

DOI 10.33952/2542-0720-2021-3-27-107-116

УДК 631.559:631.582:631.82

Лукьянов В. А., Нитченко Л. Б.

**УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ
ПРИ БЕЗОТВАЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТАХ ЦЧР**

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»

Реферат. В современном земледелии ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур и их оптимизация приобретают высокую актуальность. Использование научно обоснованных севооборотов, способов основной обработки почвы и доз минеральных удобрений позволяет повысить экономическую эффективность возделывания озимой пшеницы. Цель исследований заключалась в оценке урожайности и качества зерна озимой пшеницы с применением разных доз минеральных удобрений при безотвальной обработке почвы в севооборотах ЦЧР. Исследования проводили в 2012–2020 гг. в стационарном многофакторном полевом опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ». Схема опыта: фактор А – севообороты (зернопаропропашной, зернотравянопропашной, зернотравяной); фактор В – минеральные удобрения (без удобрений, $N_{20}P_{40}K_{40}$, $N_{40}P_{80}K_{80}$ кг д.в./га). Почва опытного участка представлена чернозёмом типичным, среднесуглинистым. Установлено, что урожайность зерна озимой пшеницы при безотвальной обработке почвы была выше в зернопаропропашном севообороте и составила 3,34 т/га, в зернотравянопропашном севообороте она снижалась на 6,6 %, в зернотравяном – на 10,2 %. Максимальная урожайность зерна – 3,98 т/га отмечена в зернопаропропашном севообороте с дозой минеральных удобрений $N_{40}P_{80}K_{80}$. Увеличение доз удобрений повышало содержание белка (от 12,6 до 13,3 %) и клейковины (от 22,8 до 25,6 %), однако по севооборотам различия находились в пределах ошибки опыта. Натура зерна изменялась по изучаемым факторам от 708 до 735 г/л и была выше в зернопаропропашном севообороте при $N_{40}P_{80}K_{80}$. Несмотря на более высокий чистый доход с применением увеличенной дозы удобрений $N_{40}P_{80}K_{80}$, прибавка урожая зерна озимой пшеницы не позволила получить более высокий уровень рентабельности по сравнению с $N_{20}P_{40}K_{40}$. Наиболее экономически эффективно было возделывание озимой пшеницы в зернотравянопропашном севообороте с дозой минеральных удобрений $N_{20}P_{40}K_{40}$, где зафиксирована самая низкая себестоимость зерна – 4,92 тыс. руб./т и самая высокая рентабельность – 103,4 %.

Ключевые слова: озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.), безотвальная обработка почвы, урожайность и качество зерна, севообороты, минеральные удобрения, агротехнологии, экономическая эффективность, Центрально-Черноземный регион.

Для цитирования: Лукьянов В. А., Нитченко Л. Б. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы при безотвальной обработке почвы в зависимости от доз минеральных удобрений в севооборотах ЦЧР // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 3(27). С. 107–116. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-107-116.

For citation: Lukyanov V. A., Nitchenko L. B. Yield and quality of winter wheat grain under non-moldboard soil tillage depending on doses of mineral fertilizers in the crop rotations of the Central Chernozem Region // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 3(27). P. 107–116. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-107-116.

Введение

За последние три года затраты на производство зерновых культур в Российской Федерации заметно увеличились, поэтому оптимизация агротехнологий приобрела колоссальную актуальность. Благодаря ресурсосберегающим агротехнологиям их урожайность поддерживается на максимально высоком уровне, при этом поиск новых эффективных решений продолжается. В список важнейших элементов современного земледелия, которые значительно влияют на прибыль компаний, входят системы севооборотов, обработки почвы, удобрений, защиты растений, эффективная разработка которых позволяет не только увеличить урожайность и качество зерна, но и сохранить плодородие почв [1, 2].

В современных условиях актуальность чередования сельскохозяйственных культур возрастает, так как использование многопольных севооборотов позволяет увеличить эффективность агротехнологий [3–5]. Включение в структуру посевных площадей сидеральных культур даёт возможность частично удовлетворить потребности всех культур севооборота в элементах питания и стабилизировать урожайность сельскохозяйственных культур по годам [6].

Система обработки почвы в совокупности с другими ключевыми элементами агротехнологий создают оптимальные условия для роста и развития сельскохозяйственных растений [7, 8]. В отдельных случаях энергоёмкая отвальная обработка почвы может быть заменена безотвальными обработками с целью снижения производственных затрат и сохранения почвенных ресурсов.

Озимая пшеница, как и многие полевые культуры, хорошо отзывается на внесение разных форм удобрений, но в ряде случаев увеличение их дозы не всегда экономически целесообразно. По сравнению с абсолютным контролем, урожайность озимой пшеницы, как правило, увеличивается с применением минеральных и органических удобрений. Однако уровень рентабельности увеличивается только до определённой степени удобренности, а далее снижается; это закономерное отличие отмечено многими исследователями в различных севооборотах независимо от способа обработки почвы [9–13]. Поэтому конкретная технология возделывания озимой пшеницы должна проходить полевые испытания, после чего необходимо определять экономически эффективные дозы удобрений и корректировать их с учётом полученных результатов.

Цель исследований – оценка урожайности и качества зерна озимой пшеницы с применением разных доз минеральных удобрений при безотвальной обработке почвы в севооборотах Центрально-Черноземного региона для совершенствования ресурсосберегающих агротехнологий.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2012–2020 гг. в стационарном многофакторном полевом опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ». Почва опытного участка представлена чернозёмом типичным, среднесуглинистым с содержанием в слое 0–20 см: гумус – 5,12 % (ГОСТ 26213-84), щёлочногидролизуемый азот – 17,4 мг/100 г (по Корнфилду), подвижный фосфор – 14,0 мг/100 г (ГОСТ 26204-91), подвижный калий – 11,7 мг/100 г (ГОСТ 26204-91), рН_{KCl} – 5,7 (ГОСТ 26483-85).

Климат Центрально-Черноземного региона (ЦЧР) умеренно-континентальный с продолжительным тёплым летом и относительно мягкой зимой. Среднегодовая температура воздуха составляет 5,4 °С, сумма активных температур 2425 °С. Средняя многолетняя сумма осадков за год – 573 мм. В мае–августе периодически выпадают осадки в виде ливней. Каждый третий год наблюдается засуха слабой интенсивности, каждый пятый год – сильной. Суховейные явления наблюдаются ежегодно в июне–августе.

Агрометеорологические условия в период исследований характеризовались непостоянством влагообеспеченности и повышенным температурным режимом. В период посева и всходов озимой пшеницы погодные условия характеризовались дефицитом осадков на фоне высокого температурного режима. Среднемесячная температура воздуха ежегодно превышала многолетние показатели: в августе 2011 г. она составила 19,1 °С, в 2015 г. – 20,3 °С, в 2019 г. – 19,2 °С (средняя многолетняя температура 17,6 °С); в сентябре – 13,7 °С, 16,7 °С и 14,3 °С соответственно (средняя многолетняя температура 12,4 °С). Сумма осадков соответственно по годам исследований в августе – 85 мм, 3 мм, 27 мм (норма 55 мм), в сентябре – 13 мм, 87 мм, 39 мм (норма 51 мм). Условия вегетации озимой пшеницы в целом можно характеризовать как недостаточно увлажнённые: с сентября 2011 г. по июль 2012 г. гидротермический коэффициент (ГТК) по Селянинову составил 1,03, с сентября 2015 г. по июль 2016 г. ГТК = 1,28, с сентября 2019 г. по июль 2020 г. ГТК = 1,29.

Опыт заложен на склоне северной экспозиции (крутизна 3°12' – 6°40') в трёх севооборотах (фактор А): зернопаропропашной (ЗП) (озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – кукуруза (*Zea mays* L.) на зелёный корм – ячмень (*Hordeum vulgare* L.) – чистый пар); зернотравянопропашной (ЗТП) (озимая пшеница – кукуруза на зелёный корм – ячмень + эспарцет песчаный (*Onobrychis arenaria*) – эспарцет песчаный первого года пользования; зернотравяной (ЗТ) (озимая пшеница – ячмень + эспарцет песчаный – эспарцет песчаный первого года пользования – эспарцет песчаный второго года пользования)). Система удобрений (фактор В) под озимую пшеницу включала варианты: без удобрений, минеральные удобрения в дозе N₂₀P₄₀K₄₀ и N₄₀P₈₀K₈₀ кг д.в./га. Дозы удобрений рассчитаны для поддержания в почве уравновешенного и положительного баланса питательных веществ в зависимости от уровня почвенного плодородия и потребности растений в элементах питания. Вариант без внесения удобрений позволяет оценить влияние изучаемых факторов на мобилизацию природного плодородия почвы и урожайность сельскохозяйственных культур. Одинарные дозы минеральных удобрений N₂₀P₄₀K₄₀ обеспечивают возврат по севообороту азота, фосфора и калия согласно их выносу с урожаем. Двойные дозы минеральных удобрений N₄₀P₈₀K₈₀ обеспечивают в севообороте положительный баланс элементов питания.

Площадь посевных делянок 280 м², повторность двукратная. Использован сорт озимой пшеницы Синтетик, норма высева семян составила 5 млн шт./га.

Использовали основную безотвальную обработку почвы под озимую пшеницу во всех севооборотах на глубину 20–22 см. В зернопаропропашном севообороте после уборки предшественника проводили лущение стерни на глубину 8–10 см, внесение минеральных удобрений под основную обработку почвы, ранневесеннее боронование, 3–4 культивации чистого пара, предпосевную культивацию, посев. В зернотравянопропашном и зернотравяном – лущение стерни на глубину 8–10 см, внесение удобрений под основную обработку почвы, предпосевную культивацию, посев.

Учёт урожая проводили прямым комбайнированием.

Массу 1000 зёрен определяли по ГОСТ 10842-89, натуру зерна – ГОСТ 10840-64, содержание сырой клейковины – ГОСТ Р 54478-2011, содержание белка – ГОСТ 10846-91. Математический анализ экспериментальных данных выполняли методом двухфакторного дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [14].

Результаты и их обсуждение

Урожайность зерна озимой пшеницы по изучаемым факторам исследований имела статистически значимые различия. Наименьшая урожайность зерна озимой пшеницы отмечана в вариантах без применения минеральных удобрений: в

зернопаропропашном севообороте – 2,70 т/га, в зернотравянопропашном – 2,37 т/га, в зернотравяном – 2,44 т/га. Уровень минерального питания способствовал повышению урожайности озимой пшеницы в изучаемых севооборотах (таблица 1).

В зернотравянопропашном севообороте в варианте без внесения минеральных удобрений снижение урожайности озимой пшеницы на 0,33 т/га статистически существенно (при НСР₀₅ = 0,27 т/га) по сравнению с аналогичным вариантом в зернопаропропашном севообороте. В этом севообороте с применением минеральных удобрений снижение урожайности было незначительно. В зернотравяном севообороте при внесении минеральных удобрений в дозе N₄₀P₈₀K₈₀ урожайность озимой пшеницы достоверно на 0,55 т/га снизилась по сравнению с аналогичным вариантом в зернопаропропашном севообороте.

Таблица 1 – Урожайность зерна озимой пшеницы в зависимости от севооборотов и доз минеральных удобрений (2012–2020 гг.)

Севооборот (фактор А)	Удобрения (фактор В)	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га	
			севооборот	удобрения
Зернопаропропашной	0	2,70	-	-
	N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	3,35	-	+0,65
	N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	3,98	-	+1,28
	средняя	3,34	-	-
Зернотравянопропашной	0	2,37	-0,33	-
	N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	3,26	-0,09	+0,89
	N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	3,74	-0,24	+1,37
	средняя	3,12	-0,22	-
Зернотравяной	0	2,44	-0,26	-
	N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	3,14	-0,21	+0,70
	N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	3,43	-0,55	+0,99
	средняя	3,00	-0,34	-
Средняя	0	2,50		
	N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	3,25		+0,75
	N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	3,72		+1,22
	средняя	3,15		
НСР ₀₅			A = 0,27, B = 0,27, AB = 0,47	

Применение минеральных удобрений в дозе N₂₀P₄₀K₄₀ позволило увеличить урожайность в севооборотах соответственно на 0,65; 0,89; 0,70 т/га; в дозе N₄₀P₈₀K₈₀ – на 1,28; 1,37; 0,99 т/га. Наибольшая прибавка урожайности озимой пшеницы от внесения минеральных удобрений была в зернотравянопропашном севообороте. Максимальная урожайность озимой пшеницы – 3,98 т/га зафиксирована в зернопаропропашном севообороте с дозой минеральных удобрений N₄₀P₈₀K₈₀. В среднем за годы исследований урожайность озимой пшеницы при безотвальной обработке почвы составила в зернопаропропашном севообороте 3,34 т/га, в зернотравянопропашном – 3,12 т/га (–6,6 %), в зернотравяном – 3,00 т/га (–10,2 %). Снижение урожайности в зернотравяном севообороте достоверно.

Окупаемость минеральных удобрений была выше при внесении в дозе N₂₀P₄₀K₄₀ и составляла в зернотравянопропашном севообороте – 8,9 кг зерна/кг д.в. удобрений, в зернотравяном – 7,0 кг зерна/кг д.в. удобрений, в зернопаропропашном – 6,5 кг зерна/кг д.в. удобрений.

Содержание белка в зерне изменялось по уровням применения удобрений, при этом по севооборотам отличия были незначительные (НСР = 0,12). В варианте без внесения минеральных удобрений содержание белка составило в

зернопаропропашном севообороте – 12,5 %, в зернотравянопропашном – 12,5 %, в зернотравяном – 12,7 % (рисунок 1).

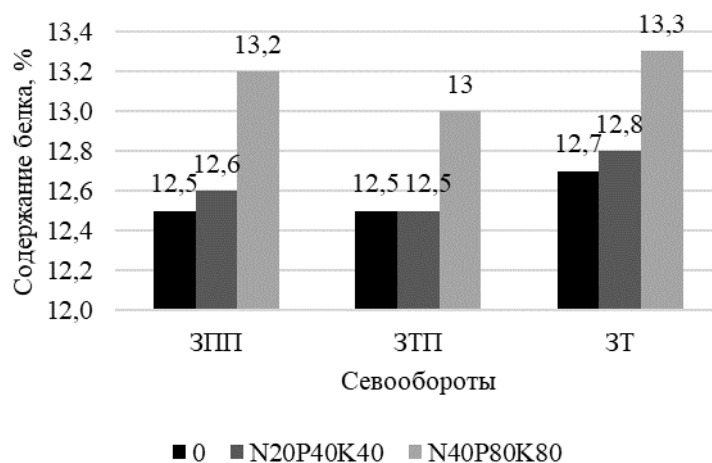


Рисунок 1 – Влияние севооборотов и доз минеральных удобрений на содержание белка в зерне озимой пшеницы

Применение минеральных удобрений в дозе N₂₀P₄₀K₄₀ практически не влияло на содержание белка в представленных севооборотах. Наибольшее содержание белка наблюдали при внесении минеральных удобрений в дозе N₄₀P₈₀K₈₀: в зернотравяном севообороте – 13,3 %, в зернопаропропашном – 13,2 %, в зернотравянопропашном – 13,0 %.

Содержание клейковины варьировало в изучаемых вариантах от 22,0 до 25,6 % (рисунок 2).

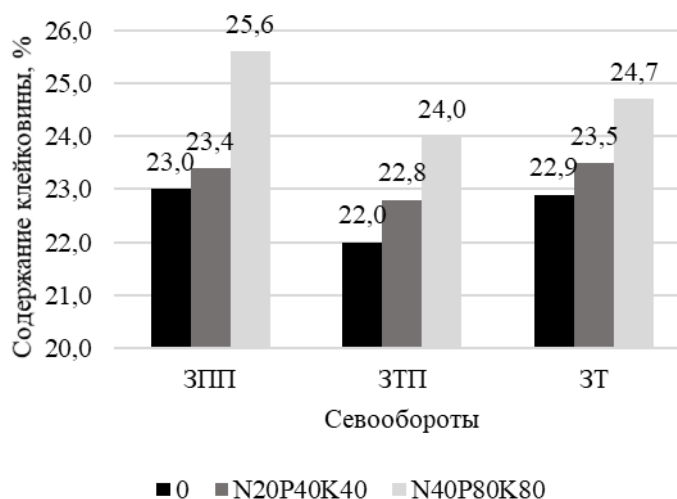


Рисунок 2 – Содержание клейковины в зерне озимой пшеницы в изучаемых вариантах

Минимальное её количество отмечали в вариантах без применения минеральных удобрений: в зернопаропропашном севообороте она составила 23,0 %, в зернотравянопропашном – 22,0 %, в зернотравяном – 22,9 %. С применением минеральных удобрений в дозе N₂₀P₄₀K₄₀ содержание клейковины увеличивалось в зернопаропропашном севообороте до 23,4 %, в зернотравянопропашном – до 22,8 %, в зернотравяном – до 23,5 %. Использование дозы N₄₀P₈₀K₈₀ в большей степени влияло на её содержание и по севооборотам составило 25,6; 24,0 и 24,7 % соответственно.

Натура зерна в зернопаропропашном севообороте варьировала от 723 до 735 г/л и была выше при дозе минеральных удобрений N₄₀P₈₀K₈₀ (рисунок 3). В зернотравянопропашном севообороте отмечено снижение натуры зерна озимой пшеницы до 716–724 г/л. Самое низкое её содержание наблюдали в зернотравяном севообороте (708–719 г/л).

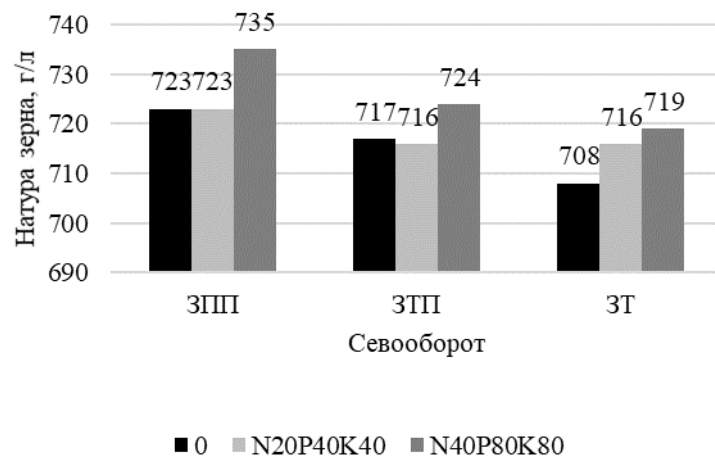


Рисунок 3 – Натура зерна озимой пшеницы в зависимости от севооборота и доз минеральных удобрений

Исследуемые виды севооборотов и минеральных удобрений способствовали изменению массы 1000 зёрен озимой пшеницы с 39,26 до 41,99 г., но различия по исследуемым вариантам находились в пределах ошибки опыта (рисунок 4).

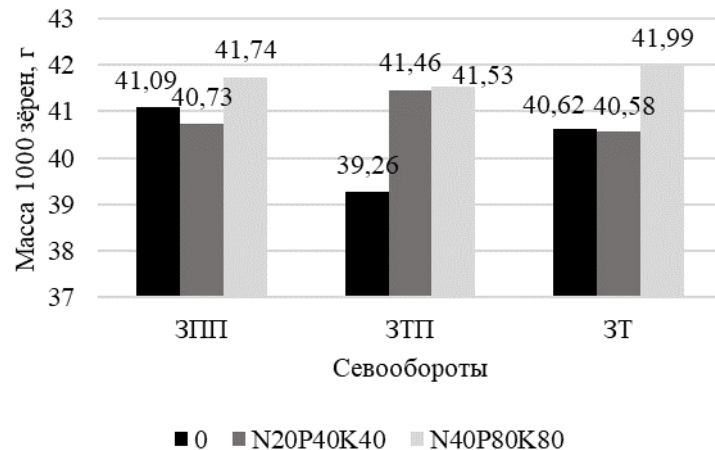


Рисунок 4 – Влияние севооборотов и доз минеральных удобрений на массу 1000 зёрен озимой пшеницы

Анализ полученных результатов исследований показал, что используемые севообороты и применяемые дозы удобрений имели разную экономическую эффективность (таблица 2). Самая низкая эффективность возделывания озимой пшеницы в вариантах без применения минеральных удобрений по всем севооборотам, в них получены более высокая себестоимость зерна, низкий чистый доход и рентабельность производства.

Производственные затраты при возделывании озимой пшеницы изменялись от 15,64 до 20,90 тыс. руб./га в зернопаропропашном, от 13,86 до 18,53 тыс. руб./га в зернотравянопропашном и от 13,94 до 18,30 тыс. руб./га в зернотравяном

севооборотах. Отличительной особенностью зернопаропропашного севооборота было снижение себестоимости продукции с увеличением дозы удобрений, в данном случае прибавка урожая компенсировала текущие производственные затраты.

Таблица 2 – Эффективность возделывания озимой пшеницы в зависимости от севооборотов и доз минеральных удобрений

Показатель	Зернопаропропашной			Зернотравянопропашной			Зернотравяной		
	0	N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	0	N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	0	N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀
Урожайность зерна, т/га	2,70	3,35	3,98	2,37	3,26	3,74	2,44	3,14	3,43
Стоимость продукции, тыс. руб./га	27,0	33,5	39,8	23,7	32,6	37,4	24,4	31,4	34,3
Производственные затраты, тыс. руб./га	15,64	18,22	20,90	13,86	16,03	18,53	13,94	15,82	18,30
Чистый доход, тыс. руб./га	11,36	15,28	18,90	9,84	16,57	18,87	10,46	15,58	16,00
Себестоимость зерна, тыс. руб./т	5,79	5,44	5,25	5,85	4,92	4,95	5,71	5,04	5,34
Рентабельность, %	72,6	83,9	90,4	71,0	103,4	101,8	75,0	98,5	87,4

Самая низкая себестоимость зерна отмечена в зернотравянопропашном севообороте в вариантах с N₂₀P₄₀K₄₀ и N₄₀P₈₀K₈₀ – 4,92 и 4,95 тыс. руб./т соответственно.

Наиболее рентабельным было возделывание озимой пшеницы при безотвальной обработке почвы в зернотравянопропашном севообороте с дозой минеральных удобрений N₂₀P₄₀K₄₀, где уровень рентабельности составил 103,4 %, при внесении N₄₀P₈₀K₈₀ уровень рентабельности снизился до 101,8 %. Рентабельность снижалась соответственно по дозам удобрений до 98,5 и 87,4 % в зернотравяном севообороте и менее рентабельным был зернопаропропашной севооборот – 83,9 и 90,4 %. Стоит отметить, что, несмотря на более высокий чистый доход с увеличением дозы минеральных удобрений с N₂₀P₄₀K₄₀ до N₄₀P₈₀K₈₀, прибавка урожая зерна озимой пшеницы не позволила получить более высокий уровень рентабельности в зернотравянопропашном и зернотравяном севооборотах. Использование удобрений в дозе N₂₀P₄₀K₄₀ способствовало получению более высокого экономического эффекта благодаря тому, что производственные затраты были ниже.

Выводы

Минеральные удобрения (фактор В) оказали большее влияние на урожайность зерна пшеницы озимой по сравнению с севооборотами (фактор А). В среднем за годы исследований ее урожайность в зернопаропропашном севообороте составила – 3,34 т/га, в зернотравянопропашном – 3,12 т/га, в зернотравяном – 3,00 т/га. Без применения минеральных удобрений урожайность зерна пшеницы озимой в среднем по севооборотам составила 2,50 т/га, с N₂₀P₄₀K₄₀ увеличилась до 3,25 т/га, с N₄₀P₈₀K₈₀ – до 3,72 т/га. Максимальная урожайность зерна 3,98 т/га получена в зернопаропропашном севообороте с дозой минеральных удобрений N₄₀P₈₀K₈₀, однако производственные затраты в этом варианте превышали чистый доход. Поэтому наиболее рентабелен (103,4 %) вариант с дозой N₂₀P₄₀K₄₀ в зернотравянопропашном севообороте. В зернопаропропашном севообороте наиболее эффективна доза минеральных удобрений N₄₀P₈₀K₈₀, в зернотравянопропашном и зернотравяном – N₂₀P₄₀K₄₀. Наибольшее содержание белка (13,3 %) отмечено в зернотравяном севообороте с дозой N₄₀P₈₀K₈₀, в

севооборотах с $N_{20}P_{40}K_{40}$ его количество варьировало в пределах от 12,5 до 12,8 %, незначительно отличаясь от вариантов без удобрений. Содержание клейковины увеличивалось при использовании $N_{40}P_{80}K_{80}$ и составило в зернопаропропашном севообороте 25,6 %, в зернотравянопропашном – 24,0 %, в зернотравяном – 24,7 %.

Работа выполнена по теме государственного задания № 0632-2019-0015.

Литература

1. Akramovna G. L., Doniyorovich M. F., Xaliqjonovna E. O., Yuldashevna M. D., Mamasaitovich Q. M. The effect of the use of organic fertilizers, sowing legumes on the winter wheat yield and quality // *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*. 2020. Vol. 21. No. 42. P. 73–79.
2. Gostev A. V., Dubovik D. V., Masyutenko N. P., Nitchenko L. B., Reznik V., Kruglov V., Davydov R. The impact of agricultural resource-saving technologies on grain yield and quality // *IOP Conference Series “Earth and Environmental Science”*. XVI International Youth Science and Environmental Baltic Region Countries Forum, 2019. Art. No. 012040. DOI: 10.1088/1755-1315/390/1/012040.
3. Минакова О. А., Александрова Л. В., Подвигина Т. Н. Урожайность культур и продуктивность зерносвекловичного севооборота в Центрально-Черноземном регионе России при длительном внесении удобрений // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2019. № 6. С. 7–10. DOI: 10.31857/S2500-2627201967-10.
4. Турусов В. И., Гармашов В. М., Богатых О. А., Балюнова Е. А. Роль предшественников пшеницы озимой в севообороте в условиях ЦЧЗ // *Аграрная наука*. 2017. № 11–12. С. 10–11.
5. Морозов Н. А., Хрипунов А. И., Общия Е. Н. Продуктивность зернопропашного звена в шестипольных зерновых севооборотах с чистым и занятым паром // *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2019. Т. 56. № 2. С. 32–37.
6. Кравцова Е. В. Использование сидерального удобрения для повышения урожайности озимой пшеницы // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2018. № 70. С. 54–58. DOI: 10.21515/1999-1703-70-54-58.
7. Воронин А. Н., Никитин В. В., Соловиченко В. Д., Мельников В. И. Влияние структуры севооборота, способа основной обработки почвы и удобрений на продуктивность озимой пшеницы в Центрально-Черноземном регионе // *Агрехимия*. 2016. № 5. С. 21–27.
8. Stupakov A. G., Orekhovskaya A. A., Kulikova M. A., Manokhina L. A., Panin S. I., Geltukhina V. I. Ecological and agrochemical bases of the nitrogen regime of typical chernozem depending on agrotechnical methods // *IOP Conference Series “Earth and Environmental Science”*. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations, 2019. Art. No. 52027. DOI: 10.1088/1755-1315/315/5/052027.
9. Черткова Н. Г., Фирсова Т. И., Скворцова Ю. Г., Филенко Г. А., Рябов Р. О. Использование комплексных удобрений в семеноводстве на сортах озимой пшеницы // *Зерновое хозяйство России*. 2021. № 2 (74). С. 52–57. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-52-57.
10. Дзанагов С. Х., Лазаров Т. К., Калоев Б. С., Кубатиева З. А., Калагова Р. В. Влияние длительного применения удобрений на показатели роста, урожайность и качество зерна озимой пшеницы // *Агрехимия*. 2019. № 4. С. 31–38. DOI: 10.1134/S0002188119020066.
11. Небытов В. Г., Коломейченко В. В., Мазалов В. И. Высокопродуктивные сорта и удобрения - основа устойчивого наращивания производства зерна озимой пшеницы в условиях Орловской области // *Вестник аграрной науки*. 2019. № 1 (76). С. 11–18. DOI: 10.15217/issn2587-666X.2019.1.11.
12. Romanenkov V., Krasilnikov P., Belichenko M., Petrova A., Raskatova T., Jahn G. Soil organic carbon dynamics in long-term experiments with mineral and organic fertilizers in Russia // *Geoderma Regional*. 2019. T. 17. C. Art. No. e00221. DOI: 10.1016/j.geodrs.2019.e00221.
13. Соловиченко В. Д., Никитин В. В., Карабутов А. П., Навольнева Е. В. Влияние севооборотов, способов обработки почв и удобрений на урожайность и экономические показатели производства пшеницы озимой // *Аграрная наука*. 2018. № 5. С. 46–49.
14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

References

1. Akramovna G. L., Doniyorovich M. F., Xaliqjonovna E. O., Yuldashevna M. D., Mamasaitovich Q. M. The effect of the use of organic fertilizers, sowing legumes on the winter wheat yield and quality // *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*. 2020. Vol. 21. No. 42. P. 73–79.

2. Gostev A. V., Dubovik D. V., Masyutenko N. P., Nitchenko L. B., Reznik V., Kruglov V., Davydov R. The impact of agricultural resource-saving technologies on grain yield and quality // IOP Conference. Series "Earth and Environmental Science". XVI International Youth Science and Environmental Baltic Region Countries Forum. 2019. P. 012040. DOI: 10.1088/1755-1315/390/1/012040.
3. Minakova O. A., Alexandrova L. V., Podvigina T. N. Yield of crops and productivity of grain-beet crop rotation in the Central Black-Earth Region of Russia when applying fertilizers for a long time // Rossiiskaia selskokhoziaistvennaia nauka. 2019. No. 6. P. 7–10. DOI: 10.31857/S2500-2627201967-10.
4. Turusov V. I., Garmashov V. M., Bogatykh O. A., Balunova E. A. The role of winter wheat predecessors in crop rotation under conditions of the Central Chernozem Region // Agrarian Science. 2017. No. 11-12. P. 10–11.
5. Morozov N. A., Khripunov A. I., Obshchiya E. N. Productivity of grain link in six-field grain naked and seed fallow crop rotations // Proceedings of Gorsky State Agrarian University. 2019. Vol. 56. No. 2. P. 32–37.
6. Kravtsova E. V. Use of sedimental fertilizer for winter wheat productivity increase // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2018. No. 70. P. 54–58. DOI: 10.21515/1999-1703-70-54-58.
7. Voronin A. N., Nikitin V. V., Solovichenko V. D., Melnikov V. I. The influence of structure of crop rotation, method of main soil tillage and fertilizers on productivity of winter wheat in Central Chernozem Region // Agrohimiia. 2016. No. 5. P. 21–27.
8. Stupakov A. G., Orekhovskaya A. A., Kulikova M. A., Manokhina L. A., Panin S. I., Geltukhina V. I. Ecological and agrochemical bases of the nitrogen regime of typical chernozem depending on agrotechnical methods // IOP Conference Series "Earth and Environmental Science". Krasnoyarsk: Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations, 2019. Art. No. 52027. DOI: 10.1088/1755-1315/315/5/052027.
9. Chertkova N. G., Firsova T. I., Skvortsova Yu. G., Filenko G. A., Ryabov R. O. The use of complex fertilizers in seed production of winter wheat varieties // Grain Economy of Russia. 2021. No. 2 (74). P. 52–57. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-52-57.
10. Dzanagov S. Kh., Lazarov T. K., Kaloiev B. S., Kubatieva Z. A., Kalagova R. V. Effect of long-term fertilization on growth indicators, yield and quality of winter wheat grain // Agrohimiia. 2019. No. 4. P. 31–38. DOI: 10.1134/S0002188119020066.
11. Nebytov V. G., Kolomeichenko V. V., Mazalov V. I. Highly productive varieties and fertilizers as a basis for sustainable growth of production of winter wheat grain under the conditions of the Orel region // Bulletin of Agrarian Science. 2019. No. 1 (76). P. 11–18. DOI: 10.15217/issn2587-666X.2019.1.11.
12. Romanenkov V., Krasilnikov P., Belichenko M., Petrova A., Raskatova T., Jahn G. Soil organic carbon dynamics in long-term experiments with mineral and organic fertilizers in Russia // Geoderma Regional. 2019. Vol. 17. Art. No. e00221. DOI: 10.1016/j.geodrs.2019.e00221.
13. Solovichenko V. D., Nikitin V. V., Karabutov A. P., Navolneva E. V. The impact of crop rotation, methods of tillage and fertilizers on the yield and economic performance of winter wheat // Agrarian Science. 2018. No. 5. P. 46–49.
14. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

UDC 631.559:631.582:631.82

Lukyanov V. A., Nitchenko L. B.

**YIELD AND QUALITY OF WINTER WHEAT GRAIN
UNDER NON-MOLDBOARD SOIL TILLAGE DEPENDING ON DOSES
OF MINERAL FERTILIZERS IN THE CROP ROTATIONS OF THE CENTRAL
CHERNOZEM REGION**

Summary. In modern agriculture, resource-saving technologies for cultivating grain crops and their optimization are becoming more and more relevant. The use of scientifically-based crop rotations, tillage methods and doses of mineral fertilizers allow increasing economic efficiency of winter wheat cultivation. The purpose of the research was to assess the yield and quality of winter wheat grain depending on different doses of mineral fertilizers under non-moldboard soil tillage in the crop rotations of the Central Chernozem Region. The research was carried out in 2012-2020 in a stationary multifactorial field experiment in Federal Agricultural Kursk Research Center. The experimental design included the following options: Factor A – crop rotations (grain-

fallow-row, grain-grass-row, grain-grass); Factor B – mineral fertilizers (without fertilizers, $N_{20}P_{40}K_{40}$, $N_{40}P_{80}K_{80}$ kg ha⁻¹). The soil of the experimental site is represented by typical, medium-loamy chernozem. The paper shows that the yield of winter wheat grain in the context of non-moldboard soil tillage was higher in the grain-fallow-row crop rotation and amounted to 3.34 t ha⁻¹. In the grain-grass-row and grain-grass crop rotations, yield decreased by 6.6 % and 10.2 %, respectively. The maximum grain yield (3.98 t/ha⁻¹) was obtained in grain-fallow-row crop rotation with $N_{40}P_{80}K_{80}$. An increase in fertilizers doses led to protein and gluten content increment from 12.6 to 13.3 % and from 22.8 to 25.6 %, respectively; however, the differences in crop rotations were within the limits of experimental error. The grain nature varied according to the studied factors from 708 to 735 g/t⁻¹ and was higher in the grain-fallow-row crop rotation with a dose of mineral fertilizers $N_{40}P_{80}K_{80}$. Despite more significant net income after increased fertilizers dose ($N_{40}P_{80}K_{80}$), the increase in the winter wheat grain yield did not allow obtaining a higher level of profitability compared to $N_{20}P_{40}K_{40}$. Winter wheat cultivation in grain-grass-row crop rotation with $N_{20}P_{40}K_{40}$ was the most cost-effective. In this variant, the cost of grain was the lowest (4.92 thousand rubles t⁻¹); the profitability, on the contrary, was the highest (103.4 %).

Keywords: *winter wheat (*Triticum aestivum* L.), non-moldboard soil tillage, grain yield and quality, crop rotations, mineral fertilizers, agricultural technologies, economic efficiency, Central Chernozem region.*

Лукьянов Вячеслав Анатольевич, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории адаптивных агротехнологий и средств их механизации, ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»; 305021, Россия, г. Курск, ул. Карла Маркса, 70Б; e-mail: lukyanov27@mail.ru.

Нитченко Людмила Борисовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории адаптивных агротехнологий и средств их механизации, ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»; 305021, Россия, г. Курск, ул. Карла Маркса, 70Б; e-mail: nitchenko58@yandex.ru.

Lukyanov Vyacheslav Anatolievich, Cand. Sc. (Biol.), researcher of the Laboratory of adaptive agricultural technologies and means of their mechanization, Federal Agricultural Kursk Research Center; 70B, Karl Marks str., Kursk, 305021, Russia; e-mail: lukyanov27@mail.ru.

Nitchenko Lyudmila Borisovna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher of the Laboratory of adaptive agricultural technologies and means of their mechanization, Federal Agricultural Kursk Research Center; 70B, Karl Marks str., Kursk, 305021, Russia; e-mail: nitchenko58@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию 01.06.2021.

Дата принятия к печати 28.08.2021.