное масло и т.д.) и технических (биотопливо) целей. Ценным энергетическим кормом является также зеленая масса кукурузы, 1 кг которой содержит от 13-15 до 28-30 к.ед. Кукурузный силос содержит 0,18-

0,25 к.ед. и 10-16 г переваримого протеина. Побочная продукция кукурузы (стебли, початки) является превосходным органическим удобрением (1 т растительных остатков эквивалентна 3,8 т подстилочного навоза), а также может использоваться для получения биогаза и биогумуса [2-6].

Кукуруза является довольно требовательной культурой к плодородию почв и применению удобрения. Для возделывания кукурузы в условиях Республики Беларусь наиболее пригодны дерново-подзолистые легко- и среднесуглинистые, а также супесчаные на связных породах почвы. Рекомендуемые параметры агрохимических показателей почвенного плодородия:  $pH_{KCl}$  – 5,8-7,0, содержание гумуса – не менее 1,8%, содержание подвижных соединений фосфора и калия – не менее 150 мг/кг почвы. С 1 т зерна и соответствующим количеством соломы кукуруза в среднем выносит 30,2 кг азота, 13,3 кг фосфора и 27,6 кг калия; с 1 т зеленой массы – 3,3 кг азота, 1,2 кг фосфора и 4,2 кг калия [7-9].

Применение научно обоснованной системы удобрения позволяет получать высокие и устойчивые урожаи кукурузы в Республике Беларусь [9-13].

Цель исследований – изучить влияние различных видов органических удобрений на урожайность и качество зеленой массы кукурузы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по изучению влияния минеральных и различных видов органических удобрений на продуктивность кукурузы (гибрид Дельфин) проводили в полевом опыте РУП “Институт почвоведения и агрохимии” на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в СПК “Щемяслица” Минского района на протяжении 2008-2009 гг.

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта 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%.

Схема опыта предусматривала внесение различных видов органических удобрений и промышленных растительных отходов (подстилочный навоз, торфонавозные компосты, солома озимого тритикале, сборные компосты на основе лигнина и дефеката, жом, дефекат, вермикомпост) на фоне  $N_{90+30}P_{60}K_{120}$ . Органические удобрения вносили весной под вспашку, фосфорные (аммонизированный суперфосфат) и калийные (хлористый калий) удобрения – весной под предпосевную культивацию, азотные (карбамид)  $N_{90}$  – весной под предпосевную культивацию в сочетании с подкормкой  $N_{30}$  в фазу 6-8 листьев.

Агротехника возделывания кукурузы – общепринятая для Республики Беларусь. Схема опыта была реализована на фоне интегрированной системы защиты растений. Качественные показатели зеленой массы кукурузы, экономический анализ применения минеральных и органических удобрений проводили согласно принятым методикам в ценах на удобрения и продукцию на 1.09.2009 г. [7-8, 12, 14-16].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Применение минеральных и органических удобрений в исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве оказало значительное влияние на урожайность зеленой массы кукурузы (табл. 1).

**Влияние удобрений на урожайность зеленой массы кукурузы  
(влажность 80%) на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве**

Вариант	Зеленая масса, ц/га			Прибавка, ц/га		Сбор к.ед., ц/га
	2008 г.	2009 г.	Ø	органиче- ские удобрения	НРК	
Без удобрений	391	465	428	–	–	85,6
N <sub>90+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> – фон	567	683	625	–	197	125,0
НРК + навоз, 20 т/га	622	747	685	60	–	137,0
НРК + солома озимого тритикале, 5 т/га + N <sub>40</sub>	601	750	676	51	–	135,2
НРК + дефекат, 40 т/га	568	744	656	31	–	131,2
НРК + жом, 40 т/га	574	725	650	25	–	130,0
НРК + жом, 20 т/га + дефекат, 20 т/га	607	761	684	59	–	136,8
НРК + вермикомпост, 5 т/га	614	789	702	77	–	140,4
НРК + солома оз. тритикале, 5 т/га + N <sub>40</sub> + навоз, 40 т/га	695	806	751	126	–	150,2
НРК + навоз, 60 т/га	692	870	781	156	–	156,2
НРК + ТНК, 60 т/га + солома оз. тритикале (50 кг/т)	680	858	769	144	–	153,8
НРК + компост (лигнин + дефекат), 60 т/га	622	789	706	81	–	141,2
НРК + компост (лигнин + дефекат + навоз), 60 т/га	632	798	715	90	–	143,0
НСР <sub>05</sub>	27	41	24			4,8

В 2008 г. урожайность зеленой массы составила 391-695 ц/га, в 2009 г. – 465-870 ц/га при прибавке урожая от внесения удобрений соответственно 176-304 и 208-405 ц/га.

В среднем за два года исследований урожайность зеленой массы составила 428-781 ц/га при сборе кормовых единиц 85,6-156,2 ц/га.

Внесение минеральных удобрений N<sub>90+30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> обеспечило урожайность зеленой массы 625 ц/га с прибавкой урожая 197 ц/га (39,4 ц/га к.ед.) при окупаемости 1 кг НРК 65,7 кг зеленой массы (13,1 к.ед.). Применение различных видов органических удобрений в вариантах с полным органоминеральным удобрением способствовало формированию 650-781 ц/га зеленой массы с прибавкой урожая 25-156 ц/га. Окупаемость 1 т условного навоза в исследованиях составила 135-300 кг зеленой массы или 27-60 к.ед.

Максимальная урожайность зеленой массы 781 ц/га в опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве получена в варианте с внесением  $N_{90+30}P_{60}K_{120}$  в сочетании с применением 60 т/га подстилочного навоза КРС. Несколько меньшую урожайность обеспечило внесение 60 т/га торфонавозных компостов (769-770 ц/га). Достаточно высокая урожайность получена в варианте с внесением 5 т/га соломы в сочетании с 40 т/га подстилочного навоза КРС на фоне полного минерального удобрения (751 ц/га).

Важнейшими качественными показателями зеленой массы кукурузы является содержание сырого белка и основных элементов питания [3, 6, 7].

Установлено, что на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве применение минеральных и органических удобрений способствовало увеличению содержания элементов питания и сырого белка в зеленой массе кукурузы гибрида Дельфин (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние удобрений на содержание элементов питания и сырого белка в зеленой массе кукурузы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, % в сухом веществе (среднее за 2008-2009 гг.)**

Вариант	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Сырой белок, %
Без удобрений	1,34	0,96	2,38	0,38	0,49	8,4
$N_{90+30}P_{60}K_{120}$ – фон	1,55	1,08	2,50	0,33	0,49	9,7
НРК + навоз, 20 т/га	1,57	1,01	2,52	0,38	0,49	9,8
НРК + солома озимого тритикале, 5 т/га + $N_{40}$	1,61	1,00	2,42	0,35	0,46	10,1
НРК + дефекат, 40 т/га	1,57	1,02	2,41	0,39	0,48	9,8
НРК + жом, 40 т/га	1,61	1,04	2,41	0,36	0,50	10,1
НРК + жом, 20 т/га + дефекат, 20 т/га	1,72	1,03	2,52	0,38	0,46	10,8
НРК + вермикомпост, 5 т/га	1,57	0,99	2,51	0,34	0,46	9,8
НРК + солома оз. тритикале, 5 т/га + $N_{40}$ + навоз, 40 т/га	1,78	1,06	2,51	0,40	0,49	11,1
НРК + навоз, 60 т/га	1,78	0,97	2,43	0,39	0,47	11,1
НРК + торфонавозный компост, 60 т/га	1,64	1,00	2,45	0,36	0,48	10,3
НРК + компост (лигнин + дефекат), 60 т/га	1,62	1,03	2,45	0,39	0,48	10,1
НРК + компост (лигнин + дефекат + навоз), 60 т/га	1,62	1,01	2,44	0,39	0,48	10,1
НСР <sub>05</sub>	0,05	0,03	0,08	0,01	0,01	0,4

Содержание общего азота в вариантах с применением удобрений увеличилось с 1,34 до 1,78%, фосфора – с 0,96 до 1,08%, калия – с 2,38 до 2,52%. Внесение удобрений повысило содержание сырого белка в зеленой массе с 8,4 до 11,1% с максимальными показателями в вариантах с внесением 60 т/га подстилочного навоза, а также 40 т/га подстилочного навоза в сочетании с 5 т/га соломы озимого тритикале.

Наряду с показателями агрономической эффективности, при оценке применения минеральных и органических удобрений используют показатели экономической эффективности, позволяющие рекомендовать для внедрения в агропромышленное производство наиболее выгодный вариант удобрения [14].

Внесение полного минерального удобрения  $N_{90+30}P_{60}K_{120}$  в наших исследованиях обеспечило получение 542,4 тыс. руб./га чистого дохода с рентабельностью 98% (табл. 3).

Таблица 3

**Экономическая эффективность применения  
полного органоминерального удобрения при возделывании кукурузы  
на зеленую массу на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве  
(среднее за 2008-2009 гг.)**

Вариант	Прибавка, ц/га к.ед.	Стоимость прибавки, тыс. руб./га	Общие затраты, тыс. руб./га	Чистый доход, тыс. руб./га	Рента- бельность, %
Без удобрений	–	–	–	–	–
$N_{90+30}P_{60}K_{120}$ – фон	39,4	1093,3	550,9	542,4	98
НПК + навоз, 20 т/га	51,4	1426,2	734,0	692,2	94
НПК + солома озимого тритика- ле, 5 т/га + $N_{40}$	49,6	1376,3	662,4	713,9	108
НПК + дефекат, 40 т/га	45,6	1265,3	715,6	549,7	77
НПК + жом, 40 т/га	44,4	1232,0	780,5	451,5	58
НПК + жом, 20 т/га + дефекат, 20 т/га	51,2	1420,7	778,4	642,3	83
НПК + вермиком- пост, 5 т/га	54,8	1520,6	1399,1	121,5	9
НПК + солома оз. тритикале, 5 т/га + $N_{40}$ + навоз, 40 т/га	64,6	1792,5	984,5	808,0	82
НПК + навоз, 60 т/га	70,6	1959,0	1076,7	882,3	82
НПК + ТНК, 60 т/га + солома оз. тритикале (50 кг/т)	68,2	1892,4	1125,4	767,0	68

Окончание таблицы 3

Вариант	Прибавка, ц/га к.ед.	Стоимость прибавки, тыс. руб./га	Общие затраты, тыс. руб./га	Чистый доход, тыс. руб./га	Рента- бельность, %
НРК + компост (лигнин + дефе- кат), 60 т/га	55,6	1542,8	1039,7	503,1	48
НРК + компост (лигнин + дефе- кат + навоз), 60 т/га	57,4	1592,7	1037,3	555,4	54

Отдельное применение различных видов органических удобрений способствовало получению чистого дохода от 13,1 до 339,8 тыс. руб./га с рентабельностью 3-154%. При этом отдельное применение жома, а также компоста на основе лигнина и дефеката оказалось экономически невыгодным, что связано, прежде всего, с невысокой прибавкой урожая и затратами на их приготовление и внесение.

При возделывании кукурузы рекомендуется полное органоминеральное удобрение, применение которого обеспечивает максимальные показатели агроэкономической эффективности, а также сохранение и повышение почвенного плодородия [3, 9-11, 13-14].

Установлено, что на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве применение полного органоминерального удобрения оказалось экономически эффективным во всех опытных вариантах. Чистый доход применения полного органоминерального удобрения в зависимости от вида органических удобрений составил 121,5-882,3 тыс. руб./га с рентабельностью 9-108%.

Максимальный чистый доход 882,3 тыс. руб./га в исследованиях получен в варианте с применением 60 т/га подстилочного навоза на фоне  $N_{90+30}P_{60}K_{120}$ ; рентабельность применения полного органоминерального удобрения в данном варианте составила 82%.

## ВЫВОДЫ

Установлено, что на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве применение различных видов органических удобрений (подстилочный навоз, торфонавозные компосты, сборные компосты на основе лигнина и дефеката, солома озимого тритикале, вермикомпост, жом, дефекат) на фоне полного минерального удобрения увеличило продуктивность кукурузы гибрида Дельфин на 25-156 ц/га при общей урожайности 650-781 ц/га и окупаемости 1 т условного навоза 27-60 к.ед.

Применение полного минерального удобрения  $N_{90+30}P_{60}K_{120}$  способствовало дополнительному росту продуктивности на 197 ц/га зеленой массы кукурузы при окупаемости 1 кг НРК 13,1 к.ед.

Чистый доход от внесения полного органоминерального удобрения в зависимости от опытного варианта в исследованиях составил 121,5-882,3 тыс. руб./га с рентабельностью 9-108%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа возрождения и развития села на 2005-2010 годы. – Минск: Беларусь, 2005. – 96 с.
2. Агробиологические основы возделывания кукурузы на зерно и силос / Н.Ф. Надточаев [и др.]. – Минск: Техносервис, 2004. – 100 с.
3. Кукуруза / Д. Шпаар [и др.]. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 192 с.
4. Методические указания по учету и применению органических удобрений / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 16 с.
5. Надточаев, Н.Ф. Выращивание кукурузы на силос и зерно / Н.Ф. Надточаев, С.С. Барсуков. – Минск: Ураджай, 1994. – 87 с.
6. Шлапунов, В.Н. Кормовое поле Беларуси / В.Н. Шлапунов, В.С. Цыдик. – Барановичи, 2003. – 304 с.
7. Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая / В.В. Лапа, В.Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006. – 120 с.
8. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отраслевых регламентов. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 304 с.
9. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
10. Босак, В.Н. Баланс гумуса и урожайность зерна кукурузы на дерново-подзолистых почвах / В.Н. Босак, Т.В. Дембицкая, Е.Г. Мезенцева // Вестник БГСХА. – 2007. – № 4. – С. 72-74.
11. Влияние удобрений на продуктивность зеленой массы кукурузы на дерново-подзолистых рыхлосупесчаной и легкосуглинистой почвах / В.Н. Босак [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – № 1. – С. 142-150.
12. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси / Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.
13. Урожай зерна кукурузы на дерново-подзолистых легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почвах в зависимости от применения минеральных и органических удобрений / В.Н. Босак, Т.В. Дембицкая, Е.Н. Богатырева, О.М. Бирюкова // Земляробства і ахова раслін. – 2008. – № 2. – С. 67-68.
14. Босак, В.Н. Органические удобрения / В.Н. Босак. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 256 с.
15. Методика определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]; БелНИИПА. – Минск, 1988. – 30 с.
16. Практикум по агрохимии / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Ураджай, 1998. – 270 с.

## FERTILIZERS EFFECT ON CORN PRODUCTIVITY ON SOD PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL

O.N. Martsul, V.N. Bosak, T.M. Seraya

### Summary

The research into sod podzolic light loamy soil has shown that the use of various kinds of organic fertilizers enhanced corn productivity by 2,5-15,6 t ha<sup>-1</sup> with the over-

all yield productivity 65,0-78,1 t ha<sup>-1</sup> and the recoupmnt 27-60 fodder units per 1 t of manure. Using full mineral fertilizer N<sub>90+30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> boosted productivity growth by 19,7 t ha<sup>-1</sup> of corn green mass with the recoupmnt of 13,1 fodder units per 1 kg of NPK.

*Поступила 19 октября 2009 г.*

УДК 631.445.24:635.21:(631.82+631.86+631.811.98) (476.6)

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ РЫХЛОСУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ**

**Т.Н. Мартинчик, Е.Г. Сапалева**

*Гродненский государственный аграрный университет, г. Гродно, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Картофель (*Solanum tuberosum*) – важнейшая сельскохозяйственная культура. В мировом производстве занимает одно из первых мест как пищевое растение, а в Беларуси является одной из важнейших сельскохозяйственных культур и имеет большое народнохозяйственное значение. Картофель выращивается, прежде всего, для питания человека в свежем и переработанном виде (около 60%), на корм животным (около 15%) и на переработку для промышленных целей (около 4-5% на производство крахмала и спирта) [8].

В последние годы посевные площади картофеля в республике Беларусь составляют около 50 тыс. га. Почвенно-климатические условия страны позволяют получать урожайность картофеля на уровне 250–400 ц/га и выше [7]. Выход на такой уровень требует применения высококачественного семенного материала, достаточного и сбалансированного удобрения, эффективной защиты растений от вредных организмов, адаптивной, ресурсосберегающей технологии [2].

В интенсивных технологиях возделывания картофеля, наряду с основными, традиционными, агроприемами одним из наиболее весомых резервов увеличения урожайности является и применение регуляторов роста растений. Их применение дает возможность направленно регулировать важнейшие процессы в растительном организме, полнее реализовывать потенциальные возможности сорта.

В исследованиях, проведенных на дерново-подзолистых почвах западного региона Республики Беларусь в течение последних 10 лет с различными сельскохозяйственными культурами, установлено, что эффективность в полевых условиях стимуляторов роста растений определяется, прежде всего, биологическими особенностями возделываемых культур. Также важнейшим аспектом действия регуляторов роста является повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды – высоким и низким температурам, недостатку влаги, фитотоксичному действию пестицидов, поражаемости болезнями и вредителями. Более того, при использовании регуляторов роста усиливается интенсивность фотосинтеза, ускоряется образование и поступление питательных веществ из листьев, при этом увеличивается их накопление в хозяйственно ценных органах – клубнях. Все это способствует повышению урожайности культуры.



## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ РЫХЛОСУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ**

**Т.Н. Мартинчик, Е.Г. Сапалева**

*Гродненский государственный аграрный университет, г. Гродно, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Картофель (*Solanum tuberosum*) – важнейшая сельскохозяйственная культура. В мировом производстве занимает одно из первых мест как пищевое растение, а в Беларуси является одной из важнейших сельскохозяйственных культур и имеет большое народнохозяйственное значение. Картофель выращивается, прежде всего, для питания человека в свежем и переработанном виде (около 60%), на корм животным (около 15%) и на переработку для промышленных целей (около 4-5% на производство крахмала и спирта) [8].

В последние годы посевные площади картофеля в республике Беларусь составляют около 50 тыс. га. Почвенно-климатические условия страны позволяют получать урожайность картофеля на уровне 250-400 ц/га и выше [7]. Выход на такой уровень требует применения высококачественного семенного материала, достаточного и сбалансированного удобрения, эффективной защиты растений от вредных организмов, адаптивной, ресурсосберегающей технологии [2].

В интенсивных технологиях возделывания картофеля, наряду с основными, традиционными, агроприемами одним из наиболее весомых резервов увеличения урожайности является и применение регуляторов роста растений. Их применение дает возможность направленно регулировать важнейшие процессы в растительном организме, полнее реализовывать потенциальные возможности сорта.

В исследованиях, проведенных на дерново-подзолистых почвах западного региона Республики Беларусь в течение последних 10 лет с различными сельскохозяйственными культурами, установлено, что эффективность в полевых условиях стимуляторов роста растений определяется, прежде всего, биологическими особенностями возделываемых культур. Также важнейшим аспектом действия регуляторов роста является повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды – высоким и низким температурам, недостатку влаги, фитотоксичному действию пестицидов, поражаемости болезнями и вредителями. Более того, при использовании регуляторов роста усиливается интенсивность фотосинтеза, ускоряется образование и поступление питательных веществ из листьев, при этом увеличивается их накопление в хозяйственно ценных органах – клубнях. Все это способствует повышению урожайности культуры.

Целью наших исследований являлось изучения влияние регуляторов роста на фоне органо-минеральных удобрений на урожайность и качество клубней картофеля.

### МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛЫ

Картофель является культурой весьма требовательной к почвенным условиям, что определяется его физиологическими особенностями: слаборазвитой корневой системой, ее высокой потребностью в кислороде в период интенсивного клубнеобразования. Исследования проводились в 2006-2009 гг. на опытном поле Гродненского государственного аграрного университета, на дерново-подзолистой, рыхлосупесчанной, подстилаемой с глубины 0,9 м моренным суглинком почве в четырехкратной повторности. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта имела следующие показатели:  $P_2O_5$  – 295 мг/кг почвы,  $K_2O$  – 175 мг/кг почвы, гумус – 1,95%, рН KCl – 6,27.

На картофеле сорта «Журавинка» схема опыта предусматривала изучение регуляторов роста (Эпин, Новосил, Потейтин, Гидрогумат торфа) на фоне применения под зяблевую вспашку 60 т/га навоза КРС и предпосевного внесения  $P_{60}K_{90}$  (двойного суперфосфата, хлористого калия). Схема опыта была реализована на фоне интегрированной системы защиты растений.

Обработка почвы, посадка и уход за картофелем проводились в соответствии с агротехническими правилами, принятыми для Гродненского района. Обработка почвы состояла из лущения стерни, зяблевой вспашки, ранневесеннего боронования. Посадка картофеля проводилась в заранее нарезанные гребни, норма посадки – 4 тонны на гектар. Уход за растениями картофеля состоял из двух довсходовых и одного послевсходового боронования, одного рыхления и двух окучиваний. Регуляторы роста применялись в фазу «бутонизации-цветения», обработку проводили ранцевым опрыскивателем. Расход рабочей жидкости рассчитывался согласно нормы расхода препарата на 100 м<sup>2</sup>: Новосил – 1 мл/3 л воды; Эпин – 1 мл/5 л воды; Потейтин – 1 мл/10 л воды, Гидрогумат торфа – 10 мл/10 л воды. По вариантам проводилась трехкратная обработка (1-я в начале цветения, 2-я – массовое цветение, 3-я через семь дней после второй обработки) [4].

Характеристика изучаемых регуляторов роста:

Потейтин – эффективный регулятор роста картофеля, стимулирующий рост и развитие растения в начальный период. Препарат повышает стойкость растений к вирусным заболеваниям, способствует загрубению листа и стебля, что уменьшает поражение колорадским жуком. Потейтин состоит из синтетических аналогов фитогормонов и янтарной кислоты, которая участвует в жизненном цикле всех живых организмов, в том числе и человека. Препарат повышает урожай, увеличивает массу клубней картофеля и содержание в них крахмала и витаминов. Потейтин применяют методом опрыскивания клубней картофеля перед посадкой в грунт и опрыскивание в фазу «бутонизации» – начало «цветения».

Новосил – регулятор роста с фунгицидной активностью. Действующее вещество тритерпеновые кислоты древесной зелени пихты сибирской. Технология применения: необходимое количество препарата разводят в небольшой ёмкости (100 мл) с водой, тщательно перемешивают до полного растворения. Применение обеспечивает: ускорение созревания и увеличение урожайности; повы-

шение качества урожая за счет увеличения сахаров, витаминов, улучшение вкусовых качеств; улучшение сохранности урожая.

Эпин – экологически безопасный стимулятор роста. Действующее вещество препарата – эпибрассинолид, принадлежит к классу брассиностероидов, природных гормонов растений. Эпин обладает широким спектром стимуляторного и защитного действия, что приводит к увеличению урожайности и повышению качества сельскохозяйственной продукции. Он является эффективным иммуномодулятором, увеличивает устойчивость растений к стрессу и фитопатогенам. Действие стимулятора основано на природных фитогормонах, запускающих адаптивные механизмы клеток растений. Препарат улучшает клубнеобразование, повышает питательную ценность клубней картофеля, стимулирует устойчивость к фитофторозу, способствует снижению содержания солей тяжелых металлов, нитратов.

Гидрогумат торфа – представляет собой сложную смесь химических соединений. Они облегчают поступление и передвижение питательных веществ в культурных растениях. Вследствие этого оптимизируется фотосинтез, растения полнее используют внесенные удобрения. Гуминовые вещества интенсифицируют процесс дыхания, а также они могут поглощаться и усваиваться растениями [5].

Уборка картофеля осуществлялась по делянкам, вручную, в конце полного отмирания ботвы (или повреждения заморозками).

Содержание крахмала в клубнях картофеля определяли по Парову, нитраты – ионометрически по ГОСТ 134,96,19-86, структуру и товарность клубней картофеля определяли и сортировали их по фракциям: крупные клубни более 60 мм; средние от 40 до 60 мм, мелкие до 40 мм.

Все результаты исследования подвергались математической обработке с использованием дисперсионного анализа с использованием пакета стандартных программ Stat на персональном ЭВМ IBM PCAT. Достоверность различной урожайности культуры определяется с помощью показателей  $HC_{P_{05}}$ .

Экономическая эффективность определена расчетным путем по существующим нормам, расценкам и закупочным ценам на продукцию на основании затрат и полученных урожаев, а энергетическая эффективность – расчетным путем, согласно методике А.А. Дудука, В.М. Кожина, А.В. Линкевича. [3].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Рост и развитие картофеля находится в тесной зависимости от климатических условий. Для успешного выращивания картофеля необходимы благоприятные почвенно-климатические условия. Средняя температура почвы в период роста клубней должна быть 17-18 °С, воздуха – 20-23 °С, а разница температур дня и ночи должна находиться в пределах 10-12 °С. Для нормального роста и развития картофеля количество осадков за вегетационный период должно быть не менее 300 мм [1].

Метеорологические условия в годы проведения исследований (2006-2008 гг.) характеризуются разнообразием, как по температурному режиму, так и по влагообеспеченности на протяжении всего периода вегетации, при значительных колебаниях по фазам роста и развития культуры (по данным Гродненской метеостанции).

В 2006 г. исследования за вегетационный период среднемесячные температуры по всем месяцам были выше среднемноголетней на 0,2-2,3 °С По осадкам

наоборот наблюдался недостаток в течении трех первых месяцев вегетации: в первой декаде мая осадки отсутствовали, в июне были меньше среднемноголетней на 13,8 мм, июль характеризовался засухой, выпало всего 11,1 мм при норме 77 мм. Август был дождливым – 155,4 мм, что более чем в два раза превышало среднемноголетнее. Сентябрь был более сухим, нежели август в этот период выпало 39,5 мм (норма 48 мм). Такие нестабильные погодные условия в 2006 г. сильно повлияли на урожайность и качество картофеля.

В 2007 г. погодно-климатические условия также не были однородными: среднемесячная температура практически по всем месяцам была выше нормы на 1,2-2,1 °С. А количество осадков значительно колебалось по месяцам. Количество осадков в апреле месяце 2007 г. было на 22 мм меньше нормы и составило 20 мм. В мае и июне количество осадков практически равнялось норме – 52 мм и 73 мм соответственно. В середине лета количество осадков значительно превысило среднемесячную норму и составило 131,1 мм, а в августе, наоборот, воздух был сухим, и выпало всего 24,4 мм осадков.

В 2008 г. среднемесячная температура по всем месяцам была выше нормы на 0,6-2,6 °С. Количество осадков в апреле месяце 2008 г. было на 22 мм меньше нормы и составило 20 мм. В мае количество осадков превышало норму на 35,9 мм. Начало лета характеризовалось незначительными осадками, в июне этот показатель составил – 44,4 мм, однако в июле выпало 107,7 мм осадков, что на 30,7 мм выше нормы. Количество осадков в августе было практически на уровне среднемноголетней. Сентябрь был дождливым, в этом месяце выпало осадков по сравнению с нормой на 20,5 мм больше.

Значительные колебания погодно климатических условий в годы исследований нашли свое непосредственное отражение в динамике формирования клубней картофеля и конечной величине урожая.

Влияние регуляторов роста растений на урожайность клубней картофеля сорта «Журавинка» представлено в табл. 1.

Как показали наши исследования, при фоновом внесении подстилочного навоза и минеральных удобрений использование регуляторов роста на картофеле способствовало увеличению урожайности клубней картофеля на 28-33 ц/га. Наиболее эффективными препаратами в 2006 г. исследования были Потейтин, Новосил и Эпин, прибавка урожайности клубней картофеля на 1 га после этих препаратов составила 33 ц (24,2%), 32 ц (23,1%), 30 ц (21,7%) соответственно. В 2007 г. урожайность картофеля на контрольном варианте составила 180 ц/га. Использование регуляторов роста на картофеле способствовало увеличению урожайности клубней картофеля на 19-34 ц с 1 га. Наиболее эффективными препаратами в год исследований были Потейтин, Новосил и Гидрогумат торфа, достоверная прибавка урожайности клубней после этих препаратов соответственно составила 27 ц/га (14,9%), 34 ц/га (18,6%), 29 ц/га (15,6%). В 2008 г. урожайность картофеля на контрольном варианте составила 195 ц/га. Наибольшая прибавка урожайности клубней картофеля по сравнению с контролем была получена в варианте с применением Потейтина – 32 ц/га (16,4%). Полученная прибавка от применения Новосила была на 4 ц/га ниже по сравнению с Потейтином. При применении Гидрогумата торфа получена не достоверная прибавка, которая составила – 14 ц/га (7,2%), при НСР 16,6. В среднем за три года исследований наибольшая прибавка клубней картофеля – 31 ц/га отмечена в вариантах, где растения обрабатывались Потейтином и Новосилом.

Таблица 1

Урожайность клубней картофеля, ц/га (2006-2008 гг.)

Варианты	2006 г.		2007 г.		2008 г.		В среднем за три года исследований	
	ц/га	прибавка	ц/га	прибавка	ц/га	прибавка	ц/га	прибавка
1. ФОН Навоз 60 т/га + P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> - - контроль	135	-	180	-	195	-	170	-
2. ФОН + Эпин	165	30	199	19	216	21	193	23
3. ФОН + Потейтин	168	33	207	27	227	32	201	31
4. ФОН + Новосил	167	32	214	34	223	28	201	31
5. ФОН + Гидрогумат торфа	163	28	209	29	209	14	194	24
НСР 0,5		16,4		16,1		16,6		16,3

Наряду с урожайностью проводились исследования по влиянию изучаемых препаратов на процессы формирования клубней картофеля, о чем свидетельствуют данные, которые представлены на рис. 1.

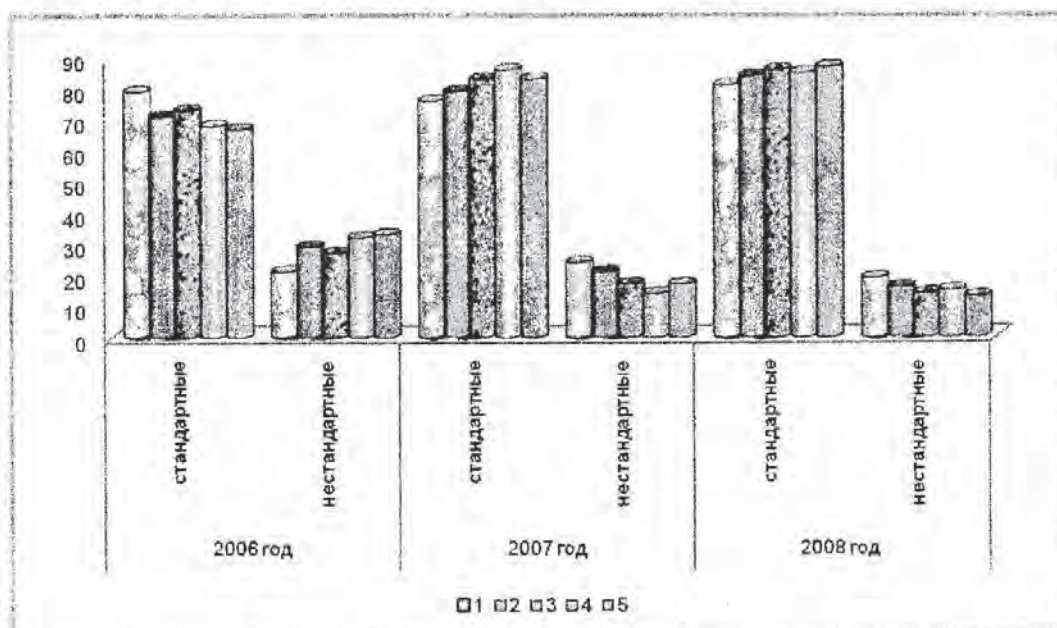


Рис.1. Соотношение товарных (стандартных) и нестандартных (нетоварных) клубней картофеля по массе, % за три года исследований (1 ФОН Навоз 60 т/га + P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> - контроль, 2 - ФОН + Эпин, 3 - ФОН + Потейтин, 4 - ФОН + Новосил, 5 - ФОН + Гидрогумат торфа).

В среднем за три года исследований фракционный состав стандартных клубней по сравнению с контролем увеличивается во всех вариантах опыта на 2-3%.

Картофель, как и другие клубнеплоды, содержит много воды. Поэтому вопросы биохимии картофельных клубней представляют исключительный интерес, от их решения зависят возможности лучшего сохранения и использования картофельного сырья. От своих далеких предков картофельное растение получило способность откладывать значительное количество питательных веществ, созданных в процессе фотосинтеза, в свои запасные органы – клубни. С началом образования клубней у большинства сортов картофеля изменяется ход развития и обмена веществ [6].

В зависимости от цели использования картофеля предъявляются и различные требования к качеству картофеля. Для пищевых целей требуется картофель с клубнями соответствующей формы, приятного вкуса и запаха, со средним соотношением крахмала и белка, с высоким содержанием витамина С и не темнеющий в сыром и вареном виде. Для кормового картофеля некоторые из указанных требований совпадают, здесь важно, прежде всего, содержание крахмала и белка. Химический состав клубней имеет решающее значение в определении качества картофеля для того или иного назначения. Однако химический состав клубней подвержен колебаниям, так как каждый сорт, каждое растение и даже клубни одного итога же куста часто существенно отличаются по составу [1].

В 2006 г. некорневая обработка растений регуляторами роста способствовала увеличению содержания крахмала в клубнях картофеля по сравнению с контролем на 1,3-1,7%. Наибольшее содержание крахмала отмечено при применении Потейтина – 1,7%. В 2007 г. также отмечена положительная тенденция увеличения содержания крахмала в клубнях картофеля по сравнению с контролем на 0,6-0,7%. При применении Эпина и Новосила содержание крахмала увеличивается по сравнению с контролем на 0,9% и 0,8% соответственно. В вариантах с использованием Потейтина, Гидрогумата торфа получена достоверная прибавка крахмала по сравнению с контролем. В 2008 г. содержание крахмала колебалось от 16,2 до 16,6%. Наибольшее содержание крахмала отмечено в вариантах с применением Новосила и Гидрогумата торфа – 16,6%, что на 0,7% выше по сравнению с контрольным вариантом. В среднем за три года исследований содержание крахмала увеличивается на 0,9-1,0%.

При расчете сбора крахмала с 1 га было установлено, что действие всех изучаемых препаратов было практически одинаковое, как в среднем за три года исследований, так и по годам исследований. Прибавка крахмала по сравнению с контролем в 2006 г. составила 3,4-4,6 ц/га, в 2007 г. – 3,7-5,8 ц/га, в 2008 г. – 4,1-5,8 ц/га.

Важную роль в качестве продукции играет содержание нитратов, которые характеризуют пригодность использования картофеля в пищу, а также пригодность продукции к длительному хранению. Поэтому существует показатель предельно допустимой концентрации нитратов (ПДК), который для картофеля составляет 150 мг/кг. Результаты наших исследований (табл. 3) свидетельствуют о незначительном накоплении нитратов по сравнению с контролем: в 2006 г. на 17-26 мг/кг, в 2007 г. на 8-22 мг/кг, в 2008 г. на 16-22 мг/кг. В среднем за три года исследований количество нитратов в клубнях картофеля составило 109-117 мг/кг.

Таблица 2

## Влияние регуляторов роста растений на накопление и сбор крахмала (2006-2008 гг.)

Варианты	Содержание крахмала, %										Сбор крахмала, ц/га			
	2006 г.		2007 г.		2008 г.		В среднем за три года		2006 г.	2007 г.	2008 г.	В среднем за три года		
	%	при-бавка	%	при-бавка	%	при-бавка	%	при-бавка				сбор крахмала	при-бавка	
		ка		ка		ка		ка				мала	бавка	
1. ФОН Навоз 60 т/га +P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> - кон- троль	14,2	-	15,2	-	15,9		15,1	-	22,1	27,5	31	26,9		
2. ФОН +Эпин	15,5	1,3	16,1	0,9	16,5	0,6	16	0,9	25,5	31,9	35,6	31	4,1	
3. ФОН + По- тейтин	15,9	1,7	15,9	0,7	16,2	0,3	16	0,9	26,7	32,9	36,8	32,1	5,2	
4. ФОН + Ново- сил	15,6	1,4	16,0	0,8	16,6	0,7	16,1	1,0	26,0	34,2	34,7	31,6	4,7	
5. ФОН + Гид- рогумат торфа	15,7	1,5	15,7	0,7	16,6	0,7	16	0,9	25,6	32,8	37	31,3	4,4	
		0,6		0,5		0,5								

## Влияние регуляторов роста на накопление нитратов, мг/кг

Варианты	2006 г.		2007 г.		2008 г.		В среднем за три года	
	мг/кг	отклонение	мг/кг	отклонение	мг/кг	отклонение	мг/кг	отклонение
1. ФОН Навоз 60 т/га +P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> – контроль	91	-	93	-	97	-	94	-
2. ФОН + Эпин	112	21	101	8	113	16	109	15
3. ФОН + Потейтин	108	17	113	20	118	21	113	19
4. ФОН + Новосил	115	24	114	21	119	22	116	22
5. ФОН + Гидрогумат торфа	117	26	115	22	118	21	117	23
НСР <sub>0,05</sub>		5,0		4,2		4,0		

## ВЫВОДЫ

1. За 3 года исследований (2006-2008 гг.) было отмечено положительное влияние регуляторов роста растений на урожайность картофеля. Наибольшая прибавка клубней картофеля в среднем за три года исследований отмечена при использовании Новосила и Потейтна – 31 ц/га.

2. Обработка растений регуляторами роста способствует накоплению крахмала в клубнях картофеля. В вариантах с использованием Потейтина и Новосила прибавка по крахмалу составила 5,2, 4,7 ц/га.

3. По всем вариантам опыта отмечено увеличение содержания нитратов по сравнению с контрольным вариантом, но этот показатель не превышал предельно допустимой концентрации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Альсмик П.И. Физиология картофеля / П.И. Альсмик. – М.: Колос, 1975. – с. 30-33.
2. Деева В.П. Избирательное действие химических регуляторов роста растений / В.П. Деева. – М.: Агропромиздат, 1988. – с. 56-60.
3. Дудук А.А. Оценка эффективности технологических операций, агроприемов и технологий в земледелии. / А.А. Дудук., В.М. Кожан, А.В. Линкевич. – Гродно, 1996. – с. 59.



4. Каталог пестицидов и удобрений, разрешённых для применения в Республике Беларусь: справ. издание / Р.А. Новицкий [и др.]. – Мн.: Инфофорум, 2005. – 416 с.
5. Кирдей Т.А. Гуминовые препараты повышают урожай и качество картофеля / Т.А. Кирдей // Картофель и овощи. – Производственный журнал. – 2008. – №2. – с. 14-15.
6. Кормонов С.М. Урожай и качество картофеля / С.М. Кормонов. – М.: Колос, 1989. – с. 29-32.
7. Немкович А.И. Картофель – важнейшая продовольственная культура / А.И. Немкович // Белорусское сельское хозяйство. – 2008.- №1. – с.30.
8. Картофель / Под редакцией Д. Шпаара [и др.]. – Торжок: ООО «Вариант», 2004. – 466 с.

## **EFFICIENCY OF REGULATORS OF GROWTH OF PLANTS ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF TUBERS OF THE POTATO AGAINST ORGANO-MINERAL FERTILIZERS**

**T.N. Martsinchyk, E.G. Sapaleva**

### **Summary**

On derno-podsolic to soil entering into prelanding cultivation  $P_{60}K_{90}$  against application under background of fertilization by 60 t/hectares of straw cattle manure and processing of plants by growth regulators has provided productivity of tubers of a potato of 193-201 ts/hectares. The increase of productivity from growth regulators has made 23-31 ts/hectares. Growth regulators promote increase in the maintenance of starch and nitrates.

*Поступила 19 октября 2009 г.*

4. Каталог пестицидов и удобрений, разрешённых для применения в Республике Беларусь: справ. издание / Р.А. Новицкий [и др.]. – Мн.: Инфофорум, 2005. – 416 с.
5. Кирдей Т.А. Гуминовые препараты повышают урожай и качество картофеля / Т.А. Кирдей // Картофель и овощи. – Производственный журнал. – 2008. – №2. – с. 14-15.
6. Кормонов С.М. Урожай и качество картофеля / С.М. Кормонов. – М.: Колос, 1989. – с. 29-32.
7. Немкович А.И. Картофель – важнейшая продовольственная культура / А.И. Немкович // Белорусское сельское хозяйство. – 2008.- №1. – с.30.
8. Картофель / Под редакцией Д. Шпаара [и др.]. – Торжок: ООО «Вариант», 2004. – 466 с.

## EFFICIENCY OF REGULATORS OF GROWTH OF PLANTS ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF TUBERS OF THE POTATO AGAINST ORGANO-MINERAL FERTILIZERS

T.N. Martsinchyk, E.G. Sapaleva

### Summary

On derno-podsolic to soil entering into prelanding cultivation  $P_{60}K_{90}$  against application under background of fertilization by 60 t/hectares of straw cattle manure and processing of plants by growth regulators has provided productivity of tubers of a potato of 193-201 ts/hectares. The increase of productivity from growth regulators has made 23-31 ts/hectares. Growth regulators promote increase in the maintenance of starch and nitrates.

*Поступила 19 октября 2009 г.*

УДК 633.819.2 (476.6)

## ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И ПИВОВАРЕННЫЕ КАЧЕСТВА ШИШЕК ХМЕЛЯ

Г.М. Милоста<sup>1</sup>, Г.В. Пироговская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Гродненский государственный аграрный университет, г. Гродно, Беларусь

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

### ВВЕДЕНИЕ

Оптимизация минерального питания хмеля – важнейший фактор роста его продуктивности. Одним из рациональных путей повышения эффективности минеральных удобрений и уменьшения их негативного воздействия на почву, воды и окружающую среду является применение новых видов и форм комплексных азотно-фосфорно-калийных удобрений пролонгированного действия. Элементы

питания из этих удобрений постепенно освобождаются в течение вегетационного периода при взаимодействии их с почвой, что имеет экологическое, агрономическое и экономическое преимущество по сравнению со стандартными формами минеральных удобрений. До настоящего времени в почвенно-климатических условиях нашей республики не проводилось исследований по эффективности применения медленнодействующих удобрений с микроэлементами пролонгирующего действия при возделывании хмеля.

Цель наших исследований – установить влияние комплексных минеральных удобрений с микроэлементами пролонгирующего действия, вносимых в почву, на урожайность и пивоваренные показатели качества шишек хмеля.

На практике в хмелеводстве наиболее часто качество хмеля определяют органолептически. Государственными стандартами – ГОСТ 21946 и 21947 определены базисные и ограничительные нормы технических требований к хмелю по разным показателям. На определенном этапе исследований органолептический анализ может быть частичным критерием оценки качества шишек. Однако более глубокую и достоверную оценку пивоваренных показателей качества можно получить лишь на основе анализа химического состава шишек хмеля и, в частности, определения содержания в них  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот и их фракционного состава. Наиболее ценные для пивоварения компоненты –  $\alpha$ -кислоты, изомерные производные которых на 90-95% обуславливают общую горечь сусла и пива. Кроме того в смолах хмеля содержится большое количество  $\beta$ -кислот, которые в исходном виде горечью не обладают. Однако в процессе окисления  $\beta$ -кислот образуются различные соединения, большинство из которых имеет приятную горечь. Поэтому, несмотря на то, что  $\beta$ -кислоты мало растворимы в воде и не горькие на вкус, продукты их окисления играют важное значение в придании пиву мягкой гармоничной горечи. Пивоваренные качества хмеля определяются количеством горьких веществ в шишках хмеля, соотношением между количеством  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот и их компонентным составом [1,2].

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Эффективность комплексных удобрений с различными модифицирующими добавками при возделывании хмеля сорта Hallertauer Magnum (Германия) изучалась в 2006-2008 гг. на хмельнике Гродненского района с в УО СПК «Путришки» дерново-подзолистой связно-супесчаной почве, развивающейся на водноледниковой супеси, подстилаемой с глубины 0,41 м легким моренным суглинком. Агрохимическая характеристика почвы:  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  – 6,0-6,1, содержание гумуса – 2,0%;  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 184-190 и  $\text{K}_2\text{O}$  – 202-212 мг/кг почвы. По содержанию подвижных форм бора (0,63-0,70 мг/кг почвы), меди (2,8-2,9 мг/кг почвы) и цинка (4,6-4,8 мг/кг почвы) почва относится к II (средней) группе обеспеченности микроэлементами. Комплексные минеральные удобрения, пролонгирующего действия с микроэлементами с соотношением элементов питания 13:12:19 и 13:7:17, вносились в различных дозах ранней весной до начала вегетации хмеля. Подкормка азотом проводилась – во второй декаде июня в начале образования и роста боковых побегов при высоте растений 4,5-5,0 м. За основу расчетов доз удобрений взята доза азота  $\text{N}_{180}$  на основании результатов предыдущих исследований, когда были установлены оптимальные для хмеля нормы азотно-фосфорно-калийных удобрений –  $\text{N}_{180(60+60+60)}\text{P}_{120-180}\text{K}_{160-240}$  в зависимости от уровня плодородо-

дия почв [3]. На одной делянке размещали 40 учетных растений, расположенных в четыре ряда по 10 растений в каждом. По 4-12 растений того же сорта оставляли на концевых защитных полосах. Растения высаживались по схеме 3,0x1,5 м. Возраст растений на хмельнике – 7-10 лет. Учетная площадь делянки составила 180 м<sup>2</sup>, повторность 4-х кратная. В процессе роста и развития растений хмеля проводились фенологические наблюдения. Учет урожая проводился сплошным методом, поделяночно. Уборка шишек проводилась вручную с последующим высушиванием при температуре 60-70 °С в течение 6-7 часов. Определение содержания  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля проводилось кондуктометрическим методом.

В годы проведения исследований (2006-2008 гг.) температура была благоприятной для роста и развития хмеля. Однако обеспеченность влагой по годам исследований заметно отличалась. Более благоприятные условия по обеспеченности влагой сложились в 2007 г., когда был сформирован достаточно высокий уровень урожайности хмеля, несмотря на то, что в июле отмечался некоторый дефицит влаги в почве и относительный кратковременный избыток влаги в почве в начале августа. В 2006 г. урожай был несколько ниже по сравнению с 2007 годом, что связано с острым дефицитом влаги в почве в июле и избыточным количеством осадков в период формирования шишек.

Анализ образцов шишек хмеля проводился в Республике Польша в г. Пулавы в лаборатории Instytutu nawozow sztucznych. Определялось содержание в шишках  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот и их компонентный состав (когумулон, гумулон, адгумулон, колупулон, адлупулон и лупулон).

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты полевых исследований, проведенных в 2006-2008 гг., показали, что применение комплексных минеральных удобрений пролонгирующего действия оказало положительное влияние на урожайность шишек и массу 100 шишек (табл. 1).

Из данных табл. 1 видно, что внесение стандартной смеси азотно-фосфорно-калийных удобрений (карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий) на фоне органических удобрений способствовало формированию урожая шишек хмеля 16,6 ц/га с массой 100 шишек 14,5 г. Применение на фоне органических удобрений комплексных минеральных удобрений (NPK – 13:12:19) с 1-й модифицирующей добавкой, включающей серу, бор, цинк, марганец и железо, повысило урожайность шишек до 18,4 ц/га, а массу 100 штук – до 15,6 г. Но при этом существенные прибавки урожайности шишек и их массы относительно стандартной смеси азотно-фосфорно-калийных удобрений получены только в 2007 и 2008 годах. Применение комплексных удобрений (13:12:19) способствовало увеличению массы 100 шишек до 15,6.

При внесении комплексного удобрения с добавками серы, бора, цинка, железа, связующего и биологически активных веществ (вариант 4 со 2-й модифицирующей добавкой) урожайность шишек и масса 100 шишек существенно возросли по сравнению со стандартной смесью азотно-фосфорно-калийных удобрений (вар. 2) и составили соответственно – 19,3 ц/га и 16,6 г. Комплексное удобрение оказало существенное влияние на увеличение урожайности шишек и массы 100 шишек, особенно при дополнительном введении в состав этого удобре-

ния связующих (водорастворимые полимеры, полиакриламид и др.) и биологически активных веществ (2-я модифицирующая добавка).

Таблица 1

**Влияние минеральных удобрений на урожайность и массу шишек хмеля (УО СПК «Путришки» Гродненского р-на), 2006-2008 гг.**

Варианты опыта	Урожайность шишек, ц/га					Масса 100 шишек, г			
	2006 г.	2007 г.	2008 г.	сред.	прибавка	2006 г.	2007 г.	2008 г.	сред.
1. Фон (30 т/га органических удобрений)	11,2	14,4	14,0	13,2	–	10,9	12,7	11,7	11,8
2. Фон + N <sub>130</sub> P <sub>120</sub> K <sub>190</sub> (смесь стандартных удобрений NPK) + N <sub>50</sub> в подкормку.	14,0	17,4	18,5	16,6	3,4	13,4	15,0	15,2	14,5
3. Фон + (N <sub>130</sub> P <sub>120</sub> K <sub>190</sub> )* – комплексное (13:12:19) с 1-й модифицирующей добавкой + N <sub>50</sub> в подкормку	15,8	19,1	20,3	18,4	5,2	15,0	15,9	15,8	15,6
4. Фон + (N <sub>130</sub> P <sub>120</sub> K <sub>190</sub> )** – комплексное (13:12:19) со 2-й модифицирующей добавкой + N <sub>50</sub> в подкормку	<b>16,5</b>	<b>20,1</b>	<b>21,2</b>	<b>19,3</b>	<b>6,1</b>	<b>16,0</b>	<b>17,1</b>	<b>16,7</b>	<b>16,6</b>
5. Фон + (N <sub>130</sub> P <sub>70</sub> K <sub>190</sub> )** – комплексное (13:7:17, бесхлорное) с 3-й модифицирующей добавкой + N <sub>50</sub> в подкормку	14,3	17,0	18,2	16,5	3,3	13,7	14,4	14,3	14,1
НСР <sub>05</sub>	1,1	1,4	1,2	1,1		0,9	1,1	0,8	0,9

Примечание: \* – комплексное минеральное удобрение (NPK – 13:12:19) с 1-й модифицирующей добавкой, включающей серу, бор, цинк, марганец и железо + N<sub>50</sub> в подкормку; \*\* – комплексное удобрение (13:12:19) со 2-й модифицирующей добавкой, включающей серу, бор, цинк, железо, связующее и биологически активное вещество «гидрогумат» + N<sub>50</sub> в подкормку; \*\*\* – комплексное бесхлорное удобрение (13:7:17) с 3-й модифицирующей добавкой, включающей серу, магний, бор, цинк, железо + N<sub>50</sub> в подкормку.

В опытах также изучалась эффективность комплексных бесхлорных удобрений пролонгирующего действия, марка 13:7:17 (N<sub>130</sub>P<sub>70</sub>K<sub>190</sub>), имеющих в своем составе серу, магний, бор, цинк и железо (вар. 5). Этот состав удобрения имел преимущество перед вар. 2 с внесением стандартной смеси азотно-фосфорно-калийных удобрений (карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий) в норме N<sub>180</sub>P<sub>120</sub>K<sub>190</sub> в том, что при меньших дозах внесения фосфора получен одинаковый уровень урожайности шишек. С другой стороны, этот состав удобрения (13:7:17) не имел преимуществ перед соотношением NPK – 13:12:19 по показателям продуктивности хмеля. Из данных табл. 1 видно, что в варианте 5 урожайность шишек составила всего 16,5 ц/га при содержании альфа-кислот 10,6%. Это связано, главным образом, с недостаточным содержанием фосфора в составе комплексного удобрения. Применение бесхлорных удобрений обеспечивает получение такого же уровня урожайности, как и в вар. 2 при внесении смеси стандартных туков, хотя доза фосфора при этом составляет всего 70 кг/га по д.в.

Продуктивность растений во многом зависит от особенностей формирования и развития листовой массы, которая оказывает значительное влияние на урожайность и качество шишек хмеля. Установлено, что комплексные удобрения оказали заметное влияние на особенности формирования листовой массы и структуры урожая хмеля. Так, если на фоне органических удобрений площадь листьев составила 37,4 тыс. м<sup>2</sup>/га, а сбор листовой массы 12,7 ц/га, то при внесении на этом фоне стандартной смеси минеральных удобрений (вар. 2) эти показатели существенно возросли до 45,4 тыс. м<sup>2</sup>/га и 15,7 ц/га соответственно. Внесение комплексных удобрений с микроэлементами (варианты 3 и 4) способствовало заметному росту площади листьев до 48,9-49,6 м<sup>2</sup>/га и их массы до 17,1-17,6 ц/га. Особенно при внесении комплексного удобрения с добавками серы, бора, цинка, железа, связующего и биологически активных веществ (вар. 4) – соответственно до 49,6 тыс. м<sup>2</sup>/га и 17,6 ц/га (табл. 2).

Под влиянием комплексных удобрений (13:12:19) формирование листовой массы и ее площадь возрастают более быстрыми темпами, чем от внесения комплексных удобрений с соотношением NPK – 13:7:17. Это, в конечном итоге, сказалось на величине урожая хмеля, так как развитие генеративных органов (шишек) во многом зависит от степени развития и особенностей формирования вегетативной массы растения.

Применение комплексных удобрений (13:12:19) способствовало увеличению площади листовой поверхности и ее массы особенно при дополнительном введении в состав этого удобрения связующих и биологически активных веществ (2-я модифицирующая добавка).

При внесении бесхлорных форм удобрений (вариант 5) снижается площадь и масса листьев до уровня варианта 2 с внесением стандартной смеси азотных, фосфорных и калийных удобрений. Это, по-видимому, связано не с формой удобрения, а с меньшей дозой фосфора.

В опытах также рассчитывались элементы структуры листовой массы хмеля: количество листьев и шишек хмеля и средняя масса одного листа. Установлено, что применение всех форм азотно-фосфорно-калийных удобрений способствовало увеличению количества листьев и средней массы одного листа. Применение на фоне органических удобрений, комплексных минеральных удобрений (NPK – 13:12:19) с 1-й модифицирующей добавкой, включающей серу, бор, цинк, марганец и железо повышает количество листьев на одном растении хмеля до 4943 штук, а среднюю массу одного листа до 0,156 г. При внесении комплексного удобрения со 2-й модифицирующей добавкой, включающей серу, бор, цинк, железо, связующее и биологически активные вещества (вар. 4) отмечена тенденция дальнейшего увеличения количества листьев до 5002 штук и средней массы одного листа до 0,158 г. Наиболее крупные по массе листья получены в вариантах с применением комплексных удобрений (13:12:19), особенно при дополнительном введении в состав этого удобрения связующих и биологически активных веществ (2-я модифицирующая добавка).

Результаты исследований показали, что применение комплексных удобрений (13:12:19) способствовало увеличению доли шишек в структуре урожая с 1,06 до 1,09, особенно при дополнительном введении в состав этого удобрения связующего и биологически активных веществ. При внесении данных удобрений физиологические процессы протекают так, что масса шишек растет более быстрыми темпами, чем масса листьев хмеля (табл. 3).

Таблица 2

## Влияние минеральных удобрений на формирование листовой массы хмеля

Варианты опыта	Площадь листьев, тыс., м <sup>2</sup> /га		Сбор листовой массы, ц/га		Количество листьев на 1 растение, шт.		Средняя масса 1 листа, г			
	2006 г.	2007 г.	2006 г.	2007 г.	2006 г.	2007 г.	2006 г.	2007 г.		
	сред.		сред.		сред.		сред.			
1. Фон (30 т/га органических удобрений)	35,9	38,9	12,0	13,5	4471	4850	0,120	0,125	0,127	0,124
2. Фон + N <sub>130</sub> P <sub>120</sub> K <sub>190</sub> (смесь стандартных удобрений NPK) + N <sub>50</sub> в подкормку.	44,4	45,8	14,9	16,0	4625	4860	0,145	1,148	0,149	0,147
3. Фон + (N <sub>130</sub> P <sub>120</sub> K <sub>190</sub> ) – комплексное (13:12:19) с 1-й модифицирующей добавкой + N <sub>50</sub> в подкормку	49,5	49,4	16,7	17,4	4912	4956	0,153	0,158	0,156	0,156
4. Фон + (N <sub>130</sub> P <sub>120</sub> K <sub>190</sub> ) – комплексное (13:12:19) со 2-й модифицирующей добавкой + N <sub>50</sub> в подкормку	<b>49,9</b>	<b>50,9</b>	<b>16,9</b>	<b>18,1</b>	<b>4907</b>	<b>5060</b>	<b>0,155</b>	<b>0,161</b>	<b>0,159</b>	<b>0,158</b>
5. Фон + (N <sub>130</sub> P <sub>70</sub> K <sub>190</sub> ) – комплексное (13:7:17, бесхлорное) с 3-й модифицирующей добавкой + N <sub>50</sub> в подкормку	45,5	44,9	15,2	15,7	5011	4860	0,150	0,145	0,150	0,148
	3,3	3,5	1,3	1,4	248	279	0,010	0,011	0,012	0,010

Таблица 3

## Влияние минеральных удобрений на структуру урожая хмеля

Варианты опыта	Соотношение: шишки / листья				Соотношение: масса листьев / площадь листьев			
	2006 г.	2007 г.	2008 г.	сред.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	сред.
1. Фон (30 т/га органических удобрений)	0,93	1,07	1,11	1,04	0,33	0,35	0,34	0,34
2. Фон + N <sub>130</sub> P <sub>120</sub> K <sub>190</sub> (смесь стандартных удобрений NPK + N <sub>50</sub> в подкормку.	0,94	1,09	1,15	1,06	0,34	0,35	0,35	0,35
3. Фон + (N <sub>130</sub> P <sub>120</sub> K <sub>190</sub> ) – комплексное (13:12:19) с 1-й модифицирующей добавкой + N <sub>50</sub> в подкормку	0,95	1,10	1,18	1,08	0,34	0,35	0,36	0,35
4. Фон + (N <sub>130</sub> P <sub>120</sub> K <sub>190</sub> ) – комплексное (13:12:19) со 2-й модифицирующей добавкой + N <sub>50</sub> в подкормку	<b>0,98</b>	<b>1,11</b>	<b>1,19</b>	<b>1,09</b>	<b>0,34</b>	<b>0,36</b>	<b>0,37</b>	<b>0,36</b>
5. Фон + (N <sub>130</sub> P <sub>70</sub> K <sub>190</sub> ) – комплексное (13:7:17, бесхлорное) с 3-й модифицирующей добавкой + N <sub>50</sub> в подкормку	0,94	1,08	1,15	1,06	0,33	0,35	0,34	0,34

В опытах рассчитывалось соотношение массы листьев к их площади или, образно говоря, массы единицы площади листа. Более высокие показатели этого соотношения (0,36) получены при внесении комплексных удобрений (13:12:19) со 2-й модифицирующей добавкой. Масса листьев хмеля при этом увеличивается быстрее, чем их площадь, о чем говорит изменение их соотношения с 0,35 до 0,36. Следует отметить, что опережающий рост листовой массы хмеля относительно ее площади имеет прямую связь с максимальной массой 100 шишек хмеля и содержанием в них  $\alpha$ -кислот.

Таким образом, вариантам с максимальной урожайностью шишек хмеля соответствуют наибольшие показатели соотношения массы шишек к листьям, массы единицы площади листа и средняя масса одного листа.

Эффективность комплексных удобрений с соотношением NPK – 13:12:19 частично объясняется введением в их состав цинка, что связано с высокой физиологической потребностью хмеля в этом элементе. Физиологическая роль цинка в растениях очень разнообразна. Он оказывает большое влияние на окислительно-восстановительные процессы, скорость которых при его недостатке заметно снижается. Дефицит цинка ведет к нарушению процессов превращения углеводов. Цинк входит в состав различных ферментов: карбоангидразы,



триозофосфатдегидрогеназы, пероксидазы, оксидазы, полифенолоксидазы и др. Обнаружено, что большие дозы фосфора и азота усиливают признаки недостаточности цинка у растений и, что цинковые удобрения особенно необходимы при внесении высоких доз фосфора [2].

Важнейшим показателем качества хмеля является содержание в шишках  $\alpha$ -кислот. Из данных таблицы 4 видно, что при внесении стандартной смеси азотно-фосфорно-калийных удобрений (карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий) на фоне органических удобрений содержание  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля составило 11,6%, что обеспечило их выход с единицы площади 1,94 ц/га. Применение на фоне органических удобрений комплексных минеральных удобрений (NPK – 13:12:19) с 1-й модифицирующей добавкой, включающей серу, бор, цинк, марганец и железо, оставило содержание  $\alpha$ -кислот осталось на том же уровне, что и при внесении стандартной смеси азотно-фосфорно-калийных удобрений (11,6%).

Таблица 4

**Влияние минеральных удобрений на содержание  $\alpha$ -кислот  
в шишках хмеля**

Варианты опыта	Содержание б-кислот, %				Сбор б-кислот, ц/га			
	2006 г.	2007 г.	2008 г.	сред.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	сред.
1. Фон (30 т/га органических удобрений)	10,3	11,0	11,8	11,0	1,15	1,58	1,65	1,46
2. Фон + N <sub>130</sub> P <sub>120</sub> K <sub>190</sub> (смесь стандартных удобрений NPK) + N <sub>50</sub> в подкормку.	10,8	11,3	12,6	11,6	1,51	1,97	2,33	1,94
3. Фон + (N <sub>130</sub> P <sub>120</sub> K <sub>190</sub> ) – комплексное (13:12:19) с 1-й модифицирующей добавкой + N <sub>50</sub> в подкормку	10,7	11,4	12,8	11,6	1,69	2,18	2,60	2,16
4. Фон + (N <sub>130</sub> P <sub>120</sub> K <sub>190</sub> ) – комплексное (13:12:19) со 2-й модифицирующей добавкой + N <sub>50</sub> в подкормку	<b>11,0</b>	<b>12,0</b>	13,6	<b>12,2</b>	<b>1,82</b>	<b>2,41</b>	<b>2,88</b>	<b>2,37</b>
5. Фон + (N <sub>130</sub> P <sub>70</sub> K <sub>190</sub> ) – комплексное (13:7:17, бесхлорное) с 3-й модифицирующей добавкой + N <sub>50</sub> в подкормку	9,9	10,7	11,3	10,6	1,55	1,82	2,06	1,81
НСР <sub>05</sub>	0,6	0,7	0,7	0,6	0,13	0,17	0,15	0,19

Применение комплексных удобрений (13:12:19) со 2-й модифицирующей добавкой, то есть при дополнительном введении в состав этого удобрения связующих (водорастворимые полимеры, полиакриламид и др.) и биологически

активных веществ способствовало существенному увеличению содержания в шишках  $\alpha$ -кислот до 12,2% по сравнению с вариантами со стандартной смесью азотных, фосфорных и калийных удобрений (вариант 2) и вариантом с внесением комплексных минеральных удобрений (NPK – 13:12:19) с 1-й модифицирующей добавкой. Это обеспечило максимальный сбор  $\alpha$ -кислот с единицы площади – 2,37 ц/га (табл. 4).

В опытах также изучалась эффективность комплексных бесхлорных удобрений пролонгирующего действия с соотношением элементов питания 13:7:17 ( $N_{130}P_{70}K_{190}$ ), имеющих в своем составе серу, магний, бор, цинк и железо (вариант 5). Этот состав удобрения не имел преимуществ перед соотношением NPK – 13:12:19 по содержанию  $\alpha$ -кислот и их сбору с единицы площади. Из данных таблицы 4 видно, что в варианте 5 содержание  $\alpha$ -кислот составило всего 10,6%. Это связано, главным образом, с недостаточным содержанием фосфора в составе комплексного удобрения.

Таким образом, максимальная урожайность хмеля и наибольший выход альфа-кислот с единицы площади для сорта Н. Magnum получены при использовании комплексных удобрений (марка NPK – 13:12:19) со 2-й модифицирующей добавкой серы, бора, цинка, железа, связующего и биологически активных веществ в дозе –  $N_{130}P_{120}K_{190}$  (или 930 кг/га в физическом весе) с дополнительным внесением в подкормку  $N_{50}$  (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.

Применение комплексных минеральных удобрений пролонгирующего действия с микроэлементами оказало определенное влияние на изменение химических показателей хмеля, от которых во многом зависит качество пива (табл. 5). При внесении комплексных удобрений (вар. 2) содержание  $\alpha$ -кислот возросло с 11,49 до 12,21% и  $\beta$ -кислот с 6,00 до 6,56% по сравнению с вариантом 1, где вносилась стандартная смесь минеральных удобрений. Следует отметить, что при этом содержание  $\beta$ -кислот в варианте 2 возрастало в большей степени, чем  $\alpha$ -кислот. Это характеризуется изменением соотношения / кислот, которое на фоне стандартной смеси минеральных удобрений составило – 1:1,92, а при внесении комплексных удобрений – 1:1,86, что свидетельствует об увеличении доли  $\beta$ -кислот в шишках со 2 варианта.

Применение комплексных удобрений оказало влияние на содержание в шишках когумуллона. При этом абсолютное содержание когумуллона фактически осталось на уровне варианта с внесением стандартной смеси минеральных удобрений (соответственно 2,96 и 2,93%), но его доля в  $\alpha$ -кислоте снизилась (с 25,5 до 24,2%). Это произошло за счет преимущественного образования в шишках, полученных с варианта с внесением комплексных удобрений, гумуллона и адгумуллона (в абсолютных величинах с 8,56 до 9,25%).

В шишках хмеля, полученных с варианта с внесением комплексных удобрений по сравнению с шишками, полученными с варианта, где вносилась стандартная смесь минеральных удобрений, увеличивается содержание колупуллона (с 2,78 до 3,02%), а также лупуллона и адлупуллона (с 3,22 до 3,54%). При этом следует отметить преимущественное увеличение доли лупуллона и адлупуллона в  $\beta$ -кислоте.

**Пивоваренные показатели качества шишек хмеля  
сорта Hallertauer Magnum  
в зависимости от применения удобрений, %**

Показатели качества шишек хмеля	NPK*				Комплексное удобрение**			
	2006 г.	2007 г.	2008 г.	средн.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	средн.
1. $\alpha$ -кислоты	10,51	11,34	12,62	11,49	11,03	12,04	13,57	12,21
2. $\beta$ -кислоты	5,68	5,89	6,44	6,00	6,16	6,49	7,04	6,56
3. Соотношение: $\beta/\alpha$ кислот	1:1,85	1:1,93	1:1,96	1:1,92	1:1,79	1:1,86	1:1,93	1:1,86
4. Когуmulон	2,74	2,84	3,22	2,93	2,78	2,87	3,22	2,96
5. Гумулон + адгумулон	7,77	8,50	9,40	8,56	8,25	9,17	10,34	9,25
6. Доля когуmulона в $\alpha$ -кислоте	26,1	25,0	25,5	25,5	25,2	23,8	23,8	24,2
7. Доля гумулона + адгумулона в $\alpha$ -кислоте	73,9	75,0	74,5	74,5	74,8	76,2	76,2	75,8
8. Колупулон	2,73	2,74	2,88	2,78	2,93	3,00	3,12	3,02
9. Доля колупулона в $\beta$ -кислоте	48,1	46,5	44,7	46,3	47,5	46,2	44,3	46,0
10. Лупулон + адлупулон	2,95	3,15	3,56	3,22	3,23	3,49	3,92	3,54
11. Доля лупулона + адлупулона в $\beta$ -кислоте	51,9	53,5	55,3	53,7	52,5	53,8	55,7	54,0

Примечание: NPK\* – стандартная смесь минеральных удобрений (карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий) –  $N_{130}P_{120}K_{160} + N_{50}$  в подкормку; \*\* – комплексное удобрение (13:12:19) со 2-й модифицирующей добавкой, включающей серу, бор, цинк, железо, связующие и биологически активное вещество «гидрогумат» +  $N_{50}$  в подкормку.

Почвенно-климатические условия нашей республики благоприятны для формирования не только высокого, но и качественного урожая шишек. Проведенные анализы показали, что качественные показатели шишек хмеля сорта Hallertauer Magnum, выращенного в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь, по содержанию  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот, когуmulона и др. соответствуют требованиям пивоваренной промышленности.

Однако, благодаря наличию в шишках хмеля, полученных при применении комплексных удобрений с добавками микроэлементов, более высокого содержания  $\beta$ -кислот, меньшей доли когуmulона в  $\alpha$ -кислоте и большей лупулона и адлупулона в  $\beta$ -кислоте, обеспечивается получение пива с более «мягкой» горечью, что ценится пивоварами. Это связано, очевидно, с наиболее оптимальным обеспечением хмеля макро- и микроэлементами.

### ВЫВОДЫ

1. Применение, на фоне 30 т/га органических удобрений, комплексных минеральных удобрений (NPK – 13:12:19) пролонгирующего действия со 2-й модифи-

цирующей добавкой, включающей серу, бор, цинк и железо, связующее и биологически активные вещества, способствовало получению максимальной урожайности шишек хмеля (19,3 ц/га) и наибольшей прибавки (2,7 ц/га) по сравнению с вариантом, где вносилась стандартная смесь минеральных удобрений. При этом содержание  $\alpha$ -кислот возросло с 11,6% до 12,2%, что обеспечило их максимальный сбор 2,37 ц/га и прибавку – 0,43 ц/га.

2. Максимальная урожайность шишек хмеля, полученная при внесении комплексных минеральных удобрений (NPK – 13:12:19) со 2-й модифицирующей добавкой, обеспечивается за счет увеличения массы 100 шишек (с 14,5 до 16,6 г) и их доли в структуре урожая. Применение данных комплексных удобрений способствовало смещению соотношения листовой массы к ее площади (с 0,34 до 0,36) в пользу листовой массы, а также увеличению средней массы одного листа (с 0,124 до 0,158 г).

3. Применение комплексных удобрений с микроэлементами пролонгирующего действия способствовало увеличению содержания в шишках  $\beta$ -кислот (с 6,00 до 6,56%), снижению доли когумулona в  $\alpha$ -кислоте (с 25,5 до 24,2%) и увеличению – лупулona и адлупулona в  $\beta$ -кислоте (с 3,22 до 3,54%).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кунце, В. Технология солода и пива / В. Кунце, Г. Мит. – Санкт-Петербург: Профессия, 2001. – 912 с.
2. Ляшенко, Н. И. Физиология и биохимия хмеля / Н. И. Ляшенко, Н. Г. Михайлов, Р. И. Рудык. – Житомир: Полисся, 2004. – 408 с.
3. Милоста, Г. М. Влияние минеральных удобрений на продуктивность хмеля / Г. М. Милоста, В. В. Лапа // Почвоведение и агрохимия. – 2006. – №2(37). – С. 117-128.

## THE INFLUENCE OF COMPLEX FERTILIZERS ON YIELD AND BEER QUALITY OF HOP

G.M. Milosta, G.V. Pirogovskaja

### Summary

The application, on a background of 30 t/ha of organic fertilizer, complex fertilizer (NRK – 13:12:19) with modifying additives, which included sulfur, boron, zinc and iron, binders and biologically active substances, helps to ensure a maximum yield of hop cones (1930 kg/ha) and additional yield increase (270 kg/ha) compare with the variant, where the standard mixture of mineral fertilizers was applied. The content of alpha-acids increased from 11,6% to 12,2%, which ensured their collection of 237 kg/ha, and an increase of 43 kg/ha. The application of the complex fertilizers contributes to the shift of the ratio of cones to the mass of leaf mass in favor of the cones and the ratio of leaf mass to its area in favor of leaf mass. Soil and climatic conditions of our republic are favorable for the formation of high and good -quality cones yield. The qualitative indicators of the Hallertauer Magnum hop variety, grown in Belarus, the content of  $\alpha$ -and  $\beta$ -acids, kogumulon and other indicators comply with the requirements of the brewing industry. The application of the complex fertilizers leads to an increase of the  $\beta$ -acids, reduction of the share of the kogumulon and increase of the lupulon and adlupulon in the hop cones.

*Поступила 12 августа 2009 г.*

УДК 631.81.095.337:633.15:631.445.24

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ НА РАЗНЫХ УРОВНЯХ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ**

**Ю.В. Кляусова**

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

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время в республике уделяется особое внимание повышению эффективности сельскохозяйственного производства. При этом рациональное применение макро- и микроудобрений является одной из приоритетных задач. Внедрение в производство научно обоснованной системы удобрений сельскохозяйственных культур, которая обеспечивает не только высокую урожайность, но и позволяет улучшить качество растениеводческой продукции, должна быть экономически обоснованной [1].

Кукуруза играет важную роль в кормовом балансе страны [2]. Высокая потенциальная урожайность и сравнительно небольшие затраты при производстве обуславливают её широкое распространение [3]. Кукуруза способна давать с гектара посева наиболее высокий выход питательных веществ – 80-100 к.ед. и более [4, 5]. Но, к сожалению, технология её возделывания в большинстве хозяйств не отвечает требованиям, которые предъявляют все интенсивные культуры [6].

Несбалансированное минеральное питание кукурузы в условиях республики является основной причиной снижения урожайности, а при определённых условиях – причиной возникновения различных заболеваний животных, вызванных недостатком жизненно важных микроэлементов.

Необходимость в микроудобрениях возрастает особенно теперь, когда созданы новые высокоурожайные гибриды и когда минеральные удобрения, и интенсивная агротехника позволяют получать высокие урожаи зеленой массы и зерна кукурузы. Возрастающее значение микроэлементов в современном сельском хозяйстве объясняется снижением их подвижных форм в почвах Республики Беларусь в связи с отрицательным балансом, обусловленным снижением почвенной кислотности, постоянным выносом урожаем и низким применением микроудобрений. Обогащение кормовой продукции микроэлементами позволит предупредить проявление их дефицита в рационах и обеспечит ими сельскохозяйственных животных в наиболее усвояемой форме [7-14].

Таким образом, нами была поставлена цель: изучить влияние различных доз, форм и сочетаний микроудобрений (Zn, Cu, Mn, I и Se) на урожайность зелёной массы и зерна кукурузы при её возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве на разных уровнях минерального питания.

### **МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования проводились в 2007-2009 гг. в РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области. Почва опытного участка

дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на связной водно-ледниковой супеси, подстилаемой с глубины 0,5 м связной супесью. Пахотный горизонт характеризовался следующими агрохимическими показателями: рН в KCl – 6,0-6,2; гумус 2,42-2,65%;  $P_2O_5$  и  $K_2O$  в 0,2 н HCl 210-220 и 215-230 мг/кг почвы. Содержание подвижного цинка 2,0-2,2 мг/кг, меди 1,4-1,6 мг/кг, марганца – 1,5-1,8 мг/кг почвы; общего йода и селена 0,22-0,28 мг/кг и 30-35 мкг/кг соответственно.

Схемой опыта были предусмотрены различные дозы, формы и сочетания микроудобрений, которые применялись на двух уровнях минерального питания (навоз 50 т/га+N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> кг/га – фон 1, навоз 50 т/га+N<sub>180</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub> кг/га – фон 2). Микроудобрения в дозах: Zn – 75, 150, 225 г/га д.в., Cu и Mn – 75 г/га д.в., I – 60, 120, 180 и Se – 30, 60, 90 г/га д.в. вносились в фазу 6-8 листьев. Из микроудобрений использовались минеральные соли (сульфаты: цинка, меди и марганца, йодистый калий, селенит натрия), а также цинк, медь и марганец в форме комплексоната.

Макроудобрения, такие как KAC, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий, вносились согласно схемы опыта в основное внесение. В фазе 4-5 листьев на втором фоне была проведена подкормка кукурузы карбамидом.

Общая площадь делянки 25 м<sup>2</sup>. Предшественник – люпин узколистный.

Обработка почвы включала: зяблевую вспашку, весеннюю культивацию и предпосевную обработку АКШ-3.6.

Уход за посевами включал обработку гербицидом Примэкстра Голд с нормой расхода 4 л/га до появления всходов кукурузы.

Посев кукурузы с нормой высева 120 тыс. шт./га проводился в 2007 г. во второй декаде мая (18.05), в 2008 и 2009 гг. – в первой декаде мая (07.05).

Уборка зелёной массы кукурузы проводилась в фазу восковой спелости. Данные урожайности приводились к 70% влажности. На зерно кукурузу убирали при наступлении полной спелости зерна. Данные приводились к стандартной влажности (14%).

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В наших исследованиях применение только органоминеральной системы удобрения позволило получить урожайность зелёной массы 502 ц/га на первом фоне и 559 ц/га на втором (табл. 1).

Некорневая подкормка кукурузы сульфатом цинка в дозе 75 г/га д.в. на первом уровне минерального питания приводила к увеличению урожайности зелёной массы на 53 ц/га по сравнению с фоновым вариантом. Повышение дозы цинка до 150, 225 г/га д.в. приводило к уменьшению урожайности на 25-30 ц/га. На втором уровне минерального питания внесение сульфата цинка в дозе 150 г/га д.в. обеспечило прибавку урожайности зелёной массы 61 ц/га, а максимальная доза цинка 225 г/га приводила к снижению урожайности зелёной массы кукурузы на 21 ц/га по сравнению с вариантом Zn<sub>150</sub>.

Применение цинка совместно с медью и марганцем, в форме простых солей и комплексонатов на обоих уровнях минерального питания не приводило к существенному росту урожайности зелёной массы кукурузы по сравнению с использованием одного цинка.

**Влияние микроудобрений на урожайность зелёной массы кукурузы  
при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве  
на разных уровнях минерального питания  
(среднее за 2007-2009 гг.)**

Вариант	Фон 1 (50 т/га навоза + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> )		Фон 2 (50 т/га навоза + N <sub>180</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> )	
	Урожай- ность, ц/га	Прибавка, ц/га	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га
1. Фон	502		559	
Минеральные соли				
2. Zn <sub>75</sub>	555	53	592	33
3. Zn <sub>150</sub>	530	28	620	61
4. Zn <sub>225</sub>	525	23	599	40
5. Zn <sub>75</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	560	58	595	36
6. Zn <sub>150</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	535	33	624	65
7. Zn <sub>225</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	526	24	601	42
Комплексопаты				
8. Zn <sub>75</sub>	571	69	606	47
9. Zn <sub>150</sub>	546	44	638	79
10. Zn <sub>225</sub>	536	34	615	56
11. Zn <sub>75</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	575	73	610	51
12. Zn <sub>150</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	549	47	640	81
13. Zn <sub>225</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	538	36	617	58
Минеральные соли				
14. Zn <sub>150</sub> I <sub>60</sub>	570	68	638	79
15. Zn <sub>150</sub> I <sub>120</sub>	572	70	636	77
16. Zn <sub>150</sub> I <sub>180</sub>	553	51	620	61
17. Se <sub>30</sub>	517	15	576	17
18. Se <sub>60</sub>	517	15	574	15
19. Se <sub>90</sub>	516	14	573	14
НСР <sub>0,5</sub>	17,5		18,0	

Применение цинка в дозе 75 г/га д.в. в форме комплексопатов на первом фоне позволило получить прибавку урожая зелёной массы кукурузы на 30,2% или на 16 ц/га больше по сравнению с этим же вариантом, вносимым в форме минеральных солей, а на втором фоне применение цинка в дозе 150 г/га д.в. в форме комплексопата больше на 29,5% или на 18 ц/га соответственно. Проведение некорневой подкормки Zn<sub>150</sub>I<sub>60</sub> приводило к увеличению урожайности зелёной массы на 68 ц/га на первом уровне минерального питания и на 79 ц/га на

втором. Увеличение дозы йода до 120 г/га д.в. не обеспечивало дальнейшего, существенного роста урожайности зелёной массы кукурузы, а внесение йодида калия в максимальной дозе 180 г/га д.в. совместно с сульфатом цинка в дозе 150 г/га д.в. приводило к снижению урожайности зелёной массы на 19 ц/га (фон 1) и на 16 ц/га (фон 2) по сравнению с вариантом  $Zn_{150}I_{120}$ .

При внесении селена в некорневую подкормку кукурузы в дозах 30, 60, 90 г/га д.в. отмечалась лишь тенденция роста урожайности зелёной массы.

Устойчивое наращивание производства кукурузного зерна в последние годы наблюдается и в хозяйствах Беларуси благодаря районированию скороспелых гибридов, отличающихся более высокой толерантностью к почвенно-климатическим условиям Республики.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что применение лишь органоминерального питания обеспечивает урожайность зерна кукурузы на уровне 78,6 ц/га на первом фоне и 90,0 ц/га на втором (табл. 2).

Применение цинка в минеральной форме в дозе 75 г/га д.в. на первом фоне обеспечивало рост урожайности зерна кукурузы по сравнению с фоновым вариантом на 8,3 ц/га, а на втором использование дозы 150 г/га д.в. – на 9,9 ц/га соответственно. Увеличение дозы на первом уровне питания до 150, 225 г/га д.в. снижало урожайность зерна кукурузы на 3,4-4,8 ц/га, а на втором применение дозы 225 г/га д.в. на – 2,8 ц/га соответственно.

Применение комплексоната цинка в дозе 75 г/га д.в. на первом уровне минерального питания обеспечило прибавку зерна кукурузы больше на 26,5% или на 2,2 ц/га по сравнению с этим же вариантом вносимым в форме простых солей, а на втором уровне питания применение цинка в дозе 150 г/га д.в. больше на 25,3% или на 2,5 ц/га соответственно.

Некорневая подкормка кукурузы цинком в сочетании с медью и марганцем в форме сульфатов и комплексонатов на обоих уровнях минерального питания не обеспечивала значительного повышения урожайности зерна кукурузы по сравнению с применением одного цинка.

Высокая прибавка урожая зерна кукурузы была получена при внесении  $Zn_{150}I_{60}$  и составила 9,6 ц/га на первом фоне и 11,6 ц/га на втором. Применение  $Zn_{150}I_{120}$  способствовало незначительному росту урожайности зерна кукурузы, а максимальная доза йода 180 г/га д.в. приводила к снижению урожайности на 20,4% или на 2,0 ц/га (фон 1) и на 25,0% или на 3,0 ц/га (фон 2) по сравнению с вариантом  $Zn_{150}I_{120}$ .

Применение селенита натрия в некорневую подкормку кукурузы не приводило к достоверному увеличению урожайности зерна кукурузы.

Кукуруза играет важную роль в кормовом балансе страны. Повышение доли концентрированных кормов (в том числе из кукурузы) в рационе крупного рогатого скота, не смотря на более высокую их стоимость (относительно травяных кормов), в нынешних условиях позволяет снизить себестоимость молока и повысить рентабельность его производства [2]. Оценить экономическую эффективность сельскохозяйственного производства можно при помощи таких показателей, как чистый доход и рентабельность [15].

При расчёте экономической эффективности применения микроудобрений под кукурузу использовались нормативы затрат на технологические процессы, цены на удобрения и продукцию по состоянию на 25.11.2009 г.



Таблица 2

**Влияние микроудобрений на урожайность зерна кукурузы  
при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве,  
на разных уровнях минерального питания (среднее за 2007-2009 гг.)**

Вариант	Фон 1 (50 т/га навоза + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> )		Фон 2 (50 т/га навоза + N <sub>180</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> )	
	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га
1. Фон	78,6		90,0	
Минеральные соли				
2. Zn <sub>75</sub>	86,9	8,3	95,7	5,7
3. Zn <sub>150</sub>	83,5	4,9	99,9	9,9
4. Zn <sub>225</sub>	82,1	3,5	97,1	7,1
5. Zn <sub>75</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	87,8	9,2	96,4	6,4
6. Zn <sub>150</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	84,3	5,7	100,4	10,4
7. Zn <sub>225</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	82,4	3,8	97,4	7,4
Комплексонаты				
8. Zn <sub>75</sub>	89,1	10,5	97,5	7,5
9. Zn <sub>150</sub>	85,5	6,9	102,4	12,4
10. Zn <sub>225</sub>	83,5	4,9	99,2	9,2
11. Zn <sub>75</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	89,6	11,0	98,3	8,3
12. Zn <sub>150</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	86,0	7,4	103,3	13,3
13. Zn <sub>225</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	83,5	4,9	100,1	10,1
Минеральные соли				
14. Zn <sub>150</sub> I <sub>60</sub>	87,9	9,3	101,2	11,2
15. Zn <sub>150</sub> I <sub>120</sub>	88,4	9,8	102,0	12,0
16. Zn <sub>150</sub> I <sub>180</sub>	86,4	7,8	99,0	9,0
17. Se <sub>30</sub>	80,9	2,3	92,4	2,4
18. Se <sub>60</sub>	80,6	2,0	92,1	2,1
19. Se <sub>90</sub>	80,3	1,7	91,8	1,8
HCP <sub>0,5</sub>	2,5		2,8	

Экономическая эффективность применения цинка, меди, марганца, йода и селена изменялась в зависимости от дозы, формы и сочетаний вносимых микроэлементов в некорневую подкормку кукурузы.

Максимальная рентабельность при производстве зелёной массы кукурузы 109% и зерна 266% на первом уровне минерального питания обеспечивалось внесением сульфата цинка в дозе 75 г/га д.в., а на втором 109% и 267% соответственно – дозой 150 г/га д.в. Дальнейшее увеличение дозы вносимого микроэлемента уменьшало показатели экономической эффективности. Применение цинка в органической форме снижало уровень рентабельности при производстве зелёной массы и зерна кукурузы по сравнению с использованием данного элемента в форме минеральных солей, что объясняется более высокой стоимостью микроудобрений в форме комплексонатов (табл. 3 и 4).

Таблица 3  
**Экономическая эффективность применения микроэлементов при возделывании кукурузы на зелёную массу на разных уровнях минерального питания (в расчёте на 1 га)**

Вариант	Показатели									
	Фон 1 (50 т/га навоза + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> )					Фон 2 (50 т/га навоза + N <sub>180</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> )				
	Прибавка урожаю, ц к.ед./га	Стоимость доп. урожая, тыс. руб.	Всего Затрат, тыс. руб.	Чистый доход, тыс. руб.	Рентабельность, %	Прибавка урожаю, ц к.ед./га	Стоимость доп. урожая, тыс. руб.	Всего затрат, тыс. руб.	Чистый доход, тыс. руб.	Рентабельность, %
<b>Минеральные соли</b>										
2. Zn <sub>75</sub>	10,6	226,6	108,5	118,1	109	6,6	141,1	72,0	69,1	96
3. Zn <sub>150</sub>	5,6	119,7	64,8	54,9	85	12,2	260,8	125,0	135,8	109
4. Zn <sub>225</sub>	4,6	98,3	57,5	40,8	71	8,0	171,0	88,5	82,5	93
5. Zn <sub>75</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	11,6	248,0	122,4	125,6	103	7,2	153,9	82,2	71,7	87
6. Zn <sub>150</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	6,6	141,1	78,7	62,4	79	13,0	277,9	137,0	140,9	103
7. Zn <sub>225</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	4,8	102,6	64,2	38,4	60	8,4	179,6	97,0	82,6	85
<b>Комплексоны</b>										
8. Zn <sub>75</sub>	13,8	295,0	145,9	149,1	102	9,4	200,9	105,7	95,2	90
9. Zn <sub>150</sub>	8,8	188,1	110,4	77,7	70	15,8	337,7	174,2	163,5	94
10. Zn <sub>225</sub>	6,8	145,4	102,2	43,2	42	11,2	239,4	142,3	97,1	68
11. Zn <sub>75</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	14,6	312,1	171,4	140,7	82	10,2	218,0	131,3	86,7	66
12. Zn <sub>150</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	9,4	200,9	134,1	66,8	50	16,2	346,3	196,1	150,2	77
13. Zn <sub>225</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	7,2	153,9	124,1	29,8	24	11,6	248,0	164,2	83,8	51

Окончание таблицы 3

Вариант	Показатели									
	Фон 1 (50 т/га навоза + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> )					Фон 2 (50 т/га навоза + N <sub>180</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> )				
	Прибав-ка уро-жайно-сти, ц к.ед./га	Стои-мость доп. урожая, тыс. руб.	Всего Затрат, тыс. руб.	Чистый доход, тыс. руб.	Рента-бель-ность, %	Прибав-ка уро-жайно-сти, ц к.ед./га	Стои-мость доп. урожая, тыс. руб.	Всего затрат, тыс. руб.	Чистый доход, тыс. руб.	Рента-бель-ность, %
Минеральные соли										
14. Zn <sub>150</sub> I <sub>60</sub>	13,6	290,7	152,7	138,0	90	15,8	337,7	172,8	164,9	95
15. Zn <sub>150</sub> I <sub>120</sub>	14,0	299,3	171,3	128,0	75	15,4	329,2	184,1	145,1	79
16. Zn <sub>150</sub> I <sub>180</sub>	10,2	218,0	151,6	66,4	44	12,2	260,8	169,9	90,9	54
17. Se <sub>30</sub>	3,0	64,1	48,5	15,6	32	3,4	72,7	52,2	20,5	39
18. Se <sub>60</sub>	3,0	64,1	59,7	4,4	7	3,0	64,1	59,7	4,4	7
19. Se <sub>90</sub>	2,8	59,9	69,1	-	-	2,8	59,9	69,1	-	-

Таблица 4  
**Экономическая эффективность применения микроэлементов при возделывании кукурузы на зерно на разных уровнях минерального питания (в расчёте на 1 га)**

Вариант	Показатели									
	Фон 1 (50 т/га навоза + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> )					Фон 2 (50 т/га навоза + N <sub>180</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> )				
	Прибавка урожаю, ц/га	Стоимость доп. урожая, тыс. руб.	Всего Затрат, тыс. руб.	Чистый доход, тыс. руб.	Рентабельность, %	Прибавка урожаю, ц/га	Стоимость доп. урожая, тыс. руб.	Всего затрат, тыс. руб.	Чистый доход, тыс. руб.	Рентабельность, %
Минеральные соли										
2. Zn <sub>75</sub>	8,3	499,0	136,5	362,5	266	5,7	342,8	97,4	245,4	252
3. Zn <sub>150</sub>	4,9	294,7	87,3	207,4	238	9,9	595,3	162,4	432,9	267
4. Zn <sub>225</sub>	3,5	210,5	68,2	142,3	209	7,1	427,0	122,2	304,8	249
5. Zn <sub>75</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	9,2	553,2	154,8	398,4	257	6,4	384,9	112,7	272,2	242
6. Zn <sub>150</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	5,7	342,8	104,1	238,7	229	10,4	625,4	174,7	450,7	258
7. Zn <sub>225</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	3,8	228,5	77,5	151,0	195	7,4	445,0	131,5	313,5	238
Комплексоны										
8. Zn <sub>75</sub>	10,5	631,4	177,7	453,7	255	7,5	451,0	132,6	318,4	240
9. Zn <sub>150</sub>	6,9	414,9	133,7	281,2	210	12,4	745,7	216,3	529,4	245
10. Zn <sub>225</sub>	4,9	294,7	113,8	180,9	159	9,2	553,2	178,4	374,8	210
11. Zn <sub>75</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	11,0	661,5	203,5	458,0	225	8,3	499,1	162,9	336,2	206
12. Zn <sub>150</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	7,4	445,0	159,5	285,5	179	13,3	799,8	248,1	551,7	222
13. Zn <sub>225</sub> Cu <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	4,9	294,7	132,1	162,6	123	10,1	607,4	210,1	397,3	189

Окончание таблицы 4

Вариант	Показатели									
	Фон 1 (50 т/га навоза + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> )					Фон 2 (50 т/га навоза + N <sub>180</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> )				
	Прибавка уро-жайности, ц/га	Стоимость доп. урожая, тыс. руб.	Всего затрат, тыс. руб.	Чистый доход, тыс. руб.	Рентабельность, %	Прибавка уро-жайности, ц/га	Стоимость доп. урожая, тыс. руб.	Всего затрат, тыс. руб.	Чистый доход, тыс. руб.	Рентабельность, %
Минеральные соли										
14. Zn <sub>150</sub> I <sub>60</sub>	9,3	559,3	168,3	391,0	232	11,2	673,5	196,9	476,6	242
15. Zn <sub>150</sub> I <sub>120</sub>	9,8	589,3	190,8	398,5	209	12,0	721,6	223,9	497,7	222
16. Zn <sub>150</sub> I <sub>180</sub>	7,8	469,1	175,8	293,3	167	9,0	541,2	193,8	347,4	179
17. Se <sub>30</sub>	2,3	138,3	55,7	82,6	148	2,4	144,3	57,2	87,1	152
18. Se <sub>60</sub>	2,0	120,3	62,3	58,0	93	2,1	126,3	63,8	62,5	98
19. Se <sub>90</sub>	1,7	102,2	69,1	33,1	48	1,8	108,2	70,6	37,6	53

Использование цинка в сочетании с медью и марганцем в форме солей и комплексонатов, приводило к уменьшению показателей экономической эффективности по сравнению с применением одного цинка.

Внесение йода в дозе 60 г/га д.в. в сочетании с цинком обеспечивало рентабельность производства зелёной массы кукурузы на уровне 90% и зерна 232% (фон 1), а также и 95% и 242% (фон 2). Увеличение дозы йода до 120, 180 г/га д.в. приводило к снижению показателей экономической эффективности производства кукурузы.

Внесение селена в минимальной дозе 30 г/га д.в. обеспечивало рост рентабельности производства зелёной массы и зерна кукурузы на первом фоне до 32% и 148%, а на втором – до 39% и 152% соответственно. Применение селена в максимальной дозе 90 г/га д.в. при возделывании кукурузы на зелёную массу было нерентабельным.

### ВЫВОДЫ

1. Некорневая подкормка кукурузы йодидом калия в дозе 60 г/га д.в. в сочетании с сульфатом цинка в дозе 150 г/га д.в. на обоих уровнях минерального питания обеспечивала увеличение урожайности зелёной массы на 68-79 ц/га и зерна на 9,3-11,2 ц/га. При этом рентабельность производства зелёной массы кукурузы находилась на уровне 90-95%, а зерна 232-242% соответственно. Повышение дозы йода в некорневую подкормку до 180 г/га д.в. приводило к снижению урожайности кукурузы, а также показателей экономической эффективности.

2. Высокая эффективность проведения некорневой подкормки микроудобрениями при возделывании кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве на разных уровнях минерального питания отмечена при внесении цинка в минеральной форме на первом фоне ( $N_{120}P_{60}K_{120}$ ) в дозе 75 г/га д.в., а на втором ( $N_{180}P_{90}K_{180}$ ) в дозе 150 г/га д.в., что обеспечивало увеличение урожайности зелёной массы на 53 ц/га и зерна на 8,3 ц/га на первом уровне минерального питания и на 61 ц/га и 9,9 ц/га соответственно на втором, а также обеспечивало максимальную рентабельность производства кукурузы. При применении комплексоната цинка на обоих уровнях минерального питания наблюдалась тенденция роста прибавки урожайности зелёной массы кукурузы на 29,5-30,2% и зерна на 25,3-26,5% по сравнению с внесением цинка в минеральной форме.

3. Некорневая подкормка цинком в дозах 75, 150, 225 г/га д.в. в сочетании с медью и марганцем в дозе 75 г/га д.в. в форме солей и комплексонатов на обоих уровнях минерального питания не приводила к значительному росту урожайности зелёной массы и зерна кукурузы по сравнению с применением одного цинка.

4. При внесении селена в некорневую подкормку кукурузы в дозах 30, 60, 90 г/га д.в. отмечалась лишь тенденция роста урожайности зелёной массы и зерна кукурузы.

5. В целом, по опыту показатели экономической эффективности выше при производстве зерна, чем при производстве зелёной массы кукурузы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Босак, В.Н. Агроэкономическая эффективность применения удобрений / В.Н. Босак. – Минск, 2005. – 44 с.
2. Надточаев, Н.Ф. Об эффективности производства силоса и зерна кукурузы / Н.Ф. Надточаев, Я.Н. Бречко, А.М. Тетёркина // Белорус. сел. хоз-во. – 2007. – № 12. – С. 14-20.
3. Шлапунов, В. Важнейшие вопросы эффективного выращивания кукурузы в Беларуси / В. Шлапунов, В. Щербаков, Д. Шпаар // Междунар. аграр. журн. – 1999. – № 3. – 15-20.
4. Аникеев, М.М. Биологическое обоснование агроприемов и технология производства кукурузы на зерно и зеленую массу в условиях Беларуси: лекция для студентов с.-х. вузов / М.М. Аникеев ; Белорус. с.-х. акад. – Горки, 1995. – 31 с.
5. Надточаев, Н.Ф. Кукуруза на зерно – особенности технологии // Белорус. сел. хоз-во. – 2004. – № 4. – С. 25-26.
6. Надточаев, Н.Ф. Досье на кукурузу. В помощь агроному / Н.Ф. Надточаев // Белорус. сел. хоз-во. – 2003. – № 4. – С. 37-38.
7. Анспок, П.И. Микроудобрения: справочник / П.И. Анспок. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 272 с.
8. Голов, В.И. Нарушение круговорота микроэлементов в агроэкосистемах и возможности его регулирования при интенсивных технологиях / В.И. Голов // Микроэлементы в биологии и их применение в сельском хозяйстве и медицине : тез. докл. 11-й Всесоюз. конф., Самарканд, 1990 г. / Самарканд. ун-т им. А. Навои, Архан. мед. ин-т. – Самарканд, 1990. – С. 140-141.
9. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас; ред. Ю.Е. Саэт. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
10. Микроэлементы в почвах БССР и эффективность микроудобрений / Белорус. гос. ун-т им. В.И. Ленина. – Минск: Изд-во БГУ, 1970. – 195 с.
11. Пейве, Я.В. Агрохимия и биохимия микроэлементов / Я.В. Пейве. – М.: Наука, 1980. – 430 с.
12. Привалов, Ф.И. Плодородие почв и применение удобрений в Республике Беларусь / Ф.И. Привалов, В.В. Лапа // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 2(39). – С. 7-14.
13. Теплякова, С.В. Изменение содержания в почве микроэлементов под влиянием систематического внесения удобрений / С.В. Теплякова // Современное состояние и рациональное использование почв, лесных и водно-земельных ресурсов Дальнего Востока России : сб. ст. материалов регион. науч. конф., Владивосток, 15-16 янв. 1997 г. / Докучаев. общество почвоведов, Дальневосточ. отд-ние. – Владивосток, 1997. – Кн. 2. – С. 131-133.
14. Хакимова, А.М. Микроэлементная обеспеченность рационов питания населения / А.М. Хакимова // Микроэлементы в биологии и их применение в сельском хозяйстве и медицине : тез. докл. 11-й Всесоюз. конф., Самарканд, 1990 г. / Самарканд. ун-т им. А. Навои, Архан. мед. ин-т. – Самарканд, 1990. – С. 94.
15. Базылев, Н.И. Экономическая теория / Н.И. Базылев, С.П. Гурко. – Минск: Интерпрессервис, 2001. – 637 с.
16. Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая / В.В. Лапа // Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск. 2006. – 120 с.

## EFFICIENCY OF MICROELEMENTS AT MAIZE CULTIVATION ON SOD-PODSOLIC SANDY SOIL ON DIFFERENT RATES MINERAL NUTRITION RATES

Yu.V. Klausova

### Summary

Efficiency of outside root top-dressing of microelements during cultivation of maize on sod-podsolic sandy soil on different rates of mineral nutrition get registered after of applying zinc in mineral form on 1 rate mineral nutrition (50 t/ha manure+N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>) in doze 75 g/ha reactant and on second rate mineral nutrition (50 t/ha manure +N<sub>180</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub>) – in doze 150 g/ha reactant; this is increase productivity of green mass on 53 c/ha and grain on 8,3 c/ha on 1 rate mineral nutrition, and on 61 c/ha and on 9,9 c/ha on second rate. And also support maximal profitability of production green mass and grain maize 109% and 266%.

*Поступила 25 ноября 2009 г.*

УДК 631.82:631.415.1:633.2:631.445.2

## ВЛИЯНИЕ СЕЛЕНОВЫХ УДОБРЕНИЙ И УРОВНЕЙ КИСЛОТНОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ И НАКОПЛЕНИЕ В НИХ СЕЛЕНА

С.Е. Головатый, З.С. Ковалевич, Н.К. Лукашенко, И.А. Ефимова  
*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### ВВЕДЕНИЕ

На земном шаре отмечены территории, как с избыточным, так и с недостаточным содержанием селена в биологических объектах. Высокоселеновые районы отмечены в Китае, Венесуэле, Колумбии, низкоселеновые – также в Китае, Бангладеш, Новой Зеландии, Италии, на северо-западе Европы, в том числе в Нечерноземной зоне России, в Беларуси [1].

Актуальность и значимость микроэлемента селена в животноводстве в селендефицитных зонах постоянно возрастает. Метаболические функции селена предотвращают проявление многих специфических селендефицитных заболеваний: беломышечная болезнь новорожденных; диарея; выкидыши и отторжение плаценты; некоторые раковые заболевания; снижение иммунного статуса организма. [2,3]. В Турции установлена обратная корреляционная зависимость между заболеванием овец беломышечной болезнью и уровнем содержания глутатионпероксидазы и витамина Е в организме животных и содержанием селена в луговых травах и почве. В районах проявления болезни содержание селена находилось на уровне 0,03 мг/кг в почве и на уровне 0,07 мг/кг – в сене лугов [7]. Селендефицитные заболевания овец в Финляндии отмечены на пастбищах



## EFFICIENCY OF MICROELEMENTS AT MAIZE CULTIVATION ON SOD-PODSOLIC SANDY SOIL ON DIFFERENT RATES MINERAL NUTRITION RATES

Yu.V. Klausova

### Summary

Efficiency of outside root top-dressing of microelements during cultivation of maize on sod-podsolic sandy soil on different rates of mineral nutrition get registered after of applying zinc in mineral form on 1 rate mineral nutrition (50 t/ha manure+N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>) in doze 75 g/ha reactant and on second rate mineral nutrition (50 t/ha manure +N<sub>180</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub>) – in doze 150 g/ha reactant; this is increase productivity of green mass on 53 c/ha and grain on 8,3 c/ha on 1 rate mineral nutrition, and on 61 c/ha and on 9,9 c/ha on second rate. And also support maximal profitability of production green mass and grain maize 109% and 266%.

*Поступила 25 ноября 2009 г.*

УДК 631.82:631.415.1:633.2:631.445.2

## ВЛИЯНИЕ СЕЛЕНОВЫХ УДОБРЕНИЙ И УРОВНЕЙ КИСЛОТНОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ И НАКОПЛЕНИЕ В НИХ СЕЛЕНА

С.Е. Головатый, З.С. Ковалевич, Н.К. Лукашенко, И.А. Ефимова  
*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### ВВЕДЕНИЕ

На земном шаре отмечены территории, как с избыточным, так и с недостаточным содержанием селена в биологических объектах. Высокоселеновые районы отмечены в Китае, Венесуэле, Колумбии, низкоселеновые – также в Китае, Бангладеш, Новой Зеландии, Италии, на северо-западе Европы, в том числе в Нечерноземной зоне России, в Беларуси [1].

Актуальность и значимость микроэлемента селена в животноводстве в селендефицитных зонах постоянно возрастает. Метаболические функции селена предотвращают проявление многих специфических селендефицитных заболеваний: беломышечная болезнь новорожденных; диарея; выкидыши и отторжение плаценты; некоторые раковые заболевания; снижение иммунного статуса организма. [2,3]. В Турции установлена обратная корреляционная зависимость между заболеванием овец беломышечной болезнью и уровнем содержания глутатионпероксидазы и витамина Е в организме животных и содержанием селена в луговых травах и почве. В районах проявления болезни содержание селена находилось на уровне 0,03 мг/кг в почве и на уровне 0,07 мг/кг – в сене лугов [7]. Селендефицитные заболевания овец в Финляндии отмечены на пастбищах

с содержанием селена в кормах 0,008-0,03 мг/кг. При содержании селена в количествах 0,20-0,98 мг/кг корма заболеваний не наблюдалось [1]. В исследованиях установлено, что при содержании селена в кормах более 0,1 мг/кг животные не испытывают селенового дефицита [4].

Содержание селена в почве, его подвижность и доступность растениям определяются многими природными и антропогенными факторами, в первую очередь, кислотностно-щелочными и окислительно-восстановительными свойствами. Селен энергично мигрирует в окислительных условиях, где он находится в подвижных формах – селенитах и селенатах, и слабо – в восстановительных – в форме малоподвижного элементного селена и в форме селенидов [5]. Доступными для растений считают наиболее окисленные формы – селениты ( $\text{Se}^{4+}$ ) и, в наибольшей степени, селенаты ( $\text{Se}^{6+}$ ). Селениты и селенаты не образуют очень стабильных соединений, преимущественно адсорбируются глинистыми минералами, оксидами и гидрооксидами железа [6].

Результаты выборочных маршрутных исследований, проведенных в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» в 2002-2003 гг., показали, что среднее содержание селена в песчаных почвах республики составляет 30,5 мкг/кг почвы, в супесчаных – 49,7, в суглинистых – 71,9, в торфяных почвах низинного типа в Брестской области – 198,2 мкг/кг. Выявлено очень низкое содержание селена в зерне озимых и яровых культур (15,2 мкг/кг), сене бобовых и злаковых трав (соответственно, 5,1-13,4 и 11,3-17,7 мкг/кг). Крайне низкое содержание селена отмечено в зерне (2,7 мкг/кг) и травах (11,9 мкг/кг) на торфяных почвах. Сельскохозяйственные земли всех почвенно-географических провинций Беларуси по содержанию селена в почве и растениеводческой продукции можно характеризовать как селендефицитные территории [7]. Анализ химического состава кормов Беларуси свидетельствует о дефиците селена (от 10 до 67%) в рационах дойных и сухостойных коров в зимнее время [8].

В селендефицитных районах снижение дефицита элемента в кормовых рационах и продуктах питания осуществляется, в первую очередь, путем корректировки их селеновыми препаратами. Существенно повысить суточное поступление селена в организм животных можно добавлением в рацион премиксов с минеральными и селеноорганическими соединениями. Однако, известно, что в животном организме наибольшей усвояющей способностью отличаются метаболиты, образованные растениями соединения селена. Коэффициент усвоения их животным организмом в 5-10 раз выше, чем селена неорганических соединений [1,9].

При проведении комплекса мероприятий по обогащению селеном продукции в каждом звене биологической цепочки почва > растение > животное > человек необходимо постоянно помнить, что актуальный в Нечерноземной зоне микроэлемент селен является высокотоксичным химическим элементом (1 класс опасности) и требует грамотного и осторожного обращения при его использовании. Величины недостатка-избытка селена в растительных кормах находятся в очень узком интервале концентраций – < 0,1- >1,0 мг /кг корма.

Токсическое действие селена в животном организме зависит от многих факторов, в первую очередь, от формы потребляемого селенового соединения и содержания витамина Е. Хроническое отравление у коров чаще наступает при концентрации селена 5 мг/кг, у овец – 2 мг/кг сухой массы корма. Избыток селена снижает воспроизводство сельскохозяйственных животных в течение нескольких поколений.

Нормирование содержания селена в рационах животных и величина его допустимого содержания во многом определяется также природными факторами – содержанием этого элемента в почве и растениях различных зон, которые и обуславливают генетическую устойчивость животных к избытку селена. В Индии, например, ПДК селена в растительном корме составляет 5 мг/кг [10].

В Республике Беларусь разработаны «Ветеринарно-санитарные нормативы по безопасности кормов и кормовых добавок». ПДК селена в грубых и сочных кормах для сельскохозяйственных животных составляет 1,0 мг/кг натурального корма, в комбикормах для молочного скота, яйценоской птицы, в зерне и продуктах его переработки, в жмыхах и шротах – 0,5 мг/кг натурального корма. Во всех кормах и сельскохозяйственной продукции, используемой для производства продуктов детского и диетического питания, допустимое содержание селена составляет 0,5 мг/кг [11].

Из всех способов корректировки повышения содержания селена в кормах предпочтение следует отдать агрохимическому способу, ввиду его очевидных преимуществ:

- животным организмом лучше усваивается селен в биотрансформированной растениями форме в виде биологически более активных соединений селенометионина, селеноцистеина и др.;

- исключается риск передозировки токсичных соединений селена в рационах и отравления ими животных ввиду возникающих у растений биологических барьеров поглощения элементов;

- использование скорректированной по селену растениеводческой продукции на корм способствует повышению статуса здоровья животных и получению обогащенной селеном животноводческой продукции;

- применение селеновых удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур наряду с обогащением продукции селеном может способствовать также повышению их урожайности;

- внесение селена в период вегетации растений в зоне радиоактивного загрязнения оказывает существенное влияние на снижение перехода радионуклидов цезия и стронция в растениеводческую продукцию;

- рациональное использование селена совместно с другими макро- и микроэлементами в композиционных составах или промышленных комплексных удобрениях позволяет снизить затраты на применение селеновых препаратов и получить более качественную и дешевую продукцию.

В мировой практике земледелия известно три основных способа применения селеновых удобрений: предпосевная обработка семян; основное внесение микроудобрения (в почву с заделкой удобрения и поверхностно на сенокосах и пастбищах); некорневые подкормки растений в период вегетации. Каждый из этих способов имеет свои преимущества (невысокие затраты на применение, технологичность внесения, высокий коэффициент накопления микроэлемента в продукции) и свои недостатки (срок эффективного действия препарата, сложность внесения удобрения, опасность токсического накопления элемента в продукции и т. д.).

Сведения, имеющиеся в научной литературе, не дают однозначного ответа о влиянии селеновых удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур. Не отмечено положительного действия селенита натрия на урожай яровой пшеницы, ярового рапса, салата, петрушки, чеснока [12, 13, 14, 15, 16], в исследо-

ваниях других авторов установлено, что селеновые удобрения повышали фотосинтетическую деятельность яровой пшеницы, число колосков и зерен в колосе, увеличивали массу 1000 зерен и урожайность зерна в целом [17], повышали урожайность сена тимopheевки луговой [21]. Анализ результатов исследований, проведенных в разных почвенно-климатических зонах, показал, что применение селеновых удобрений в большей степени оказывает влияние на накопление селена в растениеводческой продукции, чем на урожайность культур [13, 19, 14, 20].

При внесении селена в почву его эффективность во многом определяется генетическими и агрохимическими свойствами почвы, поэтому очень важно дифференцировать оптимальные дозы селена под сельскохозяйственные культуры с учетом почвенных факторов.

При внесении в почву 1 кг Se/га в форме селенита натрия остаточное содержание селена в растениях люцерны, тимopheевки и ячменя (более 0,1 мг /кг) отмечалось в течение 2-4 лет [21]. В Сербии на почвах с низким содержанием селена установлено, что дозы внесения селена в почву не должны превышать 500 мкг/кг почвы [22].

В вегетационных опытах на дерново-подзолистой супесчаной почве установлено, что максимальная доза внесения селена в почву в форме селената натрия при возделывании кукурузы на зеленую массу не должна превышать 160 мкг/кг почвы, при возделывании проса на зеленую массу – 80 мкг/кг почвы. Безопасная доза селена в форме селенита натрия для обеих культур составляла 320 мкг/кг почвы [20]. Для повышения содержания селена в сухой массе зерна яровой пшеницы и тимopheевки луговой до оптимального уровня достаточно внести 40-80 и не более 100 мкг Se/кг почвы, соответственно [23].

Актуальность проведения настоящих исследований обусловлена необходимостью оценки эффективности внесения селеновых удобрений в почву при возделывании многолетних злаковых трав.

**Цель исследований** заключалась в установлении эффективности доз внесения в почву селена на урожайность и накопление его в продукции многолетних злаковых трав.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в 2006-2009 гг. в полевом стационарном опыте в СПК «Щемяслица» Минского района на дерново-палево подзолистой суглинистой почве, развивающейся на легких пылеватых суглинках. Пахотный горизонт почвы характеризовался следующими агрохимическими показателями: гумус – 2,2%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 300-310; K<sub>2</sub>O – 240-265 мг/кг почвы, содержание валового селена – 40-60 мкг/кг почвы. Опыт заложен на участках с разной степенью кислотности почвы (рН 6,0 – фон 1 и рН 6,7 – фон 2).

Селен в форме селенита натрия вносили в почву перед залужением в возрастающих дозах: 100; 200 и 300 г Se/га.

В качестве изучаемых культур выбраны разные по своим биологическим особенностям многолетние злаковые травы, которые в кормопроизводстве республики получили наиболее широкое распространение: – ежа сборная (сорт «Магутная»), тимopheевка луговая (сорт «Волна»), овсяница луговая (сорт «Зорька»). Для получения объективной информации по переходу селена из почвы в растения, изучаемые травы были высеяны в чистом виде.

В качестве минеральных удобрений в опыте применяли карбамид, суперфосфат аммонизированный, хлористый калий. Повторность в опыте четырехкратная.

Пробоподготовку растительных и почвенных образцов для определения в них селена проводили в автоклаве аналитическом НПВФ «Анкон-АТ-2». Содержание селена определяли на атомно-абсорбционном спектрометре Perkin Elmer AAnalyst 100 с приставкой холодного пара Perkin Elmer HGA-800 и дейтериевым корректором неселективного поглощения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Всего за годы исследований было проведено 7 укосов трав. По величине урожайности изучаемые культуры расположились в следующем порядке: тимофеевка луговая > овсяница луговая > ежа сборная (табл. 1).

Такая тенденция отмечалась на протяжении трех лет исследований. В первый год пользования трав на фоне с рН 6,0 (фон1) продуктивность тимофеевки луговой по сумме укосов была на 20,1ц/га выше, чем у ежи сборной и на 16,5 ц/га выше, чем у овсяницы луговой, во второй год пользования – на 37,0 и 27,6 ц/га, соответственно.

В первый год жизни трав (2006 г.) уже был отмечен эффект от известкования почвы, в контрольном варианте получены прибавки урожайности сена ежи сборной (3,2 ц/га) и овсяницы луговой (2,6 ц/га) на фоне с рН 6,7 (фон 2) по сравнению с фоном рН 6,0. Существенные прибавки урожайности от известкования отмечены также у ежи сборной при дозе селена 200 г/га, у овсяницы луговой – при дозе селена 300 г/га.

В первый год пользования трав (2007 г.) эффект от известкования усилился, прибавки урожайности сена возросли, у ежи сборной они составили 23,8-27,3 ц/га (20,0-24,1%), у овсяницы луговой 20,1-25,7ц/га (17,2-22,0%), у тимофеевки луговой – 4,0-12,1 ц/га (3,0-9,1%).

Во второй год пользования трав (2008 г.) повышение урожайности сена на известкованном фоне отмечено только у ежи сборной на контрольном варианте (на 9,2 ц/га, или 8,7%). Тенденция к повышению урожайности при рН почвы 6,7 наблюдалась у овсяницы луговой, а у тимофеевки луговой, наоборот, отмечено снижение урожайности на 7,5-11,6 ц/га (5,3-7,9%). Возможно, для роста и развития тимофеевки луговой кислотность почвы с рН 6,0 является более благоприятной, чем с рН 6,7.

В третий год пользования трав (2009 г.) урожайность по сумме укосов на почве с кислотностью рН 6,0 оставалась примерно такой же, как и во второй год пользования.

На фоне кислотности с рН 6,7 отмечено повышение урожайности ежи сборной на 11,1-15,4 %, овсяницы луговой – на 13,1-21,8 % и снижение урожайности тимофеевки луговой на 10,5-18,4 %. Наименьшее снижение урожайности наблюдалось на фоне последствия дозы селена 300 г/га. Результаты исследований показали, что общая продуктивность за 4 года (по сумме 7 укосов трав) на известкованном фоне у ежи сборной была выше в среднем на 47,6 ц/га, у овсяницы луговой – на 53,9 ц/га. У тимофеевки луговой общая продуктивность на фоне рН 6,7 была ниже на 25 ц/га по сравнению с продуктивностью на фоне с рН 6,0.

Таблица 1

**Урожайность сена многолетних злаковых трав при разных уровнях кислотности почвы и дозах селена, ц/га**

Вариант	2006 г. 1-й г. жизни трав			2007 г. 1-й г. пользования			2008 г. 2-й г. пользования			2009 г. 3-й г. пользования		
	Урожай- ность	Прибавка		Сумма укозов	Прибавка		Сумма укозов	Прибавка		Сумма укозов	Прибавка	
		от рН	от Se		от рН	от Se		от рН	от Se		от рН	от Se
<b>Ежа сборная</b>												
<b>рН 6,0 – фон 1</b>												
N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>120</sub> Контроль	32,1			113,2			105,2			117,8		
+ Se <sub>100</sub>	34,6		2,5	118,4		5,2	110,0		4,8	120,4		2,6
+ Se <sub>200</sub>	33,7		1,6	119,1		5,9	111,8		6,4	117,4		-
+ Se <sub>300</sub>	35,1		3,0	120,0		6,8	108,0		2,8	116,7		-
<b>рН 6,7 – фон 2</b>												
N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>120</sub> Контроль	35,3	3,2		137,0	23,8		114,4	9,2		136,1	18,2	
+ Se <sub>100</sub>	35,7	1,1	0,4	141,8	23,4	4,8	114,4	4,4	-	133,7	13,1	-
+ Se <sub>200</sub>	35,7	2,0	0,4	141,7	22,6	4,7	115,6	3,8	1,2	132,6	15,2	-
+ Se <sub>300</sub>	36,8	1,7	1,5	147,3	27,3	10,3	113,8	5,8	-	132,0	15,2	-
HCP <sub>05</sub> рН		1,9			4,2			4,8			5,8	
HCP <sub>05</sub> Se			2,7			6,0			6,8			8,3
<b>Овсяница луговая</b>												
<b>рН 6,0 – фон 1</b>												
N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>120</sub> Контроль	34,9			116,8			114,6			117,8		
+ Se <sub>100</sub>	36,2		1,3	120,9		4,1	109,4		-5,2	120,4		2,6
+ Se <sub>200</sub>	36,7		1,8	125,9		8,2	113,4		-1,2	117,4		-
+ Se <sub>300</sub>	36,7		1,8	125,2		8,4	117,0		2,4	116,7		-
<b>рН 6,7 – фон 2</b>												
N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>120</sub> Контроль	37,5	2,6		142,5	25,7		109,2	5,4		136,1	18,2	
+ Se <sub>100</sub>	37,5	1,3	-	146,7	25,8	4,2	114,8	5,4	5,6	133,7	13,1	-
+ Se <sub>200</sub>	38,2	1,5	0,7	146,0	20,1	3,5	116,2	2,8	7,0	132,6	15,2	-
+ Se <sub>300</sub>	39,8	3,1	2,3	148,0	22,8	5,5	114,8	-	5,6	132,0	15,2	-
HCP <sub>05</sub> рН		2,2			6,0			5,9			5,8	
HCP <sub>05</sub> Se			3,1			8,4			8,5			8,3
<b>Тимофеевка луговая</b>												
<b>рН 6,0 – фон 1</b>												
N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>120</sub> Контроль	36,9			133,3			142,2			98,0		
+ Se <sub>100</sub>	36,8		-	136,1		2,8	145,5		3,3	100,7		2,7
+ Se <sub>200</sub>	38,8		1,9	144,7		11,4	146,8		4,6	100,9		2,9
+ Se <sub>300</sub>	41,0		4,1	144,5		12,2	141,5		-0,7	99,9		-
<b>рН 6,7 – фон 2</b>												
N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>120</sub> Контроль	38,2	1,3		145,4	12,1		132,0	-	10,2	119,5	21,4	
+ Se <sub>100</sub>	38,4	1,6	0,2	147,9	11,7	2,5	135,4	-	10,1	119,5	18,8	-
+ Se <sub>200</sub>	39,6	0,8	1,4	148,7	4,0	3,3	135,2	-	11,6	122,6	13,7	3,1
+ Se <sub>300</sub>	42,0	1,0	3,8	150,3	5,8	4,9	134,0	-7,5	2,0	122,6	12,8	3,1
HCP <sub>05</sub> рН		1,4			5,1			8,6			5,5	
HCP <sub>05</sub> Se			1,9			7,2			12,1			7,8

В первый год жизни трав не установлено прибавок урожайности сена овсяницы луговой от доз внесения селена. Прибавка урожайности ежи сборной отмечена на фоне 1 только при дозе селена 300 г/га. На обоих фонах кислотности почвы установлено существенное повышение урожайности сена тимофеевки луговой при дозе селена 300 г/га, соответственно, на 4,1 и 3,8 ц/га.

В первый год пользования трав на фоне кислотности почвы с рН 6,0 действие селена на урожайность всех видов трав было эффективным при дозе элемента 300 г/га. Прибавки урожайности сена составили 6,8 ц/га (6,0%) – ежа сборная, 8,4 ц/га (7,2%) – овсяница луговая, и 12,2 ц/га – (9,2%) – тимофеевка луговая. На этом же фоне получена прибавка урожайности сена тимофеевки луговой 11,4 ц/га при дозе внесения селена 200 г/га. На фоне кислотности почвы с рН 6,7 получена прибавка урожайности сена ежи сборной от селена в дозе 300 г/га, которая составила 10,3 ц/га (7,5%).

Во второй и третий годы пользования трав существенного влияния селена в дозах 100-300 г/га на урожайность не установлено.

Таким образом, за 4 года исследований влияние селеновых удобрений на повышение урожайности многолетних злаковых трав установлено в год внесения селена в дозе 300 г/га (первый год жизни трав) и в первый год его последствий (1-й год пользования трав).

Во второй год пользования трав существенного влияния селена на урожайность в дозах 100-300 г/га не установлено.

Анализ экспериментальных данных показал, что содержание селена в сене изучаемых трав во многом определялось видовыми особенностями самих растений (табл. 2).

Изучаемые многолетние злаковые травы отличались низким содержанием селена, наименьшее содержание элемента отмечено в растениях овсяницы луговой. Содержание селена на контрольном варианте фона 1 (рН 6,0) в сене ежи сборной, тимофеевки луговой и овсяницы луговой составило, соответственно, 35,3; 30,0 и 17,6 мкг/кг, что в 2,8; 3,3 и 5,7 раза ниже минимального оптимума (100 мкг/кг) содержания селена в растительных кормах. На известкованной почве содержание селена в травах повышалось несущественно, за исключением ежи сборной в первый год жизни, где отмечено увеличение содержания селена на 17,2-58,0%.

Внесение селеновых удобрений способствовало обогащению сена трав микроэлементом селеном. В год внесения селена в почву (2006 г.) в дозе 100 г/га в сене всех изучаемых трав уже достигался нижний уровень оптимального содержания селена в кормах (117,5-229,8 мкг/кг). Содержание его по сравнению с фоновым в сене ежи сборной повысилось в 4,7-5,5 раза, в сене овсяницы луговой – в 4,6-8,2 раза, в сене тимофеевки луговой – в 5,8-6,5 раза. Коэффициент накопления селена травами увеличивался с возрастанием доз селенита натрия. При максимальной дозе внесения селена 300 г/га содержание микроэлемента в растениях ежи сборной, овсяницы луговой и тимофеевки луговой увеличилось по сравнению с его содержанием на контрольном варианте в 12,9; 19,8; 12,7 раз (фон 1) и в 10,8; 13,4 и 10,7 раз (фон 2), что свидетельствует об очень высоких аккумулятивных свойствах микроэлемента селена. Наибольшей интенсивностью накопления отличалась овсяница луговая.

В годы последствий селенита натрия (первый и второй годы пользования трав) интенсивность накопления селена в растениях снижалась, и содержание селена в сене всех изучаемых трав на обоих фонах кислотности с каждым последующим укосом уменьшалось (рис. 1).

Таблица 2  
**Накопление селена в сене многолетних злаковых трав при разных дозах внесения селена в почву**

Вариант	2006 г. (1-й год жизни трав)			2007 г. (1-й год пользования трав)			2008 г. (2-й год пользования трав)					
	1-й укос			2-й укос			1-й укос			2-й укос		
	Se, мкг/кг	КН*	рН	Se, мкг/кг	КН*	рН	Se, мкг/кг	КН*	рН	Se, мкг/кг	КН*	рН
<b>Ежа сборная</b>												
<b>рН 6,0 – фон 1</b>												
N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>120</sub> -контр.	35,3	1,0	36,7	36,7	1,0	36,4	36,4	1,0	27,3	1,0	29,1	1,0
+ Se <sub>100</sub> (r/ra)	165,4	4,7	101,3	101,3	2,8	72,3	72,3	2,0	34,6	1,3	47,2	1,6
+ Se <sub>200</sub>	282,3	8,0	150,2	150,2	4,1	131,3	131,3	3,6	62,9	2,3	60,2	2,1
+ Se <sub>300</sub>	456,1	12,9	224,9	224,9	6,1	163,0	163,0	4,5	67,9	2,5	62,3	2,1
<b>рН 6,7 – фон 2</b>												
N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>120</sub> -контр.	38,2	1,0	38,2	38,2	1,0	40,0	40,0	1,0	29,2	1,0	27,4	1,0
+ Se <sub>100</sub> (r/ra)	209,8	5,5	160,1	160,1	4,2	93,2	93,2	2,3	41,6	1,4	35,6	1,3
+ Se <sub>200</sub>	337,2	8,8	205,3	205,3	5,4	120,0	120,0	3,0	57,0	1,9	44,5	1,6
+ Se <sub>300</sub>	413,9	10,8	263,6	263,6	6,9	137,3	137,3	3,4	67,3	2,3	55,8	2,0
НСП <sub>05</sub> (рН)	75,3		19,3	19,3		26,8	26,8		4,5		7,3	
НСП <sub>05</sub> (Se)	106,5		27,3	27,3		37,9	37,9		6,4		10,3	
<b>Овсяница луговая</b>												
<b>рН 6, – фон 1</b>												
N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>120</sub> -контр.	17,6	1,0	17,9	17,9	1,0	19,6	19,6	1,0	16,3	1,0	14,3	1,0
+ Se <sub>100</sub> (r/ra)	145,0	8,2	73,10	73,10	4,1	73,0	73,0	3,7	34,9	2,1	36,4	2,5
+ Se <sub>200</sub>	236,1	13,4	152,5	152,5	8,5	93,1	93,1	4,7	60,2	3,7	59,1	4,1
+ Se <sub>300</sub>	348,6	19,8	186,5	186,5	10,4	127,5	127,5	6,5	78,1	4,8	67,4	4,7
<b>рН 6,7 – фон 2</b>												
N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>120</sub> -контр.	25,4	1,0	27,5	27,5	1,0	29,7	29,7	1,0	17,5	1,0	14,7	1,0
+ Se <sub>100</sub> (r/ra)	117,5	4,6	71,4	71,4	2,6	56,6	56,6	1,9	34,6	2,0	38,7	2,6
+ Se <sub>200</sub>	207,1	8,1	141,8	141,8	5,2	75,2	75,2	2,5	58,8	3,4	45,8	3,1
+ Se <sub>300</sub>	340,2	13,4	175,2	175,2	6,4	124,5	124,5	4,2	68,3	3,9	63,2	4,3
НСП <sub>05</sub> (рН)	70,1		31,3	31,3		57,3	57,3		9,9		5,8	
НСП <sub>05</sub> (Se)	99,2		44,3	44,3		81,1	81,1		14,0		8,2	



Окончание таблицы 2

Вариант	2006 г. (1-й год жизни трав)				2007 г. (1-й год пользования трав)				2008 г. (2-й год пользования трав)			
	1-й укос		2-й укос		1-й укос		2-й укос		1-й укос		2-й укос	
	Se, мкг/кг	КН*	Se, мкг/кг	КН*	Se, мкг/кг	КН*	Se, мкг/кг	КН*	Se, мкг/кг	КН*	Se, мкг/кг	КН*
Тимофеевка луговая												
рН 6,0 – фон 1												
N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>120</sub> -контр.	30,0	1,0	33,4	1,0	28,1	1,0	30,6	1,0	32,1	1,0	32,1	1,0
+ Se <sub>100</sub> (f/ra)	196,1	6,5	111,8	3,3	60,0	2,1	47,7	1,6	47,7	1,6	35,3	1,1
+ Se <sub>200</sub>	234,4	7,8	184,2	5,5	83,6	3,0	67,9	2,2	67,9	2,2	46,1	1,4
+ Se <sub>300</sub>	380,6	12,7	276,8	8,3	146,6	5,2	87,7	2,9	87,7	2,9	53,2	1,6
рН 6,7 – фон 2												
N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>120</sub> -контр.	35,5	1,0	33,4	1,0	30,0	1,0	29,1	1,0	29,1	1,0	29,7	1,0
+ Se <sub>100</sub> (f/ra)	206,0	5,8	100,9	3,0	47,3	1,6	43,0	1,5	43,0	1,5	41,4	1,4
+ Se <sub>200</sub>	230,5	6,5	136,5	4,1	84,7	2,8	67,6	2,3	67,6	2,3	44,9	1,5
+ Se <sub>300</sub>	380,8	10,7	230,6	6,9	134,3	4,5	83,9	2,9	83,9	2,9	52,3	1,8
HCP <sub>05</sub> (pH)	36,3		78,3		43,5		6,0		6,0		4,7	
HCP <sub>05</sub> (Se)	51,3		110,8		61,5		8,5		8,5		6,7	

КН\* – коэффициент накопления селена, показывающий, во сколько раз увеличилось содержание селена в растениях при внесении селеновых удобрений по сравнению с его содержанием в растениях на контрольном варианте

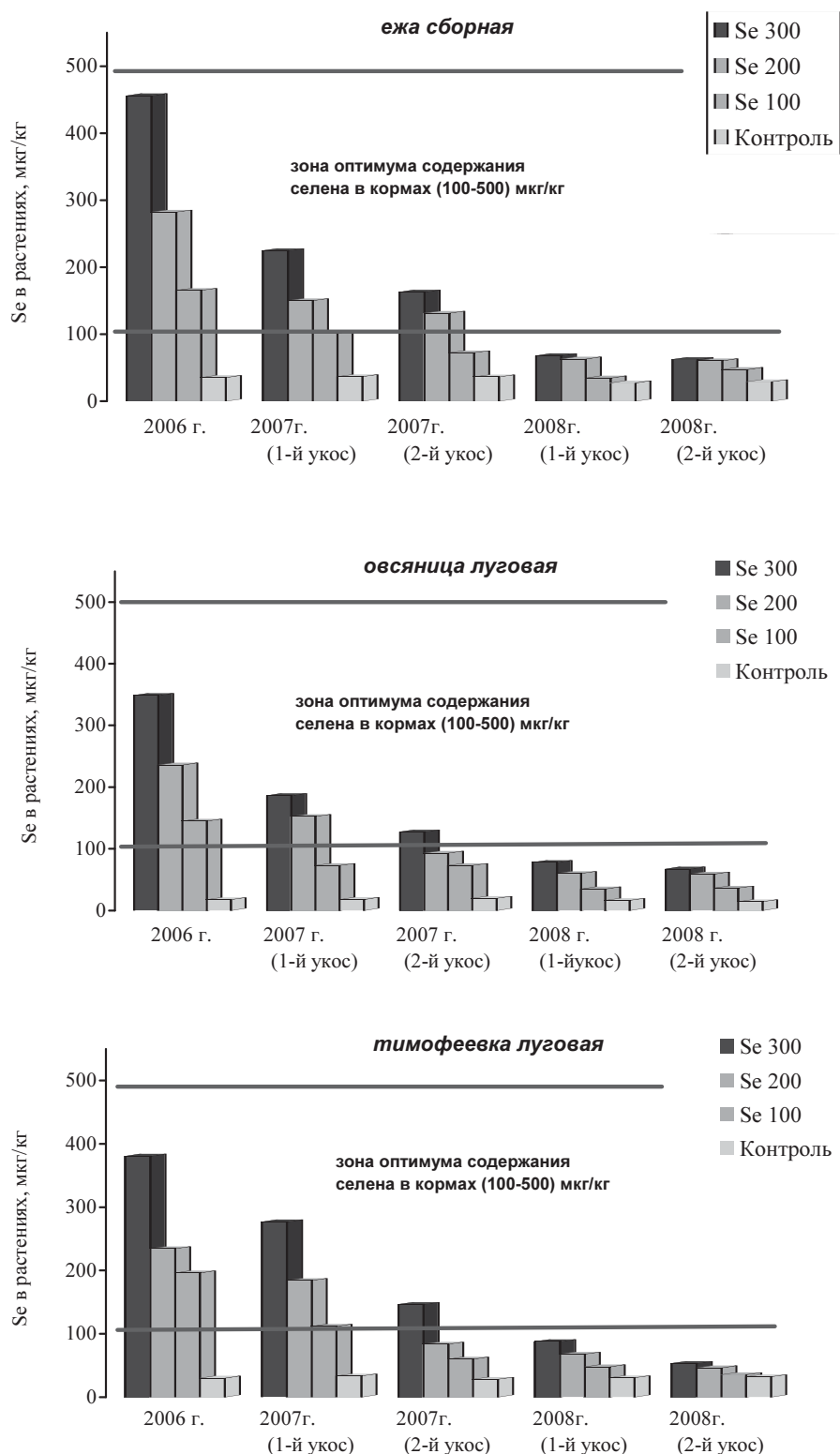


Рис. 1. Накопление селена в сене многолетних злаковых трав при внесении в почву селенита натрия (рН 6,0)

Во второй год действия селеновых удобрений (первый год пользования трав) в сене многолетних трав селена накапливалось меньше, чем в первый год, нес-

смотря на повышенное содержание элемента в почве. Очевидно, это подтверждает положение, что селен и кадмий в отличие от других элементов (цинк, мышьяк, медь, свинец, ртуть, никель) в большей степени поглощаются из вновь внесенных соединений этих элементов, чем из почв с их природным избыточным содержанием [30]. В первом укосе трав на фоне последействия селена в дозе 100 г/га содержание микроэлемента в сене овсяницы луговой составило 71,4-73,1 мкг/кг, и уже не достигало нижней границы оптимального значения для кормов. Изменение кислотности почвы с рН 6,0 до рН 6,7 способствовало повышению содержания селена только в сене ежи сборной: со 101,3 до 160,1; со 150,2 до 205,3; со 224,1 до 265,3 мкг/кг при последействии селена в дозах 100; 200 и 300 г/га. Во втором укосе селена в травах накапливалось меньше, чем в первом укосе. При последействии дозы селена 100 г/га содержание микроэлемента в сене всех изучаемых трав увеличивалось по сравнению с фоновым в 1,6-3,7 раза, однако было ниже необходимого минимума для кормов. Последействие дозы селена 200 г/га обеспечило этот минимум только в сене ежи сборной, где содержание составляло 120-131 мкг/кг. Содержание селена в концентрации более 100 мкг/кг в сене всех трав (124-163 мкг/кг) установлено только при последействии дозы селена 300 г/га.

Во второй год пользования трав содержание селена в сене первого укоса ежи сборной и овсяницы луговой при последействии дозы 100 г Se/га снизилось до 34,6-41,6 мкг/кг, в сене тимopheевки луговой – до 43,0-47,7 мкг/кг. При последействии селена в дозе 300 г/га содержание его в сене ежи и овсяницы составляло 67,3-68,3 мкг/кг, что в 1,5 раза меньше нижнего предела оптимального содержания элемента в растительных кормах.

Во втором укосе трав содержание селена в сене всех трав было в 1,9-1,5 раза ниже минимального оптимума на фоне последействия максимальной дозы селена (300 г/га). Изменение кислотности почвы с рН 6,0 до рН 6,7 не оказало существенного влияния на изменение накопления селена в сене многолетних злаковых трав второго года пользования при дозах вносимого селена 100, 200 и 300 г/га.

Таким образом, содержание селена в сене многолетних злаковых трав на уровне оптимального для кормов обеспечивается в течение двухлетнего периода их вегетации (первый год жизни и первый год пользования трав) при однократном внесении в почву селена в дозе 300 г/га перед посевом трав.

## ВЫВОДЫ

1. На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при изменении реакции почвенного раствора с рН 6,0 до рН 6,7 в первый год пользования многолетних злаковых трав установлено повышение урожайности сена ежи сборной (по сумме укосов) на 22,6-27,3 ц/га (20,0-24,1%), овсяницы луговой – на 20,1-25,8 ц/га (17,2-22,1%), тимopheевки луговой – 4,0-12,1 ц/га (3,0-9,1%). Во второй и третий годы пользования отмечено снижение урожайности тимopheевки луговой на 5,3-8,2% и 10,5-18,4%, соответственно.

Общая продуктивность за 4 года (по сумме 7 укосов) у ежи сборной была в среднем на 47,6 ц/га, у овсяницы луговой – на 53,9 ц/га выше, а у тимopheевки луговой – на 25 ц/га ниже на фоне с рН 6,7, чем на фоне с рН 6,0.

2. В первый год пользования трав на фоне кислотности почвы с рН 6,0 от пос-

ледействия селена в дозе 300 г/га получена прибавка урожайности сена ежи сборной по сумме укосов 6,8, овсяницы луговой – 8,4, тимофеевки луговой – 12,2 ц/га. На фоне кислотности почвы с рН 6,7 получена прибавка урожайности сена ежи 10,3 ц/га.

Во второй и третий годы пользования многолетних злаковых трав влияния селена в дозах 100-300 г/га на урожайность не установлено.

3. Многолетние злаковые травы характеризовались низким содержанием селена, наименьшее содержание элемента отмечено в растениях овсяницы луговой. Содержание селена в сене ежи сборной, тимофеевки луговой и овсяницы луговой находилось на уровне 35,3; 30,0 и 17,6 мкг/кг, соответственно, что в 2,8; 3,3 и 5,7 раза ниже минимального оптимума (100 мкг/кг) для растительных кормов. В год внесения селена в дозе 100 г/га содержание его в сене ежи сборной повысилось в 4,7-5,5 раза, в сене овсяницы луговой – в 4,6-8,2 раза, в сене тимофеевки луговой – в 5,8-6,5 раза и составило 117,5-209,8 мкг/кг. При дозе внесения селена 300 г/га содержание его в растениях ежи сборной, овсяницы луговой и тимофеевки луговой увеличилось по сравнению с фоновым в 12,9; 19,8; 12,7 раз (рН 6,0) и в 10,8; 13,4 и 10,7 раз (рН 6,7) и составило 340,2-456,1 мкг/кг.

4. При однократном внесении в почву селенита натрия в дозе 300 г Se/га перед залужением на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве содержание селена в сене ежи сборной, овсяницы луговой и тимофеевки луговой на уровне оптимального для кормов обеспечивается в течение двухлетнего периода их вегетации (первый год жизни и первый год пользования трав),

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Селен. Гигиенические критерии состояния окружающей среды / ВОЗ. – Женева, 1989. – №58. – 208 с.

2. Gupta, U.C. Quality of animal and human life as affected by selenium management of soils and crops / U.C. Gupta, S.C. Gupta, Y.P. Kalra // Fine tuning soil and plant analysis for economics and environmental betterment: International Symposium on soil and plant analysis, Edmonton, Alberta, Canada, 21-27 July 2001. – Canada, 2001. – P. 2537-2555.

3. Биологическое обоснование потребности молодняка крупного рогатого скота черно-пестрой породы в селене при сенажном типе кормления / В.А. Кокарев [и др.] // С.-х. биология. Сер. Биология животных. – 2002. – №2. – С.57-66.

4. Gupta, U.C. Selenium in soils and crops, its deficiencies in livestock and humans: implications for management / U.C. Gupta, S.C. Gupta // Communications in Soil Science and Plant Analysis / Marcel Dekker Inc., N.Y. Monticello. – 2000. – Vol. 31 (11/14) – p. 1791-1807.

5. Сидельникова, В. Д. Геохимия селена в биосфере / В. Д. Сидельникова // Сб. науч. тр. / Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. – М., 1999. – С. 97.

6. Ермаков, В.В. Биогеохимия селена и его значение в профилактике эндемических заболеваний человека / В.В. Ермаков // Вестник отделения наук о Земле. Электронный научно-информационный журнал № 1(22) [Электронный ресурс]. – 2004. – Режим доступа: [http:// www.scgis.ru/russian/cp1251/h\\_dgggms/1-2004/scpub-4pdf](http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2004/scpub-4pdf)

7. Головатый, С.Е. Содержание селена в почвах и растениях Беларуси / С.Е. Головатый [и др.] // Почвоведение и агрохимия: сб. научн. тр. / Институт

почвоведения и агрохимии НАН Беларуси; редкол.: И.М. Богдевич [и др.]. – Минск, 2005. – №1(34). – С. 89-93.

8. Сахончик, П.Е. Дополнительные введения йода и селена для профилактики нарушений воспроизводительной функции у высокопродуктивных коров / П.Е. Сахончик, В.В. Жаркин, П.Ф. Зацепин // Научные основы развития животноводства в Республике Беларусь. – Мн., 1994. – Вып. 25. – С. 59-63.

9. Hu, Q. Physiological function of Se-enriched tea fertilised with sodium selenite and naturally high-Se tea in rats / Q. Hu, G. Pan, X. An, R. Ding // J sci-food-agric. West Sussex: John Wiley & Sons Limited., Jan 15. 2001. – Vol 81 (2). – p. 202-204.

10. Dhillon, S.K. Pools of selenium in some Indian soils at field capacity and submerged moisture regimes / S.K. Dhillon, K. S. Dhillon // Australian Journal of Soil Research. – 2004. – №42(2). – p. 247-257.

11. Ветеринарно-санитарные нормативы по безопасности кормов и кормовых добавок: утв. Постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь. Постановление №47 от 28.04.2008. – Минск, 2008.

12. Дудецкий, А.А. Накопление селена яровой пшеницей и яровым рапсом при различной обеспеченности растений Se, Zn и макроэлементами: автореф. дис. ... канд. биол. наук / А.А. Дудецкий. – Москва, 1998. – 16 с.

13. Торшин, С.П. Влияние естественных и антропогенных факторов на формирование микроэлементного состава продукции растениеводства: автореф. дис. ... док. биолог. наук / С.П. Торшин. – Москва, 1998. – 32 с.

14. Машкова, Т.Е. Селен в растениях нечерноземной зоны РФ и возможности регулирования его содержания в сельскохозяйственной продукции: автореф. дис. ... канд. биолог. наук / Т.Е. Машкова. – Москва, 1998. – 16 с.

15. Торшин, С.П. Обогащение люпина желтого селеном при внесении биселенита натрия / С.П. Торшин, И.Ю. Забродина, Т.Е. Машкова // Агрохимия. – 2001. – №1. – С. 34-43.

16. MacLeod, J. Selenium concentration in plant material, grainage and surface water as influenced by selenium applied to barley foliage in a baley redecker-potato rotation / J. MacLeod, U. Gupta, P. Milburn, J. Sanderson // Can. J. Soil Sci. – 1998. – V.78. – №4. – P.685-688.

17. Серегина, И.И. Роль селена в формировании урожая зерна яровой пшеницы / И.И. Серегина, Н.Т. Ниловская, Н.В. Остапенко // Агрохимия. – 2001. – №1. – С. 44-50.

18. Эффективность некорневой подкормки тимофеевки луговой селеном / М.В. Рак [и др.] // Международный аграрный журнал. – 1998. – №3. – С. 34-36.

19. Novak, J. Influence of selenium on oxidoreductive enzymes activity in soil and plants / J. Novak, K. Kaklewski, M. Ligocki // Soil Biology and Biochemistry. – 2004. – №36(10). – p.1553-1558.

20. Ковалевич, З.С. Накопление селена в зеленой массе кукурузы и проса при разных формах селеновых удобрений / З.С. Ковалевич, С.Е. Головатый // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – №2 (39). – С. 158-164.

21. Gupta, U. C. Effect of foliar-applied selenium on yields and selenium concentration of alfalfa, timothy and barley / U. C. Gupta, H. T. Kunelins, K. A. Winter // Can J. Of soil Science. – 1983. -Vol. 63. – P. 455-459.

22. Cuvardic, M. Selen u zemljistima Vojvodine [Srbija, Jugoslavija] i njegova pristupacnost. Doktorska disertacija (Dr Sci). Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad (Yugoslavia). Poljoprivredni fakultet. Novi Sad (Yugoslavia), 2000. – 113 p.

23. Рак, М.В. Агрохимический способ обогащения селеном зерна яровой пшеницы и сена тимopheевки луговой / М.В. Рак, Г.М. Сафроновская, Н.И. Арсенова // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – №(3). – С.196-201.

## INFLUENCE OF Se-FERTILIZERS AND LEVELS ACIDITY OF LUVISOL LIGHT LOAMY SOIL ON PRODUCTIVITY OF LONG-TERM CEREAL GRASS AND ACCUMULATION IN THEM Se

S.E. Golovatyj, Z.S. Kovalevitch, N.K. Lukashenko, I.A. Efimova

### Summary

Results of field experiences on influence of Se-fertilizers on efficiency of grass and accumulation Se in them Se is given. In the first year of use of grass the authentic increase of a crop of hay of grass from entering of Se in soil are presented.

In the first year of entering Se in a doze 100 r/ra the contents it in hay *Dactylis glomerata* L. has increased in 4,7-5,5 times, in hay *Festuca pratensis* Huds. – in 4,6-8,2 times, in hay *Phleum pretense* L. – in 5,8-6,5 times and has made 117,5-209,8 mkg/kg. At a doze of entering Se 300 r/ra the contents of Se in plants of *Dactylis glomerata* L., *Festuca pratensis* Huds. And *Phleum pretense* L. has increased in son with background in 12,9; 19,8; 12,7 times (pH 6,0) and in 10,8; 13,4 and 10,7 times (pH 6,7) also have made 340,2-456,1 mkg/kg.

At unitary entering into ground  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  in a doze 300 r Se/ra before sowing of plants on luvisol light loamy soil to ground the contents Se in hay *Dactylis glomerata* L., *Festuca pratensis* Huds., and *Phleum* at a level optimum for forages is provided during the two-years vegetation.

Поступила 16 ноября 2009 г.

УДК 631.559:633.112.9:631.445.2

## ВЛИЯНИЕ КАЛИПЛАНТА НА УРОЖАЙНОСТЬ И ПОТРЕБЛЕНИЕ КАЛИЯ ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Н.А. Михайловская, Т.Б. Барашенко, С.В. Дюсова  
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

### ВВЕДЕНИЕ

В состав бактериального удобрения Калиплант входит природный штамм слизеобразующих бактерий *Bacillus circulans* БИМ В-376Д [1], которые оказывают разностороннее положительное влияние на инокулированные растения. При внесении Калипланта отмечается стимуляция развития корневой системы растений за счет продукции фитогормонов [2, 3] и улучшение минерального питания [4, 6, 7]. При дефиците доступного калия в почве *B. circulans* мобилизуют его из калийсодержащих алюмосиликатов [4, 5]. Установлена также способность штамма к мобилизации фосфора из нерастворимых трехзамещенных ортофос-

23. Рак, М.В. Агрохимический способ обогащения селеном зерна яровой пшеницы и сена тимopheевки луговой / М.В. Рак, Г.М. Сафроновская, Н.И. Арсенова // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – №(3). – С.196-201.

## INFLUENCE OF Se-FERTILIZERS AND LEVELS ACIDITY OF LUVISOL LIGHT LOAMY SOIL ON PRODUCTIVITY OF LONG-TERM CEREAL GRASS AND ACCUMULATION IN THEM Se

S.E. Golovatyj, Z.S. Kovalevitch, N.K. Lukashenko, I.A. Efimova

### Summary

Results of field experiences on influence of Se-fertilizers on efficiency of grass and accumulation Se in them Se is given. In the first year of use of grass the authentic increase of a crop of hay of grass from entering of Se in soil are presented.

In the first year of entering Se in a doze 100 r/ra the contents it in hay *Dactylis glomerata* L. has increased in 4,7-5,5 times, in hay *Festuca pratensis* Huds. – in 4,6-8,2 times, in hay *Phleum pretense* L. – in 5,8-6,5 times and has made 117,5-209,8 mkg/kg. At a doze of entering Se 300 r/ra the contents of Se in plants of *Dactylis glomerata* L., *Festuca pratensis* Huds. And *Phleum pretense* L. has increased in son with background in 12,9; 19,8; 12,7 times (pH 6,0) and in 10,8; 13,4 and 10,7 times (pH 6,7) also have made 340,2-456,1 mkg/kg.

At unitary entering into ground  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  in a doze 300 r Se/ra before sowing of plants on luvisol light loamy soil to ground the contents Se in hay *Dactylis glomerata* L., *Festuca pratensis* Huds., and *Phleum* at a level optimum for forages is provided during the two-years vegetation.

Поступила 16 ноября 2009 г.

УДК 631.559:633.112.9:631.445.2

## ВЛИЯНИЕ КАЛИПЛАНТА НА УРОЖАЙНОСТЬ И ПОТРЕБЛЕНИЕ КАЛИЯ ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Н.А. Михайловская, Т.Б. Барашенко, С.В. Дюсова  
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

### ВВЕДЕНИЕ

В состав бактериального удобрения Калиплант входит природный штамм слизеобразующих бактерий *Bacillus circulans* БИМ В-376Д [1], которые оказывают разностороннее положительное влияние на инокулированные растения. При внесении Калипланта отмечается стимуляция развития корневой системы растений за счет продукции фитогормонов [2, 3] и улучшение минерального питания [4, 6, 7]. При дефиците доступного калия в почве *B. circulans* мобилизуют его из калийсодержащих алюмосиликатов [4, 5]. Установлена также способность штамма к мобилизации фосфора из нерастворимых трехзамещенных ортофос-

фатов кальция [2]. Наличие разных приспособительных механизмов у *B. circulans* способствует их адаптации и приживаемости в конкурентных условиях ризосферы и определяет их способность оказывать комплексное положительное воздействие на режим питания инокулированных растений, что в результате приводит к повышению их урожайности и качества.

К настоящему времени некоторые аспекты микробной мобилизации калия достаточно исследованы. Рассмотрены возможные механизмы микробной трансформации калийсодержащих минералов почвы [8], преобразование минералов под действием метаболитов микроорганизмов [9], участие разных микроорганизмов в растворении силикатных минералов [10-11]. Однако, несмотря на имеющиеся достижения в области изучения микробной мобилизации калия многие аспекты этой проблемы до сих пор изучены недостаточно.

Одним из наиболее ценных свойств бактерий *Bacillus circulans* БИМ В-376Д является их способность к мобилизации труднодоступных форм почвенного калия [4, 5]. Использование Калипланта в условиях дефицита подвижного калия способствует повышению доступности его почвенных запасов. Опыт наших исследований показывают также, что и при достаточной обеспеченности почвы подвижными формами калия применение Калипланта эффективно и при определенных условиях активизирует потребление водорастворимого, обменного и необменного калия инокулированными растениями. Однако к настоящему времени такие исследования проведены только на посевах зернобобовой культуры – гороха посевного [7]. Практически не изучено влияние Калипланта на потребление калия зерновыми культурами.

Цель исследований – установить влияние Калипланта на урожайность озимого тритикале и потребление разных по степени подвижности форм калия в дерново-подзолистой супесчаной почве.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению влияния Калипланта на урожайность и содержание разных форм калия в почве на посевах озимого тритикале проведены в стационарном полевом опыте в СПК «Хотляны» (Узденский р-н, Минская обл.). Почва опытного участка дерново-подзолистая рыхлосупесчаная с мощной прослойкой песка (60-80 см) на контакте с размытой мореной. Агрохимические свойства пахотного слоя: рН (KCl) 6,0-6,2, содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) 300-350 мг/кг, гумуса 2,64-2,71%, обменного кальция (CaO) 800-850 мг/кг, обменного магния (MgO) 140-150 мг/кг. В эксперименте созданы четыре уровня обеспеченности почвы калием. Содержание подвижного калия в годы исследований составило: первый уровень – 84-94, второй – 126-146, третий – 144-164 и четвертый – 201 мг/кг  $K_2O$ . В 2006-2007 гг. возделывали озимое тритикале Сокол, в 2008-2009 гг. – озимое тритикале Вольтарио. Под кукурузу внесен навоз – 60 т/га. Дозы азотных удобрений дифференцируются в зависимости от возделываемой культуры. Доза фосфорных удобрений 30 кг/га ( $P_2O_5$ ). В 2007 г. и 2009 г. исследования проведены на контроле без удобрений и на фоне внесения  $N_{120}P_{60}$  под озимую тритикале. Общая площадь делянок – 45 м<sup>2</sup>, учетная площадь – 24 м<sup>2</sup>. Для обработки посевов использовали жидкую препаративную форму бактериального удобрения Калиплант.

Содержание водорастворимого калия в почве определяли в водной вытяжке, обменного – в 1н ацетате аммония по Масловой и необменного калия – в 2 н со-



ляной кислоте по Пчелкину [12, 13]. Почвенные образцы для исследований отбирали после уборки урожая озимого тритикале.

Вегетационный период 2006-2007 гг. характеризовался относительным дефицитом осадков, ГТК составил 1,06. Наиболее неблагоприятные условия для развития озимого тритикале сложились в апреле и июне. По сравнению со средне-многолетними наблюдениями количество осадков было ниже на 30 мм, а среднесуточная температура воздуха была выше на 1-2°. Агрометеорологические условия 2008-2009 гг. характеризовались повышенной температурой воздуха в апреле и значительным увеличением количества осадков в мае-июле по сравнению со средними многолетними. В июне 2009 г. количество осадков превысило норму в 3,3 раза. ГТК вегетационного периода характеризовался значительными различиями по месяцам: в мае ГТК составил 0,9, в июне – 4,3, в июле – 3,4.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования показывают, что применение бактериального удобрения Калиплант эффективно при разной обеспеченности дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы подвижными формами калия. На всех изученных уровнях содержания подвижного калия в почве прибавки урожайности от Калипланта были статистически достоверны. Наибольшее положительное влияние Калипланта на урожайность озимого тритикале отмечено на фоне внесения азотных и фосфорных удобрений в дозах  $N_{150}P_{60}$  при обеспеченности почвы подвижным калием в пределах 84-164 мг/кг  $K_2O$ . Прибавки урожайности зерна на первом, втором и третьем уровнях составили 7,7, 4,9 и 3,4 ц/га соответственно в 2007 г. и 5,9, 5,3 и 3,8 ц/га соответственно в 2009 г. (табл. 1, 2). При увеличении содержания подвижного калия в дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве до 201 мг/кг  $K_2O$  эффект от применения Калипланта снижался, уровень прибавок урожайности тритикале составил 2,7 ц/га в 2007 г. и 3,4 ц/га зерна в 2009г. (табл. 1, 2). Таким образом, наиболее высокая эффективность бактериального удобрения на основе калиймобилизующих бактерий установлена при относительном дефиците подвижного калия в почве (84-164 мг/кг  $K_2O$ ). Однако тот факт, что и при достаточной обеспеченности почвы калием прибавки урожайности от Калипланта статистически достоверны, свидетельствует о целесообразности использования Калипланта в диапазоне обеспеченности дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы подвижным калием от 80 до 200 мг/кг  $K_2O$ .

Для того, чтобы оценить влияние Калипланта на потребление разных по степени подвижности форм почвенного калия растениями озимой тритикале, определено содержание водорастворимого, обменного и необменного калия в дерново-подзолистой супесчаной почве на вариантах без внесения калиймобилизующих бактерий и с проведением бактеризации посевов Калиплантом (табл. 3-5).

Водорастворимые соли калия – нитраты, фосфаты, сульфаты, хлориды и карбонаты, находящиеся в почвенном растворе, являются наиболее доступными для питания растений [14]. По сравнению с обменными и необменными формами калия содержание водорастворимых соединений калия обычно невелико (табл. 3-5). Обменный калий представлен катионами калия в почвенном поглощающем комплексе. Водорастворимые соединения калия и катионы почвенного поглощающего комплекса служат основным источником калийного питания растений, а их содержание характеризует уровень обеспеченности почвы калием для питания растений.

Таблица 1

**Влияние Калипланта на урожайность озимой тритикале Сокол  
(СПК «Хотляны», 2006-2007 гг.)**

Вариант	Без удобрений		N <sub>120</sub> P <sub>60</sub>	
	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га
1-й уровень, 94 мг/кг K <sub>2</sub> O				
Без бакт.	17,5	-	26,9	-
Калиплант	23,5	6,0	34,6	7,7
2-й уровень, 146 мг/кг K <sub>2</sub> O				
Без бакт.	25,9	-	38,0	-
Калиплант	30,7	4,8	42,9	4,9
3-й уровень, 164 мг/кг K <sub>2</sub> O				
Без бакт.	25,0	-	42,5	-
Калиплант	28,4	3,4	45,9	3,4
4-й уровень, 201 мг/кг K <sub>2</sub> O				
Без бакт.	25,5	-	42,6	-
Калиплант	29,2	3,7	45,3	2,7
НСР <sub>0,05</sub> Фактор А (K <sub>2</sub> O)	2,76		3,53	
Фактор В (Калиплант)	1,95		2,50	

Таблица 2

**Влияние Калипланта на урожайность озимой тритикале Вольтаро  
(СПК «Хотляны», 2008-2009 гг.)**

Вариант	Без удобрений		N <sub>120</sub> P <sub>60</sub>	
	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га
1-й уровень, 84 мг/кг K <sub>2</sub> O				
Без бакт.	25,0	-	50,9	-
Калиплант	29,2	4,2	56,8	5,9
2-й уровень, 126 мг/кг K <sub>2</sub> O				
Без бакт.	33,0	-	54,1	-
Калиплант	37,1	4,1	59,4	5,3
3-й уровень, 144 мг/кг K <sub>2</sub> O				
Без бакт.	33,6	-	53,3	-
Калиплант	36,7	3,1	57,1	3,8
4-й уровень, 201 мг/кг K <sub>2</sub> O				
Без бакт.	30,2	-	53,4	-
Калиплант	33,4	3,2	56,5	3,1
НСР <sub>0,05</sub> Фактор А (K <sub>2</sub> O)	3,46		2,36	
Фактор В (Калиплант)	3,02		2,50	

В наших исследованиях установлено статистически достоверное снижение содержания водорастворимого (табл. 3) и обменного (табл. 4) калия на вариантах опыта с внесением Калипланта на первом, втором и третьем уровнях обеспеченности почвы (84-146 мг/кг  $K_2O$ ), что указывает на активизацию потребления этих форм калия бактеризованными растениями озимой тритикале. На четвертом уровне содержания  $K_2O$  в почве (201 мг/кг  $K_2O$ ) эффект от Калипланта не проявляется. Активизация потребления водорастворимого и обменного калия коррелирует с величиной урожайности и эффективностью Калипланта – наиболее высокие прибавки от Калипланта получены также на первом, втором и третьем уровнях обеспеченности почвы калием. Наличие калиймобилизующих бактерий в корневой зоне вызывает стимуляцию роста корней и повышает адаптивный потенциал бактеризованных растений, что было показано нами в предыдущих публикациях [2, 3].

Необменный калий достаточно прочно удерживается кристаллической решеткой минералов и поэтому менее доступен для питания растений [12, 15]. По сравнению с более подвижными формами калия, содержание его необменных форм в дерново-подзолистой супесчаной почве значительно выше (табл. 3-5). В почве существует динамическое равновесие между формами калия – использованный растениями водорастворимый калий пополняется за счет обменных форм, а по мере потребления обменных форм их запасы в почве восполняются за счет мобилизации необменных форм [12]. В нашем эксперименте под действием Калипланта отмечено более активное использование необменных форм калия озимого тритикале на вариантах с обработкой посевов (табл. 5). Достоверное снижение содержания необменного калия отмечено также на четвертом уровне содержания  $K_2O$  в почве.

Таблица 3

**Влияние Калипланта на содержание водорастворимого калия в почве (полевой опыт, СПК «Хотляны»)**

Вариант	Содержание калия, мг/кг	
	Без удобрений	$N_{120}P_{60}$
1-й уровень, 94 мг/кг $K_2O$		
Без бактеризации	14	12
Калиплант	11	10
2-й уровень, 146 мг/кг $K_2O$		
Без бактеризации	21	24
Калиплант	18	19
3-й уровень, 164 мг/кг $K_2O$		
Без бактеризации	22	26
Калиплант	17	17,5
4-й уровень, 201 мг/кг $K_2O$		
Без бактеризации	33	26
Калиплант	26	25
$HCP_{0,05}$		
Фактор А (Калиплант)	1,8	1,7
Фактор В ( $K_2O$ )	2,6	2,4

Таблица 4

**Влияние Калипланта на содержание обменного калия в почве  
(полевой опыт, СПК «Хотляны»)**

Вариант	Содержание калия, мг/кг	
	Без удобрений	N <sub>120</sub> P <sub>60</sub>
1-й уровень, 94 мг/кг K <sub>2</sub> O		
Без бактеризации	85	78
Калиплант	83	69
2-й уровень, 146 мг/кг K <sub>2</sub> O		
Без бактеризации	117	127
Калиплант	109	98
3-й уровень, 164 мг/кг K <sub>2</sub> O		
Без бактеризации	132	136
Калиплант	132	105
4-й уровень, 201 мг/кг K <sub>2</sub> O		
Без бактеризации	188	144
Калиплант	158	142
НСР <sub>0,05</sub>		
Фактор А (Калиплант)	10,2	6,6
Фактор В (K <sub>2</sub> O)	14,4	9,4

Таблица 5

**Влияние Калипланта на содержание необменного калия в почве  
(полевой опыт, СПК «Хотляны»)**

Вариант	Содержание калия, мг/кг	
	Без удобрений	N <sub>120</sub> P <sub>60</sub>
1-й уровень, 94 мг/кг K <sub>2</sub> O		
Без бактеризации	234	240
Калиплант	225	220
2-й уровень, 146 мг/кг K <sub>2</sub> O		
Без бактеризации	265	296
Калиплант	255	257
3-й уровень, 164 мг/кг K <sub>2</sub> O		
Без бактеризации	323	327
Калиплант	298	296
4-й уровень, 201 мг/кг K <sub>2</sub> O		
Без бактеризации	380	362
Калиплант	339	329
НСР <sub>0,05</sub>		
Фактор А (Калиплант)	15,5	17,6
Фактор В (K <sub>2</sub> O)	21,9	24,8

Известно, что степень использования калия почвы зависит от следующих факторов – типа почвы, гранулометрического состава, общего содержания калия в почве, биологических особенностей возделываемой культуры [12, 14-17]. Деятельность микроорганизмов корневой зоны растений также следует отнести

к факторам, оказывающим влияние на использование почвенного калия растениями. Применение бактериальных удобрений, в состав которых входят калий-мобилизующие бактерии, активизирует потребление разных по степени подвижности форм калия из почвы и таким образом улучшает калийное питание растений. Повышение урожайности озимого тритикале при использовании Калипланта обусловлено стимуляцией роста корней, индуцированной калиймобилизующими бактериями [1, 2], повышением адаптивных возможностей [3, 4, 5] и улучшением режима калийного питания растений.

### ВЫВОДЫ

1. Обработка посевов озимого тритикале бактериальным удобрением Калиплант обеспечивает достоверные прибавки урожайности зерна при содержании подвижного калия в дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве в диапазоне 84-201 мг/кг  $K_2O$ . Наиболее значимый эффект от Калипланта отмечен на фоне внесения  $N_{120}P_{60}$  при обеспеченности почвы  $K_2O$  в пределах 84-164 мг/кг; при этом прибавки урожайности зерна составили 3,4-7,7 ц/га в 2007 г. и 3,8-5,9 ц/га в 2009 г. При увеличении содержания  $K_2O$  в почве до 200 мг/кг прибавки урожайности от Калипланта статистически достоверны, но их уровень снижается до 2,7 ц/га и 3,4 ц/га зерна в 2007 и 2009 гг. соответственно.

2. Повышение урожайности озимой тритикале при использовании Калипланта обусловлено стимуляцией роста корней, индуцированной калиймобилизующими бактериями, повышением адаптивных возможностей и улучшением режима калийного питания растений.

3. Установлено достоверное снижение содержания водорастворимого, обменного и необменного калия на вариантах с внесением Калипланта при обеспеченности почвы  $K_2O$  в диапазоне 84-164 мг/кг, что указывает на активизацию потребления этих форм калия озимого тритикале. Активизация потребления этих форм калия связана с величиной урожайности и эффективностью Калипланта, так как наиболее высокий уровень урожайности и прибавок от бактериализации также отмечен на первом, втором и третьем уровнях обеспеченности почвы калием.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Штамм бактерий *Bacillus circulans* БИМ В-376Д для бактериализации семян зерновых культур: пат. 9646 Респ. Беларусь, МПК С 12 N 1/20, А 01 N 63/00 / Н.А. Михайловская, И.М. Богдевич, О.В. Журавлева, Т.Б. Барашенко, Н.Н. Курилович, С.В. Дюсова; заявитель РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – № а 20050228; заявл. 10.03.2005 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 4(57). – С. 112.

2. Активность фосфатмобилизации у ризобактерий / Н.А. Михайловская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 1(38). – С. 225-231.

3. Михайловская, Н.А. Влияние ризобактерий на развитие инокулированных растений / Н.А. Михайловская, Т.Б. Барашенко., Т.В. Барашенко // Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрений: материалы Междунар. научно-практ. конф., Горки, 6-7 июня 2007 г. / БГСХА, Горки, 2007. – С. 225-229.

4. Михайловская, Н.А. Количественная оценка активности калиймобилизующих бактерий и их эффективность на посевах озимой ржи / Н.А. Михайловская // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграрных навук. – 2006. – №3. – С. 41-46.

5. Михайловская, Н.А. Способность ризобактерий к мобилизации почвенного калия / Н.А. Михайловская, Л.Н. Лученок // Фосфор и калий у землеробстві. Проблеми мікробіологічної мобілізації: матеріали Міжнарод. научно-практ. конф., Чернигов-Харьков, 12-14 июля 2004 г. / Инст. с.-х. микробиологии; ННЦ Инст. почвовед. и агрохим.; Междунар. Инст. калия. – Чернигов-Харьков, 2004 г. – С. 223-232.
6. Mikhailouskaya, N. K-mobilizing bacteria and their effect on wheat yield / N. Mikhailouskaya, A. Tchernysh // *Agromijas vestis (Latvian Journal of Agronomy)*. – 2005. – V. 8. – P. 147-150.
7. Михайловская, Н.А. Влияние Калипланта на урожайность и гороха и потребление калия на дерново-подзолистой супесчаной почве / Н.А. Михайловская, Т.Б. Барашенко, С.В. Дюсова // *Почвоведение и агрохимия*. – 2009. – № 1(42). – 2009. – С. 235-243.
8. Аристовская, Т.В. Микробиология процессов почвообразования / Т.В. Аристовская. – Л.: Наука, 1980. – 187 с.
9. Ferris F.G., Shotyck W. and Fyfe W.S. Mineral formation and decomposition by microorganisms. In: T.J. Beveridge and R.J. Doyle (Editors), *Metal Ions and Bacteria*. Wiley, New York, 1989. – P. 413-441.
10. Bennett, P.C. Quartz dissolution in organic rich aqueous system / P.C. Bennett // *Geochim. Cosmochim. Acta*. – 1991. – V. 55. – P. 1781-1797.
11. Ullman, W.J. Laboratory evidence for microbially mediated silicate mineral dissolution in nature / W.J. Ullman, D.L. Kirchman, S.A. Welch // *Chemical Geology*. – 1996. – V. 132. – P. 11-17.
12. Пчелкин, В.У. Почвенный калий и калийные удобрения / В.У. Пчелкин. – Москва: Колос, 1966. – С. 5-27.
13. Агрохимические методы исследования почв. – Москва, 1965. – С. 128-164.
14. Агрохимия / Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Ураджай, 1995. – С. 156-159.
15. Горбунов, Н.И. Минералогия и коллоидная химия почв / Н.И. Горбунов. – М.: Наука, 1978. – 293 с.
16. Прокошев, В.В. Калий и калийные удобрения: практ. руководство / В.В. Прокошев, И.П. Дерюгин. – Москва, 2000. – С. 13-14.
17. Mengel, K. Principles of plant nutrition / K. Mengel, E.A. Kirkby. – Int. Potash Inst. Bern, 1987. – P. 687.

## **EFFECT OF BIOFERTILIZER KALIPLANT ON WINTER TRITICALE YIELD AND USE OF POTASSIUM ON LUVISOL LOAMY SAND SOIL**

**N.A. Mikhailouskaya, T.B. Barashenko, S.V. Dyusova**

### **Summary**

The application of biofertilizer Kaliplant (K-mobilizing bacteria) was found to provide reliable yield responses of winter triticale grain in relatively wide diapason of mobile potassium contents (84-201 mg/kg, K<sub>2</sub>O) in Luvisol loamy sand soil. Significant stimulation effects of Kaliplant on the use of water-soluble, exchangeable and nonexchangeable potassium forms were observed if K<sub>2</sub>O contents in soil were in diapason of 84-164 mg/kg. Kaliplant effect on grain yield was connected with root growth promotion and the improvements of plant adaptive potential as well as K-nutrition.

*Поступила 2 октября 2009 г.*

УДК 631.465

## **ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ АГРОЦЕНОЗОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОЗРАСТАЮЩИХ НОРМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ И В УСЛОВИЯХ ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИХ ОПЫТОВ**

**Г. А. Соколов, И. В. Симакина, Е. Н. Сосновская**  
*Институт природопользования, г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Множество одновременно происходящих в почве взаимосвязанных процессов определяется ее генетическими особенностями и регулируется факторами внешнего воздействия. Компонентам почвенного биоценоза свойственно стремление к состоянию динамического равновесия, однако, любое воздействие на почвенную среду оказывает влияние на состав и деятельность микроорганизмов. Коренной перестройки микробоценоза при кратковременном воздействии на почву, как правило, не происходит [1].

Мелиоративное и агротехническое воздействие на почву приводит к: изменению физических свойств почв (водного, воздушного и температурного режимов, увеличению либо снижению плотности, изменению водопроницаемости, порозности, количества крупных пор), изменению биогенности и состава биоты почв, некоторых химических свойств почв и др. [2,3,4,5].

На ранних стадиях онтогенеза антропогенных экосистем микробоценозы являются не только самой активной структурной единицей экосистемы, но и наиболее функционально-информативной компонентой биоты, способной быстро реагировать на смену экологических условий. Эти свойства микробно-ферментных систем могут быть использованы в целях биоиндикации и экологического мониторинга [6].

Для почвенных микроорганизмов как реакция на рекультивационное воздействие для разных типов почв было установлено снижение численности неспорообразующих бактерий, актиномицетов, увеличение доли споровых бактерий, замедление процессов разложения целлюлозы, нитрификации, аммонификации и ферментативной активности почв [4].

Известно, что минеральные удобрения в умеренных дозах положительно влияют на жизнедеятельность почвенной микрофлоры, обуславливая увеличение общей численности микроорганизмов [7] или отдельных их групп [2,8]. Повышение жизнедеятельности микроорганизмов и активности выделяемых ими ферментов под действием минеральных удобрений, по мнению некоторых авторов [3,4], является результатом активизации процессов, связанных с трансформацией азот- и углеродсодержащих соединений и дыхания почвы. Если в почве нет достаточного количества легкоразлагающихся органических веществ, то даже невысокие дозы удобрений, постоянно вносимые в почву, постепенно уменьшают численность микроорганизмов [9]. Систематическое применение минеральных удобрений в высоких дозах изменяет всю биодинамику почвы, увеличивая численность отдельных физиологических групп микроорганизмов за счет угнетения других и приводит к перестройке в микробном ценозе и даже к автолизу большей части микроорганизмов [10].

Использование повышенных доз минеральных удобрений резко интенсифицирует микробиологические процессы и, как следствие, приводит к быстрой минерализации гумуса, накоплению нитратов, усилению эмиссии газообразных соединений азота из почвы [11]. Негативным последствием интенсивного применения минеральных удобрений в ряде случаев может быть изменение микробного ценоза почвы, при котором преимущественное развитие приобретают микроорганизмы, более приспособленные к изменившимся условиям. Некоторые из них обнаруживают фитотоксические и антагонистические свойства [12], приводящие к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Это явление в значительной мере связано с повышением концентрации почвенного раствора и его осмотического давления, подкисляющим действием азотных удобрений, приводящим к повышению в почвенном растворе концентрации марганца и алюминия. Во время внесения удобрений происходят изменения в микробном сообществе, которые в последующем закрепляются и стабилизируются.

Большую роль в устойчивости энзимов играет природа образующихся комплексов с органическими и минеральными компонентами почвы. Имеются сведения, что сорбция, состав и структура поверхности, на которой адсорбирован фермент, значение pH и концентрация продуктов среды влияют на величину активности фермента [13,14]. Исследованиям биологической активности, включая ферментативные реакции различных почв, традиционно уделяется большое внимание [1,3,5,12,15], так же как и воздействию минеральных и органических удобрений на эти показатели [2,4,9,11 и др.]. Чрезвычайно интересным и важным является изучение особенностей трансформации нативного органического вещества, сформированного в специфических гидроморфологических условиях в течение длительного периода времени и строго характерного для конкретных разновидностей почв, под влиянием как естественных, так и техногенных факторов в условиях лизиметрических опытов.

Целью настоящей работы являлось исследование изменений биологической активности почв разного генезиса агроценозов при использовании возрастающих норм минеральных удобрений в естественных и модельных условиях, а также в условиях лизиметрических опытов.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для изучения изменения микробоценоза различных почв (торфяные почвы, развивающиеся на осоковом и тростниковом торфах, органоминеральная сработанная (старопахотная) и дерново-подзолистая супесчаная) в зависимости от возрастающих норм минеральных удобрений была проведена серия модельных опытов в термостатируемой камере.

Удобрения: аммиачная селитра, суперфосфат простой и калий хлористый применяли в количествах основных элементов, соответствующих дозам от  $N_{30}P_{22,5}K_{30}$  (условно –  $N_{0,5}P_{0,5}K_{0,5}$ ) до  $N_{600}P_{450}K_{600}$  ( $N_{10}P_{10}K_{10}$ , соответственно). Увеличение уровня минерального питания во всех экспериментах проведено по схеме:

- |                             |                            |                            |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1. Без удобрений (контроль) | 4. $N_{2,0}P_{2,0}K_{2,0}$ | 7. $N_{6,0}P_{6,0}K_{6,0}$ |
| 2. $N_{0,5}P_{0,5}K_{0,5}$  | 5. $N_{3,0}P_{3,0}K_{3,0}$ | 8. $N_{8,0}P_{8,0}K_{8,0}$ |
| 3. $N_{1,0}P_{1,0}K_{1,0}$  | 6. $N_{5,0}P_{5,0}K_{5,0}$ | 9. $N_{10}P_{10}K_{10}$    |



Объектами исследований служили почва и микроорганизмы физиологических групп: аммонифицирующие, спорообразующие, усваивающие минеральные формы азота (в т. ч. актиномицеты), нитрифицирующие, денитрифицирующие и микроскопические грибы, а также интенсивность продуцирования почвой углекислого газа, полифенолоксидазная, пероксидазная, уреазная, дегидрогеназная, инвертазная, фосфатазная и каталазная активность почв. Структуру микробного ценоза изучали методом посева почвенной суспензии на твердые и жидкие питательные среды [15].

Для сопоставления результатов лабораторных модельных экспериментов, конформации и расширения информации с учетом таких показателей, как групповой состав микрофлоры, активность инвертазы и фосфатазы, оценки их связи с продуктивностью травосмеси исследовали мелиорированную торфяную почву, развивающуюся на древесно-тростниковом торфе в стационарном поле-вом опыте в Копыльском районе. Культура – многолетние злаковые травы (кострец безостый, овсяница луговая, тимофеевка луговая) седьмого года использования.

Наряду с полевыми опытами, исследования также проводили в лизиметрических опытах в течение 4-х лет со следующими почвами: торфяная, развивающаяся на тростниковом торфе; торфяная, развивающаяся на осоковом торфе; органоминеральная сработанная; дерново-подзолистая суглинистая; дерново-подзолистая супесчаная и рыхлый песок, в которых содержание органического вещества варьировало, соответственно, от 94 до 0,6% на сухую массу.

В соответствии с Руководством по гигиеническому нормированию химических веществ в почве [18] существенными изменениями численности изучаемых групп микроорганизмов под влиянием применения возрастающих норм минеральных удобрений, признавали те из них, которые превышали 50% относительно контрольного варианта или другого варианта сравнения и различия свыше 25% по изменениям ферментативной активности почвы.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты модельного опыта позволили установить взаимосвязь различных доз минеральных удобрений и характера функционирования микробного сообщества, где почвы, заправленные различными нормами минеральных удобрений различались по микробиологической активности. Наибольшая активность была отмечена в торфяной, развивающейся на осоковом торфе почве, затем на тростниковом, далее в органо-минеральной почве и дерново-подзолистой супесчаной.

Неспорообразующие аммонифицирующие бактерии, начинающие сложный процесс минерализации органического вещества, разрушают доступные его формы. Внесение минеральных удобрений в малых и средних дозах благоприятно сказалось на их развитии, численность этой группы возросла при внесении  $N_{120}P_{90}K_{120}$  и  $N_{180}P_{135}K_{180}$  (табл. 1). Отмеченные дозы удобрений также благоприятно повлияли на рост и остальных исследуемых групп микроорганизмов. Численность аммонификаторов, спорообразующих, использующих минеральные формы азота и нитрификаторов возросла в 1,5-2 раза, а грибов и денитрификаторов в 3 раза по сравнению с контролем.

Таблица 1

## Изменение структуры микроорганизмов почв разного генезиса в зависимости от применения возрастающих норм минеральных удобрений, лабораторный эксперимент

Уровень минеральных удобрений (NPK)	Количество микроорганизмов, тыс. в 1 г абсолютно сухой почвы									
	аммонификаторы-аэробы	споровые бактерии	микроорганизмы, использующие минеральные формы азота		грибы	нитрификаторы	денитрификаторы	общая численность		
			бактерии	актиномицеты						
Торфяная на осоковом торфе почва										
0	11968	387	12356	1484	12,1	2,9	22,0	26232		
1	13717	414	14630	1882	15,8	4,3	53,6	30717		
2	15800	541	16826	1895	17,1	5,2	73,1	35157		
3	15343	651	16606	1901	25,0	6,1	92,3	34624		
6	13126	628	10034	2178	36,6	12,1	116,8	26132		
10	8040	728	9498	2426	47,6	12,0	134,0	20946		
Торфяная на тростниковом торфе почва										
0	9878	303	10597	802	11,1	1,9	31,2	21619		
1	12824	319	13445	1243	48,7	2,1	87,0	27969		
2	14423	505	14884	1525	41,1	3,1	119,3	31501		
3	13110	495	14230	1605	47,1	3,9	139,1	29631		
6	11069	580	12118	1703	51,3	6,2	182,2	25710		
10	6617	619	7148	2090	63,0	8,6	199,8	16745		
Органоминеральная почва										
0	3187	360	3484	153	70,7	0,6	24,8	7280		
1	4466	446	4952	369	77,6	1,8	48,6	10361		
2	4619	460	5147	381	85,7	2,0	41,4	10736		
3	5738	504	6459	407	82,6	2,4	47,5	13241		
6	4059	492	4039	548	77,5	3,1	47,3	9266		
10	2070	540	2188	596	89,0	3,0	62,6	5580		

Дальнейшее возрастание доз минеральных удобрений обусловило снижение численности аммонификаторов, бактерий, использующих минеральные формы азота, и общей численности микроорганизмов, но повысило количество спорных бактерий, актиномицетов, грибов, нитрификаторов и денитрификаторов во всех почвах.

Интенсивность развития бактерий, использующих минеральный азот, может служить показателем хода минерализации органического вещества. Параллельный учет микроорганизмов, усваивающих органический и минеральный азот, дает более полную картину интенсивности этого процесса.

Актиномицеты, обладая мощным ферментативным аппаратом, могут деструктурировать труднорастворимое органическое вещество на более поздних стадиях его минерализации, что приводит к снижению потенциального плодородия почвы [16]. Известно, что первая стадия разложения более лабильного органического вещества в почве осуществляется грибами и разрушающими клетчатку бактериями. Поэтому увеличение соотношения в почве численности актиномицетов к численности грибов может служить микробиологическим показателем углубления степени минерализации органического вещества. В нашем опыте расчет этого соотношения показал, что оно снижалось на целинных торфяных почвах и возрастало на органо-минеральной и дерново-подзолистой с увеличением вносимых доз минеральных удобрений (табл. 2).

Численность спорообразующих бактерий и их видовой состав находятся в тесной связи с состоянием органического вещества в почве. Минерализуя наиболее устойчивые органические соединения, спорообразующие бактерии продолжают процесс аммонификации, доводя его до стадии высвобождения аммиака.

Таблица 2

**Соотношение численности актиномицетов и грибов в различных почвах в зависимости от уровня применения удобрений, лабораторный эксперимент**

Уровень минерального удобрения	Осоковая	Тростниковая	Органо-минеральная	Дерново-подзолистая
0:0:0	122,6	72,9	2,2	8,7
3:3:3	76,0	34,1	4,9	13,1
10:10:10	50,9	33,2	6,7	11,8

Чем больше среди аммонификаторов бактерий спорообразующих форм, тем глубже идет минерализация органических соединений [5]. С увеличением дозы минеральных удобрений их численность растет.

Это подтвердилось и в нашем опыте. Возрастание числа нитрификаторов и денитрификаторов связано с использованием азотсодержащих удобрений. Возрастание численности нитрифицирующих микроорганизмов с увеличением доз удобрений находится в тесной коррелятивной связи с накоплением в почве нитратного азота.

Для активного образования нитратов необходим некоторый минимум аммонийных соединений, окисление которых является функцией нитрифицирующих

бактерий. Снижение в микробном ценозе численности микроорганизмов ряда физиологических групп, вероятно, можно объяснить токсическим действием избыточной концентрации азотсодержащих соединений в почвенном растворе.

Исследования активности почвенных энзимов позволили выявить ряд особенностей в связи с применением возрастающих норм минеральных удобрений.

Активность каталазы и дегидрогеназы различалась в зависимости от генезиса почв и повышалась от дерново-подзолистой к органо-минеральной и торфяной тростниковой, достигая максимума в торфяной осоковой почве (табл. 3).

По мере увеличения доз минеральных удобрений до двойной и тройной активность каталазы повышалась и затем постепенно затухала. На максимальном уровне минеральных удобрений этот фермент менее активен, чем в неудобренных вариантах на всех исследуемых разновидностях почв, что характерно также и для дегидрогеназы. Однако поведение последнего фермента имело свою специфическую особенность. Так, в торфяной осоковой почве отмечалась четкая обратная связь активности дегидрогеназы и доз удобрений, уже начиная с их минимального уровня. В торфяной тростниковой, органо-минеральной и дерново-подзолистой почвах невысокие дозы удобрений не оказывали влияния или несколько повышали активность дегидрогеназы, но сильно подавляли ее при использовании повышенных и высоких доз (табл. 3).

Известно, что одним из основных показателей биологической активности почв является выделение углекислого газа. При этом биогенность почвы обусловлена содержанием в ней гумуса и микроорганизмов. Почвы с низким содержанием гумуса и биогенностью выделяют меньше  $\text{CO}_2$ , чем почвы высокобиогенные. Дерново-подзолистые почвы характеризуются довольно низким уровнем выделения  $\text{CO}_2$ . Средние многолетние показатели выделения углекислого газа редко превышают 2,8-3,0 кг/га за час.

В этом опыте без внесения удобрений дерново-подзолистая почва выделяла 4,6 мг  $\text{CO}_2$  на 100 г почвы в сутки, то есть наименьшее количество. Для сравнения, этот показатель в аналогичных условиях в торфяной на осоковом торфе почвы составлял 67,2 мг, на тростниковом торфе – 28 мг и для органо-минеральной почвы – 11,7 мг (табл. 3).

По мере увеличения доз минеральных удобрений происходило снижение интенсивности дыхания изучаемых почв. Наиболее резкий спад этого процесса отмечен у осоковой, затем у тростниковой, органо-минеральной и дерново-подзолистой почв.

Результаты исследований в стационарном полевом опыте на осушенной торфяной почве с многолетней злаковой смесью 7-го года пользования показали, что с увеличением уровня минерального питания с  $\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{60}$  до  $\text{N}_{360}\text{P}_{180}\text{K}_{360}$  продуктивность травостоя возрастала с 6,1 до 9,5 т/га кормовых единиц (табл. 4).

Интенсивность продуцирования почвой углекислоты изменялась в убывающем порядке, снижаясь с 76 мг на варианте без удобрений до 37 мг в варианте с максимальными нормами их внесения.

Таким образом, и в полевых условиях при длительном внесении возрастающих доз минеральных удобрений на торфяной почве отмечается снижение выделения почвой углекислого газа. Этот эффект особенно рельефно прослеживается при использовании повышенных и высоких норм туков, что свидетельствует о снижении биологической активности почвы.

Таблица 3  
**Ферментативная активность и дыхание почв в зависимости от уровня применяемых минеральных удобрений, лабораторный эксперимент**

Уровень минеральных удобрений (НРК)	Торфяная осоковая		Торфяная тростниковая		Органоминеральная		Дерново-подзолистая				
	CO <sub>2</sub> , мг/100 г в сутки	катализаза* за*	дегидрогеназа*	CO <sub>2</sub> , мг/100 г в сутки	катализаза	дегидрогеназа	CO <sub>2</sub> , мг/100 г в сутки	катализаза	дегидрогеназа		
0	67,2	16,0	0,87	27,9	8,9	0,33	11,7	7,1	4,6	3,3	0,40
1	53,4	20,1	0,50	27,4	10,2	0,33	11,9	7,8	4,8	4,1	0,42
3	45,7	19,5	0,42	23,2	11,1	0,24	10,1	8,7	4,5	5,0	0,34
6	40,2	16,6	0,37	14,1	10,3	0,23	6,7	6,8	3,4	2,3	0,22
10	-	13,5	0,28	-	7,3	0,20	-	5,8	-	2,4	0,12

\*Примечание: катализаза – см O<sub>2</sub> на 1 г сухой почвы за 2 часа; дегидрогеназа – мг ТФФ на 10 г сухой почвы за 24 часа.

Таблица 4

**Влияние минеральных удобрений на продуктивность  
злаковой травосмеси и биологическую активность торфяной почвы  
(полевой стационарный опыт).**

Вариант опыта	Продуктивность, т/га к. ед. (ср. за 4 года)	СО <sub>2</sub> , мг/100 г почвы в сутки	Инвертаза, мг глюкозы за 4 часа	Фосфатаза, мг Р за 24 часа	Каталаза, см <sup>3</sup> О <sub>2</sub> за 2 мин.
			на 1 г абс. сух. почвы		
Контроль (без удобрений)	3,6	76,32	19,84	1,08	10,13
N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	6,1	70,56	21,78	1,09	12,40
N <sub>180</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	7,8	65,04	23,97	1,64	9,41
N <sub>300</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub>	9,0	43,92	22,96	1,60	7,17
N <sub>360</sub> P <sub>180</sub> K <sub>360</sub>	9,5	36,96	21,71	0,96	6,56

Изменение группового состава микробоценоза почвы под воздействием изучаемых факторов прослеживается довольно четко. Так, несмотря на различные гидротермические условия вегетационных периодов, сохраняются общие закономерности изменения численности изучаемых групп. Так, в среднем за два года под воздействием интенсивного использования минеральных удобрений количество плесневых грибов и актиномицетов возрастает в два раза, т. е. происходит перегруппировка в сторону микробов-деструкторов сложных органических соединений. Следует отметить, что ряд исследователей наблюдали увеличение токсичности почв с ростом численности грибов и актиномицетов [12], поскольку эти группы микроорганизмов являются продуцентами токсинов. Наряду с отмеченным, снижается численность целлюлозоразрушающих и нитрифицирующих организмов, а также олигонитрофилов. В два и более раз увеличивается численность денитрифицирующих бактерий, что повышает опасность газообразных потерь азота, снижает олиготрофность почвы. Резко, более чем в пять раз, уменьшается количество в почве клубеньковых бактерий клевера.

Наблюдения за ферментативной активностью выявляют ее более сложную связь с нормами минеральных удобрений. Так, инвертазная и фосфатазная активность несколько повышаются от варианта без удобрений до среднего уровня их применения (N<sub>180</sub> P<sub>90</sub> K<sub>180</sub>). Дальнейшее увеличение норм до N<sub>300</sub> P<sub>180</sub> K<sub>300</sub> обуславливает затухающий характер изменения этих показателей. Каталаза, видимо, в большей мере, чем названные ферменты реагирует на применение химических удобрений, так как уже при их средней норме ее активность ниже, чем на удобряемом варианте.

Данные по ферментативной активности почвы и групповому составу микрофлоры (табл. 5) показывают, что под влиянием многолетнего системного применения минеральных удобрений и особенно повышенных их доз происходит заметная перестройка биологической составляющей почвы.

Данные по урожайности, хорошо коррелирующие с уровнем минерального питания не позволяют, однако, судить о возможных негативных ранних измене-

ниях микробоценоза почвы. Биологический ресурс растений достаточно высок, поэтому величина урожая – относительно менее чувствительный показатель, и, как правило, реагирует на относительно более жесткие проявления неблагоприятия биологического режима почвы, исключая пищевой и водный.

Таблица 5

**Численность микроорганизмов в торфяной почве, тыс./г абс. сух. почвы, (полевой опыт, в среднем за 3 года)**

Варианты опыта	Клубе- нько- вые бакте- рии клеве- ра	Аэро- бные аммо- нифици- раторы	Ана- эроб- ные аммо- нифици- раторы	Плес- невые грибы	Цел- люло- зораз- рушаю- щие	Акти- номи- цеты	Оли- гонит- рофи- лы	Нит- рифи- каторы	Дени- три- фика- торы
Контроль	10,1	15544	2076	22,4	10,3	3606	25553	39	529
N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	8,2	18300	2380	25,1	10,5	4812	19300	37	621
N <sub>180</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	8,2	19614	1877	30,4	8,8	4631	22547	22	687
N <sub>300</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub>	4,0	21644	3313	37,7	9,5	6779	9723	14	1201
N <sub>360</sub> P <sub>180</sub> K <sub>360</sub>	1,9	15302	2276	43,2	7,2	3610	8575	12	1255

Приведенные результаты хорошо согласуются с данными [6] и позволяют с достаточной мерой обоснованности использовать микробиологические и ферментативные показатели для диагностирования изменения экологического состояния почв в связи с применением различных видов и норм удобрений.

В качестве наиболее сенситивных показателей, отражающих реакцию почв на применение минеральных и органических удобрений, очевидно, могут рассматриваться численность и состав микрофлоры, ферментативная активность и интенсивность продуцирования почвой углекислого газа.

Распад и минерализация органического вещества, поступающего в почву, носит ферментативный характер, вследствие чего вещества, недоступные для использования, высшими растениями переводятся в доступное состояние с помощью ферментов [17].

Ферментативная активность определяет скорость трансформации и мобилизации органоминеральных соединений, а также специфику окислительно-восстановительных процессов, где такие ферменты, как каталаза и дегидрогеназа, существенно толерантны к воздействию экзогенных факторов [14].

Среди множества ферментов особый интерес для исследования направленности преобразования органического вещества представляют полифенолоксидаза и пероксидаза, которые являются катализаторами трансформации фенольных соединений, влияющих на рост растений и способных вступать во взаимодействие с белками и аминокислотами при образовании гумусовых соединений в почве. Их активность может служить показателем интенсивности процессов гумификации разлагающегося в почве органического вещества. Роль полифенолоксидазы – участие в превращении органических соединений ароматического ряда в компоненты гумуса в почве при окислении фенолов до хинонов в присутствии кислорода воздуха. Пероксидаза катализирует окисление полифенолов в присутствии перекиси водорода и органических перекисей и является показателем минерализации гумусовых веществ.

В количественном выражении активность практически всех ферментов в исследуемом ряду почв лизиметрического опыта была существенно выше в почвах, характеризующихся более высоким содержанием органического вещества, однако характер изменения активности конкретного фермента различался в зависимости от генезиса и свойств органического вещества (табл. 6).

Таблица 6

**Ферментативная активность почв (лизиметрический опыт, в среднем за вегетационный период)**

Разновидность почвы	Содержание ОВ, % на сухую массу*	Активность ферментов**					
		полифенолоксидаза	пероксидаза	каталаза	инвертаза	дегидрогеназа	уреаза
Торфяно-болотная на осоковом торфе	93,8	171,0	337,8	3,20	37,85	0,38	1,84
Торфяно-болотная на тростниковом торфе	90,1	101,1	189,1	3,43	18,69	0,11	1,72
Органоминеральная	17,6	131,3	234,2	1,45	6,13	1,89	0,71
Дерново-подзолистая суглинистая	2,72	73,9	103,0	1,05	5,05	0,60	0,93
Дерново-подзолистая супесчаная	2,40	19,7	224,4	0,91	3,40	0,31	0,65
Песок рыхлый	0,56	—	66,4	0,39	0,45	0,03	0,14

Примечания: \* ОВ – органическое вещество;

\*\* единицы измерения активности ферментов: полифенолоксидаза – мг 1,4 р-бензохинона на 10 г почвы за 2 ч, каталаза – мл O<sub>2</sub> на 1 г почвы за 2 мин., инвертаза – мг глюкозы на 5 г почвы за 4 ч, дегидрогеназа – мг ТФФ на 10 г почвы за 24 ч, пероксидаза – мг 1,4 р-бензохинона на 10 г почвы за 0,5 ч, уреазы – мг N/NH<sub>4+</sub> на 5 г почвы за 4 ч.

Соотношение активности пероксидазы и полифенолоксидазы свидетельствует о преобладании процессов минерализации над процессами гумификации во всех разновидностях почв, причем максимальных значений оно достигает в дерново-подзолистой супесчаной почве (более, чем в 11 раз), в то время как в остальных типах почв этот показатель равен двум. Рост активности пероксидазы наблюдается практически на всех вариантах на протяжении 4-ех лет испытаний, обнаруживая прямую зависимость от наличия органического вещества в составе почвы.

Важно отметить, что при практически близком содержании органического вещества интенсивность деятельности полифенолоксидазы, пероксидазы, инвертазы и дегидрогеназы в торфяно-болотной почве, развивающейся на тростнико-



вом торфе была почти в 2 раза ниже, чем на осоковом, что объясняется генетическими и структурными особенностями данных почв.

Значительную роль в трансформации фенолов играют легкогидролизуемые соединения углеводной природы и их превращение при участии инвертазы. Коэффициенты корреляции между полифенолоксидазной и инвертазной активностью, по мнению некоторых авторов, высоки [14]. Большая активность инвертазы в торфяно-болотных почвах характеризует интенсивный процесс трансформации углеводов.

Осенний период отбора почв со сложившимися благоприятными условиями температуры и влажности не лимитировал активность фермента. Поэтому интенсивность активности инвертазы в исследуемых почвах определялась в значительной степени морфологическими свойствами каждой почвенной разновидности, наличием и состоянием органического вещества. Так, наряду с низкими значениями в песчаной почве наблюдался рост активности инвертазы в дерново-подзолистой супесчаной (в 2 раза) и суглинистой (в 1,6 раза) почвах.

К группе ферментов, ответственных за процесс трансформации азотсодержащих органических соединений, сопровождающихся выделением аммиака и углекислоты, относятся амидазы, в том числе уреазы, катализирующая распад мочевины в почве. Наличие главным образом гидролизуемых азотсодержащих соединений способствует развитию уреазной активности, являющейся индикатором уровня азотного потенциала почв. Высокая активность уреазы в торфяно-болотных почвах свидетельствует о существенных запасах гидролизуемого азота, что следует рассматривать как положительный фактор, свидетельствующий о закреплении азота в более устойчивой органической форме. Наши наблюдения позволили отметить значительный рост активности уреазы в следующих видах почв: дерново-подзолистой супесчаной (в 7 раз), органоминеральной (почти в 6 раз) и торфяно-болотной на основе осокового торфа (в 3 раза).

Направленность и характер процесса накопления гумуса в почвах определены соотношением между интенсивностью процессов его образования, разложения и вымывания. Активность дегидрогеназы наиболее тесно связана с содержанием водорастворимого органического вещества, поскольку катализирует реакцию отнятия водорода от окисляемого субстрата – органического вещества, способного к разложению микроорганизмами. Высокий уровень активности дегидрогеназы в органоминеральной почве в начале эксперимента свидетельствует об интенсивном вымывании органических соединений и подтверждает полученные ранее результаты о преобладании процесса минерализации органического вещества. С течением времени снижение активности дегидрогеназы имеет место во всех разновидностях почв, но наиболее интенсивно оно протекает в органоминеральной (в 4,3 раза), дерново-подзолистой супесчаной (в 3,8 раза) и суглинистой (в 2,6 раза) почвах.

В определенной степени интегрирующим показателем функциональной активности микрофлоры ввиду высокой устойчивости и способности накапливаться, сохраняясь длительное время в почве, принято считать каталазу. Являясь окислительным ферментом, она удаляет перекиси, формирующиеся в результате дыхательных процессов живых организмов, которые сопровождаются синтезом АТФ, для осуществления высокоэнергетических синтетических процессов.

Результаты исследования каталазной активности характеризуют представленные разновидности торфяно-болотных почв как субстрат с наиболее интенсивными процессами трансформации органического вещества. Наряду со спе-

цифичным фоном активности фермента, характерным для каждой разновидности почв, наблюдается сезонный рост в весенний и снижение в осенний периоды отбора образцов.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, на основе изучения изменения микробиологической и ферментативной активности в зависимости от генетических особенностей и содержания органического вещества торфяно-болотных, органоминеральной и дерново-подзолистых супесчаной и суглинистой почв в естественных и модельных условиях, а также в условиях лизиметрических опытов установлена высокая степень связи между содержанием органического вещества в почве и уровнем активности полифенолоксидазы, пероксидазы, каталазы, уреазы и инвертазы.

Соотношение активности пероксидазы и полифенолоксидазы указывает на то, что в осушенных торфяно-болотных почвах процессы минерализации существенно преобладают над процессами гумификации. Наряду с этим определено, что при близком содержании органического вещества интенсивность деятельности полифенолоксидазы, пероксидазы, инвертазы и дегидрогеназы в 2 раза ниже в торфяно-болотной почве, развивающейся на тростниковом, чем на осоковом торфе.

Общей закономерностью для почв изучаемого генетического ряда являлось то, что по мере повышения норм вносимых минеральных удобрений происходило изменение численности и структуры микробного сообщества, ферментативной активности и продуцирования почвой углекислого газа. При использовании высоких и очень высоких норм удобрений снижалась общая численность микроорганизмов, включая группу целлюлозоразрушителей, существенно возрастало количество актиномицетов, плесневых грибов и денитрификаторов, понижались активность большинства из изучаемого ряда ферментов и интенсивность выделения почвой  $\text{CO}_2$ . На фоне этих изменений, на злаковом травостое 4-7 лет использования на старопашотной торфяно-болотной почве продуктивность сенокоса возрастала с 3,6 до 9,5 т/га кормовых единиц.

Полученные результаты позволяют с достаточной мерой обоснованности использовать определенные биологические показатели для диагностирования изменения экологического состояния почв в связи с применением различных видов и норм минеральных удобрений.

В качестве наиболее чувствительных показателей, отражающих реакцию почв на применение минеральных и органических удобрений могут рассматриваться численность и состав микрофлоры, ферментативная активность и интенсивность продуцирования почвой углекислого газа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мамитко, А. В. Динамика микробных популяций в разных почвах / А. В. Мамитко, З. И. Никитина // Биодинамика и плодородие почвы. – Таллин, 1979. – с. 64-68.
2. Лисовая, А. П. Влияние растений и удобрений на микробиологическую активность почвы / А. П. Лисовая // Динамика микробиологических процессов. – Таллин, 1974. – Ч. 1. – с. 7-9.
3. Галстян, А. Ш. К оценке степени плодородия почвы ферментативными реакциями. Микроорганизмы в сельском хозяйстве / А. Ш. Галстян. – М., 1963

4. Голоха, В. В. Влияние систематического применения удобрений на биологическую активность почвы / В. В. Голоха // Тр. ин-та Укр. с.-х. академии. – 1975. Вып. 146. – с. 141-145.
5. Зименко, Т. Г. Микробиологические процессы в мелиорированных торфяниках Белоруссии и их направленное регулирование / Т. Г. Зименко. – Мн., 1977
6. Микробиологическая индикация нарушенных лесных экосистем Сибири / Н.Д. Сорокин [и др.] // Лесоведение, 2000. – № 2. – с. 3-7.
7. Гилис, М. Б. Рациональные способы внесения удобрений / М.Б. Гилис. – М.:Коло, 1975. – 239 с.
8. Трапезников, В. К. Физиологические основы локального применения удобрений / В. К. Трапезников. – М.: Наука, 1983. – 174 с.
9. Леушева, М. И. Влияние органических и минеральных удобрений на микрофлору дерново-подзолистой почвы / М. И. Леушева, Е. И. Двойнишникова, И. М. Курбатов // Роль микроорганизмов в питании растений и плодородии почв. – Мн., 1969. – с. 132-140.
10. Ильина, Т. К. Влияние удобрений на активность микробиологических и ферментативных процессов превращения азота в дерново-подзолистой почве // Тез. докл. V делег. съезда всесоюз. общ. почвоведов. – М., 1977. – Вып. 2. – с. 238-239.
11. Негру-Водэ, В. В. Влияние удобрений на биологическую активность дерново-подзолистой почвы в зависимости от сезонных условий / В. В. Негру-Водэ, Т. К. Ильина, Е. С. Василенко / Динамика микробиологических процессов в почве – Таллин. 1974. – Ч. 2. – с. 98-101.
12. Мирчинк, Т. Г. Почвенная микология / Т. Г. Мирчинк. – М., 1976
13. Звягинцев, Д. Г. Влияние адсорбции ферментов на почвенных частицах и минералах на их активность / Д. Г. Звягинцев, Л. Л. Великанов // Сб. докл. симпоз. по ферментам почвы. – Мн., 1968. – с. 108-119.
14. Щербакова, Т. А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества / Т. А. Щербакова- Мн., 1983. – 222 с
15. Аристовская, Т. В. Микробиологические аспекты плодородия почв / Т. В. Аристовская // Почвоведение. – 1988. – № 9. – с.53-63
16. Минеев, В. Г. Агрохимия, биология и экология почвы / В. Г. Минеев, Е. Х. Ремпе. – М., 1990. – 206 с.
17. Купревич, В. Ф. Почвенная энзимология / В. Ф. Купревич, Т. А. Щербакова. – Минск: Наука и техника, 1966. – 275 с.
18. Гончарук, Е.И. Гигиеническое нормирование химических веществ в почве: руководство / Е.И. Гончарук, Г.И. Сидоренко. – М.: Медицина, 1986.- 320 с.

## **CHANGE OF BIOLOGICAL ACTIVITY OF SOILS OF AGROCOENOSIS UNDER THE INFLUENCE OF INCREASING RATES OF MINERAL FERTILIZERS APPLICATION IN NATURAL CONDITIONS AND IN LYSIMETER EXPERIMENTS**

**G. A. Sokolov, I. V. Simakina, E. N. Sosnovskaja**

### **Summary**

The peculiarities of microbiological and enzymes activity were investigated in dependence on genetic characteristics and content of organic substances in Peat soils,

Organic-mineral and Soddy-podzolic loamy sand and loamy clay ones in natural and modeling conditions, as well as in the conditions of lysimeter experiments.

High degree of correlation between the content of organic matter in soil and the level of activity of polyphenoloxidase, peroxidase, catalase, urease and invertase has been determined.

The ratio of peroxidase and polyphenoloxidase activities specifies that in the drained peat soils the processes of organic matter mineralization essentially prevail over the humification ones. Alongside with that is defined, that at the similar content of organic substances in peat soils the intensity of polyphenoloxidase, peroxidase, invertase and dehydrogenase activities were 2 times lower in peat soil developing on reeds than that on sedge one that is explained by genetic and structural peculiarities of organic substances of these soils.

Obtained results allow with sufficient measure of validity to use studied biological activity data for ing change of an ecological condition of soils in connection with application of various kinds and norms of mineral fertilizers.

As the most sensitive indicators, reflecting a reaction of soils on application of mineral and organic fertilizers can be considered the number and structure of microflora, enzymes activity and intensity of CO<sub>2</sub> producing by soil.

The studied set of indicators is offered as probable and for concrete situations it can be differentiated.

*Поступила 30 октября 2009 г.*

УДК 632.954.024:631.46

## **ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГЕРБИЦИДОВ АТРИБУТ, ЛАРЕН И СЕКАТОР ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ**

**С.В. Сорока, Л.И. Сорока, А.П. Молчан**

*Институт защиты растений, Прилуки, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

С ростом производства и применением пестицидов возрастает опасность загрязнения ими окружающей среды. Одним из наиболее важных объектов окружающей среды является почва. Избыточное накопление химических средств защиты растений в почве может привести к подавлению деятельности полезной микрофлоры и в конечном итоге – к снижению ее плодородия.

При применении гербицидов не исключается их воздействие на микрофлору почвы. Мнения о степени такого воздействия различны.

Одни авторы считают, что в оптимальных дозировках (почвенные) гербициды не вызывают заметных нарушений [6] или даже стимулируют жизнедеятельность микроорганизмов почвы [1], но увеличение дозировок в два-три раза от рекомендованных вызывает их угнетение [1, 16]. Характер побочного действия гербицидов на микроорганизмы зависит от препарата, сроков обработки, погодных условий и других факторов [2, 5, 10].

Большинство авторов отмечают, что в результате внесения гербицидов наступает незначительное кратковременное ингибирование жизнедеятельности

Organic-mineral and Soddy-podzolic loamy sand and loamy clay ones in natural and modeling conditions, as well as in the conditions of lysimeter experiments.

High degree of correlation between the content of organic matter in soil and the level of activity of polyphenoloxidase, peroxidase, catalase, urease and invertase has been determined.

The ratio of peroxidase and polyphenoloxidase activities specifies that in the drained peat soils the processes of organic matter mineralization essentially prevail over the humification ones. Alongside with that is defined, that at the similar content of organic substances in peat soils the intensity of polyphenoloxidase, peroxidase, invertase and dehydrogenase activities were 2 times lower in peat soil developing on reeds than that on sedge one that is explained by genetic and structural peculiarities of organic substances of these soils.

Obtained results allow with sufficient measure of validity to use studied biological activity data for ing change of an ecological condition of soils in connection with application of various kinds and norms of mineral fertilizers.

As the most sensitive indicators, reflecting a reaction of soils on application of mineral and organic fertilizers can be considered the number and structure of microflora, enzymes activity and intensity of CO<sub>2</sub> producing by soil.

The studied set of indicators is offered as probable and for concrete situations it can be differentiated.

*Поступила 30 октября 2009 г.*

УДК 632.954.024:631.46

## **ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГЕРБИЦИДОВ АТРИБУТ, ЛАРЕН И СЕКАТОР ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ**

**С.В. Сорока, Л.И. Сорока, А.П. Молчан**

*Институт защиты растений, Прилуки, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

С ростом производства и применением пестицидов возрастает опасность загрязнения ими окружающей среды. Одним из наиболее важных объектов окружающей среды является почва. Избыточное накопление химических средств защиты растений в почве может привести к подавлению деятельности полезной микрофлоры и в конечном итоге – к снижению ее плодородия.

При применении гербицидов не исключается их воздействие на микрофлору почвы. Мнения о степени такого воздействия различны.

Одни авторы считают, что в оптимальных дозировках (почвенные) гербициды не вызывают заметных нарушений [6] или даже стимулируют жизнедеятельность микроорганизмов почвы [1], но увеличение дозировок в два-три раза от рекомендованных вызывает их угнетение [1, 16]. Характер побочного действия гербицидов на микроорганизмы зависит от препарата, сроков обработки, погодных условий и других факторов [2, 5, 10].

Большинство авторов отмечают, что в результате внесения гербицидов наступает незначительное кратковременное ингибирование жизнедеятельности

почвенной микрофлоры. Через месяц активность ее восстанавливается, а затем и нарастает, что свидетельствует о трансформации гербицидов в почве и их детоксикации [3, 11, 16, 18, 17].

В связи с широким применением гербицидов сульфонилмочевинной группы возникают вопросы поведения их в окружающей среде и особенно их последствия в севообороте, влияния на микрофлору почвы и др.

В процессе внедрения в сельскохозяйственное производство первого представителя данного класса гербицидов глина (хлорсульфурона) наряду с его высокой эффективностью и селективностью выяснилось немало дополнительных, как положительных, так и отрицательных свойств гербицида. Основным видом разложения глина в природе – это гидролиз. Скорость гидролиза повышается по мере снижения рН, повышения температуры и влажности почвы [14]. Кроме того, в почве хлорсульфурон (глин) более интенсивно разлагается при температурах 26<sup>0</sup>С днем и 16<sup>0</sup>С ночью [19].

В условиях юга Западной Сибири смеси гербицидов Луварам+Логран, Линтаплант+Кросс, Агроксон+Ларен, Агритокс+Секатор турбо, а также Пума супер 7,5 не оказывали существенного влияния на биологическую активность почвы [4].

Учитывая, что объемы применения гербицидов превосходят объемы других пестицидов, внимание к данной группе пестицидов, с учетом их возможного воздействия на объекты окружающей среды, постоянно усиливается.

В качестве критерия токсического действия пестицидов на микрофлору почвы приняты такие концентрации, которые снижают численность микроорганизмов или ингибируют соответствующие процессы на 50% (соответственно СК<sub>50</sub> и ИК<sub>50</sub>).

Для оценки указанных выше показателей в лабораторных условиях проведены опыты с гербицидами Атрибут, ВГ (пропоксикарбазон натрия, 700 г/кг) и СЕКАТОР, ВДГ (амидосульфурон, 50 г/кг + йодосульфурон-метил – натрий, 12,5 г/кг + мефенпир-диэтил /антидот/, 125 г/кг) производства фирмы Байер КропСайенс АГ, Германия и ЛАРЕН, СП (метсульфурон-метил, 600 г/кг), производства фирмы Дюпон Интернешнл Оперейшнз Сарл, Швейцария.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Количественный и качественный анализ микрофлоры почвы проводили по общепринятым в микробиологии почвы методикам [7, 8, 9, 15].

Для анализов отбирали 10 г почвы, помещали в колбу, добавляли 100 мл стерильной воды, встряхивали в течение 15 мин., после чего делали соответствующие разведения и производили посев на твердые среды. Посевы инкубировали в термостате при 25-28<sup>0</sup>С. Подсчет и определение микроорганизмов проводили на 3-й, 7-й, 12-й и 30-й день.

Учитывались микроорганизмы следующих физиологических групп: аммонифицирующие микроорганизмы на МПА; нитрификаторы – на выщелоченном агаре с аммонийно-магниевой солью фосфорной кислоты; бактерии, усваивающие минеральный азот и актиномицеты – на КАА; бактерии, минерализующие органические соединения фосфора – на среде Менкиной; целлюлозоразрушающие микроорганизмы – на среде Гетчинсона; почвенные грибы – на СА; азотобактер определяли на среде Эшби.

Аммонифицирующую способность почвы определяли в свежих образцах почвы. Для этого 25 г почвы помещали в стерильные чашки Петри, в которые до-

бавляли 250 мг пептона. Чашки Петри термостатировали при температуре 28-30°C. Влажность поддерживали на уровне 60% от полной влагоемкости. Определение аммиака проводили через 4 дня.

Нитрифицирующую способность почвы проводили в тех же образцах, с той разницей, что навеска почвы составляла 50 г. Затем добавляли 70 мг сульфата аммония и 100 мг карбоната кальция. Инкубировали в термостате при температуре 28-30°C в течение 15 дней.

За энергию процесса аммонификации и нитрификации принимали то количество аммиака и нитратов, которое прибавилось за 4 и 15 дней по каждому варианту опыта к первоначальному их содержанию.

Активность каталазы определяли газометрическим методом [В.Ф. Купревич, 1966], инвертазы – методом Бертрана по учету восстанавливающих сахаров, уреазы – по методу Е.Д. Гофмана, 1950; протеазы – по методу И.Н. Ромейко, интенсивность выделения углекислоты – по методу Г.М. Оганова [12,13].

Для токсикологической оценки влияния данных гербицидов на биоценоз и биохимические процессы, протекающие в дерново-подзолистой почве, использовали производственные концентрации пестицидов, возрастающие в геометрической прогрессии: в 5, 25, 125, 625 раз. Повторность опыта 4-х кратная.

Микробиологические и биохимические исследования проводились на 30-е сутки после внесения препаратов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Производственная доза атрибута и в 5 раз превышающая ее не оказывала отрицательного влияния на изучаемые почвенные микроорганизмы (кроме актиномицетов, аммонофицирующих и целлюлозоразрушающих микроорганизмов, а также микроорганизмов, использующих минеральные формы азота и актиномицеты) (табл. 1). С увеличением дозы атрибута увеличивалась и токсичность его на микрофлору почвы. Наиболее чувствительными были микроорганизмы использующие минеральные формы азота, а также актиномицеты (табл. 1).

Повышенные дозы атрибута снижали активность аммонифицирующей и нитрифицирующей способности почвы (табл. 2), активность ферментов (табл.3).

На основании данных (табл. 1, 2, 3) определены коэффициенты безопасности для каждого показателя биологической активности почвы (табл. 4). Наибольшую токсичность атрибут оказывал на аммонофицирующие микроорганизмы, актиномицеты, микроорганизмы использующие минеральные формы азота, целлюлозоразрушающие микроорганизмы и аммонофицирующую способность почвы. Коэффициент безопасности по всем эти группам и процессам биологической активности дерново-подзолистой почвы был ниже 100.

Изучаемый нами гербицид атрибут не оказывал отрицательного действия на активность каталазы, инвертазы, уреазы, протеазы и дыхание почвы (табл. 3). По всем этим показателям биологической активности почвы коэффициент безопасности был выше 100 (табл. 4). Исходя из данных (табл. 4) по коэффициентам безопасности гербицид атрибут можно отнести к группе средне опасных.

Снижение численности, угнетение роста и развития почвенных микроорганизмов началось при увеличении дозы ларена в 25 раз (кроме азотобактера). Ларен в дозе 1,0375 мг на 500г почвы сильно угнетал биоценоз почвы (табл. 1), актиномицеты и нитрифицирующие микроорганизмы, вообще не обнаружены.

Таблица 1

**Влияние гербицидов атрибут, ларен и секатор на микрофлору почвы  
через 30 суток после внесения (лабораторный опыт, 2002 г.)**

Вариант	Микроорганизмы на 1 г почвы							Азотобактер, в %
	млн.				тыс.			
	Аммонификаторы	Микроорганизмы, используемые минеральные формы азота	Микроорганизмы, используемые органические соединения фосфора	Актиномицеты	Почвенные грибы	Целлюлезники	Нитрификаторы	
Контроль 1 (почва без препарата)	7,6	11,6	5,4	2	42	65	2,6	100
Почва + атрибут 0,01 мг	7,8	11,8	5,4	2	42	67	2,7	100
Почва + атрибут 0,05 мг	5,16	7,2	5,2	0,5	40	50	2,5	100
Почва + атрибут 0,25 мг	1,12	3,6	5,0	0,3	35	32	2,4	80
Почва + атрибут 1,25 мг	0,1	1,2	4,9	-	30	10	2,0	65
Почва + атрибут 6,25 мг	0,08	-	4,6	-	12	4	1,4	24
Контроль 2(почва без препарата)	5,9	12,6	3,8	2,2	45	74	1,5	100
Почва + ларен 0,00166 мг	6,1	12,8	3,8	2,2	42	80	1,5	100
Почва + ларен 0,0083 мг	6,3	12,5	3,7	2,0	44	82	1,5	100
Почва + ларен 0,042 мг	5,2	11,8	3,2	1,8	31	70	1,0	100
Почва + ларен 0,21 мг	2,1	4,0	2,8	-	21	58	0,6	65
Почва + 1,0375 мг	1,3	1,6	2,0	-	-	16	-	20
Контроль 3 (почва без препарата)	7,1	11,7	4,8	1,8	52	56	2,1	100
Почва + секатор 0,05 мг	7,3	11,9	4,8	1,8	52	60	2,1	100
Почва + секатор 0,25 мг	7,5	11,8	5,0	1,6	50	59	2,1	100
Почва + секатор 1,25 мг	7,0	11,7	4,0	1,0	45	50	2,0	100
Почва + секатор 6,25 мг	5,4	11,0	3,8	0,5	32	38	1,4	80
Почва +секатор 31,25 мг	2,5	8,4	3,0	-	11	22	0,8	62

Отрицательно реагировали на высокие дозы ларена аммонифицирующая и нитрифицирующая способность почвы (табл. 2).

Активность ферментов интенсивность выделения углекислоты (табл. 3) начали снижаться только при внесении ларена в дозе 0,21: 1,0375 мг на 500 г почвы.

Исходя из данных табл. 4 видно, что коэффициент безопасности ниже 100 только при определении влияния ларена на аммонифицирующие микроорганизмы, актиномицеты и микроорганизмы, используемые минеральные формы азота, а по остальным показателям биологической активности дерново-подзолистой почвы – выше 100.

Вносимый в почву гербицид секатор не оказывает отрицательного воздействия на изучаемую биоту почвы (кроме актиномицетов) (табл. 1). Однако, при внесении повышенных доз (6,25 мг, 31,25 мг) наблюдалось снижение почвенных микроорганизмов. Наиболее чувствительными к данному препарату оказались актиномицеты (табл. 1). Повышенные дозы секатора незначительно снижали аммонифициру-



ющую и нитрифицирующую способность почвы (табл. 2), а также активность каталазы, инвертазы, уреазы, протеазы и дыхание почвы (табл. 3). Коэффициент безопасности только для актиномицетов ниже 100, а по остальным показателям биологической активности дерново-подзолистой почвы – выше 100 (табл. 4).

Таблица 2

**Влияние гербицидов атрибут, ларен и секатор на аммонифицирующую и нитрифицирующую способность почвы через 30 суток после внесения (лабораторный опыт, 2002 г.)**

Вариант	Аммиак в мг на 100 г почвы		Аммонифицирующая способность почвы	Нитраты в мг на 100 г почвы		Нитрифицирующая способность почвы
	исходная почва			исходная почва		
	до опыта	после опыта		до опыта	после опыта	
Контроль 1 (почва без препарата)	3,9	14,5	10,6	1,65	5,65	4,0
Почва + атрибут 0,01 мг	3,9	14,5	10,6	1,67	5,67	4,0
Почва + атрибут 0,05 мг	3,8	12,0	8,2	1,46	5,56	4,1
Почва + атрибут 0,25 мг	3,2	8,8	5,6	1,4	5,4	4,0
Почва + атрибут 1,25 мг	2,8	7,0	4,2	1,0	4,8	3,8
Почва + атрибут 6,25 мг	2,0	4,0	2,0	0,4	3,6	3,2
Контроль 2(почва без препарата)	4,6	17,3	12,7	2,1	5,3	3,2
Почва + ларен 0,00166 мг	4,6	17,4	12,8	2,1	5,3	3,2
Почва + ларен 0,0083 мг	4,6	17,3	12,7	2,1	5,3	3,2
Почва + ларен 0,042 мг	3,8	11,9	8,1	1,8	3,6	1,8
Почва + ларен 0,21 мг	3,1	7,1	4,0	1,2	1,8	0,6
Почва + 1.0375 мг	2,4	4,8	2,4	1,0	1,03	0,3
Контроль 3 (почва без препарата)	3,7	14,5	10,8	1,7	5,3	3,6
Почва + секатор 0,05 мг	3,7	14,5	10,8	1,7	5,3	3,6
Почва + секатор 0,25 мг	3,2	14,0	10,8	1,65	5,25	3,6
Почва + секатор 1,25 мг	3,0	13,7	10,7	1,6	4,8	3,2
Почва + секатор 6,25 мг	2,85	12,75	9,9	0,8	3,6	2,8
Почва +секатор 31,25 мг	1,12	10,12	9,0	0,6	2,8	2,2

В основу экотоксикологической оценки положен принцип пороговости, из которого вытекает, что эффективность физиологически активных веществ зависит от концентрации их в среде, дозы и времени, и что существует порог, за пределами которого действие их на живой организм прекращается.

Отсюда – важностью этих исследований является то, что определены те концентрации или те нагрузки пестицидов, за пределами которых происходит изменение потока энергии биоценоза и падает способность почвы к самоочищению. В качестве критерия этого эффекта приняты такие концентрации препаратов в среде, которые снижают основные показатели биологической активности дерново-подзолистой почвы на 50% (ИК<sub>50</sub>). Это отвечает требованиям статистической достоверности результатов почвенно-микробиологического анализа и общепринятым принципам токсической оценки.

Таблица 3

**Влияние гербицидов атрибут, ларен и секатор на ферментативную активность почвы и интенсивность выделения углекислоты через 30 суток после внесения (лабораторный опыт, 2002 г.)**

Вариант	Каталаза (см <sup>3</sup> О <sub>2</sub> за 3 мин на 2 г почвы)	Инвертаза (мг глюко- зы на 1 г абс. сухой почвы за 24 часа)	Уреаза (мг азота NH <sub>3</sub> на 100 г в/с почвы за 3 часа)	Протеаза (ж. л. ед. на 10 г почвы)	Дыхание почвы (СО <sub>2</sub> в мг на 100 г почвы за 24 часа)
Контроль (почва без препарата)	4,1	7,25	3,5	16,2	8,6
Почва + атрибут 0,01 мг	4,1	7,25	3,5	16,2	8,6
Почва + атрибут 0,05 мг	4,0	7,30	3,5	16,2	8,7
Почва + атрибут 0,25 мг	34,8	7,35	3,2	16,2	8,4
Почва + атрибут 1,25 мг	2,6	6,45	2,8	15,8	7,2
Почва + атрибут 6,25 мг	2,0	5,10	2,2	15,0	6,0
Контроль (почва без препарата)	3,5	7,05	3,15	16,6	7,8
Почва + ларен 0,00166 мг	3,5	7,15	3,15	16,6	7,8
Почва + ларен 0,0083 мг	3,6	7,20	3,20	16,6	7,9
Почва + ларен 0,042 мг	3,5	7,00	3,25	16,6	7,4
Почва + ларен 0.21 мг	3,0	6,15	2,95	16,0	6,5
Почва + 1.0375 мг	2,6	4,10	2,10	15,0	4,1
Контроль (почва без препарата)	4,8	6,65	3,30	16,4	7,4
Почва + секатор 0,05 мг	4,8	6,65	3,35	16,4	7,4
Почва + секатор 0,25 мг	4,7	6,60	3,30	16,4	7,6
Почва + секатор 1,25 мг	4,2	6,50	3,0	16,0	7,2
Почва + секатор 6,25 мг	3,8	6,05	2,8	15,2	6,8
Почва + секатор 31,25 мг	3,0	5,45	2,2	13,6	5,4

Таблица 4

**Токсичность гербицидов атрибут, ларен и секатор для биологической активности дерново-подзолистой почвы (лабораторный опыт, 2002 г.)**

Объект, процесс	Атрибут		Ларен		Секатор	
	ИК <sub>50</sub>	Кб	ИК <sub>50</sub>	Кб	ИК <sub>50</sub>	Кб
Аммонификаторы	0,12	12,0	0,129	77	22	440
Микроорганизмы используемые минеральные формы азота	0,077	7,7	0,111	66	54	1080
Микроорганизмы используемые органические соединения фосфора	31	3125	1,1	662	47	940
Актиномицеты	0,55	55	0,076	46	2,14	42
Азотобактер	5,0	581	0,48	289	48	960
Почвенные грибы	2,25	225	0,18	108	13	260
Целлюлезники	0,20	20	0,6	361	15	300
Нитрификаторы	6,0	690	0,145	87	20	400

Объект, процесс	Атрибут		Ларен		Секатор	
	ИК <sub>50</sub>	К <sub>6</sub>	ИК <sub>50</sub>	К <sub>6</sub>	ИК <sub>50</sub>	К <sub>6</sub>
Аммонифицирующая способность почвы	0,26	26	0,188	113	48	960
Нитрифицирующая способность почвы	16,0	1625	0,44	265	117	2340
Активность каталазы	5,58	558	2,8	1686	53	1060
Активность инвертазы	11,8	1180	1,26	759	111	2225
Активность уреазы	9,58	825	1,6	1011	14	290
Активность протеазы	8,25	825	6,4	3913	42	840
Дыхание почвы	1,96	196	1,08	6524	60	1200

Характеристика ИК<sub>50</sub> и К<sub>6</sub> (коэффициент безопасности) по каждому из показателей позволяет легко вычлнить избирательный характер действия пестицидов на биологическую активность почвы, а также служит основой для расчета предельно допустимых нагрузок (ПДН) в почве. Накопление таких данных можно использовать для прогнозирования влияния того или иного препарата на биологическую активность и плодородие почвы.

На основании проведенных исследований по изучению токсичности атрибута, ларена, секатора, для биоценоза почвы и биохимических процессов их можно отнести к средне опасным препаратам для биологической активности дерново-подзолистой почвы. Определение коэффициентов безопасности (К<sub>6</sub>) дает возможность подойти к нормированию их экотоксикологических позиций с целью сохранения плодородия почвы и получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, результаты исследований показали, что гербициды Атрибут, ВГ (пропоксикарбазон натрия, 700 г/кг), СЕКАТОР, ВДГ (амидосульфурон, 50 г/кг + йодосульфурон-метил – натрий, 12,5 г/кг + мефенпир-диэтил /антидот/, 125 г/кг) производства фирмы Байер КропСайенс АГ, Германия и ЛАРЕН, СП (метсульфурон-метил, 600 г/кг), производства фирмы Дюпон Интернешнл Оперейшнз Карл, Швейцария исходя из экотоксикологической их оценки для биологической активности дерново-подзолистой почвы можно отнести к средне опасным пестицидам.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вилколне, М.О. Действие симазина и атразина на микрофлору дерново-подзолистых почв / М.О. Вилколне // Краткие итоги научных исследований по защите растений в Прибалтийской зоне СССР. – Рига, 1983. – С. 165.
2. Влияние гербицидов на активность уреазы в дерново-подзолистой почве при возделывании люпина и картофеля / А.Н. Гаврилова [и др.] // Рациональные приемы защиты растений от вредителей, болезней и сорняков. – Горки, 1976. – Вып. 23. – С. 40-49.
3. Воеводин, А.В. Гербициды и микрофлора почвы / А.В. Воеводин // Защита растений. – 1977. – №3. – С. 28-29.
4. Доронин, В.Г. Системы гербицидов в зернопаровом севообороте на юге Западной Сибири / Н.Г. Доронин // Земледелие. – 2009. – № 4. – С. 28-29.

5. Исаева, Л.И. Влияние гербицидов на вредителей и возбудителей болезней зерновых культур // Достижения сельскохозяйственной науки и практики: обзор информ. / ВНИИТЭИСХ. – М., 1983. – № 11. – С. 9-13.
6. Кондратенко, В.И. Изменение микрофлоры под действием гербицидов / В.И. Кондратенко, А.В. Воеводин, С.С. Исламов // Докл. ВАСХНИЛ. – 1981. – №9. – С. 25-26.
7. Литвинов, М.А. Определитель микроскопических почвенных грибов / М.А. Литвинов – Л.: Наука, 1967.- 465 с.
8. Методические указания по оценке токсического действия пестицидов на микрофлору почвы. – Л., 1981. – 58 с.
9. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 303 с.
10. Миненко, А. Биологическая активность супесчаной дерново-подзолистой почвы при систематическом применении гербицидов в севообороте / А. Миненко // ВНИИ с.-х. микробиологии. – Л., 1983. – Вып. 52. – С. 94-98.
11. Михтеев, С.Я. Развитие микроорганизмов в почве, обработанной гербицидами / С.Я. Михтеев, Г.А. Филиппов, О.Н. Зибенко // Урожай и качество сельскохозяйственных культур при систематическом применении удобрений. – Кишинев, 1982. – С. 138-146.
12. Оганов, Г.М. Практикум по земледелию / Г.М. Оганов. – М., 1967. – С. 43-50.
13. Ромейко, В.Н. Биохимические исследования почвы / В.Н. Ромейко. – Киев: Урожай, 1962. – 263 с.
14. Сечняк, Л.К. Роль сорта в снижении засоренности посевов озимой пшеницы / Л.К. Сечняк, С.Ф. Лыфенко, Ю.Н. Пика // Вестн. с.-х. науки. – 1985. – №10. – С. 81-85.
15. Сэги, Й. Методы почвенной микробиологии / Й. Сэги – М.: Колос, 1983. – 275с.
16. Фунгистатические свойства некоторых гербицидов и влияние их на антибиологическую активность почвенных грибов / Г.А. Цилосани [и др.] // НИИ защиты растений Груз. ССР. – Тбилиси, 1978. – Т. 29. – С.66-69.
17. Ханьмова, Т. Промени в биологичната активност на алувиално-ливадна почва при приложение на линурон и метобромурон / Т. Ханьмова, С. Хлебарова // Национална конференция по почвознание. – София, 1982. – С. 45-47.
18. Чигир, И.Н. Действие симазина на нитрофицирующую способность торфяных почв / И.Н. Чигир, Н.А. Коваленко // Микроорганизмы в сельском хозяйстве. – Минск, 1983. – С. 27.
19. Caseley, J. Effect of spring wheat temperature on chlorsulfuron persistence in soil / J. Caseley // Proc. Brit. Crop. Prot. Conf. Weeds. – 1981. – №1. – P. 137-140.

## **TOXICOLOGICAL EVALUATION OF HERBICIDES ATRIBUTE, LAREN AND SECATEUR FOR BIOLOGICAL ACTIVITY OF SODDY-PODZOLIC SOIL**

**S.V.Soroka, L.I. Soroka, A.P. Molchan**

### **Summary**

The results of laboratory researches showed that the herbicides ATRIBUTE, WG (propoxycarbazone sodium, 700 g/kg), SECATEUR, WDG (amidosulfuron, 50 g/kg +

iodosulfuron – methyl – sodium, 12,5 g/kg + mefenpyr-diethyl (antidote) Bayer CropScience AG, Germany production and LAREN, WP (metylsulfuron-metyl, 600 g/kg), Du Pont International Operations Sarl Co, Switzerland production by toxicological evaluation for soil biocoenosis evaluation and biochemical processes of soddy-podzolic soil one can refer to average danger pesticides.

*Поступила 30 ноября 2009 г.*

УДК 631.588.9

## **РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕСС-МЕТОДА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ИЗЛУЧЕНИЙ ПЛАЗМЫ НА СЕМЕНА С ПОМОЩЬЮ ДАТЧИКОВ O<sub>2</sub> И CO<sub>2</sub>**

**А.Р. Цыганов, Ю.А. Гордеев, О.В. Поддубная, И.В. Ковалева**  
*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
г. Горки, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Одной из наиболее распространенных гипотез, объясняющих ускорение прорастания семян под действием лазерного излучения определенной длины волны, является гипотеза об активации красным светом светочувствительного пигмента – фитохрома, открытого в 50-е годы прошлого столетия исследователями Болтевиллской сельскохозяйственной станции США Н.А. Borthwick, S.B. Hendricks, M.W. Parker [7]. Названными авторами высказывается предположение о возможности индуцирования фоторегуляторных процессов у растений посредством активирования фитохромной системы. Это находится в полном соответствии с результатами исследований Н.М. Числова и В.П. Кукушкина [5], когда при облучении семян огурца сорта Московский тепличным дальним красным светом длиной волны  $\lambda = 730$  нм, они не проросли, в то время как при облучении красным светом  $\lambda = 660$  нм энергия прорастания равнялась 80% (в контроле – 50%).

В соответствии с результатами исследований М. Nakayima [8], можно предполагать, что под влиянием излучения в биологических системах происходят изменения функциональной активности клеток, обусловленных изменением колебательных и конформационных состояний макромолекул. Под действием излучения отмечается увеличение проницаемости и скорости движения цитоплазмы, активность фермента каталазы возрастает в 3,7 раза.

А.А. Шахов, В.М. Инюшин и др. [6] делают вывод, что семена после обработки имеют большой энергетический потенциал, в них происходят структурно-функциональные перестройки мембранных образований и макромолекул, в результате чего в растениях возникает широкий спектр физиологических изменений, вызванных фотоактивацией.

Одним из компонентов механизмов покоя семян является антиоксидантная система, поддерживающая жизнеспособность организма при проявлении его пониженной функциональной активности. При этом ее компоненты могут не только обеспечивать продолжительность состояния покоя, но и при создании благоприятных условий активировать выход из состояния гипобиоза. Ведущим звеном этой системы являются процессы перекисного окисления липидов

iodosulfuron – methyl – sodium, 12,5 g/kg + mefenpyr-diethyl (antidote) Bayer CropScience AG, Germany production and LAREN, WP (metylsulfuron-metyl, 600 g/kg), Du Pont International Operations Sarl Co, Switzerland production by toxicological evaluation for soil biocoenosis evaluation and biochemical processes of soddy-podzolic soil one can refer to average danger pesticides.

*Поступила 30 ноября 2009 г.*

УДК 631.588.9

## **РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕСС-МЕТОДА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ИЗЛУЧЕНИЙ ПЛАЗМЫ НА СЕМЕНА С ПОМОЩЬЮ ДАТЧИКОВ O<sub>2</sub> И CO<sub>2</sub>**

**А.Р. Цыганов, Ю.А. Гордеев, О.В. Поддубная, И.В. Ковалева**  
*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
г. Горки, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Одной из наиболее распространенных гипотез, объясняющих ускорение прорастания семян под действием лазерного излучения определенной длины волны, является гипотеза об активации красным светом светочувствительного пигмента – фитохрома, открытого в 50-е годы прошлого столетия исследователями Болтевиллской сельскохозяйственной станции США Н.А. Borthwick, S.B. Hendricks, M.W. Parker [7]. Названными авторами высказывается предположение о возможности индуцирования фоторегуляторных процессов у растений посредством активирования фитохромной системы. Это находится в полном соответствии с результатами исследований Н.М. Числова и В.П. Кукушкина [5], когда при облучении семян огурца сорта Московский тепличным дальним красным светом длиной волны  $\lambda = 730$  нм, они не прорастали, в то время как при облучении красным светом  $\lambda = 660$  нм энергия прорастания равнялась 80% (в контроле – 50%).

В соответствии с результатами исследований М. Nakayima [8], можно предполагать, что под влиянием излучения в биологических системах происходят изменения функциональной активности клеток, обусловленных изменением колебательных и конформационных состояний макромолекул. Под действием излучения отмечается увеличение проницаемости и скорости движения цитоплазмы, активность фермента каталазы возрастает в 3,7 раза.

А.А. Шахов, В.М. Инюшин и др. [6] делают вывод, что семена после обработки имеют большой энергетический потенциал, в них происходят структурно-функциональные перестройки мембранных образований и макромолекул, в результате чего в растениях возникает широкий спектр физиологических изменений, вызванных фотоактивацией.

Одним из компонентов механизмов покоя семян является антиоксидантная система, поддерживающая жизнеспособность организма при проявлении его пониженной функциональной активности. При этом ее компоненты могут не только обеспечивать продолжительность состояния покоя, но и при создании благоприятных условий активировать выход из состояния гипобиоза. Ведущим звеном этой системы являются процессы перекисного окисления липидов

(ПОЛ), запускающие у покоящихся организмов основные процессы жизнедеятельности. Однако предварительно у них должно активироваться дыхание[4].

В покоящихся семенах дыхание крайне ослаблено, отмечаются изменения в составе жирных кислот и функционально активных веществ мембран митохондриальной системы, за счет которых обеспечивается разобщение механизмов окислительного фосфорилирования. Однако поступивший кислород активирует пусковые механизмы процессов ПОЛ. Контроль за этими процессами осуществляет антиоксидантная система, в составе низкомолекулярных (аскорбиновая кислота, гидрохинон, мочевая кислота, мочевины, глутатион и др.) и высокомолекулярных (супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидаза) соединений. Причем между компонентами системы рассматривается взаимная зависимость[2].

Среди ферментов следует выделить пероксидазу, которая обладает широкой субстратной специфичностью, способна катализировать реакции окисления различных органических соединений. Причем особенностью механизма действия пероксидазы является способность фермента катализировать окисление органических субстратов с участием кислорода, т.е. фермент может выполнять роль оксидазы[1]. Оксидазными субстратами фермента служат индолил-3-уксусная кислота (ИУК), диоксифумаровая кислота и др. Продуктами окисления в оксидазных реакциях являются супероксид анион-радикал ( $O_2^-$ ) и катион-радикал ИУК, последний в кислой среде декарбоксилируется. Поэтому генерация свободных радикалов пероксидазой в оксидазных реакциях фермента может быть условием для его участия в процессах свободнорадикального окисления в семенах, а фермент может исполнять роль инициатора образования свободных радикалов.[2,[4].]

Было установлено, что взаимное влияние пероксидазы и низкомолекулярных антиоксидантов при прорастании семян пшеницы. Показано, что пероксидаза активно участвует в формировании пусковых механизмов прорастания семян, поскольку в реакциях пероксидазного окисления различных субстратов, в том числе и антиоксидантов, могут образовываться свободные радикалы, способные ускорять процессы свободнорадикального окисления, инициирующие ПОЛ на начальных этапах прорастания семян. Таким способом пероксидаза, являясь окислительно-восстановительным ферментом, по-видимому, осуществляет контроль за уровнем перекиси водорода и содержанием антиоксидантов в семенах и проростках[6].

Естественно, первой на плазменное облучение должна реагировать пероксидаза, прежде всего своей активностью. Однако химический контроль за окислительно-восстановительными процессами довольно сложен и длителен, вследствие чего не может быть достаточно достоверным.

## МЕТОДИКА ЭКСПРЕСС-МЕТОДА

**Целью исследования** является разработка чувствительного экспресс-метода оценки влияния излучений плазмы на семена на основании оценки биологической активности семян сельскохозяйственных растений по активизации процессов дыхания.

Мы решили использовать для контроля окислительно-восстановительных процессов (ОВП) физические приборы, способные с достаточной точностью определять содержание кислорода и углекислого газа в малых объемах воздуха (рис.1).

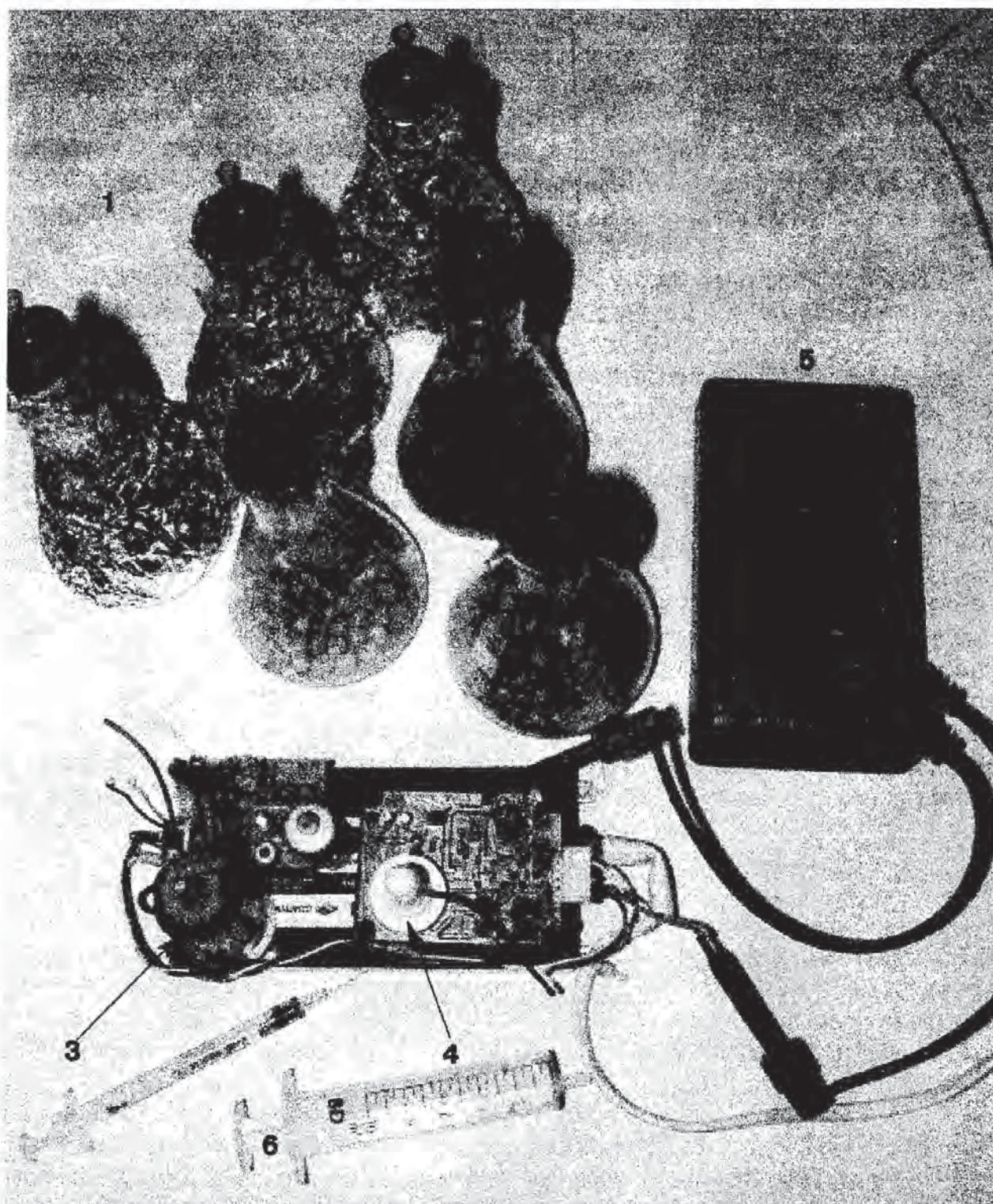


Рис. 1. Внешний вид прибора для определения активности дыхания семян, по выделению  $O_2$  и  $CO_2$   
1 – герметично закрытые колбы с семенами; 2 – монтажная плата; 3 – датчик  $O_2$ ;  
4 – датчик  $CO_2$ ; 5 – мультиметр для снятия показаний датчиков;  
6 – шприцы для забора проб воздуха

Результаты первых измерений показали обнадеживающие результаты. Так, при облучении семян яровой пшеницы и кукурузы плазмой, поглощение кислорода через 4 часа после помещения их во влажную среду и термошкаф увеличивалось на 65-70%, а выделение углекислого газа возрастало примерно на столько же [3].



Прибор состоит из закупоривающихся сосудов, куда помещаются испытываемые семена, системы пробоотбора, калибровочных модулей датчиков диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) и кислорода (O<sub>2</sub>), блока измерения и индикации и блоков управления и питания.

В качестве датчиков концентрации измеряемых газов используются датчики KE-25 и TGS-4161, производимые фирмой «Figago» (Япония). Чувствительные элементы датчиков выполнены на основе твердых электролитов, что позволяет обеспечивать их высокую чувствительность и избирательность.

Работает прибор следующим образом. Испытываемые семена помещаются в сосуды и увлажняются. Колбы закупориваются. С помощью системы пробоотбора производится отбор проб воздуха объемом не менее 0,5 мл поочередно из каждой колбы. Пробы пропускаются через калибровочные модули, где с помощью специализированных датчиков концентрации CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub> преобразуются в напряжение электрического сигнала. Выходные сигналы модулей поступают на вход блока измерения и индикации результатов. Система пробоотбора перед очередным измерением вентилирует газовые каналы и капсулы датчиков. Кроме этого имеется возможность вентиляции сосудов, куда помещаются семена через заданные промежутки времени, что дает возможность поддерживать газообмен семян близким к естественному при длительных измерениях.

Время минимального цикла измерения составляет 5 мин. Это ограничение обусловлено временем заполнения газовых каналов и временем установления показаний датчиков. С другой стороны цикл измерения ограничивается интенсивностью дыхания семян, то есть временем изменения концентрации измеряемых газов в колбах до порога чувствительности датчиков. Погрешность измерений минимизирована за счет использования одного измерительного тракта.

## ВЫВОДЫ

Результаты измерений показали обнадеживающие результаты. Разработанный экспресс-метод оценки влияния излучений плазмы на семена на основании оценки биологической активности семян сельскохозяйственных растений по активизации процессов дыхания является достаточно чувствительным и достоверным. Может использоваться для оценки влияния излучений плазмы на семена

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеев, А.М. Влияние отдельных участков спектра оптического излучения на параметры прорастания семян / А.М. Гордеев [и др.] // Источники биоактивных излучений (минералы, электрическое поле, растения) «Московское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова». – М., 2006.
2. Гордеев, Ю.А. Стимулирование биологических процессов в семенах растений излучениями низкотемпературной плазмы: монография / Ю.А. Гордеев. – Смоленск: РГУТиС, 2007. – 196 с.
3. Готовский, Ю.В. Особенности биологического действия физических факторов малых и сверхмалых интенсивностей и доз / Ю.В. Готовский, Ю.Ф. Перов. – М.: Имедис, 2000. – 192 с.
4. Рубин, А.Б. Биофизика / А.Б. Рубин. – М., 2000. – Т. 2: Биофизика клеточных процессов -468 с.

5. Числов, Н.М. Управление процессом прорастания семян огурца и томатов монохроматическим красным светом / Н.М. Числов, В.П. Кукушкин // Тез. Всес. науч. конф. – Киров, 1989. – С. 49-50.

6. Шахов, А.А. Фотостимулирующее и фотомутагенное действие лазерного света / А.А. Шахов [и др.] – М.: Колос, 1972. – С. 45-50.

7. Borthwick, H.A. Nat. Acad. Sci. USA. / H.A. Borthwick, S.B. Hendricks, M.W. – Parker et. al, 1952. – № 8. – P. 662-666.

8. Nakayima, M. Cytogenetic effects of argon laser radiation / M. Nakayima // 1. American Med. Assoc, 1964. – №11. – Vol. 187 – P. 842-847.

## WORKING OUT OF THE EXPRESS METHOD OF ESTIMATION OF INFLUENCE OF RADIATIONS OF PLASMA ON SEEDS BY MEANS OF GAUGES O<sub>2</sub> AND CO<sub>2</sub>

A.R. Tsyganov, U.A. Gordeev, O.V. Poddubnaya, I.V. Kovaleva

### Summary

The express method of an estimation of influence of radiations of plasma on seeds is based on measurement oxidation-reduction processes of breath of the seeds irradiated with plasma. The developed device by means of gauges with sufficient accuracy defines the maintenance of oxygen and carbonic gas in small volumes of air.

*Поступила 10 августа 2009 г.*

УДК 631.588.9

## ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕПОСЕВНОГО ОБЛУЧЕНИЯ СЕМЯН ГЕЛИЕВОЙ ПЛАЗМОЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЛЬНА

А.Р. Цыганов, Ю.А. Гордеев, О.В. Поддубная,  
И.В. Ковалева, О.А. Поддубный

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

### ВВЕДЕНИЕ

Исконно русской сельскохозяйственной культурой считается лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.). Основная ценность льна заключается в уникальных свойствах волокна, из которого изготавливают широкий ассортимент бытовых и технических тканей: от батиста и кружев до брезента. В России объем производства льноволокна в настоящее время не удовлетворяет потребности отечественной легкой промышленности, в среднем за 2005-2008 гг. он составил 50,9 тыс. т, при 152 тыс. т за 1981-1985 годы. Это связано с сокращением посевных площадей льна-долгунца (с 550 тыс. га в 1985 г. до 79,9 тыс. га в 2008 г.). Одновременно с уменьшением объема производства продолжает снижаться качество льноволокна: средний номер составляет 10,2 при 12,1 в 1933 году. Поэтому одной из нерешенных проблем в льноводстве является получение высоко-

5. Числов, Н.М. Управление процессом прорастания семян огурца и томатов монохроматическим красным светом / Н.М. Числов, В.П. Кукушкин // Тез. Всес. науч. конф. – Киров, 1989. – С. 49-50.

6. Шахов, А.А. Фотостимулирующее и фотомутагенное действие лазерного света / А.А. Шахов [и др.] – М.: Колос, 1972. – С. 45-50.

7. Borthwick, H.A. Nat. Acad. Sci. USA. / H.A. Borthwick, S.B. Hendricks, M.W. – Parker et. al, 1952. – № 8. – P. 662-666.

8. Nakayima, M. Cytogenetic effects of argon laser radiation / M. Nakayima // 1. American Med. Assoc, 1964. – №11. – Vol. 187 – P. 842-847.

## WORKING OUT OF THE EXPRESS METHOD OF ESTIMATION OF INFLUENCE OF RADIATIONS OF PLASMA ON SEEDS BY MEANS OF GAUGES O<sub>2</sub> AND CO<sub>2</sub>

A.R. Tsyganov, U.A. Gordeev, O.V. Poddubnaya, I.V. Kovaleva

### Summary

The express method of an estimation of influence of radiations of plasma on seeds is based on measurement oxidation-reduction processes of breath of the seeds irradiated with plasma. The developed device by means of gauges with sufficient accuracy defines the maintenance of oxygen and carbonic gas in small volumes of air.

*Поступила 10 августа 2009 г.*

УДК 631.588.9

## ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕПОСЕВНОГО ОБЛУЧЕНИЯ СЕМЯН ГЕЛИЕВОЙ ПЛАЗМОЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЛЬНА

А.Р. Цыганов, Ю.А. Гордеев, О.В. Поддубная,  
И.В. Ковалева, О.А. Поддубный

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

### ВВЕДЕНИЕ

Исконно русской сельскохозяйственной культурой считается лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.). Основная ценность льна заключается в уникальных свойствах волокна, из которого изготавливают широкий ассортимент бытовых и технических тканей: от батиста и кружев до брезента. В России объем производства льноволокна в настоящее время не удовлетворяет потребности отечественной легкой промышленности, в среднем за 2005-2008 гг. он составил 50,9 тыс. т, при 152 тыс. т за 1981-1985 годы. Это связано с сокращением посевных площадей льна-долгунца (с 550 тыс. га в 1985 г. до 79,9 тыс. га в 2008 г.). Одновременно с уменьшением объема производства продолжает снижаться качество льноволокна: средний номер составляет 10,2 при 12,1 в 1933 году. Поэтому одной из нерешенных проблем в льноводстве является получение высоко-

качественной тресты и самого волокна [6]. Смоленская область издревле славилась своим льном, поэтому в последнее время в области начинает возрождаться интерес к этой технически ценной культуре. Климатические и почвенные условия благоприятны для возделывания культуры в нашей области, но ее возделывание при этом очень сложно, так как лен предъявляет повышенные требования к агротехнике [3].

Ведущая роль в возрождении отрасли наряду с экономическими и техническими факторами принадлежит селекции, способной сочетать в одном сорте высокую потенциальную продуктивность и экологическую устойчивость. Потенциальная урожайность волокна новых сортов льна-долгунца 20-25 ц/га и более, семян – 8-13 ц/га. В арсенале у селекционеров имеются селекционные линии с содержанием волокна 40% и более. Все сорта льна-долгунца, включенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, устойчивы к ржавчине, 19 сортов устойчивы к фузариозному увяданию [6].

Обостряющаяся необходимость рационального использования природных ресурсов и возрастающая потребность в качественных продуктах питания ускоряют поиск новых технологических подходов к производству биопродукции. Создание таких технологий связывают с применением физических факторов, которые оказывают большое влияние на рост и развитие культурных растений. Перспективным направлением стимуляции увеличения продуктивности растений является предпосевная активизация семян оптическим излучением. В основе биостимулирующего действия излучения на семена лежит структурно-функциональная перестройка мембранных образований и внутриклеточных органелл. В результате изменяется уровень окисления липидов, рН, активность АТФ, что ведёт к усилению биоэнергетических и биосинтетических процессов. Под влиянием излучения в биологических системах становится иной функциональная активность клеток. Это обусловлено изменением колебательных и конформационных состояний макромолекул. Отсюда следует, что семена после обработки имеют больший биоэнергетический потенциал, в них происходят структурно-функциональные перестройки мембранных образований и макромолекул. В результате в растениях возникает широкий спектр физиологических изменений, вызванных фотоактивацией. Авторы фоторезонансной теории предполагают, что излучение индуцирует свободные радикалы, изменяет проницаемость биомембран, что приводит к стимуляции начальных ростовых процессов [1],[4],[7].

К настоящему времени разработано большое количество разнообразных облучательных установок и методов. Однако широкого распространения они не получили, хотя по сравнению с химическими способами предпосевной обработки, оптическая обработка более технологична, экологически безопасна и на порядок дешевле. Одной из причин недостаточного использования оптической активизации является то, что уже имеющиеся методы обработки семян излучением не дают стабильно высоких результатов. Это вызвано тем, что в действующих методиках предпосевной обработки не оптимизированы качественные и количественные характеристики излучения. В большинстве способов источник излучения используется без изменения его спектра и учёта оптических свойств семян [5].

Кроме стандартных разрядных ламп, употребляются плазмотроны и плазменные облучательные установки. Так, применение воздушно-плазменной установки, по информации её разработчиков, повышает урожайность на 15-20%, приводит к большему накоплению в листьях и плодах овощных и кормовых культур аскорбиновой кислоты, белков, сахаров, органических кислот и др. Другой

способ обработки семян – использование плазмы инертных газов, генерируемой электродуговыми плазмотронами. Применение излучения гелиевой плазмы увеличивает урожайность сельскохозяйственных растений в 1,2-1,7 раза в зависимости от способа обработки и культуры. Также использование гелиевой плазмы улучшает качество выращенной продукции, повышает устойчивость растений к болезням. Для семян древесных растений предпосевная обработка излучением гелиевой плазмы увеличивает показатели прорастания на 20-49% [7].

При использовании лазерного излучения семена сельскохозяйственных культур прорастают более активно под воздействием света с различными длинами волн. Применение гелий-неонового лазера ( $\lambda=632,8$  нм) увеличивает урожайность пшеницы на 9,5%, льна – на 8,5%. Использование кадмий-гелиевого лазера ( $\lambda=441,6$  нм) положительно сказывается на содержании пигментов в листьях растений, повышает активность каталазы и пероксидазы. Кроме того, снижается поражённость растений патогенной флорой [2],[8],[9].

### МЕТОДИКА, ОБЪЕКТЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Семена льна слабо реагируют на их предпосевное облучение плазмой, вероятно, это связано с более плотной внешней оболочкой семян по сравнению с другими культурами, облучение семян которых перед посевом позволяет повышать урожаи в 1,5-2 раза. Ниже приведены данные многолетних исследований. Для проведения всех экспериментов брался наиболее распространенный сорт льна, возделываемый в Смоленской области, – «Союз»[1], [3].

**Целью исследования** является обоснование основных технико-технологических параметров предпосевной обработки семян гелиевой плазмой и оценка эффективности агротехнологического приема.

**Объектом исследования** являются семена льна, как биологические приёмники облучения гелиевой плазмой, обрабатываемые с целью повышения их продуктивности.

**Предметом исследования** являются режимы предпосевного облучения и результат их воздействия на семена, а также и интенсивность роста растений льна.

Агрохимические показатели почвы как для лабораторных, так и полевых опытов, были одинаковыми. Почва бралась с одного участка опытного поля (табл. 1).

Таблица 1

#### Агрохимический анализ почвы

Глубина взятия образца, см	в среднем за 2000-2004 гг.			
	pH <sub>KCl</sub>	Гумус, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	K <sub>2</sub> O, мг/кг
0-20	6,6	1,9	124	95
20-40	6,4	1,7	109	61

Анализируя данные таблицы 1, можно отметить, что реакция почвенного раствора нейтральная как в пахотном, так и подпахотном слое. По обеспеченности подвижными формами фосфора почва относится к 4 классу (повышенная обеспеченность), по содержанию калия почву можно отнести к 3 классу, т.е. обеспеченность средняя. Содержание гумуса за этот промежуток времени мало изме-

нилось. Можно отметить, что агрохимические показатели почвы опытного участка обладают благоприятными параметрами для роста и развития льна [3].

Полевые опыты закладывались на опытном поле Смоленской государственной сельскохозяйственной академии в 4-6 кратной повторности с учетной площадью от 4 до 16 м<sup>2</sup> на дерново-подзолистой средне-окультуренной почве. Семена, обработанные излучениями плазмы, высевались на фоне различных доз удобрений и навоза [3].

Обработка посадочного материала производилась на установках СУПР-М, СУПР-К. Параметры облучения во все годы экспериментов были различными и зависели от модификации установок и целей экспериментов. Параметры облучения отличались только расстоянием от сопла плазмотрона и экспозицией остальные оставались примерно следующими: сила тока – 60 или 120 А; напряжение – 20-22 В; рабочий газ гелий его расход в пределах 1-2 л/мин [2], [5].

Для того, чтобы повысить эффективность предпосевного облучения плазмой семян льна и повысить проницаемость оболочки семян, были проведены следующие эксперименты.

*Эксперимент № 1. (2000 г.) лабораторный опыт.*

Была проведена предпосевная обработка семян льна как плазмой, так и ионами меди. Расстояние от сопла плазмотрона СУПР-М – 40 см, экспозиция – 60 и 180 сек, 1 доза меди – 1 мл раствора ионов меди на 100 г семян, 2 дозы меди – 2 мл раствора ионов меди на 100 г семян (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние предпосевной обработки семян гелиевой плазмой и ионами меди на интенсивность роста растений льна в динамике**

Вариант	10.04.2000	13.04.2000	19.04.2000	24.04.2000
Контроль	3,9	6,3	6,6	7,8
Медь 1 доза	1,6	4,1	5,0	7,0
Медь 2 дозы	3,2	5,3	5,3	5,9
Плазма, 60 сек	2,7	5,5	5,8	7,7
Плазма, 180 сек	2,8	5,7	5,8	6,9
Медь 2 дозы + плазма 180 сек	1,4	3,7	5,3	7,3
Плазма 180 сек + медь 2 дозы	2,6	4,8	6,2	7,8

В данном случае нам не удалось в полной мере воздействовать на семена льна. Так, почти во всех вариантах опыта длина проростков льна была ниже контроля, и лишь облучение плазмой в течение 60 сек и совместное действие плазмы в течение 180 сек и 2 дозами меди были примерно равны контролю.

*Эксперимент № 2. (2002 г.) полевой опыт.*

Была проведена предпосевная обработка семян льна как плазмой, так и совместным действием плазмы плазмотрона СУПР-М и электрического поля. Сила тока – 110 А, напряжение – 22 В, расход газа – 0,9 л/мин. Данные таблицы 3 позволяют говорить о высокой эффективности плазменной обработки семян льна. Все опытные варианты способствовали увеличению высоты и густоты стояния растений льна.

Таблица 3

## Высота и густота растений льна

Вариант опыта	Высота, см	Густота стояния растений, шт./м <sup>2</sup>
Контроль – без обработки	57,97	36,6
Плазма 5 см 10 сек	57,80	150,9
Плазма 5 см 20 сек	62,23	480,8
Плазма 5 см 40 сек	58,17	98,6
Плазма 60 см 10 сек	57,95	126,2
Плазма 60 см 20 сек	60,37	430,7
Плазма 60 см 40 сек	65,30	186,5
Плазма + электрическое поле 60 см 10 сек	69,80	550,0
Плазма + электрическое поле 60 см 20 сек	63,70	136,7
Плазма + электрическое поле 60 см 40 сек	65,03	71,0

Особо следует отметить варианты с применением электрического поля, где высота растений и густота оказались максимальными. Так, если на контрольном фоне высота составляла 57,97 см, а густота – 36,6 шт./м<sup>2</sup>, то в варианте с обработкой плазмой в течение 10 сек с расстояния 60 см с применением электрического поля – 69,8 см и 550 шт./м<sup>2</sup> соответственно.

*Эксперимент № 3. (2003 г.) лабораторный опыт*

Изучалось влияние предпосевной обработки семян льна гелиевой плазмой новой конструкцией плазмотрона СУПР-К на длину проростков льна, но параметры облучения оставались примерно теми же (табл. 4, кроме силы тока и нового параметра, такого, как импульсное (прерывистое) облучение.

Таблица 4

## Влияние предпосевого облучения семян плазмой плазмотрона СУПР-К на длину проростков льна

Вариант	Длина проростков, см
Контроль	10,89
Плазма 40 см, 60 А, 40 сек (постоянно)	11,44
Плазма 40 см, 60 А, 10 сек (импульсно)	11,31
Плазма 40 см, 60 А, 0,01 (импульсно)	11,50
Плазма 40 см, 120 А, 40 сек (постоянно)	11,62
Плазма 40 см, 120 А, 10 сек (импульсно)	12,82
Плазма 40 см, 120 А, 0,01 (импульсно)	11,17
Плазма 80 см, 60 А, 40 сек (постоянно)	12,65
Плазма 80 см, 60 А, 10 сек (импульсно)	12,61
Плазма 80 см, 60 А, 0,01 (импульсно)	14,45
Плазма 80 см, 120 А, 40 сек (постоянно)	12,16
Плазма 80 см, 120 А, 10 сек (импульсно)	10,44
Плазма 80 см, 120 А, 0,01 (импульсно)	12,36

По результатам этого эксперимента, представленного в таблице 4, можно судить об эффективности предпосевного облучения плазмотроном новой конструкции и импульсного облучения, сила тока и расстояние не оказали существенного влияния на высоту проростков льна. А самым лучшим оказался вариант с импульсным облучением в течении 0,01 сек с расстояния 80 см и силой тока 60 А, где высота составила 14,45 см по сравнению с контролем – 10,89 см.

*Эксперимент № 4. (2004 г.) лабораторный опыт*

Предпосевное облучение семян льна плазмотроном СУПР-К с минимально возможным расстояния. Параметры проведения опыта следующие: сила тока – 77 А, напряжение – 22 В, экспозиция- 0,01 сек импульсно. Результаты проведенного эксперимента (табл. 5) также показывают преимущество предпосевного облучения семян плазмой, но в определенных режимах. Так, облучение с дальних расстояний в 85-20 см не дало положительных результатов, высота проростков льна ниже контроля.

Таблица 5

**Влияние предпосевной обработки семян льна потоком гелиевой плазмы с различного расстояния от сопла плазмотрона на длину проростков и всхожесть**

Вариант	Облученность, мВт/м <sup>2</sup>	Длина, см	Всхожесть, %
Контроль	-	10,77	85
Плазма, 10 см	164	12,54	83
Плазма, 15 см	73	11,58	85
Плазма, 20 см	67	10,49	80
Плазма, 70 см	21,5	10,20	85
Плазма, 85 см	16,5	10,73	83

Но чем ближе сопло плазмотрона к облучаемым семенам, тем выше эффективность предпосевного облучения. Так, длина проростков при облучении с расстояния в 15 см составила 11,58 см, с 10 см – 12, 54 см по сравнению с контролем, где длина проростков льна составила всего 10,77 см.

*Эксперимент № 5. (2004 год) полевой опыт*

В полевом опыте этого же года мы продолжили изучение влияния предпосевного облучения семян на рост и развитие льна. При этом изучались максимальные и минимальные расстояния до сопла плазмотрона новой конструкции, а также постоянное и импульсное облучение (табл. 6).

Результаты полевых исследований несколько отличаются от лабораторных. В данном случае не так явно прослеживается зависимость высоты (длины) растений (проростков) льна в зависимости от расстояния сопла плазмотрона до семян льна.

Данные табл. 6 позволяют говорить об эффективности плазменной обработки семян льна. По сравнению с контрольным, можно выделить два варианта: обработка плазмой на расстоянии 10 см и на расстоянии 20 см при экспозиции воздействия 1 сек импульсно. В этих вариантах высота растений льна в фазе ранней желтой спелости увеличилась на 11,5% и 12,8% соответственно.



Таблица 6

**Влияние предпосевной обработки семян излучениями  
гелиевой плазмы на высоту растений льна(см)**

Варианты	Высота растений в фазу			
	ёлочки	бутонизации	цветения	ранней желтой спелости
Контроль – без обработки	6	62	70	78
Плазма 10 см, 40 сек постоянно *	8	66	77	84
Плазма 10 см, 1 сек импульсно	8	68	79	87
Плазма 20 см, 40 сек постоянно	7	67	77	87
Плазма 20 см, 1 сек импульсно	9	69	78	88
Плазма 70 см, 40 сек постоянно	8	66	75	86
Плазма 70 см, 1 сек импульсно	7	65	73	84
Плазма 90 см, 40 сек постоянно	7	66	75	84
Плазма 90 см, 1 сек импульсно	6	63	71	79

Все рассмотренные эксперименты касались важного, но не единственного изучаемого параметра растений льна, такого, как высота растений. По результатам полевых опытов, проведенных на опытном поле в 2002, 2004 годах, получены и другие данные (табл. 7, 8).

В результате анализа табл. 7 можно сделать следующие выводы. Густота стояния растений льна очень сильно зависит от вариантов опыта. Она намного выше, чем на контроле, и это прослеживается из года в год. Структурный анализ растений льна показал, что предпосевное облучение семян льна как постоянной, так и импульсной плазмой благотворно сказывается на структуре урожая льна. Урожай как семян льна, так и соломы, в вариантах опыта тоже выше контроля.

Таблица 7

**Густота стояния и структурный анализ растений льна  
в зависимости от вариантов облучения плазмой, 2002, 2004 гг.**

Вариант	Густота стояния растений, шт./м <sup>2</sup>	Кол-во коробочек на 1 растении, шт.	Кол-во семян с 1 растения, шт.	Масса семян с 1 растения, г	Масса соломы с 1 растения, г
2002 г.					
Контроль	36,6	4,03	18,53	0,077	0,66
Плазма, 5 см, 10 сек (постоянно)	480,8	4,33	21,70	0,087	0,24
Плазма, 60 см, 20 сек (постоянно)	430,7	5,53	28,83	0,150	0,34
2004 г.					
Контроль	102,1	3,85	19,50	0,079	0,23
Плазма, 10 см, 0,01 сек (импульсно)	166,5	7,05	36,13	0,161	0,24
Плазма, 20 см, 0,01 сек (импульсно)	150,1	6,49	33,00	0,145	0,27

**Урожайность льна в зависимости от вариантов  
облучения плазмой, 2002, 2004 гг.**

Вариант	Семена		Соломка	
	ц/га	± к контролю	ц/га	± к контролю
2002 г.				
Контроль	0,28	-	2,42	-
Плазма, 5 см, 10 сек (постоянно)	3,75	+ 3,47	11,54	9,12
Плазма, 60 см, 20 сек (постоянно)	6,46	+ 6,18	14,64	12,22
2004 г.				
Контроль	8,06	-	23,47	-
Плазма, 10 см, 0,01 сек (импульсно)	26,82	+ 18,76	16,71	16,71
Плазма, 20 см, 0,01 сек (импульсно)	21,76	+ 13,70	17,25	17,25

### ВЫВОДЫ

При проведении лабораторных и полевых опытов главные усилия были сосредоточены на совершенствовании технологических процессов применения плазмы в растениеводстве.

В результате комплексного изучения основных технологических параметров предпосевной обработки семян льна гелиевой плазмой получены эффективные режимы воздействия данного приема на интенсивность роста и развитие растений льна.

Хорошие результаты получены также при уточнении таких важных параметров плазменных технологий, как сила тока, возбуждающего плазменную дугу, и расстояние от сопла плазмотрона до семян.

Самым лучшим оказался вариант с импульсным облучением в течении 0,01 сек с расстояния 80 см и силой тока 60 А, где высота проростков льна составила 14,45 см по сравнению с контролем – 10,89 см.

Наиболее эффективное влияние предпосевого облучения семян гелиевой плазмой на высоту растений льна в фазу ранней желтой спелости показали варианты с расстоянием 20 см, временем облучения 0,01 сек (импульсно) – 88 см и вариант с параметрами 20 см, 40 сек (постоянно) – 87 см, по сравнению с контролем (без облучения) – 78 см.

По результатам полевых опытов, проведенных на опытном поле в 2002, 2004 годах, структурный анализ растений льна показал, что предпосевное облучение семян льна как постоянной, так и импульсной плазмой благотворно сказывается на структуре урожая льна.

Поэтому можно сделать вывод о явном преимуществе предпосевого облучения семян льна плазмой, что позволит без особых капитальных вложений возродить льноводство в Смоленской области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеев, А.М. Оптимизация минерального питания растений при неблагоприятных факторах среды / А.М. Гордеев. – М.: Агропромиздат, 1991.
2. Гордеев, А.М. Влияние отдельных участков спектра оптического излучения на параметры прорастания семян / А.М. Гордеев [и др.] // Источники биоактивных излучений (минералы, электрическое поле, растения) Московское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова. – М., 2006.
3. Гордеев, Ю.А. Стимулирование биологических процессов в семенах растений излучениями низкотемпературной плазмы: монография / Ю.А. Гордеев. – Смоленск: РГУТиС, 2007. – 196 с.
4. Готовский, Ю.В. Особенности биологического действия физических факторов малых и сверхмалых интенсивностей и доз / Ю.В. Готовский, Ю.Ф. Перов. – М.: Имедис, 2000. – 192 с.
5. Разработка технологий использования низкотемпературной плазмы для повышения продуктивности сельскохозяйственных растений и животных: отчет о НИР / А.А. Кульков [и др.]. – Смоленск, 2006. – 167 с.
6. Курчакова, Л.Н. Эколого-генетические аспекты устойчивости к септориозу(посмо) в селекции льна-долгунца: автореф. дис... д-ра. с.-х.: 06.01.05 / Л.Н. Курчакова; Науч.-исслед. инс.-т. с.-х.-ва Центр.р-нов Нечерноз. зоны. – Москва, 2009. – 44 с.
7. Рубин, А.Б. Биофизика / А.Б. Рубин. – М., 2000. – Т. 2: Биофизика клеточных процессов. – 468 с.
8. Шахов, А.А. Повышение урожайности концентрированным светом / А.А. Шахов. – М: Колос, 1972. – 400 с.
9. Masafumi, M. Effect of magnetic field on the growth of the primary rood of corn / M. Masafumi, T. Wataru, F. Tomoo // Men. Fac. Eng. Osaka City Univ, 1991. – P. 29-35.

**STUDYING OF EFFICIENCY OF THE PRESEEDING IRRADIATION  
OF SEEDS HELIUM-PLASMA ON GROWTH  
AND FLAX DEVELOPMENT**

**A.R. Tsyganov, U.A. Gordeev, O.V. Poddubnaya, I.V. Kovaleva, O.A. Poddubny**

**Summary**

In article the data by efficiency of a preseeding irradiation of seeds of flax relief is cited by plasma. As a result of complex studying of the basic technological parameters of preseeding processing of seeds of flax helium-plasma receives effective modes of influence of the given reception on intensity of growth and development of plants of flax.

*Поступила 10 августа 2009 г.*

## РАЗВИТИЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ТРУДАХ П. С. САМОДУРОВА

(К 100-летию со дня рождения)



В 2008 г. исполнилось 100 лет со дня рождения Петра Семеновича Самодурова – геолога, минеролога, замечательного петрографа (микроморфолога), кандидата геолого-минералогических наук, доктора географических наук, профессора.

П.С. Самодуров родился 10 июля 1908 г. в Пятигорске (Россия). В 1937 г. окончил геолого-географический факультет Ростовского университета. Спустя четыре года он подготовил и представил к защите диссертацию на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Защита не состоялась: начались военные действия, соискателя призвали в армию.

Во время Великой Отечественной войны (1941-1945 гг.) он сражался с немцами на разных фронтах. В 1942 г. в одном из боев под Киевом Петр Семенович был тяжело ранен в голову, ноги, контужен. Надолго потерял сознание. Очнулся в полевом госпитале, долго лечился, в конце концов, был комиссован. После ранения в боевых дей-

ствиях не участвовал. До конца войны служил писарем в различных армейских структурах (записано со слов Петра Семеновича).

Затем Петр Семенович работал в качестве лаборанта, инженера, научного сотрудника в различных геологических учреждениях России, стал кандидатом геолого-минералогических наук (1947), доцентом. В этом качестве он занимался преподавательской работой в университетах России, Украины, Якутии (ныне Саха).

В 1957 г. Якутским государственным университетом была опубликована его фундаментальная двухтомная монография «Минералогия и генезис лессовых и красноцветных пород юго-западных областей СССР», общим объемом 400 страниц типографского текста. В этом же году Петр Семенович определился на постоянное место жительства в г. Минске и начал читать лекции по минералогии и петрографии на геологическом отделении географического факультета Белорусского государственного университета. Слушать его лекции было интересно. Во всяком случае, мне они нравились. По обоим предметам (минералогии и петрографии) я имел отличные оценки. Это было мое первое знакомство, от которого у меня остались самые хорошие воспоминания о Петре Семеновиче. Второй раз мы встретились с ним уже в качестве сотрудников одного института.

В августе 1958 г. академик П.П. Роговой пригласил П.С. Самодурова в НИИ почвоведения (с 1968 г. – БелНИИПА) на должность старшего научного сотрудника с целью организации лаборатории минералогии почв при Белорусском

НИИ почвоведения. 16 августа 1958 г. по представлению Петра Семёновича я был зачислен на должность младшего научного сотрудника БелНИИП. К этому моменту Петр Семенович был уже вполне сложившимся ученым с большим стажем научно-исследовательской и педагогической деятельности. Работа по организации лаборатории начала разворачиваться во многих направлениях: подбор кадров, сбор и доставка образцов почв, развивающихся на лессах и лессовидных суглинках, картографирование глиняных карьеров кирпичных заводов г. Минска, материально-техническое обеспечение будущей лаборатории и др. Если иметь в виду начало организации лаборатории (август 1958 г.) и бюрократическую процедуру материально-технического обеспечения предприятий того времени по так называемым заявкам через Госплан, то следует признать, что в этот период в полной мере сказались как организаторский талант Петра Семёновича, так и его всеобъемлющие минералогические познания. К концу 1959 г. на вооружении лаборатории уже имелись: настольный электронный микроскоп «TESLA» (Чехословакия, ныне Чехия), рентгеновская установка «УРС-70», спектрограф, пиретр Курнакова, поляризационные микроскопы, микрофотонасадки и многие другие вспомогательные приборы и оборудование.

Лаборатория отвечала самым высоким требованиям своего времени, была оснащена хорошим оборудованием и укомплектована дипломированными кадрами разных направлений – по минералогии (Лисица В.Д.), почвоведению (Матусевич Н.А.), по физике (Кандыбо Г.В.), неорганической химии (Орсик Л.А.). Позже в штате лаборатории появились два старших лаборанта: Ромель Е.Г. и Теплицкая А.Г., выполнявшие анализ гранулометрического состава почв.

Кроме основных направлений, младшие научные сотрудники обязаны были досконально осваивать смежные профессии (методы). Так, мне поручалось в кратчайшие сроки овладеть микрофотографированием, термографическим, рентгеновским и электронно-микроскопическим методами, которые уже хорошо были освоены Г. В. Кандыбо, быстро освоила спектральный и химический методы анализа Орсик Л. А. Стажировку по освоению спорово-пыльцевого анализа в НИИ геологии БССР (ныне НАН Беларуси) прошла Н. А. Матусевич. Всё это позволяло Петру Семёновичу вести обсуждение полученных данных с разных позиций уже на стадии эксперимента и обеспечивало непрерывность работы лаборатории при стечении непредвиденных обстоятельств: болезнь, увольнение, замужество, женитьба и прочее.

Вот такой небольшой сплоченный коллектив во главе с Петром Семёновичем начал с чистого листа изучение минералогии почв Беларуси. Перед началом развёртывания научных исследований Петр Семенович разработал и предложил генеральную долгосрочную программу НИР лаборатории, суть которой в общих чертах формулировалась так: изменение минералов и структуры генетических горизонтов почв, развивающихся на разновозрастных и литологически различных породах под влиянием природных и агрогенных процессов.

В научно-исследовательской работе Петр Семенович неукоснительно придерживался сам и постоянно внушал нам, молодым исследователям, мысль, что основу естественных наук составляют физические факты, которые должны быть максимально объективными и легко воспроизводимыми любым исследователем на заявленном инструментально-техническом уровне. Это в будущем мне сослужило хорошую службу, впервые по-взрослому заставив убедиться, что кропотливый труд окупается старицей.

С 1960 г. лаборатория регулярно представляла Ученому Совету института отчеты о научно-исследовательской работе, насыщенные экспериментальными данными гранулометрического, иммерсионного, термографического, рентгенографического, электронно-микроскопического, спектрографического, химического анализов почв с постоянным микрофотографированием обнаруженных признаков-фактов. А с 1962 г. Петр Семенович и его сотрудники стали публиковать (чаще совместно) научные статьи, выступать с докладами на разных форумах почвоведов.

Белорусский период работы в жизни Петра Семеновича, на мой взгляд, был самым плодотворным. Это и организация первой в Беларуси (второй по счету в бывшем СССР) лаборатории минералогии почв, не имевшей себе равных по профессионализму, системности подхода в исследованиях почвенных объектов, и блестящая защита докторской диссертации в МГУ на тему «Литолого-геохимическая характеристика и палеографические условия формирования лёссовых и лёссовидных пород Белоруссии и прилегающих областей», и публикация работ, привлёкших внимание научной общественности, и присвоение звания профессора, и многое другое.

Научное наследие Петра Семеновича Самодурова в белорусском почвоведении составляют шесть фундаментальных статей общим объемом 201 страница типографского текста, дающие представление о широте интересов автора, о той тщательности, с которой ученый относился к изучению того или иного вопроса.

Наиболее крупной из них по объему (93 страницы) и содержанию является работа «Минералы и химические элементы в профиле сильнооподзоленных дерново-подзолистых почв Белоруссии, образовавшихся на лёссовидных породах» [2], написанной совместно с П. П. Роговым. В научном отношении она интересна тем, что однозначно решает вопрос о доминантности подзолообразования в почвах подобного типа на территории Беларуси и прилегающих областей. Положив в основу схемы доказательств представление П. П. Рогового о формировании почвенного профиля на лёссах и проведя расчёты выноса почвенного вещества из *элювиальных* горизонтов на м<sup>2</sup> монолита и накопление его в *иллювиальных*, авторы блестяще экспериментально подтверждают свой вывод о преобладании в наших почвах процессов подзолообразования и неприемлемости в них лёссовища. При этом главную роль, по их мнению, в формировании облика изученных почв играют процессы интенсивного разрушения всех, в том числе и высокоэнергетичных, минералов в элювиальном горизонте и синтез глинистых низкоэнергетичных компонентов в иллювиальном. В связи с этим иллювиальный горизонт предложено назвать иллювиально-синтетическим горизонтом. В работе «Основные генетические типы лёссовых и лёссовидных пород Белоруссии» [1] ее автор на основании общегеологических, геоморфологических и минералого-петрографических данных в лёссовидных суглинках выделено 5 генетических типов: озерный, делювиальный, моренный, аллювиальный и озерно-делювиальный. Дана обстоятельная историческая справка о состоянии изученности лёссов и лёссовидных суглинков как почвообразующих пород Беларуси.

Работа «Минералы в дерново-подзолистых почвах БССР и их преобразование под влиянием подзолообразовательного процесса» [3] написана Петром Семеновичем совместно с сотрудниками лаборатории (Лисица, Матусевич, Кандыбо) [2] и является логическим продолжением работы Петра Семеновича. Опубликована в специальном сборнике БелНИИ почвоведения к VIII Международному конгрессу почвоведов. Она привлекательна тем, что содержит большой

объем экспериментальной информации о почвах, развивающихся на разновозрастных и литологически различных почвообразующих породах. Основные выводы статьи следующие: главными горизонтообразующими минералами являются кварц и полевые шпаты, на долю которых приходится более 90%, деградация и опустынивание элювиальной части почв под влиянием природных процессов, разнотипность в распределении илистых частиц почвенного профиля в зависимости от генезиса почвообразующих пород, влияние коррозии поверхности горизонтообразующих минералов на цветовую гамму своих горизонтов.

В работе «Палево-подзолистые почвы Белоруссии» [4] Петр Семенович на основании сравнительной оценки аналитических данных дерново-подзолистых почв с палевым и белесым подзолистыми горизонтами, развивающихся на лесовидных суглинках, делает вывод, что палево-подзолистые почвы широко распространены на территории Беларуси и прилегающих к ней областях, занимая в рельефе верхний гипсометрический этаж. Почвенные разновидности с белёсым подзолистым горизонтом приурочены к самым низким элементам рельефа. Решающая роль в придании подзолистому горизонту палевой и белесой окраски принадлежит бейделитизированной гидрослюде и монотермиту соответственно. Научные интересы П. С. Самодурова особенно ярко освещены в работе «Об изменении минеральной основы почвенного поглощающего комплекса дерново-подзолистых почв под влиянием процессов окультуривания» [5]. Заслуживает внимания следующие положения статьи.

Независимо от содержания илистых частиц в исходной материнской породе в элювиальных горизонтах неокультуренных почв, развивающихся на этих породах, устанавливается строго постоянное остаточное количество фракций мельче 0,001 мм (рис. 1), предопределенное «механическим составом первичных минералов крупнее 0,005 мм», другими словами – их удельной поверхностью.

Установлено, что соотношение удельных поверхностей минералов мельче 0,001 мм и крупнее 0,005 мм в элювиальных горизонтах лесных почв равно 3:1, в окультуренных – больше 3, в выпаханных слабоокультуренных – меньше 3, что наиболее мобильными в почвенном профиле являются фракции 0,0005-0,0002 и мельче 0,0002 мм.

Исключительно большой практический интерес для исследователей глинистых минералов представляют экспериментальные данные по обработке илистых частиц реактивом Мера и Джексона. Установлено, что при неоднократной обработке пробы ила по этому методу фракции 0,0005-0,0002 и мельче 0,0002 мм, выделенные из подзолистого горизонта, теряют 21-42% исходного веса соответственно, при трехкратной обработке – 42-58%.

Принципиальная позиция Петра Семеновича по вопросу орто- и лентохлоритов в почвах Беларуси, несомненно, активизировала более углубленные исследования глинистых материалов. Наряду с *бейделлитом* (Самодуров, 1962), *хлоритом* (Тихонов, 1966) был открыт в автоморфных почвах Белорусского Поозерья новый *вермикулитоподобный* минерал (Лисица, 1967). Благодаря этому и преэмптственности идей в минералогии почв Беларуси, к настоящему времени сложилось твердое единое мнение по генезису и преобразованию глинистых материалов под влиянием природных и агрогенных процессов (рис. 2). Впервые в русскоязычной литературе вообще и в белорусской в частности ставится и решается вопрос о детерминированных связях между минералогическим составом почвенного поглощающего комплекса и агрохимическими свойствами почв (рис. 3, а-в).





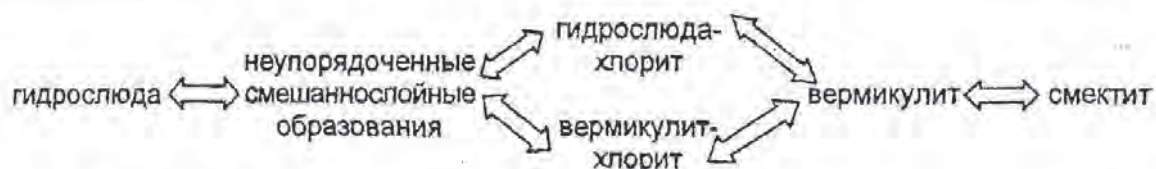


Рис. 2. Схема преобразования глинистых материалов почв под влиянием природных и агрогенных процессов [7]

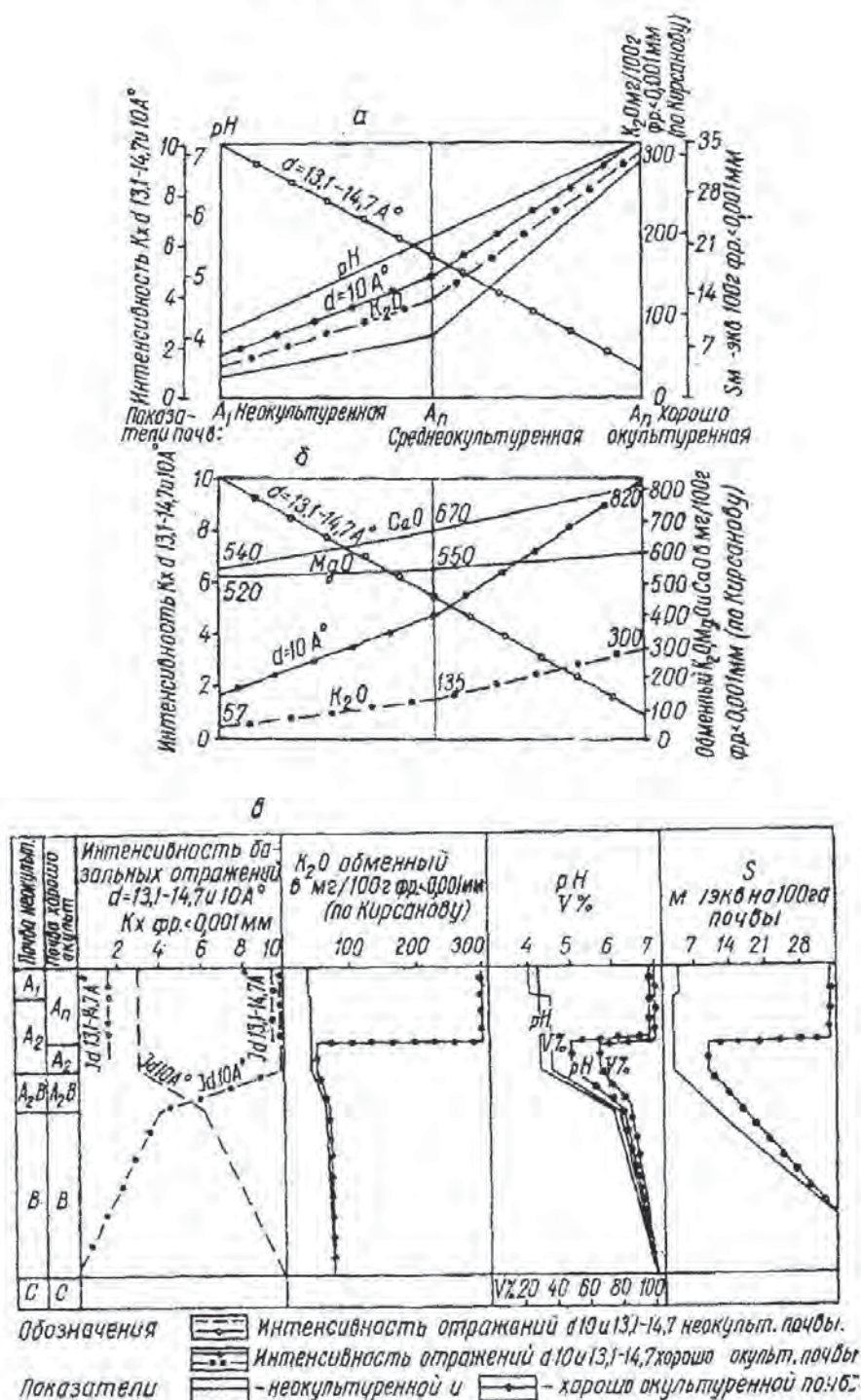


Рис. 3. Изменение интенсивности рефлексов 10; 13,1-14,7 в зависимости от некоторых химических показателей: а – в зависимости от величины рН и содержания  $K_2O$ ; б – от содержания  $CaO$  и  $MgO$ ; в – от степени окультуренности почв и методов углубления пахотного профиля

Статья «Закономерности распределения дисперсных частиц мельче 0,001 в основных разновидностях почв Беларуси» [6] написана совместно с Т.А. Романовой, Н.А. Матусевич, В.Ф. Клебановичем. В ней рассматривается распределение фракций 0,001-0,0005, 0,0005-0,0002 и мельче 0,0002 мм в профиле различных разновидностей почв, развивающихся на одних и тех же материнских породах, и почв одной разновидности на литологически различных материнских субстратах. Установлено, что доминирующая роль в распределении дисперсных минеральных частиц в почвенном профиле принадлежит, по мнению авторов, «не механическому составу материнских пород, а условиям *почвообразования*». Это обстоятельство, считают авторы, может служить одним из надежных критериев определения генетической принадлежности почв.

Главная мысль, проходящая красной нитью через вышеупомянутые работы – это интенсивное *разрушение* всех без исключения минералов в элювиальном и синтез глинистых минералов в иллювиальном (или пахотном) горизонте окультуренных почв вытекают из доминантной идеи.

Хотя работы Петра Семеновича были опубликованы в 70-х годах прошлого столетия, но до сих пор они не утратили перспективной актуальности.

Выводы рассматриваемых работ могут быть оспариваемы (нормальное явление в науке), но фактологическая часть их, объективность и чистота экспериментальных данных, пока являются неопровержимыми и, мне представляется, что они ещё долго будут в качестве таковых служить белорусскому агропочвоведению. Все работы Петра Семеновича были пионерными по определению. Они не только являются источником современных научных идей, но и побуждают нас к более широким философским обобщениям, к разработке новых подходов в изучении почв.

Кроме недюжинных организаторских способностей, умения ставить и решать сложные научные вопросы минералогии почв, Петр Семенович обладал и рядом других черт, заслуживающих быть отмеченными здесь. Он никогда не повышал голоса на сотрудников лаборатории, не упрекал их за ошибки, обладал необыкновенной работоспособностью и трудолюбием, умел выполнять прекрасные зарисовки минералов в иммерсионных препаратах под микроскопом, никогда не обсуждал вопрос о трудовой дисциплине в своем подразделении. Эта проблема решалась у нас просто: Петр Семенович, как правило, сам приходил на 1,5-2 часа раньше начала рабочего дня. В такой ситуации сотрудники не могли себе позволить опозданий.

Непрерывный напряженный труд, нервное расстройство, переутомление, частые головные боли от старых ран подорвали здоровье Петра Семеновича. В 1969 г. он вынужден был оставить работу в лаборатории и выйти в отставку в возрасте 61 года. С 1969 по 1970 год Петр Семенович отдыхал, лечился. После восстановления своего здоровья он уехал в Краснодар (Россия) и возглавил там кафедру в местном университете (1970-1980 гг.), а с 1981 по 1985 год нигде не работал, жил в Минске.

Если бы даже Петр Семенович Самодуров не сделал ничего больше в науке, кроме организации лаборатории минералогии почв и публикации работ 1962-1969 гг., то все равно благодарные потомки белорусских почвоведов скажут со временем много признательных слов в его адрес.

Умер Петр Семенович Самодуров 26 января 1985 года в Минске, похоронен на кладбище «Чижовка».

**В.Д. Лисица**

## ЛИТЕРАТУРА

1. Самодуров, П.С. Основные генетические типы лессовых и лессовидных пород Беларуси / П.С Самодуров // Почвообразующие породы и их роль в формировании почв БССР: сб. науч. тр. / Госиздат с.-х. литературы БССР. – Минск, 1962. – С.36-52.

2. Роговой, П.П., Самодуров П.С. Минералы и химические элементы в профиле сильнооподзоленных дерново-подзолистых почв Белоруссии, образовавшихся на лессовых породах / П.П. Роговой, П.С. Самодуров / Госиздат с.-х. литературы БССР. – Минск, 1962. – С.55-148.

3. Минералы в дерново-подзолистых почвах БССР и их преобразование под влиянием почвообразовательного процесса / П.С. Самодуров [и др.] // Почвенные исследования и рациональное использование земель: сб. науч. ст. – Минск: Урожай, 1964. – С.87-110.

4. Самодуров, П.С. Палево-подзолистые почвы Белоруссии / П.С. Самодуров // Свойства почв и их плодородие: сб. науч. тр. – Минск: Урожай, 1968. – Вып. 4. – С. 39-58.

5. Самодуров, П.С. Об изменениях минеральной основы почвенного поглощающего комплекса дерново-подзолистых почв под влиянием процессов окультуривания / П.С. Самодуров // Почвенные условия и применение удобрений: сб. науч. тр. – Минск: Урожай, 1968. – Вып. 5- С.56-82.

6. Закономерность распределения дисперсных частиц мельче 0,001 мм в основных разновидностях почв Белоруссии / П.С. Самодуров [и др.] // Агрохимическая характеристика почв БССР: сб. науч. тр. – Минск: Урожай, 1969. – Вып. 6: – С. 39-68.

7. Преобразование глинистых минералов под влиянием природных и агрогенных факторов, их роль в накоплении гумуса в почве / В.Д. Лисица [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2005. -№1(34). – С. 116-119.

## РЕФЕРАТЫ

УДК 631.445.2:631.582

**Лапа В.В., Ивахненко Н.Н.** Параметры изменения агрохимических свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от севооборотов и систем удобрения // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 1-22.

В статье приводится продуктивность зерно-пропашного, зернотравяно-пропашного, и зернотравяных севооборотов в зависимости от систем удобрения. Приводятся параметры изменения агрохимических показателей (рН, содержание гумуса, подвижных фосфора и калия) в зависимости от системы удобрения и севооборотов на дерново-подзолистой супесчаной почве.

Табл.13. Библиогр. 13.

### 1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 631.459.2:631.43:631.445.24

**Черныш А.Ф., Радюк А.Э.** Оценка факторов формирования эрозионных процессов в целях планирования и адаптации противоэрозионных комплексов к почвенно-экологическим условиям Беларуси // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 23-31.

В статье приведена оценка влияния факторов формирования эрозионных процессов на территории северной, центральной и южной почвенно-экологических провинций Беларуси. Посредством применения метода факторного анализа рассматривается степень воздействия климата, рельефа территории, почвообразующих пород и антропогенного воздействия на проявление водной эрозии.

Табл. 4. Рис. 2. Библиогр. 10.

УДК 631.459.01.631.445.24

**Черныш А.Ф., Устинова А.М., Радюк А.Э., Юхновец А.В.** Морфология и основные свойства эродированных дерново-палево-подзолистых почв, развивающихся на лёссовых и лёссовидных суглинках (по результатам мониторинговых наблюдений) // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43) – С. 32-41.

В статье приведены результаты мониторинговых наблюдений за морфологией и основными свойствами дерново-палево-подзолистых в разной степени эродированных почв, сформированных на лёссовых и лёссовидных суглинках.

Выявлены закономерности в изменении агрофизических свойств исследуемых почв, отражающих их противоэрозионную устойчивость, а также продуктивности возделываемых культур.

Табл. 2. Рис. 3. Библиогр. 8.

УДК 631.472.6:631.442

**Шульгина С.В., Сергеенко В.Т., Горбачева Е.В., Цытрон Е.В.** Минералогический состав илистых фракций агроземов культурных // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 42-52.

В статье представлены результаты исследований минералогического состава агроземов культурных песчаного гранулометрического состава, сформировавшихся на породах различного генезиса. Показано единое преобразование минеральной составляющей почвенного поглощающего комплекса этих почв: равновеликое соотношение гидрослюдистых и вермикулитовых компонентов либо доминирование набухающей фазы в илистой фракции агрогумусовых горизонтов, что положительно сказывается на улучшении свойств исследуемых почв и их плодородии.

Табл. 1. Рис. 3. Библиогр. 15.

УДК 631.48:631.445.24

**Сергеенко В.Т., Цытрон Г.С., Шибут Л.И., Шульгина С.В., Калюк В.А., Шкуринов П.И.** Оценка генетического потенциала агродерново-карбонатных легкосуглинистых почв // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 52-59.

В статье изложены результаты исследований по оценке генетического потенциала агродерново-карбонатных легкосуглинистых почв, развивающихся на породах различного генезиса, по показателям минералогического состава фракций физической глины (мелкой пыли и ила). Дается сравнение шкалы оценочных баллов этих почв, полученным по общепринятой методике, и на основании результатов исследований минералогического состава.

Табл. 3. Рис. 1. Библ. 11.

УДК 631.442

**Романова Т.А.** Почвы лесных, луговых и полевых биогеоценозов // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 59-66.

Приведены основные особенности лесных, луговых и полевых биогеоценозов, которые могут иметь значение для дальнейшего углубления знаний об этих экосистемах с точки зрения возможностей регулирования их влияния на продукционные процессы и сохранение природного равновесия.

Табл. 4. Библиогр. 13.

УДК 626:8:624.131.6

**Жибуртович К.К., Жишкевич М.М.** Влияние осушения на продуктивность прилегающих земель сельскохозяйственного назначения // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 67-78.

Изложена вероятностно-стахостическая модель влияния мелиоративных систем на уровенный режим смежных территорий. Дана оценка суммарного эффекта влияния осушения на продуктивность прилегающих земель сельскохозяйственного назначения с учетом зон положительного, отрицательного и нейтрального его проявления.

## 2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.8

**Богдевич И.М., Терещенко Н.Д.** Продуктивность пашни и эффективность удобрений в зависимости от почвенно-агрохимических и экономических факторов // Почвоведение и агрохимия. -2009. -№2(43). – С. 79-92.

Исследована зависимость суммарной урожайности всех сельскохозяйственных культур возделываемых на пашне в кормовых единицах и окупаемости минеральных удобрений от показателей плодородия почв и экономических условий на материале 118 районов Беларуси за 2004-2008 гг. и 247 хозяйств Гомельской области за 2001-2005 годы. Прибавка урожая к.ед. на 1 кг НРК за 2001-2005 гг. различалась по хозяйствам от 3,1 до 18,1 к.ед., а прибыль – от 4 до 188 долларов США на гектар посева. Дан анализ причин, не позволяющих в полной мере реализовать потенциал плодородия почв и удобрений.

Табл. 4. Рис. 6. Библиогр. 13.

УДК 631.8.022.3:631.872:631.445.2

**Богатырева Е.Н., Серая Т.М., Бирюкова О.М., Ломонос М.М.** Состав подвижной фракции гумусовых веществ дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в зависимости от систем удобрения // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 92-100.

Известкование дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы с  $pH_{KCl}$  4,3-4,5 способствовало снижению лабильности почвенного гумуса за счет снижения лабильной фракции гуминовых кислот на 303 мг/кг, фульвокислот на 700 мг/кг почвы. Под влиянием органических удобрений содержание лабильных гуминовых кислот увеличилось на 1140-1519 мг/кг почвы, фульвокислот уменьшилось на 164-264 мг/кг почвы. Наиболее эффективным приемом увеличения содержания лабильных гуминовых кислот в почве было совместное внесение 12,5 т/га в год навоза и  $N_{83}P_{61}K_{112}$  удобрений на известкованном фоне.

Наибольшие запасы подвижного гумуса и гуминовых кислот приходятся на варианты с органоминеральной системой удобрения. Максимальные запасы подвижных фульвокислот характерны для вариантов с применением минеральной системы удобрения.

Табл. 1. Рис. 1. Библиогр. 8.

УДК 633.358:631.821:631.445.2

**Царук И.А.** Агрономическая эффективность известкования дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы / Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 2(43). – С. 100-110

Известкование дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы доломитовой мукой и карбонатным сапропелем при применении  $N_{72}P_{65}K_{83}$  кг/га севооборотной площади являлось агрономически эффективным приемом и обеспечило достоверную прибавку продуктивности севооборота 3,3 ц/га к.ед. и 4,6 ц/га к.ед. соответственно. Наибольшая продуктивность звена севооборота формировалась на фоне доломитовой муки при дозе калийного удобрения 140 кг/га севооборотной площади и составила 80,8 ц/га к.ед.

Максимальное действие извести проявлялось на второй год внесения известковых материалов. Наибольшее влияние на величину сдвига кислотности почвы оказывали мел (0,28 ед./ на 1 т д.в.  $CaCO_3$ ). Сдвиг pH от 1 т д.в.  $CaCO_3$  при внесении доломитовой муки составил 0,12 ед. карбонатного сапропеля – 0,19 ед.

Для достижения уровня pH 6,10-6,20 и во избежание кратковременного подщелачивания почвы в результате увеличения pH выше рассчитанного порогового значения 6,36 при использовании карбонатного сапропеля и мела для известкования слабокислых дерново-подзолистых легкосуглинистых почв рекомендуется вводить поправочные коэффициенты к расчетным дозам по  $CaCO_3$  – соответственно 0,63 для карбонатного сапропеля (озеро Бенин) и 0,43 – для мела (месторождение Березовское).

При известковании слабокислых дерново-подзолистых легкосуглинистых почв с pH 5,76-6,00 оптимальные дозы  $CaCO_3$  должны составлять 2,0-2,5 т/га д.в., что позволит достичь показателя pH 6,10-6,20.

Табл. 6. Рис. 1. Библиогр. 9.

УДК 631.8.022.3:633.324:631.445.2

**Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Марцунь О.Н., Бирюков Р.Н., Туров В.В.** Эффективность применения органических и минеральных удобрений под озимое тритикале на дерново-подзолистых почвах // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 2(43). – С. 110-119.

При возделывании озимого тритикале на дерново-подзолистых почвах максимальная урожайность получена в вариантах с внесением  $N_{70+30}P_{60}K_{120}$  на фоне 2-го года последействия возрастающих доз навоза. На легкосуглинистой почве урожайность зерна в этих вариантах составила 77,0-79,9 ц/га при окупаемости 1 кг минеральных удобрений в среднем 9,0 кг зерна, 1 т навоза – 8,8 кг. Чистый доход составил 111-146 тыс. руб. при рентабельности 17-26%.

Применение минеральных удобрений на фоне последействия 20-60 т/га навоза на рыхлосупесчаной почве обеспечило формирование урожайности зерна озимого тритикале на уровне 68,5-72,9 ц/га. Каждый килограмм NPK

при этом окупался 9,1 кг зерна тритикале, 1 т навоза – 24,4 кг. Чистый доход составил 155-165 тыс. руб. при рентабельности 23-29%.

Удельный вынос элементов питания с урожаем озимого тритикале составил в среднем 17,8 кг азота, 9,7 кг фосфора, 15,3 кг калия, 1,3 кг кальция и 1,9 кг магния.

Табл. 4. Рис. 3. Библиогр. 12.

УДК 633.324:631.524.84:631.445.2

**Босак В.Н., Цвирков В.В.** Влияние удобрений на продуктивность озимых зерновых культур на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 120-128.

При возделывании озимых зерновых культур на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве полная органоминеральная система удобрения, предусматривающая внесение 20-50 т/га подстилочного навоза в сочетании с  $N_{60+30}P_{60}K_{120}$  обеспечила урожайность зерна озимой пшеницы 46,4-59,5 ц/га при содержании сырого белка 13,4-15,5%; озимого тритикале – 60,1-72,9 ц/га при содержании сырого белка 10,6-12,3%; озимой ржи – 50,5-64,7 ц/га при содержании сырого белка 10,5-11,7%.

Максимальные показатели чистого дохода в исследованиях со всеми озимыми зерновыми культурами получены в варианте с применением полного минерального удобрения  $N_{60+30}P_{60}K_{120}$  в сочетании с внесением 50 т/га подстилочного навоза непосредственно под культуру (озимая рожь – 156,5, озимое тритикале – 352,5, озимая пшеница – 870,8 тыс. руб./га) при рентабельности соответственно 18, 40 и 103%.

Табл. 3. Рис. 3. Библиогр. 11.

УДК 631.81:633.14

**Шаковец О.Е.** Вынос и коэффициенты использования элементов питания при различных системах удобрения озимой ржи // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 129-136.

Приводятся трехлетние данные влияния различных систем удобрения озимой ржи на показатели общего и удельного выноса и коэффициентов использования элементов питания почвы и удобрений.

Табл. 3. Библиогр. 7.

УДК 631.84:633.11:631.445.2

**Пироговская Г.В., Ганусевич А.Г., Овчинников Е.В.** Влияние жидких азотных удобрений на накопление меди в растениях яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 137-150.

В статье представлены результаты исследований на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с высоким содержанием подвижных форм фос-



фора и калия со средней и высокой обеспеченностью медью, низкой обеспеченностью марганцем по изучению влияния доз и форм жидких азотных удобрений с добавками микроэлементов (меди и марганца) и биологически активных веществ при основном и дробном внесении их в почву, а также жидких комплексных удобрений с хелатными формами микроэлементов и хелатов железа при некорневых подкормках на поступление меди в растения яровой пшеницы сорта Рассвет по фазам развития (кущение, колошение, полная спелость).

Табл. 7. Библиогр. 17.

УДК 633.11:581.13:631.54

**Красоцкая О.С.** Поглощение элементов питания и накопление биомассы яровой пшеницей в зависимости от технологии возделывания и сорта // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 151-157.

В статье изложены результаты опыта по изучению накопления и потребления элементов питания растениями яровой пшеницы различных сортов, возделываемых по трем технологиям разной степени интенсивности. Установлено, что технологии возделывания оказывали на потребление питательных веществ более сильное влияние, чем сортовые особенности растений. Поглощение N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O с повышением уровня интенсивности технологии увеличивалось, а по сортам было практически одинаковым.

Табл. 4. Библиогр. 9.

УДК 633.1:631.147.2:631.445.2

**Германович Т.М., Сатишур В.А.** Урожайность и качество зерна ярового тритикале в зависимости от степени кислотности и обеспеченности калием дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 157-166.

В статье изложены данные по влиянию минеральных удобрений на качество зерна ярового тритикале в зависимости от степени кислотности и обеспеченности почвы калием. Максимальная урожайность ярового тритикале получена на почве с кислотностью pH<sub>KCl</sub> 6,3-6,5 и применением дозы калийных удобрений 120 кг/га д.в. (60,7 ц/га) на уровне обеспеченности почвы подвижным калием 200-250 мг/кг и дозы 70 кг/га д.в. (61,2 ц/га) на уровне обеспеченности почвы подвижным калием 300-350 мг/кг. Изменение кислотности почвы с pH<sub>KCl</sub> 4,8-4,9 до pH<sub>KCl</sub> 6,3-6,5 привело к увеличению массы 1000 зерен, содержания и сбора сырого белка. Внесение 120 кг/га д.в. калия на фоне азотно-фосфорных удобрений обеспечило получение наибольшей суммы критических и незаменимых аминокислот. Наибольшая сумма критических аминокислот (7,46) получена при кислотности почвы pH<sub>KCl</sub> 6,3-6,5, а наибольшая сумма незаменимых аминокислот (20,55) – при кислотности pH<sub>KCl</sub> 5,4-5,6.

Табл. 4. Библиогр. 14.

УДК 633.13:631.8.022.3:631.524.84

**Лапа В.В., Лопух М.С.** Фотосинтетическая продуктивность растений голозёрного овса в зависимости от доз минеральных удобрений // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 166-174.

В статье приведены результаты исследования влияния условий минерального питания на фотосинтетическую продуктивность растений голозёрного овса при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве. Установлено, что при системе удобрения  $N_{60+30+20}P_{40}K_{90} + Cu + Mn +$  фунгицид к фазе флагового листа формировалась максимальная в опыте площадь листовой поверхности – 51,57 тыс.м<sup>2</sup>/га, а значение фотосинтетического потенциала в эту фазу достигало 0,58 млн. м<sup>2</sup>/га в сутки. Активное наращивание листовой поверхности, а также более длительное её сохранение в функциональном состоянии (33,28 тыс.м<sup>2</sup>/га к фазе вымётывания метёлки) обеспечило получение урожайности зерна 48,2 ц/га.

Применение минеральных удобрений способствовало более интенсивному накоплению биомассы по всем фазам развития и приводило к увеличению показателя чистой продуктивности фотосинтеза по удобренным вариантам.

Табл. 4. Библиогр. 9.

УДК 633.853.494:631.415.1:631.445.24

**Сафроновская Г.М., Германович Т.М., Сатишур В.А.** Урожайность и качество семян ярового рапса в зависимости от степени кислотности и обеспеченности калием дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 174-183.

В статье изложены данные по влиянию кислотности и обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы подвижным калием на урожайность и качество семян ярового рапса. Установлено, что снижение кислотности почвы с рН<sub>KCl</sub> 4,8-4,9 до рН<sub>KCl</sub> 5,4-5,6 и рН<sub>KCl</sub> 6,3-6,5 способствует росту урожайности семян на контроле соответственно на 1,6 и 1,1 ц/га. В вариантах с удобрениями прибавки урожайности семян от снижения кислотности почвы увеличиваются и соответственно составляют 1,6-5,0 и 1,5-4,1 ц/га. При обеспеченности почвы подвижным калием 200-250 мг/кг увеличение доз калийного удобрения от 90 до 150 кг/га повышает урожайность семян от 1,3 до 5,8 ц/га на всех уровнях кислотности почвы. Прирост урожайности семян от 1 кг калия на фоне рН 4,8-4,9 составляет 1,4-1,6 кг, на фоне рН 5,4-5,6 – 1,9-2,6 кг, на фоне рН 6,3-6,5 – 2,6-3,8 кг. С ростом обеспеченности почвы подвижным калием до 300-350 мг/кг для ярового рапса наиболее эффективна доза калия 90 кг/га. Увеличение доз калия на этом уровне до 120-150 кг/га приводит к снижению прибавок урожайности семян.

Табл. 4. Библиогр 15.

УДК 631.8.022.3:633.13:631.445.2

**Лапа В.В., Ломонос М.М., Кулеш О.Г.** Урожайность и качество пелюшко-овсяной смеси в зависимости от применения удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 183-190.

В статье приведены результаты исследований по изучению эффективности применения органических и минеральных удобрений при возделывании пелюшко-овсяной смеси на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Отмечено, что основное внесение  $N_{60}P_{60}K_{120}$  обеспечило получение урожайности зеленой массы 558 ц/га (61,3 ц/га к.ед.). Сбор сырого протеина при данной системе удобрения составил 1353 кг/га при обеспеченности к.ед. переваримым протеином на уровне 97 г.

Табл. 4. Рис. 1. Библиогр. 8.

УДК 631.524.84:633.15:631.445.2

**Марцунь О.Н., Босак В.Н., Серая Т.М.** Влияние удобрений на продуктивность кукурузы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 2(43). – С. 190-197.

В исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве применение различных видов органических удобрений на фоне полного минерального удобрения увеличило продуктивность кукурузы гибрида Дельфин на 25-156 ц/га при общей урожайности 650-781 ц/га и окупаемости 1 т условного навоза 27-60 к.ед.

Применение полного минерального удобрения  $N_{90+30}P_{60}K_{120}$  способствовало дополнительному росту продуктивности 197 ц/га зеленой массы кукурузы при окупаемости 1 кг NPK 13,1 к.ед.

Чистый доход от внесения полного органоминерального удобрения в зависимости от опытного варианта составил 121,5-882,3 тыс. руб./га с рентабельностью 9-108%.

Табл. 3. Библиогр. 16.

УДК 631.445.24:635.21:(631.82+631.86+631.811.98) (476.6)

**Мартинчик Т.Н., Сапалева Е.Г.** Эффективность регуляторов роста растений при возделывании картофеля на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 197-205.

На дерново-подзолистой рыхлосупесчанной почве внесение в предпосадочную культивацию  $P_{60}K_{90}$  на фоне применения под зяблевую вспашку 60 т/га соломистого навоза КРС и обработка растений регуляторами роста обеспечило урожайность клубней картофеля 193-201 ц/га. Прибавка урожайности от регуляторов роста составила 23-31 ц/га. Регуляторы роста способствуют увеличению содержания крахмала и нитратов.

Табл. 3. Рис.1. Библиогр. 8.

УДК 633.819.2 (476.6)

**Милоста Г.М., Пироговская Г.В.** Влияние комплексных удобрений на урожайность и пивоваренные качества шишек хмеля // Почвоведение и агрохимия. - 2009. - №2(43). – С. 205-215.

Применение, на фоне 30 т/га органических удобрений, комплексных минеральных удобрений (NPK – 13:12:19) с модифицирующими добавками, включающими серу, бор, цинк и железо, связующих и биологически активных веществ, способствует получению максимальной урожайности шишек хмеля (19,3 ц/га) и прибавки (2,7 ц/га) по сравнению с вариантом, где вносилась стандартная смесь минеральных удобрений. При этом содержание альфа-кислот возросло с 11,6% до 12,2%, что обеспечило их сбор 2,37 ц/га, а прибавку – 0,43 ц/га. Применение данных комплексных удобрений способствует смещению соотношения массы шишек к листовой массе в пользу шишек и соотношения листовой массы к ее площади в пользу листовой массы. Почвенно-климатические условия нашей республики благоприятны для формирования высокого, но и качественного урожая шишек. Качественные показатели хмеля сорта Hallertauer Magnum, выращенного в Беларуси, по содержанию  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот, когумулону и др. соответствуют требованиям пивоваренной промышленности. Применение комплексных удобрений приводит к увеличению содержания в шишках  $\beta$ -кислот, снижению доли когумулону  $\alpha$ -кислоте и увеличению – лупулону и адлупулону  $\beta$ -кислоте.

Табл. 5. Библиогр. 3.

УДК 631.81.095.337:633.15:631.445.24

**Кляусова Ю.В.** Эффективность микроудобрений при возделывании кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве на разных уровнях минерального питания // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 216-227.

Высокая эффективность проведения некорневой подкормки микроудобрениями при возделывании кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве на разных уровнях минерального питания отмечена при внесении цинка в минеральной форме на первом фоне (50 т/га навоза+N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>) в дозе 75 г/га д.в., а на втором (50 т/га навоза+N<sub>180</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub>) – в дозе 150 г/га д.в., что обеспечивало увеличение урожайности зелёной массы на 53 ц/га и зерна на 8,3 ц/га на первом уровне минерального питания, и на 61 ц/га и 9,9 ц/га соответственно на втором, а также обеспечивало максимальную рентабельность производства зелёной массы 109% и зерна кукурузы 266%.

Табл. 4. Библиогр. 16.

УДК 631.82:631.415.1:633.2:631.445.2

**Головатый С.Е., Ковалевич З.С., Лукашенко Н.К., Ефимова И.А.** Влияние селеновых удобрений и уровней кислотности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы на урожайность многолетних злаковых трав и накопление в них селена // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). С. 227-240.

Приведены результаты полевых опытов по влиянию селеновых удобрений на продуктивность многолетних трав и накопление селена в них селена. Установлено, что в первый год использования трав установлена достоверная прибавка урожая сена трав от внесения в почву селена.

В год внесения селена в дозе 100 г/га содержание его в сене ежи сборной повысилось в 4,7-5,5 раза, в сене овсяницы луговой – в 4,6-8,2 раза, в сене тимopheевки луговой – в 5,8-6,5 раза и составило 117,5-209,8 мкг/кг. При дозе внесения селена 300 г/га содержание его в растениях ежи сборной, овсяницы луговой и тимopheевки луговой увеличилось по сравнению с фоновым в 12,9; 19,8; 12,7 раз (рН 6,0) и в 10,8; 13,4 и 10,7 раз (рН 6,7) и составило 340,2-456,1 мкг/кг.

При однократном внесении в почву селенита натрия в дозе 300 г Se/га перед залужением на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве содержание селена в сене ежи сборной, овсяницы луговой и тимopheевки луговой на уровне оптимального для кормов обеспечивается в течение двухлетнего периода их вегетации.

Табл. 2. Рис.1. Библиогр. 23.

УДК 631.559:633.112.9:631.445.2

**Михайловская Н.А., Барашенко Т.Б., Дюсова С.В.** Влияние Калипланта на урожайность и потребление калия озимого тритикале на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 240-247.

Установлено, что применение бактериального удобрения Калиплант на основе калиймобилизующих бактерий обеспечивает достоверные прибавки урожайности озимого тритикале при содержании подвижного калия в дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве в диапазоне 84-201 мг/кг  $K_2O$ . Наиболее значимый эффект от Калипланта отмечен на фоне внесения  $N_{120}P_{60}$  при обеспеченности почвы  $K_2O$  в пределах 84-64 мг/кг. Под влиянием Калипланта отмечена активизация потребления водорастворимого, обменного и необменного калия при обеспеченности почвы. Повышение урожайности обусловлено стимуляцией роста корней, индуцированной калиймобилизующими бактериями, повышением адаптивных возможностей и улучшением режима калийного питания растений.

Табл. 5. Библиогр. 17.

УДК 631.465

**Соколов Г. А., Симакина И. В., Сосновская Е. Н.** Изменение биологической активности почв агроценозов при использовании возрастающих норм минеральных удобрений в естественных условиях и в условиях лизиметрических опытов // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 248-261.

Изучены особенности изменения микробиологической и ферментативной активности в зависимости от генетических особенностей и содержания органического вещества торфяно-болотных, органоминеральной и дерново-подзолистых

супесчаной и суглинистой почв в естественных и модельных условиях, а также в условиях лизиметрических опытов. Установлена высокая степень связи между содержанием органического вещества в почве и уровнем активности полифенолоксидазы, пероксидазы, каталазы, уреазы и инвертазы.

Соотношение активности пероксидазы и полифенолоксидазы указывает на то, что в осушенных торфяно-болотных почвах процессы минерализации существенно преобладают над процессами гумификации. Наряду с этим определено, что при близком содержании органического вещества интенсивность деятельности полифенолоксидазы, пероксидазы, инвертазы и дегидрогеназы в 2 раза ниже в торфяно-болотной почве, развивающейся на тростниковом, чем на осоковом торфе, что объясняется генетическими и структурными особенностями органического вещества этих почв.

Приведенные в статье результаты позволяют также с достаточной мерой обоснованности использовать изученные биологические показатели для диагностирования изменения экологического состояния почв в связи с применением различных видов и норм минеральных удобрений.

УДК 632.954.024:631.46

**Сорока С.В., Сорока Л.И., Молчан А.П.** Токсикологическая оценка гербицидов атрибут, ларен и секатор для биологической активности дерново-подзолистой почвы // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 261-269.

Результаты исследований в лабораторных опытах показали, что гербициды Атрибут, ВГ (пропоксикарбазон натрия, 700 г/кг), СЕКАТОР, ВДГ (амидосульфурон, 50 г/кг + йодосульфурон-метил-натрий, 12,5 г/кг + мефенпир-диэтил /антидот/, 125 г/кг) производства фирмы Байер КропСайенс АГ, Германия и ЛАРЕН, СП (метсульфурон-метил, 600 г/кг), производства фирмы Дюпон Интернешнл Оперейшнз Сарл, Швейцария по токсикологической оценке для биоценоза почвы и биохимических процессов дерново-подзолистой почвы можно отнести к средне опасным пестицидам.

Табл. 4. Библиогр. 19.

УДК 631.588.9

**Цыганов А.Р., Гордеев Ю.А., Поддубная О.В., Ковалева И.В.** Разработка экспресс-метода оценки влияния излучений плазмы на семена с помощью датчиков O<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub> // Почвоведение и агрохимия. 2009. – №2(43). – С. 269-273.

Экспресс-метод оценки влияния излучений плазмы на семена основан на измерении окислительно-восстановительных процессах дыхания семян, облученных плазмой. Разработанный прибор с помощью датчиков с достаточной точностью определяет содержание кислорода и углекислого газа в малых объемах воздуха.

Рис. 1. Табл. 8.

УДК 631.588.9

**Цыганов А.Р., Гордеев Ю.А., Поддубная О.В., Ковалева И.В., Поддубный О.А.** Изучение эффективности предпосевного облучения семян гелиевой плазмой на рост и развитие льна // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 273-281.

В статье приводятся данные по эффективности предпосевного облучения семян льна гелиевой плазмой. В результате комплексного изучения основных технологических параметров предпосевной обработки семян льна гелиевой плазмой были получены эффективные режимы воздействия данного приема на интенсивность роста и развитие растений льна.

Табл. 8. Библиогр. 9.

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

Подписано в печать 14.12.09. Формат 70x100 1/16. Бумага офсетная.  
Гарнитура Arial. Усл.-печ. л. 24,53. Уч.-изд. л. 20,75. Тираж 150 экз. Заказ 875.

Отпечатано в Республиканском унитарном предприятии  
«Информационно-вычислительный центр  
Министерства финансов Республики Беларусь»  
ЛП № 02330/0056683 от 29.03.2004.  
220004, г. Минск, ул. Кальварийская, 17