

DOI: 10.25637/TVAN.2018.03.04.

УДК 633.11:631.82; 631.9; 631.559

Золкина Е. И.

**ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ СОРТОВ
ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ПОКАЗАТЕЛИ БАЛАНСА ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ
НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ
ЗОНЫ**

Всероссийский НИИ органических удобрений и торфа –
филиал ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр»

Реферат. Цель исследований – выявить возможность производственного использования новых сортов озимой пшеницы для получения высоких устойчивых урожаев на дерново-подзолистой почве, установить наиболее благоприятный удобрительный режим минерального питания для получения конкурентоспособного продовольственного зерна высокого качества и определить изменение показателей баланса биогенных элементов. Задачи: изучить влияние уровня удобренности на продуктивность различных сортов озимой пшеницы, определить вынос питательных элементов и показатели баланса биогенных элементов. В полевом опыте № 1 (2007–2009) на дерново-подзолистой супесчаной почве Нечерноземной зоны изучали эффективность применения низких ($N_{30}P_{20}K_{30}$), средних ($N_{60}P_{40}K_{60}$) и высоких ($N_{120}P_{60}K_{90}$) доз минеральных удобрений под озимую пшеницу сортов: Московская 39, ТАУ, Суздальская 2, Немчиновская 24, Слав, Мера, Лавина, Заря. Сорты интенсивного типа Немчиновская 24 и Мера показали высокую отзывчивость на условия минерального питания, что позволило на фоне высоких доз минеральных удобрений получить максимальную урожайность зерна 40–42 ц/га в среднем за три года. Урожайность сорта Заря (St.) на фоне высоких доз удобрений составила 38 ц/га. Максимальная урожайность пластичного сорта озимой пшеницы ТАУ получена на фоне средних доз удобрений – 31 ц/га. Вынос элементов питания с урожаем зерна озимой пшеницы составил: азота – 54–122 кг/га, калия – 34–92 кг/га и фосфора – 25–52 кг/га. При возделывании современных сортов озимой пшеницы положительный баланс азота, фосфора и калия может быть обеспечен лишь внесением высоких доз удобрений. Применение минеральных удобрений в длительном стационарном опыте № 2 (проводится с 1968) в дозах $N_{50}P_{50}K_{60}$, обеспечивающих бездефицитный баланс элементов питания, способствовало получению на легких дерново-подзолистых почвах урожайности интенсивного сорта озимой пшеницы Заря 39 ц/га при интенсивности баланса 110–146 %.

Ключевые слова: минеральные удобрения, озимая пшеница (*Triticum L.*), урожайность, вынос, баланс, элементы питания, дерново-подзолистая почва.

Введение

Мировая и отечественная практика интенсивного земледелия убедительно показывает, что удобрения – это материальная основа количества и качества получаемой растениеводческой продукции. Применение минеральных удобрений обеспечивает максимальную продуктивность при рациональном расходовании элементов питания. Отзывчивость растений на удобрения тесно связана с генетически закрепленными свойствами, которые соответствуют каждому конкретному генотипу (сорт). Сельскохозяйственное производство должно переходить на современные высокоадаптивные и пластичные сорта, способствующие ресурсоэнергосбережению [1].

В росте урожайности и увеличении производства зерна важнейшая роль принадлежит новым сортам. Необходимо учитывать, что сорт – не только средство

повышения урожайности, но и фактор, без которого невозможно реализовать достижения науки и техники. В сельскохозяйственном производстве сорт выступает как биологическая система, которую нельзя ничем заменить [2, 3]. Для стабильной реализации продуктивного потенциала новые сорта должны обладать широким диапазоном реакции на изменяющиеся экологические факторы. В последние годы наблюдается увеличение аридности климата, усиливаются не только водные и температурные стрессы, но и воздействие патогенной микрофлоры и вредных насекомых. По данным многих исследователей, возделываемые в настоящее время сорта озимой пшеницы интенсивного типа отличаются повышенными требованиями к условиям минерального питания, и только при их удовлетворении могут формировать высокие урожаи [4, 5]. При разработке режима минерального питания в опыте, балансовых расчетах, оценке урожайности сортов озимой пшеницы очень важно учитывать особенности воздействия агротехнических факторов, влияние на величины показателей выноса элементов питания из урожая основной продукции с учетом побочной.

Цель исследований – выявить возможность производственного использования новых сортов озимой пшеницы для получения высоких устойчивых урожаев на дерново-подзолистой почве, установить наиболее благоприятный удобрительный режим минерального питания для получения конкурентоспособного продовольственного зерна высокого качества и определить изменение показателей баланса биогенных элементов.

Задачи исследования:

1. Изучить влияние уровня удобренности на продуктивность различных сортов озимой пшеницы;
2. Определить вынос питательных элементов и показатели баланса биогенных элементов.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в двух полевых опытах на поле «ВНИИ органических удобрений и торфа» (п. Вяткино, Владимирская область).

Первый опыт. В двухфакторном полевом опыте (2007–2009 гг.) проводили оценку продуктивности новых сортов озимой пшеницы и отзывчивости их на внесение удобрений проводили в звене севооборота: донник (однолетний люпин на зерно) – овес – чистый пар – озимая пшеница. Почва – дерново-подзолистая супесчаная. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта почвы: гумус по Тюрину – 1,34–1,57 %; содержание азота аммиачного – 1,68 мг/кг сырой почвы; содержание подвижных форм фосфора – 47–49 мг/кг 100 г почвы; обменного калия – 104–106 мг/кг; рН – 4,7–5,2; Нг – 1,28–3,4 мг (экв.)/100 г почвы.

Опыт проводили во времени в трех полях (первая часть начата в 2006 г., вторая – в 2007 г. и третья – в 2008 г.) в трехкратной повторности на четырех фонах элементов минерального питания, площадь делянки 35 м².

Первый фактор – интенсивность применения минеральных удобрений. Фоны: 1. Без удобрений; 2. N₃₀P₂₀K₃₀; 3. N₆₀P₄₀K₆₀; 4. N₁₂₀P₆₀K₉₀. Фосфорные и калийные удобрения вносили под предпосевную культивацию, азотные – в подкормку при весеннем отрастании озимой пшеницы. При высоком уровне удобренности (N₁₂₀P₆₀K₉₀) четверть дозы азота вносили под предпосевную культивацию, половину – весной в начале кушения, четверть – в фазу выхода в трубку.

Второй изучаемый фактор – сорта. Исследовано восемь сортов озимой пшеницы интенсивного типа – Заря, ТАУ, Немчиновская 24, Сплав, Мера, Лавина и пластичного – Московская 39, Суздальская 2. Сорта являются среднеспелыми, имеют

различную потребность в минеральных удобрениях и отзывчивость на них, выносливость к стрессовым условиям, пластичность.

Агротехника возделывания озимой пшеницы общепринятая для Владимирской области. Перед посевом проводили протравливание семян озимой пшеницы фунгицидом «Виал ТТ» (0,5 л/т). Срок сева – четвертое сентября, норма высева – 2,5–3 млн шт. всхожих семян на 0,04 га. Учет урожая – сплошной поделяночный с помощью комбайна SAMPO-2085TS (СН 4800).

Математическая обработка результатов проведена с помощью методов дисперсионного и корреляционного анализов, с использованием статистического приложения STADIA 5.2 [6].

Лабораторные исследования NPK в растениях выполнены в соответствии с ГОСТ 13496.4-93, ГОСТ 26657-97 [7, 8]. Окупаемость рассчитывали делением полученной прибавки от внесения удобрений, выраженной в кг з. ед. на сумму питательных элементов внесенных удобрений. Следует отметить, что в агрохимии принято выделять несколько показателей выноса. Так, согласно ГОСТ 20432-83: «Вынос питательных элементов из почвы – это количество питательных элементов, отчуждаемых из почвы урожаем основной и побочной продукции сельскохозяйственных культур на единицу площади» [9]. Все виды полевых и лабораторных исследований выполнены в соответствии с ГОСТ 26207-91, ГОСТ 26483-85 [10, 11].

Метеорологические условия за годы исследований (2007–2009 гг.) были контрастными по влаго- и теплообеспеченности (таблица 1). Сумма осадков в 2008 г. составила 762 мм, что выше среднемноголетних данных (584 мм) на 178 мм, ГТК составил 2,2 (таблица 2). Год характеризовался избыточным увлажнением, сумма осадков за вегетационный период составила 451 мм. Дефицит влаги отмечали в 2007 и 2009 гг. в межфазный период налива и созревания зерна, который является критическим для зерновых культур. Так, в июне выпало осадков 34–37 мм при среднемноголетних показателях 62 мм, а среднесуточная температура воздуха составила 15,6–16,6 °С. Растения в этот период испытывали сильный недостаток влаги, так как запасы продуктивной влаги в почве в корнеобитаемом слое были на уровне влажности завядания.

Таблица 1 – Количество осадков по годам

Осадки	Год исследований					
	2007		2008		2009	
	мм	%	мм	%	мм	%
Осенние (вторая декада сентября – третья декада октября)	114	19,6	71	9,3	149	28,5
Осенние и ранневесенние (первая декада сентября – вторая декада апреля)	218	37,4	240	31,5	197	37,7
Вегетационный период (третья декада апреля – первая декада сентября)	250	43,0	451	59,2	176	33,7
Сумма	582	–	762	–	522	–

Таблица 2 – Гидротермический коэффициент и сумма температур за вегетационный период

Показатель	Год исследований		
	2007	2008	2009
Гидротермический коэффициент	0,94	2,2	1,0
Сумма температур за вегетационный период, °С	2150	1890	1970

Второй опыт. В длительном втором стационарном опыте, проводимом с 1968 г., изучают влияние различных систем удобрений на продуктивность

зернопропашного севооборота, качество продукции и плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы. Схема опыта состоит из 16 вариантов. В работе использовали данные, полученные в вариантах: 1. Без удобрений; 2. N₅₀P₂₅K₆₀; 3. N₅₀P₅₀K₆₀; 4. N₁₀₀P₅₀K₁₂₀. В опыте использованы варианты только с минеральными удобрениями, так как остальные 12 вариантов проводили с внесением органических удобрений совместно с минеральными.

Минеральные удобрения в опыте вносили по плану под все культуры севооборота, кроме люпина. Длительный стационарный опыт заложен в севообороте: однолетний люпин – озимая пшеница – картофель – ячмень. Повторность в опыте четырехкратная, размер делянки 161 м² [8]. Почва дерново-подзолистая супесчаная. Свойства почвы перед закладкой опыта: рН – 6,2–6,5; гидролитическая кислотность – 1,0–2,2 мг (экв.)/100 г; сумма поглощенных оснований – 4,8–5,3 м (экв.)/100 г; P₂O₅ – 1,4–2,5, K₂O – 6,3–10,4 мг/100 г; содержание гумуса – 1,05–1,17 %.

Опыт входит в Географическую сеть опытов с удобрениями России и в Международную сеть опытов по изучению динамики содержания гумуса при сельскохозяйственном использовании почв (GSTE-Somnet и Euro-Somnet). В данной статье по длительному стационарному опыту рассматривается культура озимая пшеница сорт интенсивного типа Заря. Данные представлены за десятилетие (2010–2014 гг.) и одиннадцатую ротацию (2014–2017 гг.).

Результаты и их обсуждение

Установлено, что количество осадков было недостаточным за вегетационный период 2007 и 2009 гг., применение удобрений более N₃₀P₂₀K₃₀ не дало достоверное увеличение урожайности (от 22,9–30,3 ц/га, таблица 3). На фоне высоких доз минеральных удобрений N₁₂₀P₆₀K₉₀ проведение второй азотной подкормки, существенно влияющей на урожайность озимой пшеницы, было малоэффективным, прибавка составила 1,9 ц/га по сравнению с фоном средних доз N₆₀P₄₀K₆₀. По всей видимости, это обусловлено дефицитом влаги в фазу выхода в трубку. В то же время при достаточном увлажнении 2008 г. урожайность озимой пшеницы в вариантах с высокой дозой удобрений N₁₂₀P₆₀K₉₀ была значительно выше (в 1,7 раза) по сравнению с контролем и в 1,2 раза по сравнению с фоном N₃₀P₂₀K₃₀.

Таблица 3 – Влияние минеральных удобрений на урожайность сортов озимой пшеницы, ц/га

Сорт	Вариант опыта												среднее за 2007–2009 гг.
	Без удобрений			N ₃₀ P ₂₀ K ₃₀			N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀			N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀			
	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	
Московская 39	19,3	31,6	17,0	24,4	39,5	24,4	25,1	40,2	27,5	23,5	53,7	29,3	29,6
ТАУ	22,9	31,2	12,0	27,0	41,2	18,9	25,7	41,6	24,3	24,5	36,9	24,2	27,5
Суздальская 2	20,2	27,7	13,6	24,3	39,8	22,9	24,2	39,2	26,1	23,6	52,6	27,2	28,4
Немчиновская 24	24,6	24,1	20,3	31,2	39,2	25,0	32,5	46,2	28,2	31,1	56,6	30,8	32,5
Сплав	24,3	20,2	22,9	29,5	27,6	29,2	28,4	40,2	30,8	27,7	40,9	33,7	29,6
Мера	25,2	36,1	21,9	30,3	51,0	30,2	32,6	53,4	32,7	29,1	64,8	33,3	36,7
Лавина	24,1	27,1	5,8	28,8	40,9	7,2	34,0	46,1	8,6	30,6	57,2	11,5	26,8
Заря	25,0	28,6	21,1	26,3	42,0	29,5	31,8	40,7	30,9	28,6	50,7	34,2	32,4

Примечание. НСР 2007 г. – 5,9 ц/га; НСР 2008 г. – 7,7 ц/га; НСР 2009 г. – 5,6 ц/га.

Можно отметить, что при дробном внесении азота велико влияние погодных условий, так в переувлажненном 2008 г. выделился сорт интенсивного типа Мера, который обеспечил урожайность зерна 64,8 ц/га. В среднем за годы исследований

этот сорт обеспечил урожайность 37,2–42,4 ц/га, при окупаемости одного кг NPK прибавкой урожая 5,4–11,9 кг зерна (рисунок 1).

Следует отметить, что эффективность минеральных удобрений сильно зависит от погодных условий и адаптивной способности сорта. Высокой продуктивностью характеризовался сорт Немчиновская 24, максимальная урожайность которого составила 56,6 ц/га, а оплата – один кг NPK (урожаем 6,1 кг зерна).

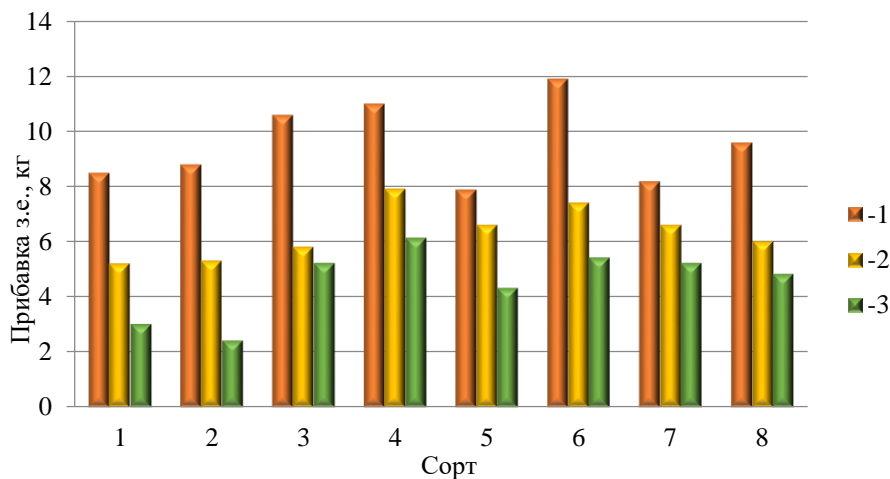


Рисунок 1 – Окупаемость одного кг минеральных удобрений (в среднем за 2007–2009 гг.)

Примечание. Сорта: 1. Московская 39; 2. ТАУ; 3. Суздальская 2; 4. Немчиновская 24; 5. Слав; 6. Мера; 7. Лавина; 8. Заря.

Примечание легенды. 1. $N_{30}P_{20}K_{30}$; 2. $N_{60}P_{40}K_{60}$; 3. $N_{120}P_{60}K_{90}$.

В годы неустойчивого увлажнения (2007 и 2009 гг.) урожайность этого сорта на высоком фоне минеральных удобрений $N_{120}P_{60}K_{90}$ варьировала от 30,8–31,1 ц/га по сравнению с фоном без удобрений. Старый районированный сорт Заря в различных условиях внешней среды способен достигать урожайность на среднем ($N_{60}P_{40}K_{60}$) и высоком ($N_{120}P_{60}K_{90}$) фоне – 30,9 и 50,7 ц/га соответственно.

Исследования показали, что 2009 г. характеризовался недостатком осадков. Менее устойчив к альтернариозу сорт Лавина, на всех уровнях минерального питания его урожайность составила 5,8–11,5 ц/га. В среднем за годы исследований по всем восьми сортам применение низких доз удобрений ($N_{30}P_{20}K_{30}$) обеспечивало увеличение урожайности озимой пшеницы на 7,7 ц/га (32 %) при оплате одного кг NPK – 9,6 кг зерна, $N_{60}P_{40}K_{60}$ на 10,2 ц/га (41 %) при оплате 6,4 кг зерна на один кг NPK, $N_{120}P_{60}K_{90}$ – 12,9 ц/га (53 %) при оплате одного кг NPK – 4,8 кг.

Результаты длительного стационарного опыта (№ 2) показали, что эффективность видов минеральных удобрений зависела от биологических особенностей культур, погодных условий, а также от продолжительности их использования. В десятой ротации были года как с большим дефицитом влаги, так и с ее избытком. Неблагоприятные погодные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур зафиксированы в течении вегетационных периодов 2010, 2011 и 2013 гг. После засушливого периода были сильные ливневые дожди, которые привели к полеганию озимой пшеницы. Особенно экстремальные условия были в 2010 г. Так, в июле в самый критический период роста и развития растений дневные температуры были выше 30 °С, а осадки практически не выпадали.

Метеорологические условия в одиннадцатой ротации (2015–2016 гг.) были благоприятными для возделывания озимой пшеницы (рисунки 2, 3).

В десятой ротации севооборота использование удобрений на фоне средних доз $N_{50}P_{50}K_{60}$ обеспечило урожайность озимой пшеницы 29,4 ц/га (таблица 4). Прибавка урожая пшеницы составила 14,7 ц з.ед./га, или 100 %, а долевое участие удобрений в формировании урожая достигало 50 %. При этом интенсивность баланса азота с учетом его биологической фиксации люпином, составила 124 %, фосфора – 192 % и калия 136 % (таблица 5).

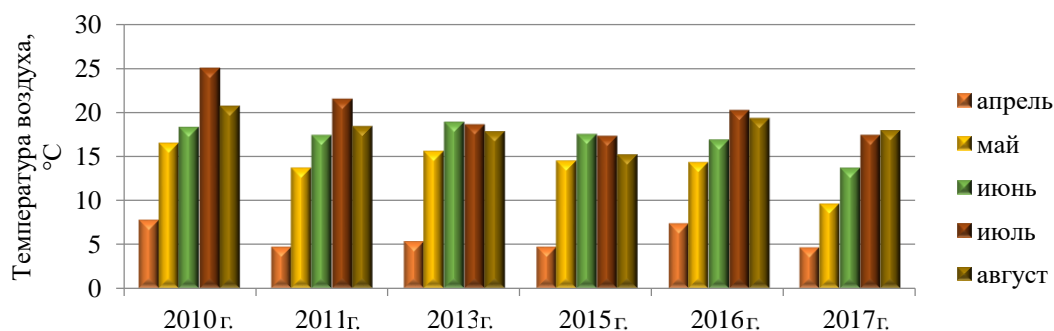


Рисунок 2 – Среднемесячная температура воздуха в течение вегетационного периода

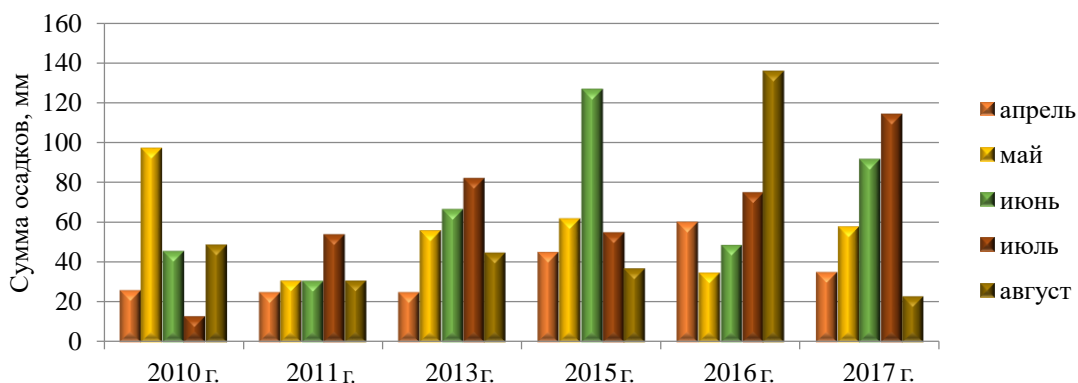


Рисунок 3 – Сумма осадков в течение вегетационного периода

Коэффициенты использования питательных веществ удобрений на этом фоне составили 49,26 и 41 % соответственно. Двукратное увеличение дозы $N_{100}P_{50}K_{120}$ вносимых удобрений существенно снизило коэффициенты использования азота удобрений – в 1,5 раза, фосфора и калия – в 1,1–1,2 раза при значительном увеличении интенсивности баланса биогенных элементов, до 179–207 % в среднем. Эффективность минеральной системы удобрений на этом фоне по сравнению с фоном средних доз $N_{50}P_{50}K_{60}$ у озимой пшеницы была ниже.

Таблица 4 – Урожайность озимой пшеницы сорта Заря по ротациям

Вариант опыта	десятая ротация (2010–2014 гг.)			одиннадцатая ротация (2014–2017 гг.)		
	урожайность, ц/га	прибавка		урожайность, ц/га	прибавка	
		ц з.ед./га	%		ц з.ед./га	%
Без удобрений	14,7	–	–	26,8	–	–
$N_{50}P_{25}K_{60}$	29,4	14,7	100	37,3	10,5	39
$N_{50}P_{50}K_{60}$	28,6	13,9	95	39,0	11,8	44
$N_{100}P_{50}K_{120}$	27,6	12,9	88	30,7	3,9	15
$HCP_{0,95}$, ц/га	2,20	–	–	2,62	–	–

Урожайность одиннадцатой ротации в варианте без удобрений оказалась в 1,8 раза больше по сравнению с десятой ротацией, что обусловлено благоприятными погодными условиями 2015–2016 гг. Повышенные дозы минеральных удобрений N₁₀₀P₅₀K₁₂₀ не увеличили урожайность, но обеспечили бездефицитный баланс элементов питания. Интенсивность баланса составила на этом фоне для азота 122 %, фосфора – 143 % и калия 169 %, но в то же время произошло существенное снижение коэффициентов использования азота и калия в 1,6 раза и фосфора 1,8 раза относительно средних доз удобрений. При этом использование низких и средних доз удобрений обеспечило увеличение урожайности озимой пшеницы в одиннадцатой ротации по сравнению с десятой в 1,3 раза или на 21 %. Коэффициенты использования растениями NPK в одиннадцатой ротации на фоне этих доз были на 1,6–1,2 % выше по сравнению с фоном повышенных доз. Таким образом, применение минеральных удобрений средних доз N₅₀P₅₀K₆₀ обеспечивало более высокую урожайность по годам исследования.

Таблица 5 – Баланс питательных веществ и коэффициенты их использования из минеральных удобрений

Вариант опыта	Баланс, кг/га			Интенсивность баланса, %			Коэффициент использования		
	N ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	N ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	N ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O
десятая ротация (2010–2014 гг.)									
Без удобрений	-43	-53	-78	63	-	-	-	-	-
N ₅₀ P ₂₅ K ₆₀	59	96	63	124	192	136	49	26	41
N ₅₀ P ₅₀ K ₆₀	81	9	76	140	110	146	38	38	36
N ₁₀₀ P ₅₀ K ₁₂₀	233	87	248	179	177	207	31	30	32
одиннадцатая ротация (2014–2017 гг.)									
Без удобрений	-140	-	-	32	-	-	-	-	-
N ₅₀ P ₂₅ K ₆₀	-97	-30	12	75	77	95	62	53	57
N ₅₀ P ₅₀ K ₆₀	-70	60	-2	80	143	99	52	32	53
N ₁₀₀ P ₅₀ K ₁₂₀	89	65	197	122	143	169	40	29	35

Количество питательных элементов в опыте № 1, которое необходимо для роста и развития растений, определяют по их содержанию в урожае. При созревании озимой пшеницы основная масса азота и фосфора перемещалась в зерно, большая же часть калия оставалась в вегетативной массе растений.

Полученные данные (см. рисунок 2) свидетельствуют о том, что под влиянием минеральных удобрений происходит изменение химического состава зерна и соломы озимой пшеницы. Содержание азота в зерне за годы исследований на контрольном фоне (без удобрений) составило 1,99 %, а в соломе – 0,42 %. Применение удобрений в дозах N₆₀, N₁₂₀ повышало накопление азота в зерне до 2,24–2,41 %, способствуя улучшению его качества (рисунок 4).

На содержание в зерне фосфора минеральные удобрения оказали менее заметное влияние – 0,93–0,95 % (N₆₀; N₁₂₀) (контроль 0,84 %) и практически не оказали влияния на содержание калия – рост составил 0,44 % (0,49–0,59 %). С наибольшим содержанием азота в зерне выделились сорта интенсивного типа Мера с содержанием 2,07–2,2 %, Заря 2,1–2,3 % и пластичного типа Московская 39 – 2,2–2,4 %.

Содержание элементов питания в соломе сортов озимой пшеницы более заметно различалось в зависимости от доз минеральных удобрений (рисунок 5). Содержание азота в соломе повышается по мере увеличения содержания подвижных фосфатов в почве и доз азотного удобрения.

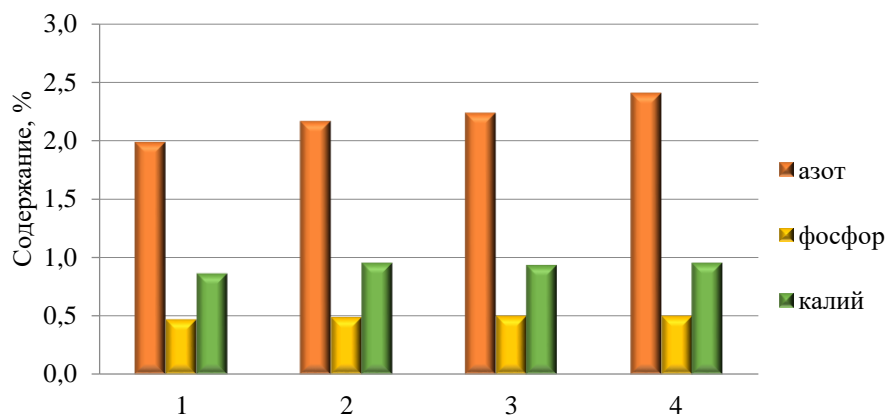


Рисунок 4 – Содержание элементов минерального питания в зерне озимой пшеницы в зависимости от доз минеральных удобрений (среднее за 2007–2009 гг.)

Примечание. 1. Без удобрений; 2. N₃₀P₂₀K₃₀; 3. N₆₀P₄₀K₆₀; 4. N₁₂₀P₆₀K₉₀.

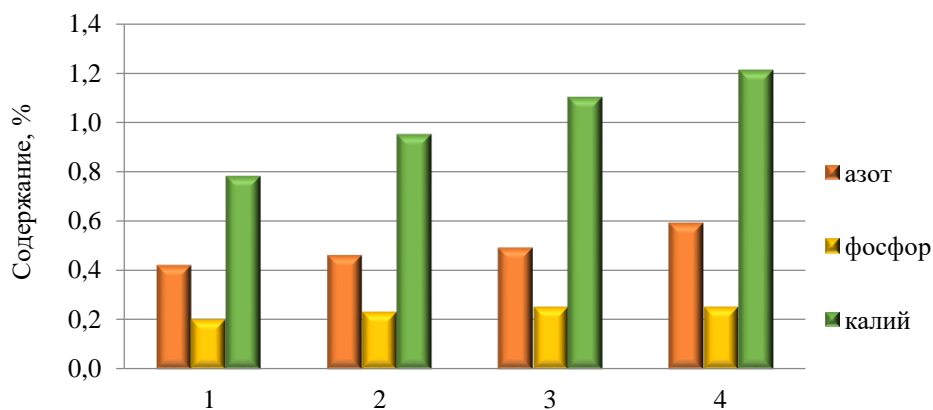


Рисунок 5 – Содержание элементов минерального питания в соломе озимой пшеницы в зависимости от доз минеральных удобрений

Примечание. 1. Без удобрений; 2. N₃₀P₂₀K₃₀; 3. N₆₀P₄₀K₆₀; 4. N₁₂₀P₆₀K₉₀.

Так, у сорта Мера по отношению к контролю содержание азота в соломе на фоне N₆₀P₄₀K₆₀ и N₁₂₀P₆₀K₉₀ повышалось незначительно – 0,02–0,09 %, у стандартного сорта Заря и пластичного сорта Московская 39 – 0,02–0,13 и 0,04–0,12 % соответственно. Внесение низких (P₄₀) и средних доз (P₆₀) фосфорных удобрений сопровождалось сравнительно небольшим повышением содержания фосфора в соломе озимой пшеницы. Содержание калия в соломе сортов озимой пшеницы зависело от дозы калийного удобрения по отношению к контролю на фоне средних и высоких доз минеральных удобрений. У вышеперечисленных сортов содержание калия увеличивалось на 0,06–0,23; 0,17–0,27 и 0,39–0,48 % соответственно уровням обеспеченности почвы. Необходимо отметить, что действие минеральных удобрений на урожайность сортов озимой пшеницы обусловлено многими факторами, среди которых определяющее значение имеют уровень плодородия почвы, сроки и способы внесения удобрений. В целом химический состав культур возделываемых сортов озимой пшеницы на дерново-подзолистых почвах проявляет определенную стабильность. Внесение удобрений заметно меняет содержание азота в зерне пшеницы и приводит к увеличению концентрации калия в соломе.

Потребность сельскохозяйственных культур в элементах питания характеризуется выносом их с урожаем основной и побочной продукции. На основании данных химического состава зерна и соломы нами рассчитан вынос элементов питания с урожаями растений озимой пшеницы (рисунки 6–8). Вынос питательных веществ растениями из почвы возрастает с увеличением урожая. Однако прямой пропорциональности между величиной урожая и размером выноса основных питательных элементов часто не наблюдается. В среднем за 2007–2009 гг. вынос азота, фосфора и калия увеличивался по мере повышения доз минеральных удобрений (рисунки 6–8).

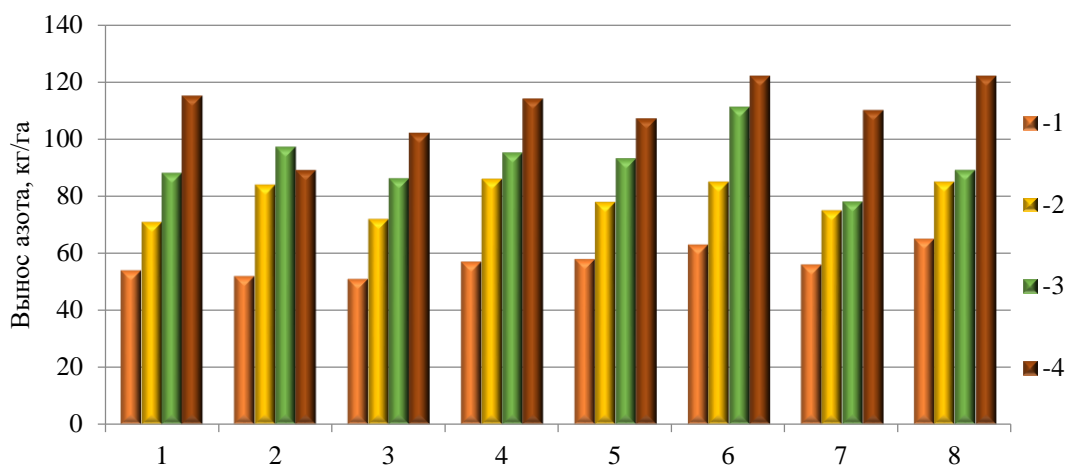


Рисунок 6 – Вынос азота урожаем зерна в зависимости от сорта озимой пшеницы и фона минеральных удобрений (среднее за 2007–2009 гг.)

Примечание. Сорта: 1. Московская 39; 2. ТАУ; 3. Суздальская 2; 4. Немчиновская 24; 5. Слав; 6. Мера; 7. Лавина; 8. Заря.

Примечание легенды. 1. Без удобрений; 2. N₃₀P₂₀K₃₀; 3. N₆₀P₄₀K₆₀; 4. N₁₂₀P₆₀K₉₀.

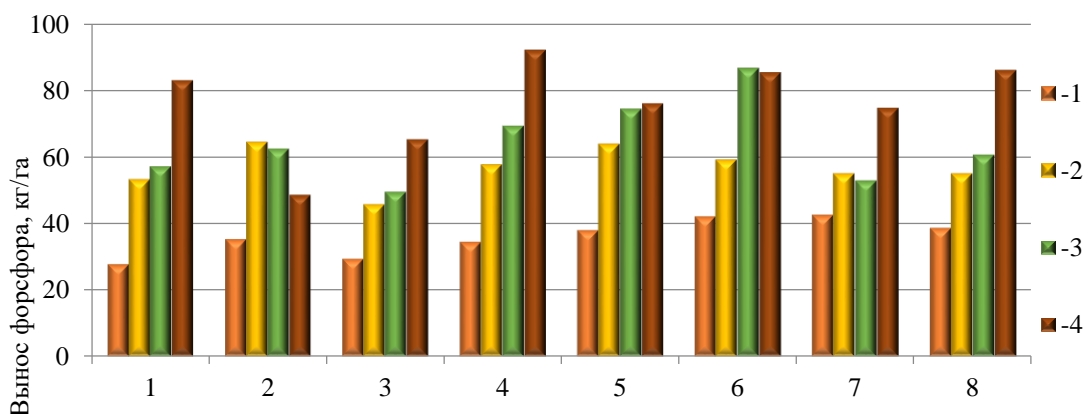


Рисунок 7 – Вынос фосфора урожаем зерна в зависимости от сорта озимой пшеницы и фона минеральных удобрений (среднее за 2007–2009 гг.)

Примечание. Сорта: 1. Московская 39; 2. ТАУ; 3. Суздальская 2; 4. Немчиновская 24; 5. Слав; 6. Мера; 7. Лавина; 8. Заря.

Примечание легенды. 1. Без удобрений; 2. N₃₀P₂₀K₃₀; 3. N₆₀P₄₀K₆₀; 4. N₁₂₀P₆₀K₉₀.

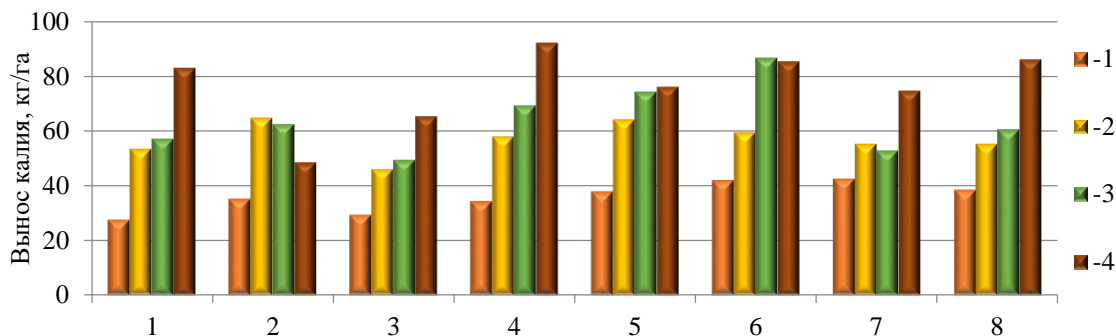


Рисунок 8 – Вынос калия урожаем зерна в зависимости от сорта озимой пшеницы и фона минеральных удобрений (среднее за 2007–2009 гг.)

Примечание. Сорта: 1. Московская 39; 2. ТАУ; 3. Суздальская 2; 4. Немчиновская 24; 5. Слав; 6. Мера; 7. Лавина; 8. Заря.

Примечание легенды. 1. Без удобрений; 2. $N_{30}P_{20}K_{30}$; 3. $N_{60}P_{40}K_{60}$; 4. $N_{120}P_{60}K_{90}$.

Установлено, что азот, внесенный с удобрениями, не полностью компенсирует вынос его с урожаем культур. На неудобренном фоне вынос азота, фосфора и калия был меньшим, чем на минеральном фоне. Соотношение между азотом и фосфором было 1:0,47, азотом и калием 1:0,63. Питание растений на фоне без удобрений идет только за счет элементов, содержащихся в почве. На фоне низких доз ($N_{30}P_{20}K_{30}$) вынос растениями всех элементов питания несколько увеличился. Внесенные в почву высокие дозы ($N_{120}P_{60}K_{90}$) минеральных удобрений не только увеличивали потребление NPK растениями, но и способствовало более полному использованию из почвы. В соответствии с величинами урожайности как основной, так и побочной продукции, размеры общего выноса азота у сортов озимой пшеницы в среднем за три года изменялись в пределах 72–121 кг/га, фосфора – 34–52 кг/га, калия – 53–92 кг/га. Самый большой вынос элементов питания урожаем был на фоне возрастающих доз ($N_{120}P_{60}K_{90}$) у сортов Мера и Немчиновская 24 соответственно и составил: азота – 122–114, фосфора – 52 и калия – 85–92 кг/га.

Расчет баланса NPK показал, что с урожаем зерна озимой пшеницы отчуждается больше элементов питания, чем вносится с удобрениями, что привело к отрицательному балансу на фоне низких ($N_{30}P_{20}K_{30}$) и средних ($N_{60}P_{40}K_{60}$) доз. Дефицит элементов питания в зависимости от дозы и соотношения удобрений составил: по азоту – 28–55, фосфору – 4–22, калию – 9–35 кг/га соответственно (таблица 6).

На фоне высоких доз ($N_{120}P_{60}K_{90}$) с урожайностью 30–50 ц/га баланс был бездефицитным. Внесение расчетных доз удобрений на повышенный уровень урожайности полностью компенсировало вынос NPK с урожаем. С повышением дозы минеральных удобрений ($N_{120}P_{60}K_{90}$) интенсивность баланса у сорта ТАУ была выше других сортов и составила: азота – –135 %, фосфора – –174 % и калия – 185 %, а коэффициент использования из удобрений ниже – 30; 12 и 15 соответственно, что объясняется более низкой урожайностью сорта и выносом элементов питания. Следует отметить, что азотные удобрения в дозе N_{30} положительно влияли и на повышение коэффициента использования. Данный показатель значительно превышал 100 %, что свидетельствует об усиленном использовании удобрений растениями озимой пшеницы данного сорта. Коэффициенты использования азота и калия были практически одинаковы во всех изучаемых сортах. Азотные удобрения положительно влияли и на повышение коэффициента использования калия. Озимая пшеница из удобрений использует азот и калий.

Таблица 6 – Баланс питательных веществ и коэффициенты их использования из минеральных удобрений (в среднем за 2007–2009 гг.)

Сорт	Баланс, кг/га			Коэффициент использования удобрений			Интенсивность баланса, %		
	N ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	N ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	N ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O
N ₃₀ P ₂₀ K ₃₀									
Московская 39	-41	-17	-23	57	45	86	42	55	56
ТАУ	-54	-20	-35	106	62	98	36	50	46
Суздальская 2	-42	-15	-16	70	50	55	41	57	65
Немчиноская 24	-56	-18	-28	96	60	78	35	53	52
Сплав	-48	-16	-34	67	43	87	39	55	47
Мера	-55	-22	-29	72	56	58	35	48	51
Лавина	-45	-15	-25	64	46	42	40	58	54
Заря	-55	-17	-25	66	42	55	35	54	54
N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀									
Московская 39	-28	6	3	56	17	49	68	116	105
ТАУ	-37	3	-3	74	25	46	62	107	96
Суздальская 2	-26	3	10	57	31	34	70	107	121
Немчиноская 24	-35	-4	-9	64	46	58	63	91	87
Сплав	-33	-3	-14	59	37	61	65	94	81
Мера	-51	-7	-27	80	41	75	54	85	69
Лавина	-18	5	7	36	24	17	77	115	113
Заря	-29	-0,3	-0,6	40	30	37	67	99	99
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀									
Московская 39	5	16	7	51	27	62	104	138	108
ТАУ	31	26	41	30	12	15	135	174	185
Суздальская 2	18	16	25	42	32	40	118	135	138
Немчиноская 24	6	8	-2	48	44	64	105	115	98
Сплав	13	17	14	41	25	42	112	140	118
Мера	-2	8	5	49	35	48	99	116	105
Лавина	10	16	15	45	32	36	109	135	120
Заря	-2	12	4	47	33	53	99	125	105

Выводы

Результаты исследований в опыте № 1 в условиях засухи 2007 г. и недостатка влаги в мае 2009 г. показали, что применение удобрений в дозах более N₃₀P₂₀K₃₀ не дает достоверное увеличение продуктивности посевов озимой пшеницы. В то же время при достаточном увлажнении в 2008 г. урожайность сортов озимой пшеницы на фоне высоких доз удобрений (N₁₂₀P₆₀K₉₀) возрастала в два раза по сравнению с контрольным вариантом. Наибольшей урожайностью и отзывчивостью на минеральные удобрения характеризуются сорта современного периода селекции – Немчиновская 24, Мера, Московская 39.

Вынос элементов питания в зависимости от сорта озимой пшеницы на фоне высоких доз минеральных удобрений, обеспечивших получение в среднем за три года 36 ц/га зерна на дерново-подзолистой почве, составил по азоту – 89–122 кг/га, по фосфору – 34–52 кг/га, по калию – 65–92 кг/га. Следует отметить, что низкие (N₃₀P₂₀K₃₀) и средние (N₆₀P₄₀K₆₀) дозы минеральных удобрений не компенсировали затраты элементов минерального питания на построение урожая, в связи с чем у всех изучаемых сортов в этих вариантах сложился дефицитный баланс. Для повышения плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы и получения стабильно высокой урожайности озимой пшеницы, целесообразным будет применение высоких доз минеральных удобрений (N₁₂₀P₆₀K₉₀).

Результаты длительного стационарного опыта № 2 показали, что на легких дерново-подзолистых почвах применение минеральных удобрений в дозах N₅₀P₅₀K₆₀

и $N_{100}P_{50}K_{120}$, обеспечивающих бездефицитный баланс NPK , способствует получению урожайности озимой пшеницы 28–38 ц з.ед./га и оптимальной интенсивности баланса элементов питания – 122–169 %. Коэффициенты использования питательных веществ удобрений составили: азота – 38–40 %, фосфора – 29–38 %, калия – 32–35 % в зависимости от дозы минеральных удобрений.

Литература

1. Сандухадзе Б. И., Журавлева Е. В. Азотная подкормка современных сортов озимой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья // Питание растений. 2012. № 2. С. 2–6.
2. Гончаренко А. А. Сравнительная оценка экологической устойчивости сортов зерновых культур // Достижения и перспективы селекции и технологического обеспечения АПК в Нечерноземной зоне РФ. М.: НИИСХ ЦРНЗ, 2006. С. 28–29.
3. Ефремова В. В., Аистова Ю. Т., Терпугова Н. И. Изменение сортового состава агроценоза озимого поля // Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края. Краснодар, 1997. 324 с.
4. Голосной Е. В. Продуктивность звена севооборота в зависимости от систем удобрений и обработки почвы // Плодородие. 2008. № 2. С. 39–40.
5. Ковтун В. И., Войсковой А. И. Источники высокого качества зерна для селекции новых сортов озимой мягкой пшеницы // Вестник АПК Ставрополя. 2014. № 1 (13). С. 28–31.
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1968. 88 с.
7. ГОСТ 13496.4-93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. М.: изд-во стандартов, 1995. 10 с.
8. ГОСТ 26657-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора. М.: изд-во стандартов, 1995. 10 с.
9. ГОСТ 20432-83. «Удобрения. Термины и определения». М.: изд-во стандартов, 1992. 19 с.
10. ГОСТ 26207-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М.: изд-во стандартов, 1993. 16 с.
11. ГОСТ 26483-85. Почвы. Определение рН солевой вытяжки, обменной кислотности, обменных катионов, содержания нитратов, обменного аммония и подвижной серы методом ЦИНАО. М.: изд-во стандартов, 1986. 20 с.

References

1. Sandukhadze B. I., Zhuravleva E. V. Nitric top dressing of modern varieties of winter wheat in the conditions of the Central Non-Black Earth Region // Pitaniye rasteniy. 2012. No. 2. P. 2–6.
2. Goncharenko A. A. Comparative assessment of ecological sustainability of varieties of grain crops // Achievements and prospects of selection and technological support of agrarian and industrial complex in the Non-Chernozem zone of the Russian Federation. Moscow: Research Institute of Agriculture of the Central Regions of the Non-chernozem Zone, 2006. P. 28–29.
3. Efremova V. V., Aistova Yu. T., Terpugova N. I. Change in the varietal composition of the winter field agrocenosis // Agroecological monitoring in agriculture of the Krasnodar region. Krasnodar, 1997. 324 p.
4. Golosnoy E. V. Productivity of crop rotation in different systems of fertilizers and soil management // Soil fertility. 2008. No. 2. P. 39–40.
5. Kovtun V. I., Voiskovoi A. I. Power quality grains for breeding new variety of winter wheat // Agricultural bulletin of Stavropol region. 2014. No. 1 (13). P. 28–31.
6. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Kolos, 1968. 88 p.
7. GOST 13496.4-93. Fodder, mixed fodder and animal feed raw stuff. Methods of nitrogen and crude protein determination. Moscow: publishing house of standards. 1995. 10 p.
8. GOST 26657-97. Fodders, mixed fodders, mixed fodder raw materials. Methods for determination of phosphorus content. Moscow: publishing house of standards. 1995. 10 p.
9. GOST 20432-83 Fertilizers. Terms and definitions. Date of introduction 1984-07-01. Moscow: publishing house of standards, 1992. 19 p.
10. GOST 26207-91. Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by Kirsanov method modified by CINAO. Moscow: Publishing house of standards. 1993. 16 p.
11. GOST 26483-85. Determination of pH of salt extract, exchangeable acidity, exchangeable cations, nitrates, exchangeable ammonium and mobile sulfur by CINAO method. Moscow: Publishing house of standards. 1986. 20 p.

UDC 633.11:631.82; 631.9; 631.559

Zolkina E. I.

INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS ON THE YIELD OF WINTER WHEAT VARIETIES AND INDICATORS OF THE BALANCE OF NUTRIENTS IN SOD-PODZOLIC SANDY LOAM SOIL OF NON-CHERNOZEM ZONE

Summary. The aim of the research was to identify the possibility of using new varieties of winter wheat to obtain high yields on sod-podzolic soil, to establish the most favorable regime of mineral nutrition for obtaining competitive high-quality food grain and to find changes in the balance of nutrients. The objectives of the research were to study the effect of fertilization on the productivity of different varieties of winter wheat; to determine loss of nutritional elements and indicators of the balance of biogenous elements. In the field experiment No. 1 (2007–2009) the effectiveness of using low ($N_{30}P_{20}K_{30}$), medium ($N_{60}P_{40}K_{60}$), and high ($N_{120}P_{60}K_{90}$) doses of mineral fertilizers on sod-podzolic sandy loam soil of the Non-Chernozem zone was studied. The trials were conducted on winter wheat varieties: 'Moskovskaya 39', 'TAU', 'Suzdal 2', 'Nemchinovskaya 24', 'Splav', 'Mera', 'Lavina', and 'Zarya'. Varieties of the intensive type 'Nemchinovskaya 24' and 'Mera' showed high responsiveness to mineral nutrition that allowed, against the background of high doses of mineral fertilizers, obtaining maximum grain yield at a rate of 40–42 centners per ha in average for the period of three years. The yield of variety 'Zarya' (standard) was 38 centners per ha against the background of the same doses of mineral fertilizers. The maximum yield of a plastic variety of winter wheat 'TAU' (31 centners per ha) was obtained using medium doses of fertilization. The loss of nutrients with the grain yield of winter wheat was as follows: nitrogen – 54–122 kg/ha, potassium – 34–92 kg/ha, and phosphorus – 25–52 kg/ha. A positive balance of nitrogen, phosphorus, and potassium during the cultivation of modern varieties of winter wheat can only be achieved by introducing high doses of fertilizers. The use of mineral fertilizers in the long-term stationary experiment No. 2 (carried out since 1968) at a rate $N_{50}P_{50}K_{60}$ that provide a non-deficient balance of nutrients contributed to the yield of intensive winter wheat 'Zarya' (39 centners per ha) on light sod-podzolic soil with the intensity of balance 110–146 %.

Keywords: mineral fertilizers, winter wheat (*Triticum L.*), yield, loss of nutritional elements, balance of nutrients, elements of nutrition, sod-podzolic soil.

Золкина Екатерина Ивановна, научный сотрудник, Всероссийский НИИ органических удобрений и торфа – филиал ФГБУН «Верхневолжский Федеральный Аграрный Научный Центр»; 601390, Россия, Владимирская обл., Судогодский р-н, п. Вяткино, ул. Докучаева, 2; e-mail: ek.Zolkina2017@yandex.ru.

Zolkina Ekaterina Ivanovna, researcher, All-Russian Scientific-Research Institute of Organic Fertilizer and Peat – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution “Verkhnevolzhsky Federal Agricultural Research Center”; 2, Dokuchaeva str., vill. Vjatkinо, Sudogodsky district, Vladimir region, 601390, Russia; e-mail: ek.Zolkina2017@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 20.07.2018.

Дата принятия к печати – 01.09.2018.