

Литература

1. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв. Учение об экологических функциях почв. - М: МГУ, 2012. - 413 с.
2. Гаркуша И.Ф. Окультуривание почв как современный этап почвообразования. - Горки: Изд-во Белорусской с.-х. академии, 1956. - 301 с.
3. Гришина Л.А., Моргунов Л.В. Состав органического вещества пахотных дерново-подзолистых почв // Почвоведение.-1979.- №2. - С.53-59.
4. Сычев В.Г., Шевцова Л.К., Мерзлая Г.Е. Исследование динамики и баланса гумуса при длительном применении систем удобрения на основных типах почвы // Агрохимия.- 2018. - №2. - С.3-32.
5. Романенков В.А., Шевцова Л.К. Длительные опыты Геосети в современных и перспективных агрохимических и агро-

ландшафтных исследованиях // Агрохимия.- 2014.- № 11.- С. 3-15.

6. Жукова Л.М. Влияние систематического применения удобрений на физико-химические свойства почв // Удобрение и плодородие почв. - М., 1974. - В. 2 т.- С. 7-19.
7. Минеев В.Г., Сычев В.Г., Гамзиков Г.П. и др. Агрохимия. - М.: Изд-во ВНИИА, 2017. - 854 с.
8. Лукин С.М. Потери азота при использовании органических и минеральных удобрений/ В сб.: Международный агроэкологический форум. - В 3 т, 2013. - С. 106-112.
9. Александрова Л.Н. Гумусовый режим пахотных дерново-подзолистых почв и пути его регулирования. Гумус и почвообразование // Научные труды Ленинградского СХИ, 1977.- Т.329.- С. 2-15.

EFFECT OF LONG-TERM APPLICATION OF VARIOUS FERTILIZER SYSTEMS ON ORGANOPROFILE OF MAIN ZONAL SOIL TYPES *Report 1. Sod-podzolic soil*

V.G. Sychev, L.K. Shevtsova, M.V. Belichenko, O.V. Rukhovich, O.I. Ivanova

Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127550 Moscow, Russia, e-mail: mvbelichenko@gmail.com, o_rukhovich@mail.ru

The paper presents the results of studies of profile (up to 1 m) layer-by-layer distribution of such important for the assessment of sustainable fertility and cultivation of soil indicators as the content, reserves of total carbon and nitrogen, C:N ratio in long-term experiments located on sod-podzolic soils of different granulometric composition. Analysis of the results showed that organic, mineral fertilizer systems (and their combination with lime) had a significant impact not only on the arable layer of the soil, but also on the profile up to 100 cm. It was established that, despite an increase in the carbon stock content and C:N ratios, genetic morphological features characteristics of sod-podzolic soils were preserved. Prolonged use of fertilizers was accompanied by accumulation of nitrogen in the lower layers of the profile, which indicated the possibility of migration of mobile nitrogen compounds beyond the limits of the profile and pollution of adjacent territories. This report is the first in a series of studies on the influence of fertilizer systems on organoprofiles of the main zonal soil types.

Key words: long-term experiments, sod-podzolic soils, content, reserves, migration, nitrogen-carbon ratio, fertilizer systems, organoprofile.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИНКОВЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ОЗИМУЮ ПШЕНИЦУ

А.Н. Аристархов, д.б.н., Н.А. Кирпичников, д.с.-х.н., В.В. Виноградов, ВНИИА
ВНИИ агрохимии 127550, Москва, ул. Пянишиникова, 31а

Работа выполнена по госзаданию №0572-2019-0011

Озимая пшеница сорта Московская 39 на дерново-подзолистых почвах хорошо отзывается на применение не только NPK - удобрений, но и цинковых. На тяжелосуглинистых почвах прибавка зерна от цинка на фоне $N_{120}P_{60}K_{90}$ составляла 4,4-6,0 ц/га, а на легкосуглинистых – 3,3-5,5 ц/га. Их окупаемость прибавкой урожая достигает в зависимости от доз 88-120 кг/кг на тяжелосуглинистых почвах и 63-220 кг/кг на легкосуглинистых. Цинковые удобрения способствуют повышению окупаемости применения традиционных NPK - удобрений, соответственно почвам, с 7,0 до 9,5 кг/кг и с 3,9 до 5,8 кг/кг (на 36-49%). Наиболее эффективные дозы цинка: 5,0-7,5 кг/га при основном внесении, а при некорневых подкормках – 150-250 г/га препарата. Комплексонат Zn - органическая соль Zn на основе ЭДТА (Solu Mikro-Zn15) превосходит по эффективности традиционную соль цинка (сульфат Zn), соответственно, от доз и способов их использования: при основном внесении на 1,4-2,5 ц/га, а при подкормках – на 1,0-1,7 ц/га.

Ключевые слова: озимая пшеница, цинковые удобрения, эффективность применения, окупаемость удобрений прибавкой урожая, предпочтительные способы, доза цинка.

DOI: 10.25680/S19948603.2019.107.02

Крупномасштабным мониторингом плодородия почв страны установлено наличие больших площадей почв с низким и средним содержанием цинка (97,5% от обследованной), требующих внесения цинковых удобрений. По остроте потребности в макро- и микроудобрениях площади почв с недостаточным содержанием элементов питания располагаются в следующий убывающий ряд (% с недостаточным содержанием элемента): Zn > Co > Mo > S > Mn > P > Cu > Mg > B [1-3]. Аналогичное

состояние характерно и для Центрального (в т.ч. Московская обл.) и Северо-Западного (в т.ч. Псковская обл.) федеральных округов. Средняя урожайность зерновых культур в Нечерноземье страны из-за несбалансированности элементов питания и низкой агротехники составляет 20-22 ц/га, а производство продовольственного зерна не превышает 50% валового сбора продукции [4]. Однако, по оценке многих экспертов, при внедрении интенсивных сортов пшеницы с высоким био-

логическим потенциалом и при комплексном применении агрохимических средств регион может стать зоной устойчивого производства зерна пшеницы хорошего качества с урожаем 60-70 ц/га [4-7].

К числу многочисленных агротехнических факторов, способствующих повышению эффективности удобрений и росту урожайности озимой пшеницы, принадлежат микроудобрения [8-14]. Исследований по отзывчивости разных сортов этой культуры на микроудобрения крайне недостаточно. Поэтому перспективно и актуально изучение новых форм удобрений, способов их применения, влияния агрохимических свойств почв на эффективность применения различных видов микроудобрений с учетом качественных показателей получаемой продукции, экологичности и экономичности применения агрохимических средств.

Цель исследований – изучить влияние комплекса агрохимических факторов на эффективность применения цинковых микроудобрений под озимую пшеницу сорта Московская 39, возделываемую на дерново-подзолистых почвах в Центральном (Московская обл.) и Северо-Западном (Псковская обл.) регионах Нечерноземья.

Методика. В 2017-2018 гг. было проведено два полевых опыта. Первый длительный полевой опыт (СШ-27) ведется с 1966 г. по настоящее время в Московской области на Центральной опытной станции ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова (ЦОС ВНИИА). Второй опыт проводили на опытных полях НИИ сельского хозяйства Псковской области.

Исходная почва первого опыта – дерново-подзолистая тяжелосуглинистая слабокультуренная, второго – дерново-подзолистая легкосуглинистая. Обе они характеризуются средним уровнем кислотности ($pH \leq 5,0$), средней гумусированностью (1,7-2,3% гумуса), средней насыщенностью основаниями (50-70%), средним и повышенным содержанием фосфора и средним – калия, содержание подвижного цинка крайне низкое ($< 2,0\%$) (табл. 1). Все показатели определяли гостированными методами, в том числе подвижный цинк по методу Крупского – Александровой в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р50687-94).

1. Агрохимическая характеристика дерново-подзолистой почвы (в среднем за 2017-2018 гг.)

Гумус, %	pH_{KCl}	Нг, мг-экв/100 г	Са, мг-экв/100 г	Мг, мг-экв/100 г	V, %	P_2O_5 , мг/кг	K_2O , мг/кг	Zn, мг/кг
<i>Опыт 1. Тяжелосуглинистая слабокультуренная почва</i>								
1,65	4,9	3,1	8,6	2,3	78	64	101	1,9
<i>Опыт 2. Легкосуглинистая среднекультуренная почва</i>								
2,17	5,0	3,2	3,3	0,5	54	221	127	0,8

Схемы опытов определялись целями и задачами исследований. В первом опыте основное внимание уделяли влиянию кислотности почв (известкованию) на эффективность цинкового удобрения, во втором – выявлению оптимальных форм, способов и доз цинковых удобрений. Схемы опытов приведены при рассмотрении результатов исследований (см. табл. 3, 4).

Изучаемой культурой в опытах была озимая пшеница сорта Московская 39. Характерной особенностью этого сорта являются: хорошая зимостойкость, слабая поражаемость бурой ржавчиной, твердой головней и мучнистой росой. Сорт превосходит другие сорта по урожайности, содержанию белка в зерне на 1,5-2,0% и по клейковине – на 4-6%.

Первый опыт заложен на двух полях в 4-кратной повторности, площадь делянок 99 м². Уборку урожая проводили комбайном «Сампо». В длительном опыте было следующее чередование культур: в первых трех ротациях – 1 - вико-овсяная смесь; 2 - озимая пшеница с подсевом клевера; 3 - клевер; 4 - картофель; 5 - ячмень; в четвертой ротации – 1 - ячмень с подсевом клевера; 2, 3 - клевер двух лет пользования; 4 - озимая пшеница; 5 - картофель; в шестой и последующих ротациях (из севооборота исключен картофель) – 1 - озимая пшеница; 2 - ячмень + клевер; 3, 4 - клевер двух лет пользования. В качестве общего фона использовали химические средства защиты растений, аммиачную селитру и хлористый калий; под клевер азотные удобрения не применяли. Минеральные удобрения вносили в зависимости от выноса с урожаем, за десять ротаций внесено 2020 кг P_2O_5 /га. На одном из полей известкование проводили известняковой мукой по 1 г.к. в первой и третьей ротациях севооборота и по 0,5 г.к. в восьмой, что в сумме составляло 2,5 г.к., или 20 т/га. На другом поле в течение первых трех ротаций из фосфорных удобрений использовали фосфоритную муку и суперфосфат в эквивалентных по действующему веществу (P_2O_5) дозах. Во всех вариантах опыта применяли гербициды, ретарданты и фунгициды по технологиям ЦОС ВНИИА.

Во втором опыте фоновое удобрение (азофоска, аммиачная селитра) вносили вручную. Размеры делянок 12 м² (6 х 2). Уборка урожая - поделяночная (методом учетных снопов).

Цинковые удобрения в первом опыте использовали в форме $ZnSO_4$ (сульфат цинка, Zn – 22,8%), а во втором – две формы цинковых удобрений - $ZnSO_4$ и комплексонат цинка на основе ЭДТА (Solu Mikro-Zn15).

Анализ образцов почв и растений выполняли в аттестированных испытательных центрах агрохимслужбы (ФГБУ ГЦАС «Московский» и ФГБУ ГЦАС «Псковская») с использованием гостированных методов на основе методических материалов, изложенных в [15].

Результаты и их обсуждение. В первом опыте установлено, что под действием периодического известкования за сорок пять лет (10 ротаций) агрохимические характеристики почвы значительно изменились (табл. 2).

2. Влияние известкования на агрохимические показатели дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы в десятой ротации полевого севооборота

Вариант опыта	pH_{KCl}	Нг	$H_{обм}$	V, %	Al, мг/100 г
		мг-экв/100 г			
Контроль (б/у)	4,0	5,2	1,00	60	8,6
NK - фон	3,9	6,0	1,40	58	12,6
Фон + известь	5,1	2,4	0,20	80	1,8

Выявленное существенное повышение кислотности, особенно обменной, и содержания подвижного Al в фоновом варианте опыта обусловлено систематическим внесением физиологически кислых азотно-калийных удобрений. Отмечено также подкисление известкованной почвы в сравнении с третьей ротацией, в которой pH_{KCl} составлял 6,0; а Нг - 1,2 ммоль экв/100 г, при этом $H_{обм}$ и связанное с ней содержание подвижного Al в почве сохранялись на низком уровне. Содержание гумуса в почве в вариантах опыта не менялось и соответствовало исходному уровню. Заметно улучшился фосфатный режим в вариантах с внесением фосфорных удобрений. За счет ежегодного удобрения почвы фосфоритной мукой и суперфосфатом содержание под-

вижных фосфатов в вариантах с фосфором составило в ротациях севооборота от 80 до 100 мг/кг при уровне 30 мг/кг в вариантах NK.

Улучшение агрохимических показателей почвы при комплексном применении макро- и микроудобрений на фоне извести (NPK + известь + Zn) способствовало получению устойчивых достаточно высоких урожаев изучаемой культуры - до 61,6-72,5 ц/га (табл. 3) Довольно высокое применение минеральных удобрений (N₁₂₀P₆₀K₉₀) в условиях опыта обеспечило получение урожайности зерна только на уровне 42,8 ц/га, в варианте известь по Нг 1,5 г.к. – 55,6, а в варианте известь по Нг 2,5 г.к. + NPK – 67,0 ц/га. Таким образом, суммарная прибавка урожайности от известкования составила, соответственно по дозам извести, 1,5 и 2,5 г.к., 12,8 и 24,2 ц/га. Добавление к этому комплексу цинковых удобрений обеспечило повышение суммарной прибавки урожайности зерна пшеницы по анализируемым вариантам, соответственно, до 18,8 и 29,7 ц/га, а уровень общей урожайности достигал 61,6-72,5 ц/га

3. Эффективность цинковых удобрений в длительном полевом опыте СШ-27 в посевах озимой пшеницы сорта Московская 39 на дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почвах (опыт 1)

Вариант опыта	Урожайность, ц/га		Средняя за 2 года	Прибавка от цинка	Число зерен в колосе	Масса 1000 зерен, г
	2017 г.	2018 г.				
Контроль	29,5	25,6	24,6	-	18,5	40,6
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ - фон	42,5	43,1	42,8	18,2*	24,9	44,0
Фон + Zn 5	46,0	48,4	47,2	4,4	25,0	45,0
Фон + известь 1,5 г.к.	54,7	56,5	55,6	-	26,0	42,9
Фон + известь 1,5 г.к. + Zn 5	58,7	64,4	61,6	6,0	26,4	44,0
Фон + известь 2,5 г.к.	65,6	68,3	67,0	-	27,8	44,8
Фон + известь 2,5 г.к. + Zn5	70,5	74,5	72,5	5,5	28,2	45,8
HCP ₀₅	3,8	3,2				

*Прибавка от NPK к контролю – 74%.

Прибавки урожаев зерна озимой пшеницы только от цинка колебались от 8 до 11%. Следовательно, известкование, как мелиоративный прием для улучшения кислотности почв способствует повышению эффективности цинковых удобрений не менее, чем на 1,1-1,6 ц/га.

Изучение некоторых биометрических показателей развития растений озимой пшеницы в условиях первого опыта выявило, что известкование кислых почв и применение цинковых удобрений способствуют более благоприятному формированию урожая: увеличилось число зерен в колосе и масса 1000 зерен (табл.3).

Во втором опыте на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах с аналогичными агрохимическими показателями по кислотным свойствам почв изучали эффективность различных форм, способов и доз цинковых удобрений. Урожайность культуры при комплексном применении макро- и микроудобрений при достаточно неблагоприятных погодных условиях 2017-2018 гг. (переувлажнение почвы в 2017 г. и засухливость в 2018 г.) превышала таковую в регионе в 1,5-2,0 раза и считается удовлетворительной для легких почв. Ограничением полученных урожаев в опыте, безусловно, следует считать неудовлетворительную кислотность

(pH < 5,0), что требует подтверждения в дополнительных исследованиях.

В опыте достоверно установлено, что озимая пшеница сорта Московская 39 отзывается не только на полное минеральное удобрение (N₁₂₀P₉₀K₉₀) прибавкой урожая до 72%, но и на применение цинковых удобрений. В условиях опыта различные формы, способы и дозы цинковых удобрений обеспечивали дополнительный сбор основной продукции как при основном внесении цинка, так и при некорневых подкормках (табл. 4).

4. Эффективность различных форм, способов и доз цинковых удобрений в посевах озимой пшеницы с. Московская 39 на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (опыт2)

Вариант опыта	Урожайность, ц/га			Средняя прибавка	
	2017 г.	2018 г.	Средняя за 2 года	ц/га	%
Контроль	17,5	15,0	16,3	-	-
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ + N ₃₀ -фон	28,3	27,9	28,1	11,8*	72,4*
<i>Внесение Zn в почву, кг/га элемента</i>					
Фон + Zn 1,5 к	31,4	31,3	31,4	3,3**	11,7**
Фон + Zn 3,0 к	32,2	32,6	32,4	4,3**	15,3**
Фон + Zn 5,0 к	31,9	33,1	32,5	4,4**	15,7**
Фон + Zn 7,5 к	32,4	34,9	33,7	5,6**	19,9**
Фон + Zn 1,5 с	30,0	29,7	29,9	1,8**	6,4**
Фон + Zn 3,0 с	30,8	31,1	31,0	2,9**	10,3**
Фон + Zn 5,0 с	31,5	31,9	31,7	3,6**	12,8**
Фон + Zn 7,5 с	32,1	33,4	32,8	4,7**	16,7**
<i>Некорневая подкормка Zn, г/га препарата</i>					
Фон + Zn 100 к	30,4	30,8	30,6	2,5**	8,9**
Фон + Zn 150 к	31,4	31,8	31,6	3,5**	12,5**
Фон + Zn 250 к	32,5	32,2	32,4	4,3**	15,3**
Фон + 100 Zn с	29,6	29,6	29,6	1,5**	5,3**
Фон + 150 Zn с	30,3	30,1	30,2	2,1**	7,5**
Фон + 250 Zn с	30,5	30,8	30,7	2,6**	9,3**
HCP ₁ 1,4 / HCP ₂ 1,2					

*Прибавка к контролю ** Прибавка к фону

Примечание. к – комплексат Zn, с – сульфат Zn.

Исследования сравнительной эффективности применения комплексоната цинка и традиционной соли – ZnSO₄ (сульфат цинка) на фоне минеральных удобрений (N₁₂₀P₉₀K₉₀) показали, что в зависимости от доз применения разница в урожаях составила 0,9-1,5 ц/га в пользу комплексоната цинка. При некорневых подкормках разница прибавки урожая относительно фона при использовании комплексоната цинка и ZnSO₄, составляла 1,0-1,7 ц/га. Оптимальной дозой цинка (по результатам опыта) признана средняя из максимальных изученных – при внесении в почву 5,0-7,5 кг/га д.в. Zn, при подкормках – 150-250 г препаратов, т.е., соответственно, порядка 6,0 кг/га и 200 г/га препарата.

Установлено также, что применение цинковых удобрений способствует лучшему развитию растений. Это выражается в увеличении числа зерен в колосе, массы 1000 зерен, длины колоса, продуктивной кустистости изучаемой культуры (табл. 5).

Оценка агроэкономической эффективности применения цинковых удобрений в опыте 2 (табл. 6) показала, что их окупаемость прибавками урожая зерна озимой пшеницы Московская 39 на 1-2 порядка выше, чем макроудобрений и колебалась в зависимости от доз цинковых удобрений, способов их внесения и агрохимических свойств почвы (в первую очередь – от их кислотности). Установлено, что на тяжелосуглинистых почвах (опыт 1) основное внесение цинка в дозе 5,0 кг/га достаточно хорошо окупалось дополнительным

урожаем зерна и возрастало в зависимости от используемого фона. Так, на минеральном фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ она составляла 88 кг/кг, а в вариантах $N_{120}P_{60}K_{90}$ + известь по 1,5 г.к. – 120 и $N_{90}P_{60}K_{90}$ + известь по 2,5 г.к. – 110 кг/кг, т.е. повышалась примерно на 30%. Аналогичная доза цинка на легкосуглинистых почвах (опыт 2) на фоне $N_{120}P_{90}K_{90}$ обеспечивала сходную окупаемость (72-88 кг/кг). В условиях 2-го опыта выявлено, что окупаемость цинковых удобрений в форме комплексоната превосходит аналогичную в форме традиционной соли (сульфат цинка). При оптимальных дозах их использования (5,0-7,5 кг/кг) разница в окупаемости 1 кг цинкового удобрения минимальна и составляла 19-21% в пользу комплексоната, а при дозах Zn 1,5-3,0 кг/га различия достигали 63-84%. Это показывает, что при минимальных дозах применения цинка преимущество комплексоната еще более возрастает.

5. Влияние различных форм, способов и доз цинковых удобрений на биометрические показатели растений в 2017-2018 гг.

Вариант опыта	Размер колоса, см		Масса 1000 зерен, г		Продуктивная кустистость, %	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*
Контроль	6,23	6,75	34,45	36,35	3,0	3,1
$N_{120}P_{90}K_{90}$ + N_{30} -фон	8,86	8,73	43,76	42,56	3,8	3,9
<i>Внесение Zn в почву, кг/га элемента</i>						
Фон + Zn 1,5 к	9,28	9,02	45,79	43,09	4,3	4,1
Фон + Zn 3,0 к	9,31	9,41	45,06	45,96	4,4	4,3
Фон + Zn 5,0 к	10,55	10,42	44,73	46,13	4,4	4,3
Фон + Zn 7,5 к	10,56	10,63	44,62	48,42	4,5	4,6
Фон + Zn 1,5 с	9,65	9,52	43,61	42,69	3,8	3,9
Фон + Zn 3,0 с	9,23	9,15	45,01	43,21	3,9	4,1
Фон + Zn 5,0 с	9,74	9,70	43,96	43,46	4,2	4,1
Фон + Zn 7,5 с	9,80	9,85	44,05	44,56	4,4	4,3
<i>Некорневая подкормка Zn, г/га препарата</i>						
Фон + Zn100 к	10,31	10,18	44,06	42,16	3,9	4,0
Фон + 150 к	10,20	10,33	44,45	45,05	4,1	4,1
Фон + Zn250 к	10,65	10,77	45,21	46,11	4,1	4,3
Фон + 100Znc	9,23	9,34	36,54	40,54	4,1	4,0
Фон + 150 Zn с	9,50	9,63	43,94	44,34	4,3	4,1
Фон +250 Zn с	9,56	9,67	43,70	45,40	4,3	4,1

*Годы исследований: 1 - 2017 г., 2 - 2018 г.

6. Окупаемость применения макроудобрений и цинка при основном внесении прибавкой урожая зерна пшеницы

Вариант опыта	Прибавка урожая, ц/га		Окупаемость удобрений, кг/кг	
	от NPK/NPK + Zn	от Zn	от NPK/NPK + Zn	от Zn
<i>Дерново-подзолистая тяжелосуглинистая почва (опыт1)</i>				
Контроль	-	-	-	-
$N_{120}P_{60}K_{90}$ - фон	19,0/-	-	7,0/-	-
Фон + Zn 5	19,0/23,4	4,4	7,0/8,7	87
Фон + известь 1,5 г.к.	12,8	-	-	-
Фон + известь 1,5 г.к. + Zn 5	19,0/25,0	6,0	7,0/9,5	120
Фон + известь 2,5 г.к.	25,0	-	-	-
Фон + известь 2,5 г.к. + Zn 5	19,0/24,5	5,5	7,0/9,0	110
<i>Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва (опыт 2)</i>				
Контроль (без удобрений)	-	-	-	-
$N_{120}P_{90}K_{90}$ - фон	11,8/-	-	3,9/-	-
Фон + Zn 1,5 к	11,8/15,1	3,3	3,9/5,0	220
Фон + Zn 3,0 к	11,8/16,1	4,3	3,9/5,4	143
Фон + Zn 5,0 к	11,8/16,2	4,4	3,9/5,4	88
Фон + Zn 7,5 к	11,8/17,4	5,6	3,9/5,8	75
Фон + Zn 1,5 с	11,8/13,6	1,8	3,9/4,5	120
Фон + Zn 3,0 с	11,8/14,7	2,9	3,9/4,9	97
Фон + Zn 5,0 с	11,8/15,4	3,6	3,9/5,1	72
Фон + Zn 7,5 с	11,89/16,5	4,7	3,9/5,5	63

Установлено, что на дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почвах цинковые удобрения, применяемые в комплексе NP, обеспечили рост окупаемости с 7,0 до 9,5 кг/кг (~ 30%). На дерново-подзолистых легких почвах окупаемость 1 кг $N_{120}P_{90}K_{90}$ (300 кг/га) без цинка составляла 3,9 кг/кг, а с цинком, в зависимости от его доз и форм, возрастала на 38-49%. Следовательно, применение цинковых микроудобрений под озимую пшеницу - достаточно эффективный прием при совершенствовании технологий ее возделывания.

Заключение. Озимая пшеница сорта Московская 39, возделываемая в Нечерноземье, высоко отзывается не только на NPK-удобрения, но и на цинковые микроудобрения. Комплексное их применение на дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почвах обеспечивало получение урожайности зерна изучаемой культуры 63-75 ц/га, а на легкосуглинистых почвах – 32-34 ц/га. На почвах систематически известкованных в многолетнем стационарном опыте в 11-й ротации севооборота прибавки урожая зерна пшеницы при использовании цинковых удобрений достигали 4,4-6,0 ц/га. На почвах более легкого гранулометрического состава (легкосуглинистые) получены аналогичные прибавки урожая зерна от цинка, но они существенно варьировали в зависимости от форм цинковых удобрений, способов и доз их применения. Это следует учитывать при их практическом использовании. На легких дерново-подзолистых почвах средние уровни прибавок урожайности зерна от NPK составляли 72,4%. Использование цинковых удобрений различными способами на фоне NPK обеспечивало увеличение дополнительной прибавки урожая зерна на 12-20% при внесении их в почву в форме комплексоната и на 10-17% – традиционной соли. Некорневые подкормки, соответственно, увеличивали сборы зерна на 2,5-4,3 ц/га (9-15%) и на 1,5-2,6 ц/га (5-9%), т.е. новая форма цинкового удобрения более эффективна, а основной способ применения цинка предпочтительнее, чем некорневые подкормки. Наибольшую прибавку урожая зерна пшеницы в условиях опыта обеспечили дозы цинка, максимальные из изученных: при основном внесении элемента – 5,0-7,5 кг д.в./га, при подкормках – 150-250 г/га препарата. Цинковые удобрения превосходят по окупаемости прибавок урожая макроудобрения на 1-2 порядка. Применение цинка в комплексе с минеральным удобрением способствует росту окупаемости NPK.

Литература

1. Аристархов А.Н. Оптимизация питания растений и применения удобрений в агроэкосистемах. – М.: МГУ-ЦИНАО, 2000. – 524 с.
2. Сычев В.Г., Аристархов А.Н., Харитонов А.Ф. и др. Интенсификация продукционного процесса растений микроэлементами. Приемы управления. – М., 2009. – 520 с.
3. Сычев В.Г., Аристархов А.Н., Яковлева Т.А. Цинк в агроэкосистемах России. Мониторинг и эффективность применения. – М.: ВНИИА, 2015. – 203 с.
4. Ваулина Г.И., Алиев А.М., Тимофеев О.В. Экологическая оценка применения средств химизации под озимую пшеницу //Плодородие, 2005. – №3. – С. 25-26.
5. Ладонин В.Ф. Экологические проблемы комплексной химизации земледелия. – М.: ВИУА, 2000. – 88 с.
6. Ладонин В.Ф., Милащенко Н.З., Алиев А.М. и др. Рекомендации по комплексному применению агрохимических средств в современных технологиях возделывания зерновых культур. – М., 2001. – 64 с.
7. Алиев А.М., Сычев В.Г., Ваулина Г.И., Самойлов Л.Н. Научные основы комплексного применения средств химизации и гигиенические аспекты интенсификации земледелия. – М., 2013. – 195 с.
8. Анспок П.И. Микроудобрения. – М.: Агропромиздат, 1990. – 272 с.
9. Аштаб И.В. Взаим.

действие цинка с другими микроэлементами как показатель его активности // Агрохимия. – 1994. – №11. – С. 114-120. 10. *Аристархов А.Н.* Нормирование рационального экологически безопасного применения микроудобрений в различных почвенно-климатических зонах России. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2013. Т.2. – С.223-244. 11. *Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях (перевод с английского) – М.: Мир, 1989. – 376 с. 12.

Минеев В.Г. Экологические проблемы агрохимии. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 284 с. 13. *Минеев В.Г., Алексеев А.А., Тришина Н.А.* Цинк в окружающей среде // Агрохимия. – 1984. – №3. – С. 94-104. 14. *Пейве Я.В.* Агрохимия и биохимия микроэлементов. – М.: Наука, 1980. – 30 с. 15. *Практикум по агрохимии* / Под ред. В.Г. Минеева. – М.: МГУ, 2001. – 688 с.

EFFICIENCY OF ZINC FERTILIZERS UNDER THE WINTER WHEAT

A.N. Aristarkhov, N.A. Kirpichnikov, V.V. Vinogradov

Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127550 Moscow, Russia

The winter wheat of a grade Moskovskaya 39 on sod-podsolic soils praises on application not only NPK fertilizers, but also zinc. On the heavy-loamy soils the level of additional grain yield because of zinc on backgrounds of N120P60K90 was 4.4-6.0 c/hectare, and on sandy loam – 3.3-5.5 c/hectare. Their payback an increase of a harvest reaches depending on doses 88-120 kg/kg on the heavy-loam soils and 63-220 kg/kg – on sandy loam. They promote increase in payback of use of traditional NPK fertilizers, according to soils, from 7.0 to 9.5 kg/kg and, from 3.9 to 5.8 kg/kg (for 36-49%). As the most effective doses of zinc are recognized: 5.0-7.5 kg/hectare – at their main application, and at foliar application – 150-250 g/hectare. Complex with Zn (organic Zn salt on the basis of EDTA (Solu Mikro-Zn15) surpasses in efficiency traditional salt of zinc (Zn sulfate), respectively, from doses and ways of their use: at the main application 1.4-2.5 c/hectare, and with additional fertilizing – on 1.0-1.7c/hectare.

Keywords: winter wheat, zinc fertilizers, efficiency of application, payback of fertilizers, additional yield, preferable ways, dose of zinc.

УДК 631.58:634.8

АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ЯРОВУЮ ПШЕНИЦУ В УСЛОВИЯХ ЗАУРАЛЬЯ

*Е.А. Семенова, Р.А. Афанасьев, д.с.-х.н., ВНИИА, E-mail: rafail-afanasev@mail.ru
127550, Москва, ул. Прянишникова, 31а*

Работа выполнена по госзаданию №0572-2019-0011

Целью исследований трехлетнего полевого опыта (2015-2017 гг.) с применением азотных, фосфорных и калийных удобрениями было изучение их экономической эффективности при удобрении яровой мягкой пшеницы, возделываемой в почвенно-климатических условиях Уральского региона. Опыт заложен на окультуренной серой лесной почве по 14-вариантной схеме применения минеральных удобрений (NPK) в дозах от 30 до 120 кг д.в./га каждого из элементов, вносимых на фоне двух других. Сорт яровой пшеницы - Симбирцит, предшественник – черный пар. В результате исследований выявлено, что под влиянием минеральных удобрений на серой лесной почве повышается урожайность яровой пшеницы, улучшаются качество зерна, а также эффективное плодородие почвы. Однако затраты на внесение удобрений зачастую не оправдывались вследствие почвенно-климатических особенностей данного региона, с одной стороны, и несбалансированности цен на удобрения и получаемую зерновую продукцию, с другой. В этих агроэкологических условиях Уральского региона наиболее приемлемым, с экономической точки зрения, оказалось применение дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$, которую и можно рекомендовать сельскохозяйственному производству.

Ключевые слова: яровая пшеница, урожайность, минеральные удобрения, экономическая эффективность.

DOI: 10.25680/S19948603.2019.107.03

Одним из направлений повышения экономической эффективности сельскохозяйственного производства Зауралья является ресурс- и энергосбережение. В основе такого подхода лежит сопоставление показателей экономической оценки агромероприятий, прежде всего применения минеральных удобрений, с учетом разницы стоимости урожая и дополнительных затрат на его получение. Увеличить урожайность и, следовательно, повысить экономические показатели возможно за счет действия разных факторов, среди которых немаловажную роль играет рациональное применение минеральных удобрений. Необходимо установить их наиболее экономически эффективные дозы. В этом состоят актуальность и цель проведенных расчетов экономической эффективности применения удобрений под яровую пшеницу, основанных на результатах полевого опыта.

Методика. Трехлетние исследования (2015 – 2017 гг.) по изучению действия возрастающих доз минеральных удобрений на продуктивность яровой пшеницы с целью выявления наиболее эффективных из них с экономической точки зрения были проведены в полевом опыте, заложенном на типичной для Зауралья серой лесной почве. Предшественник - черный пар. Опыт заложен по 14-вариантной схеме применения минеральных удобрений (NPK), включая контроль (без удобрений). Урожайность яровой пшеницы под влиянием каждого вида удобрения - N, P, K изучали на фоне двух других: азотных – на фоне фосфорных и калийных, фосфорных – на фоне азотных и калийных, калийных – на фоне азотных и фосфорных. Фоновые варианты: $P_{60}K_{60}$, $N_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}$. Дозу каждого варьируемого элемента питания равномерно увеличивали по вариан-