АГРОХИМИЯ

Научная статья

УДК 631.5:633.11«324»:631.58:631.445.4

doi: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-211-225

Влияние способов и доз внесения удобрений на продуктивность озимой пшеницы при прямом посеве на черноземе обыкновенном

**Надежда Николаевна Шаповалова¹, Анастасия Анатольевна Воропаева²,
Евгения Ивановна Годунова³**

^{1, 2, 3}Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск,
Российская Федерация

¹schapovalova.nadejda@yandex.ru

²kerya008@rambler.ru

³info@fnac.center

Аннотация. **Цель:** изучение влияния способов и доз внесения минеральных удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы при прямом посеве по кукурузе на черноземе обыкновенном в условиях неустойчивого увлажнения Ставропольского края. **Материалы и методы.** Исследования проводили в 2014–2019 гг. в трехфакторном опыте на полях Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра. Изучали влияние припосевного удобрения и азотной подкормки (N_{52}) на продуктивность пшеницы при двух технологиях возделывания: с рекомендованной системой обработки почвы и при прямом посеве (No-Till). Варианты припосевного удобрения: 1) без удобрений; 2) N_6P_{26} ; 3) $N_{12}P_{52}$; 4) $N_{24}P_{104}$; 5) $N_{52}P_{52}$; 6) $N_{52}P_{52}K_{52}$; 7) N_{52} ; 8) $N_{104}P_{52}K_{52}$. **Результаты.** Прямой посев имел преимущество перед рекомендованной технологией в запасах продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см в период сева культуры. В технологии No-Till средняя прибавка урожайности от припосевного удобрения находилась в пределах 0,78–3,02 т/га (28–109 %), от азотной подкормки – 0,55–1,85 т/га (15–48 %) и при совмещении обоих способов внесения – 1,47–4,02 т/га (53–145 %). Наиболее высокие и стабильные по годам прибавки (3,07–4,56 т/га, или 101–219 % к контролю) получены при использовании максимальной дозы припосевного удобрения с азотной подкормкой – $N_{104}P_{52}K_{52} + N_{52}$. Прирост сбора зерна от единицы действующего вещества удобрения составил 15,5 кг. Массовая доля сырой клейковины в зерне превысила контроль на 3,0–7,9 %. Применение этой дозы удобрения способствовало выравниванию урожайности между технологиями. **Выводы.** Полученные результаты показали, что для получения наибольшего агрономического эффекта в третий год прямого посева озимой пшеницы по кукурузе требуется преимущественное внесение азотного удобрения в суммарной дозе, превышающей дозы фосфора и калия в 2–3 раза. Правильно подобранные способы внесения и дозы удобрений препятствуют снижению урожайности пшеницы при переходе от рекомендованной технологии возделывания к прямому посеву.

Ключевые слова: технология прямого посева, технология No-Till, озимая пшеница, минеральные удобрения, припосевное удобрение, азотная подкормка, качество зерна

AGRICULTURAL CHEMISTRY

Original article

Influence of methods and rates of fertilizer application on winter wheat productivity by direct seeding on ordinary chernozem

**Nadezhda N. Shapovalova¹, Anastasiya A. Voropaeva²,
Yevgeniya I. Godunova³**

^{1, 2, 3}North Caucasus Federal Agrarian Research Center, Mikhailovsk, Russian Federation

¹schapovalova.nadejda@yandex.ru

²kerya008@rambler.ru

³info@fnac.center

Abstract. Purpose: to study the influence of methods and rates of mineral fertilizers on the winter wheat yield and grain quality by direct sowing on corn on ordinary chernozem under conditions of unstable moisture in Stavropol Territory. **Materials and methods.** The studies were carried out in 2014–2019 in a three-factor experiment in the fields of the North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center. We studied the effect of pre-sowing fertilization and nitrogen fertilization (N₅₂) on wheat productivity with two tillage technologies: with the recommended tillage system and with direct sowing (No-Till). Pre-sowing fertilization options: 1) without fertilizers; 2) N₆P₂₆; 3) N₁₂P₅₂; 4) N₂₄P₁₀₄; 5) N₅₂P₅₂; 6) N₅₂P₅₂K₅₂; 7) N₅₂; 8) N₁₀₄P₅₂K₅₂. **Results.** Direct sowing had an advantage over the recommended technology in the reserves of productive moisture in the soil layer of 0–100 cm during the sowing period. In the No-Till technology, the average yield increase from pre-sowing fertilizer was within 0.78–3.02 t/ha (28–109 %), from nitrogen fertilization it was 0.55–1.85 t/ha (15–48 %) and when both methods of application are combined – 1.47–4.02 t/ha (53–145 %). The highest and most stable increments over the years (3.07–4.56 t/ha, or 101–219 % to the control) were obtained when using the maximum rate of pre-sowing fertilizer with nitrogen fertilization – N₁₀₄P₅₂K₅₂ + N₅₂. The increase in grain yield per unit of active fertilizer substance was 15.5 kg. Mass fraction of crude gluten in grain exceeded the control by 3.0–7.9 %. The application of this fertilizer dose helped to equalize the yield between technologies. **Conclusions.** The results showed that in order to obtain the greatest agronomic effect in the third year of direct sowing of winter wheat on maize, the predominant application of nitrogen fertilizer in a total dose exceeding the dose of phosphorus and potassium by 2–3 times is required. Correctly selected methods of application and fertilizers rates prevent a decrease in wheat yield when switching from the recommended tillage technology to direct sowing.

Keywords: direct sowing technology, No-Till technology, winter wheat, mineral fertilizers, pre-sowing fertilizer, nitrogen fertilization, grain quality

Введение. В целях существенного увеличения объемов производства зерна необходимо обеспечить наиболее полную реализацию биологического потенциала продуктивности озимой пшеницы в соответствии с применяемыми системами земледелия и почвенно-климатическими условиями выращивания. Среди основных приемов подъема урожайности культур (выведения новых сортов, создания химических средств защиты растений, мелиорации и др.) главным является применение удобрений, поскольку высокопродуктивное сельское хозяйство не может функционировать только на использовании почвенного плодородия [1]. В мировом аграрном производстве в настоящее время увеличивается площадь посева культур

при минимальной и нулевой обработке почвы (No-Till), которая в многообразных условиях нашей страны недостаточно изучена [2]. По результатам отдельных исследований, переход с традиционной «плужной» технологии на прямой посев без обработки почвы способствует накоплению органического вещества почвы за счет оставления на поверхности большого количества растительных остатков, снижающих интенсивность проявления эрозионных процессов и скорость минерализации гумуса [3]. Выход побочной продукции напрямую связан с урожайностью культур и применением удобрений [4], поэтому разработка приемов эффективного их использования в новой для земледелия России технологии без обработки почвы актуальна для расширения площади ее внедрения. Сложность использования высоких доз удобрений при прямом посеве культур на почвах, слабо обеспеченных подвижными элементами питания, особенно фосфором и калием, связана с ограничением способов их внесения и невозможностью перемешивания с почвенной массой, что снижает доступность питательных веществ для корневых систем растений. Изменение технологии возделывания с обработки почвы, рекомендованной для данной сельскохозяйственной зоны, на почвозащитную технологию без обработки почвы (No-Till) не должно приводить к значительному снижению урожайности культур и качества продукции. Поэтому важно не только установить наиболее эффективный способ внесения и дозы удобрений при прямом посеве культур, но и оценить достигнутую урожайность в сравнении с показателями, полученными при использовании традиционной технологии возделывания.

Цель исследования – изучение влияния способов и доз внесения минеральных удобрений на продуктивность озимой пшеницы при прямом посеве по предшественнику кукурузе на черноземе обыкновенном в условиях неустойчивого увлажнения Ставропольского края.

Материалы и методы. Исследования проводили в 2014–2019 гг. в стационарном опыте на экспериментальном поле Северо-Кавказского

федерального научного аграрного центра, расположенного в г. Михайловске Ставропольского края. Территория опытного участка относится к зоне неустойчивого увлажнения со среднегодовой температурой воздуха 9,6 °С, годовым количеством осадков 551 мм и суммой активных температур около 3300 °С. Среднемноголетнее значение ГТК Селянинова для периода весенне-летней вегетации озимой пшеницы (апрель – июнь) составляет 1,41. Почвенный покров представлен черноземом обыкновенным среднесильно гумусированным тяжелосуглинистым. Перед внесением удобрений почва в слое 0–20 см характеризовалась следующими показателями: рН водной суспензии 6,9; содержание гумуса 3,55 %, подвижных форм P_2O_5 и K_2O – 17,5 и 223 мг/кг (по Мачигину), нитратного азота – 4,5 мг/кг (по Грандваль-Ляжу). Опыт заложен в трехкратной повторности в пространстве и времени. Варианты размещались систематическим методом четырьмя ярусами. Размер делянки 5,5 × 24 м. Учетная площадь – 40 м². Опыт трехфакторный. Фактор А – изучение технологий возделывания озимой пшеницы: первый вариант – классическая технология возделывания озимой пшеницы с рекомендованной для данной зоны системой обработки почвы [5], второй вариант – технология прямого посева культур без обработки почвы. Фактор В – изучение внесения разных доз удобрений в рядки при посеве озимой пшеницы. Варианты удобрений: 1) без удобрений; 2) N_6P_{26} ; 3) $N_{12}P_{52}$; 4) $N_{24}P_{104}$; 5) $N_{52}P_{52}$; 6) $N_{52}P_{52}K_{52}$; 7) N_{52} ; 8) $N_{104}P_{52}K_{52}$. В качестве удобрений использовались аммофос (12:52), сульфоаммофос (20:20) с содержанием элементарной серы 14 %, нитроаммофоска (16:16:16) и аммиачная селитра. Фактор С – изучение внесения азотной подкормки во время возобновления весенней вегетации озимой пшеницы: первый вариант – без подкормки, второй вариант – подкормка N_{52} , проводимая поверхностно с помощью РУМ.

Озимую пшеницу сорта Бунчук высевали по предшественнику кукурузе. Прямой посев озимой пшеницы осуществляли с помощью сеялки

Gimetal после обработки опытного участка гербицидом сплошного действия Тотал 480 (2,5–3,0 л/га). В классической технологии возделывания пшеницы после уборки предшественника (кукурузы) поле дисковалось на глубину 8–10 см. Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом (ГОСТ 28268-89) в два срока: перед посевом озимой пшеницы и в начале весенней вегетации. Урожайность учитывали малогабаритным комбайном «Сампо-130» с последующим пересчетом на стандартную влажность 14 %. Для анализа качества зерновой продукции использовали инфракрасный анализатор «Спектран-119М» и диафаноскоп. Массовую долю сырой клейковины определяли в соответствии с ГОСТ 54478-2011, общую стекловидность – ГОСТ 10987-76, влажность зерна – ГОСТ 13586.5-93. Достоверность полученных данных оценивалась с помощью дисперсионного метода математической статистики и программы AgCStat-Excel.

Весь период исследований (2014–2019 гг.) характеризовался повышенным температурным режимом со среднегодовой температурой воздуха, превышающей среднемноголетнее значение на 0,5–1,9 °С, и лишь в 2016–2017 гг. этот показатель соответствовал норме 9,6 °С. Условия увлажнения в годы исследований были более контрастными. Так, 3 года (2014–2015, 2017–2018 и 2018–2019 гг.) были засушливыми с годовой суммой осадков ниже климатической нормы на 43–100 мм. Во влажные годы (2015–2016 и 2016–2017 гг.) количество осадков превысило среднемноголетнее значение на 78–98 мм. Практически в течение всего периода исследований отмечался ранний срок возобновления вегетации (температуры в марте на 1,0–2,5 °С выше нормы), а также повышенное количество осадков в осенне-зимний (исключение – 2014–2015 гг.) и весенний периоды развития озимой пшеницы (исключение – весна 2019 г.). В 2014–2018 гг. во время весенне-летней вегетации озимой пшеницы (апрель – июнь) ГТК Г. Т. Селянинова варьировал в пределах 1,33–1,86 при среднемноголетнем значении 1,41. В 2018/19 сельскохозяйственном году величина этого показателя была ниже в 3 раза (0,46), что свидетельствовало о сильной засухе.

Результаты и обсуждение. В условиях неустойчивого увлажнения Ставропольского края в отдельные годы основным лимитирующим фактором достижения высокой урожайности озимой пшеницы является недостаток осадков, поэтому целесообразность применения любой технологии возделывания оценивается в первую очередь по способности к накоплению и сохранению продуктивной влаги.

Сравнение технологий возделывания по запасам продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см показало существенное преимущество прямого посева перед технологией с рекомендованной системой обработки почвы в засушливом 2017/18 г. в период сева культуры – разность 37,6 мм (таблица 1). Отличия между технологиями по запасам влаги в другие годы (в более влажном 2016/17 г. и в более сухом 2018/19 г.) хотя и оказались математически не доказуемыми, но и в этом случае прослеживалась тенденция к лучшей обеспеченности посевов влагой в осенний период при прямом посеве в почву. При возобновлении весенней вегетации пшеницы запасы влаги в метровом слое почвы были высокими (в пределах 160,1–183,3 мм) и по технологиям существенно не отличались вследствие выпадения достаточного количества осадков в осенне-зимний период.

Таблица 1 – Влияние технологии возделывания озимой пшеницы на запасы продуктивной влаги по годам исследования

В мм

Год	В период сева						При возобновлении весенней вегетации		
	слой 0–20 см			слой 0–100 см			слой 0–100 см		
	РТ*	ПП**	раз- ность	РТ	ПП	раз- ность	РТ	ПП	раз- ность
2016–2017	33,7	29,4	–4,3	138,6	145,8	7,2	164,7	164,2	–0,5
2017–2018	25,0	28,8	3,8	96,9	134,5	37,6	173,3	183,3	10,0
2018–2019	11,6	13,0	1,4	35,9	40,3	4,4	160,1	166,2	6,1
НСР ₀₅ для года	6,34			16,3			$F_{\text{факт.}} < F_{\text{табл.}}$		
НСР ₀₅ для технологии	$F_{\text{факт.}} < F_{\text{табл.}}$			13,3			$F_{\text{факт.}} < F_{\text{табл.}}$		
Примечание – РТ* – рекомендованная технология; ПП** – прямой посев 3-го года.									

Урожайность озимой пшеницы в третий год прямого посева по кукурузе без применения удобрений была невысокой и в среднем составила

2,77 т/га (таблица 2). В течение всего периода исследований отмечена очень высокая отзывчивость культуры на внесение удобрений как при посеве, так и в подкормку. Средняя прибавка урожайности, полученная от припосевного удобрения, находилась в пределах 0,78–3,02 т/га (28–109 %), от азотной подкормки – 0,55–1,85 т/га (15–48 %) и при совмещении обоих способов внесения – 1,47–4,02 т/га (53–145 %). Достижению наибольшей степени реализации потенциала урожайности способствовало внесение в рядки при посеве озимой пшеницы полного минерального удобрения (NPK) с ранневесенней азотной подкормкой (N_{52}). Во влажный год (2016/17) наибольшая прибавка (4,56 т/га) получена при использовании максимальной дозы полного удобрения и подкормки $N_{104}P_{52}K_{52} + N_{52}$. В засушливые годы (2017/18 и 2018/19 гг.) наиболее высокие и практически равные прибавки урожайности отмечены при внесении двух доз удобрений – $N_{52}P_{52}K_{52} + N_{52}$ (2,69–3,99 т/га) и $N_{104}P_{52}K_{52} + N_{52}$ (3,07–4,44 т/га). Применение этого количества питательных элементов удобрений способствовало не только существенному увеличению, но и стабилизации урожайности культуры – коэффициент вариации 11–17 % (на контроле 22 %). В наибольшей степени варьировала по годам урожайность пшеницы при внесении в рядки одного азотного удобрения (коэффициент вариации 29–30 %), что обусловлено тесной взаимосвязью эффективности азота и влагообеспеченности почвы [6]. Так, в очень влажных условиях осенне-зимнего периода 2016/17 и 2017/18 гг. прирост сбора зерна за счет припосевного внесения одного азота (N_{52}) составил 2,06–3,08 т/га, а в засушливом 2018/19 г. – лишь 0,61 т/га. Максимальная отдача от возрастающих доз преимущественно фосфорного удобрения ($N_{6-24}P_{26-104}$), напротив, получена в засушливых условиях 2018/19 г. – 1,10–1,44 т/га. Прибавка от азотного удобрения (N_{52}), внесенного в рядки при посеве пшеницы, во влажных условиях осенне-зимнего периода в 1,7–2,8 раза превышала прибавку от подкормки (N_{52}), а в засушливом 2018/19 г. эффективность их действия выравнивалась (урожайность 3,66 и 3,61 т/га соответственно).

Таблица 2 – Влияние минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы в технологии No-Till по годам исследований

Доза при посеве, кг д. в./га (фактор В)	Доза подкормки, кг д. в./га (фактор С)	Урожайность, т/га				V*, %	Средняя прибавка от удобрений		
		2016/17	2017/18	2018/19	Среднее за 3 года		при посеве, т/га	в подкормку, т/га	от 1 кг д. в., кг
0	0	2,08	3,18	3,05	2,77	22			
N ₆ P ₂₆		3,09	3,48	4,49	3,69	20	0,92		28,6
N ₁₂ P ₅₂		2,61	3,88	4,15	3,55	23	0,78		12,1
N ₂₄ P ₁₀₄		2,93	4,18	4,38	3,83	21	1,06		8,3
N ₅₂ P ₅₂		3,55	5,07	4,22	4,28	18	1,51		14,5
N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂		3,68	5,65	4,39	4,57	22	1,80		11,6
N ₅₂		4,14	6,26	3,66	4,69	30	1,92		36,9
N ₁₀₄ P ₅₂ K ₅₂		4,97	7,06	5,33	5,79	19	3,02		14,5
0	N ₅₂	3,32	4,27	3,61	3,73	13		0,96	18,5
N ₆ P ₂₆		2,51	5,44	4,76	4,24	36	0,51	0,55	17,5
N ₁₂ P ₅₂		3,63	5,57	4,74	4,65	21	0,92	1,10	16,2
N ₂₄ P ₁₀₄		4,02	7,26	5,75	5,68	29	1,95	1,85	16,1
N ₅₂ P ₅₂		3,92	6,86	4,67	5,15	30	1,42	0,87	15,3
N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂		5,16	7,17	5,74	6,02	17	2,29	1,45	15,6
N ₅₂		4,59	6,19	3,42	4,73	29	1,00	0,04	18,9
N ₁₀₄ P ₅₂ K ₅₂		6,64	7,62	6,12	6,79	11	3,06	1,00	15,5
HCP _(BC) 05, т/га		0,91	0,74	0,83	0,85	—	0,35	0,17	—
Примечание – V* – коэффициент вариации урожайности за 2016–2019 гг.									

Средний прирост сбора зерна от единицы действующего вещества удобрения варьировал в самых больших пределах – от 8,3 до 36,9 кг. Окупаемость удобрений в опыте превышала 9 кг зерна на 1 кг д. в. (за исключением варианта N₂₄P₁₀₄), что соответствует сегодняшнему мировому уровню [7]. Наиболее высокое значение данного показателя получено при внесении в рядки одного азотного удобрения N₅₂ (36,9 кг), а также N₆P₂₆ (28,6 кг). При использовании при посеве полного минерального удобрения (N_{52–104}P₅₂K₅₂) окупаемость 1 кг д. в. составила 11,6–14,5 кг (без азотной подкормки) и 15,5–15,6 кг зерна (с подкормкой). Полученные результаты показывают, что в третий год прямого посева озимой пшеницы по кукурузе для получения наибольшего агрономического эффекта требуется преимущественное внесение азотного удобрения в суммарной дозе, превышающей дозы фосфора и калия в 2–3 раза. Это хорошо согласуется

с результатами других исследований, показывающих большое значение минерального азота для культур, возделываемых по технологии No-Till (без обработки почвы) [8–10].

Сравнение урожайности озимой пшеницы, полученной по технологии с рекомендованной обработкой почвы и прямым посевом третьего года, показало заметное преимущество классической технологии не только на естественном фоне плодородия (контроль), но и при использовании разных доз удобрений (таблица 3). Отличия по урожайности находились в пределах 0,14–1,14 т/га. Это подтверждает существование переходного периода при внедрении технологии No-Till (5–10 лет), необходимого для самовосстановления и нормального функционирования почвы после длительного воздействия плуга [2, 11]. Наименьшие отличия по урожайности (0,14–0,19 т/га) отмечены при внесении разных доз полного минерального удобрения в сочетании с азотной подкормкой – $N_{52}P_{52}K_{52} + N_{52}$ и $N_{104}P_{52}K_{52} + N_{52}$. Таким образом, правильно подобранные способы внесения и дозы удобрений способствуют уменьшению потерь зерна при смене технологии возделывания пшеницы.

Таблица 3 – Урожайность озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания и длительности применения прямого посева, 2016–2019 гг.

В т/га

Доза при посеве, кг д. в./га (фактор В)	Доза подкормки, кг д. в./га (фактор С)	Технология возделывания (средняя за 2016–2019 гг.) (фактор А)			Число лет прямого посева (в качестве фактора А – вместо технологии год прямого посева)		
		рекомендуемая	прямой посев 3-го года	разность между технологиями	1-й год (2014–2017)	3-й год (2016–2019)	разность между 3-м и 1-м годом
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	3,49	2,77	–0,72	2,56	2,77	0,21
$N_{12}P_{52}$		4,42	3,54	–0,88	3,45	3,54	0,09
$N_{24}P_{104}$		4,89	3,83	–1,06	3,42	3,83	0,41
$N_{52}P_{52}$		5,25	4,28	–0,97	4,11	4,28	0,17
$N_{52}P_{52}K_{52}$		5,71	4,57	–1,14	4,16	4,57	0,41
N_{52}		5,10	4,69	–0,41	3,68	4,69	1,01
$N_{104}P_{52}K_{52}$		6,46	5,79	–0,67	5,12	5,79	0,67

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8
0	N ₅₂	4,02	3,74	−0,28	3,11	3,74	0,63
N ₁₂ P ₅₂		5,42	4,65	−0,77	3,72	4,65	0,93
N ₂₄ P ₁₀₄		5,72	5,68	−0,04	4,11	5,68	1,57
N ₅₂ P ₅₂		5,88	5,15	−0,74	4,24	5,15	0,91
N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂		6,21	6,02	−0,19	4,63	6,02	1,39
N ₅₂		5,57	4,73	−0,83	3,75	4,73	0,98
N ₁₀₄ P ₅₂ K ₅₂		6,94	6,79	−0,14	5,36	6,79	1,43
HCP _(A) 05, T/га		0,14 (F _{факт.} = 119,3; F _{табл.} = 3,9)			0,23 (F _{факт.} = 43,9; F _{табл.} = 3,9)		

Анализ продуктивности озимой пшеницы в первый и третий годы прямого посева без обработки почвы показал, что урожай зерна не снизился даже при возделывании культуры без использования удобрений (контроль). В третий год применения технологии No-Till во всех вариантах опыта урожай зерна был на уровне или выше первого года на 0,41–1,57 т/га (таблица 3). Наиболее существенное превышение урожайности отмечено в вариантах с азотной подкормкой – на 0,63–1,57 т/га. Это свидетельствует о положительном влиянии кукурузы как предшественника на урожайность озимой пшеницы в технологии No-Till на черноземе обыкновенном в условиях Ставрополя.

При оценке целесообразности применения новой технологии необходимо учитывать возможность не только достижения высокой урожайности, но и получения качественного зерна. Качество зерна является интегрирующим показателем природно-климатических и технологических условий возделывания озимой пшеницы, отражающим степень интенсификации сельскохозяйственного производства. В нашем опыте в обеих технологиях определяющее влияние на массовую долю сырой клейковины в зерне оказали метеорологические условия (таблица 4). В течение всего периода исследований зерно с наилучшими показателями качества было сформировано в очень засушливом 2018/19 г. с ГТК в апреле – июне, равным 0,46. В этом году на естественном фоне плодородия (без удобрений) содержание сырой клейковины в зерне составило 20,3–24,6 %, в то время

как во влажном 2016/17 г. данный показатель не превышал 17,3–17,8 % и в засушливом 2017/18 г. – 13,2–13,4 %. Самое низкое содержание клейковины в зерне отмечено в засушливом 2017/18 г. несмотря на то, что по сложившимся условиям весенне-летнего периода этот год был более благоприятным, чем 2016/17 г. Значительному снижению качества зерна способствовали крайне неблагоприятные условия в период его налива (июнь) – нулевое количество осадков и высокая среднесуточная температура воздуха, превышающая среднемноголетнее значение на 3,3 °С. Ситуацию ухудшили осадки ливневого характера, выпавшие непосредственно перед уборкой культуры.

Таблица 4 – Массовая доля сырой клейковины в зерне озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания (2016–2019 гг.)

Технология	Доза удобрения при посеве, кг д. в./га	2016/17			2017/18			2018/19		
		клейковина	разность		клейковина	разность		клейковина	разность	
			по технологиям	по удобрениям		по технологиям	по удобрениям		по технологиям	по удобрениям
Рекомендованная	0	17,3			13,4			24,6		
	N ₆ P ₂₆	16,7		–0,6	11,8		–1,6	22,0		–2,6
	N ₁₂ P ₅₂	18,1		0,8	12,2		–1,2	21,4		–3,2
	N ₂₄ P ₁₀₄	17,9		0,6	11,2		–2,2	21,2		–3,4
	N ₅₂ P ₅₂	17,7		0,4	10,6		–2,8	23,8		–0,8
	N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	20,6		3,3	12,3		–1,1	25,8		1,2
	N ₅₂	19,8		2,5	15,6		2,2	28,1		3,5
	N ₁₀₄ P ₅₂ K ₅₂	21,2		3,9	17,5		4,1	28,6		4,0
Прямой посев без обработки почвы	0	17,8	0,5		13,2	–0,2		20,3	–4,3	
	N ₆ P ₂₆	17,7	1,0	–0,1	13,2	1,4	0,0	17,9	–4,1	–2,4
	N ₁₂ P ₅₂	16,2	–1,9	–1,6	13,8	1,6	0,6	16,6	–4,8	–3,7
	N ₂₄ P ₁₀₄	16,2	–1,7	–1,6	13,9	2,7	0,7	17,1	–4,1	–3,2
	N ₅₂ P ₅₂	16,4	–1,3	–1,4	13,8	3,2	0,6	19,2	–4,6	–1,1
	N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	17,9	–2,7	0,1	14,8	2,5	1,6	20,3	–5,5	0,0
	N ₅₂	16,9	–2,9	–0,9	19,6	4,0	6,4	26,9	–1,2	6,6
	N ₁₀₄ P ₅₂ K ₅₂	20,8	–0,4	3,0	20,9	3,4	7,7	28,2	–0,4	7,9
НСР _(AB) 05, ц			0,9	1,7		1,5	3,0		0,8	1,7

Удобрения, внесенные при посеве культуры, оказали неоднозначное влияние на массовую долю сырой клейковины в зерне. Во все годы иссле-

дования при обеих технологиях формированию зерна с более высокими значениями показателя (на 3,0–7,9 %) в сравнении с контролем способствовало внесение в рядки $N_{104}P_{52}K_{52}$. В отдельные годы такое же положительное влияние на качество зерна оказало припосевное внесение N_{52} и $N_{52}P_{52}K_{52}$. В засушливых условиях (2017/18, 2018/19 гг.) в технологии прямого посева применение при посеве $N_{104}P_{52}K_{52}$ и N_{52} увеличивало содержание клейковины в зерне в значительно большей степени (на 6,4–6,6 %), чем в рекомендованной технологии (на 3,5–4,1 %). Это подтверждает приоритетную роль азота в формировании не только величины, но и качества урожая озимой пшеницы в технологии без обработки почвы (No-Till). Во все годы исследования в обеих технологиях вне зависимости от дозы удобрения общая стекловидность зерна была меньше 60 %.

Выводы. Для наиболее полной реализации биологического потенциала продуктивности озимой пшеницы по предшественнику кукурузе и предотвращения снижения урожайности при переходе от рекомендованной системы обработки почвы к технологии прямого посева (No-Till) требуется припосевное внесение полного минерального удобрения ($N_{52-104}P_{52}K_{52}$) с последующим проведением ранневесенней азотной подкормки (N_{52}). В контрастных по увлажнению метеорологических условиях года прямой посев пшеницы с применением $N_{104}P_{52}K_{52} + N_{52}$ обеспечил получение самой высокой и стабильной прибавки урожайности в пределах 3,07–4,56 т/га, или 101–219 %. При этом средняя окупаемость зерном 1 кг действующего вещества удобрения составила 15,5 кг и было получено зерно с наилучшими показателями качества. Массовая доля сырой клейковины в зерне превышала контроль на 3,0–7,9 %. При внедрении в производство технологии прямого посева необходимо уделять особое внимание применению азотного удобрения – при посеве и в подкормку. В целях получения наибольшего агрономического эффекта суммарная доза азота должна превышать дозу фосфора и калия в 2–3 раза.

Список использованных источников

1 Kudayarov, V. N. Soil-biogeochemical aspects of arable farming in the Russian Federation / V. N. Kudayarov // Soil Science. – 2019. – № 1. – P. 109–121. – DOI: 10.1134/S0032180X1901009X.

2 Дридигер, В. К. Технология прямого посева в Аргентине / В. К. Дридигер // Земледелие. – 2013. – № 1. – С. 21–24.

3 Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil / C. P. J. Sisti, H. P. dos Santos, R. Kohhann, B. J. R. Alves, S. Urquiaga, R. M. Boddey // Soil and Tillage Research. – 2004. – Vol. 76. – P. 39–58. – DOI: 10.1016/j.still.2003.08.007.

4 Шустикова, Е. П. Особенности почвенного питания растений и продуктивность полевого севооборота в последствии минеральных удобрений на черноземе обыкновенном: метод. пособие / Е. П. Шустикова, Н. Н. Шаповалова. – Саратов: Амрит, 2015. – 28 с.

5 Система земледелия нового поколения Ставропольского края: монография / В. В. Кулинцев [и др.]. – Ставрополь: АГРУС, 2013. – 520 с.

6 Сычёв, В. Г. Агрохимические свойства почв и эффективность минеральных удобрений / В. Г. Сычёв, С. А. Шафран. – М.: ВНИИА, 2013. – 296 с.

7 Сычёв, В. Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования / В. Г. Сычёв. – М.: РАН, 2019. – 327 с.

8 Беляева, О. Н. Система No-Till и ее влияние на доступность азота почв и удобрений: обобщение опыта / О. Н. Беляева // Земледелие. – 2013. – № 7. – С. 16–18.

9 Азот в черноземах при традиционной технологии обработки и прямом посеве / А. А. Завалин, В. К. Дридигер, В. П. Белобров, С. А. Юдин // Почвоведение. – 2018. – № 12. – С. 1506–1516. – DOI: 10.1134/S0032180X18120146.

10 Дридигер, В. К. Методические подходы к изучению систем земледелия без обработки почвы / В. К. Дридигер // Земледелие. – 2014. – № 7. – С. 24–27.

11 Чевердин, Ю. И. Влияние минимизации приемов основной обработки почвы на плотность сложения чернозема сегрегационного и урожайность озимой пшеницы / Ю. И. Чевердин, С. В. Сапрыкин, И. А. Пшеничная // Агрохимия. – 2018. – № 10. – С. 12–26. – DOI: 10.1134/S000218811810006X.

References

1 Kudayarov V.N., 2019. Soil-biogeochemical aspects of arable farming in the Russian Federation. Soil Science, no. 1, pp. 109-121, DOI: 10.1134/S0032180X1901009X.

2 Dridiger V.K., 2013. *Tekhnologiya pryamogo poseva v Argentine* [Direct sowing technology in Argentina]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 1, pp. 21-24. (In Russian).

3 Sisti C.P.J., Dos Santos H.P., Kohhann R., Alves B.J.R., Urquiaga S., Boddey R.M., 2004. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. Soil and Tillage Research, vol. 76, pp. 39-58, DOI: 10.1016/j.still.2003.08.007.

4 Shustikova E.P., Shapovalova N.N., 2015. *Osobennosti pochvennogo pitaniya rasteniy i produktivnost' polevogo sevooborota v posledeystvii mineral'nykh udobreniy na chernozeme obyknovennom: metod. posobie* [Features of Soil Nutrition of Plants and Productivity of Field Crop Rotation in the Aftereffect of Mineral Fertilizers on Ordinary Chernozem: method. guidelines]. Saratov, Amirit Publ., 28 p. (In Russian).

5 Kulintsev V.V. [et al.], 2013. *Sistema zemledeliya novogo pokoleniya Stavropol'skogo kraia: monografiya* [The New Generation Farming System of Stavropol Territory: Monograph]. Stavropol, AGRUS Publ., 520 p. (In Russian).

6 Sychev V.G., Shafran S.A., 2013. *Agrokhimicheskie svoystva pochv i effektivnost' mineral'nykh udobreniy* [Agrochemical Properties of Soils and the Efficiency of Mineral Fertilizers]. Moscow, VNIIA Publ., 296 p. (In Russian).

7 Sychev V.G., 2019. *Sovremennoe sostoyanie plodorodiya pochv i osnovnye aspekty ego regulirovaniya* [The Current State of Soil Fertility and the Main Aspects of Its Regulation]. Moscow, RAS Publ., 327 p. (In Russian).

8 Belyaeva O.N., 2013. *Sistema No-Till i ee vliyanie na dostupnost' azota pochv i udobreniy: obobshchenie opyta* [The No-Till system and its impact on the availability of soil nitrogen and fertilizers: generalization of the experience]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 7, pp. 16-18. (In Russian).

9 Zavalin A.A., Dridiger V.K., Belobrov V.P., Yudin S.A., 2018. *Azot v chernozemakh pri traditsionnoy tekhnologii obrabotki i pryamom poseve* [Nitrogen in chernozems with traditional processing technology and direct seeding]. *Pochvovedenie* [Soil Science], no. 12, pp. 1506-1516, DOI: 10.1134 / S0032180X18120146. (In Russian).

10 Dridiger V.K., 2014. *Metodicheskie podkhody k izucheniyu sistem zemledeliya bez obrabotki pochvy* [Methodical approaches to the study of farming systems without tillage]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 7, pp. 24-27. (In Russian).

11 Cheverdin Yu.I., Saprykin S.V., Pshenichnaya I.A., 2018. *Vliyanie minimizatsii priemov osnovnoy obrabotki pochvy na plotnost' slozheniya chernozema segregatsionnogo i urozhaynost' ozimoy pshenitsy* [Effect of minimization of main soil tillage methods on bulk density of segregated chernozem and winter wheat yield.]. *Agrokimiya* [Agrochemistry], no. 10, pp. 12-26, DOI: 10.1134 / S000218811810006X. (In Russian).

Шаповалова Надежда Николаевна

Должность: научный сотрудник, заведующая лабораторией

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»

Адрес организации: ул. Никонова, 49, г. Михайловск, Ставропольский край, Российская Федерация, 356241

E-mail: schapovalova.nadejda@yandex.ru

Shapovalova Nadezhda Nikolayevna

Position: Researcher, Head of the Laboratory

Affiliation: North Caucasus Federal Agrarian Research Center

Affiliation address: st. Nikonova, 49, Mikhailovsk, Stavropol region, Russian Federation, 356241

E-mail: schapovalova.nadejda@yandex.ru

Воропаева Анастасия Анатольевна

Должность: младший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»

Адрес организации: ул. Никонова, 49, г. Михайловск, Ставропольский край, Российская Федерация, 356241

E-mail: kerya008@rambler.ru

Voropaeva Anastasiya Anatolyevna

Position: Junior Researcher

Affiliation: North Caucasus Federal Agrarian Research Center

Affiliation address: st. Nikonova, 49, Mikhailovsk, Stavropol region, Russian Federation, 356241

E-mail: kerya008@rambler.ru

Годунова Евгения Ивановна

Ученая степень: доктор сельскохозяйственных наук

Должность: главный научный сотрудник, заведующая отделом

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»

Адрес организации: ул. Никонова, 49, г. Михайловск, Ставропольский край, Российская Федерация, 356241

E-mail: info@fnac.center

Godunova Yevgeniya Ivanovna

Degree: Doctor of Agricultural Sciences

Position: Chief Researcher, Head of the Laboratory

Affiliation: North Caucasus Federal Agrarian Research Center

Affiliation address: st. Nikonova, 49, Mikhailovsk, Stavropol region, Russian Federation, 356241

E-mail: info@fnac.center

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 13.10.2020; одобрена после рецензирования 14.12.2020; принята к публикации 25.12.2020.

The article was submitted 13.10.2020; approved after reviewing 14.12.2020; accepted for publication 25.12.2020.