

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА СОДЕРЖАНИЕ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В РАСТЕНИЯХ

© 2025 г. Д. В. Дубовик, доктор сельскохозяйственных наук, Е. В. Дубовик, доктор биологических наук, А. Н. Морозов, кандидат сельскохозяйственных наук, П. П. Дураков, аспирант

Курский федеральный аграрный научный центр,  
305021, Курск, ул. К. Маркса, 70б  
E-mail: dubovikdm@yandex.ru

*Исследования проводили с целью определения особенностей накопления растениями озимой пшеницы азота, фосфора и калия при различных технологиях возделывания. Работу выполняли в 2021–2024 гг. на черноземе типичном Курской области. Изучали следующие технологии возделывания культуры: традиционная, дифференцированная, минимальная, прямого посева. При использовании традиционной технологии содержание азота в корнях было выше, чем в других вариантах, на 0,03...0,12 %, в соломе – на 0,03...0,04 %, в зерне – на 0,04...0,13 %, накопление – соответственно на 3,9...14,1 кг/га, 3,1...10,9 кг/га и 0,8...11,2 кг/га. В изучаемых технологиях не выявлено существенных различий по содержанию фосфора в корнях и соломе озимой пшеницы. В зерне, выращенном с использованием традиционной технологии, концентрация этого элемента была больше, чем в других вариантах, на 0,06...0,10 %. Количество калия в корнях при минимальной технологии снижалось относительно остальных технологий на 0,03...0,05 %. При прямом посеве содержание этого минерального элемента в соломе было выше, чем при других технологиях, на 0,04...0,05 %. Наибольшее в опыте количество калия в зерне отмечено при традиционной технологии, наименьшее – при минимальной. По уровню накопления фосфора и калия в растениях озимой пшеницы традиционная и дифференцированная технологии были равнозначны. По отношению к ним при минимальной технологии и прямом посеве накопление растениями фосфора было ниже на 4,8...13,2 %, калия – на 5,1...13,9 %. Вынос азота, фосфора и калия с зерном превышает уровень возврата с корнями и соломой. Баланс азота и фосфора был отрицательным. Наибольший дефицит азота складывается при минимальной технологии, фосфора – при традиционной. Положительный баланс калия достигается только благодаря внесению минеральных удобрений.*

## THE INFLUENCE OF WINTER WHEAT CULTIVATION TECHNOLOGY ON THE CONTENT OF MACRONUTRIENTS IN PLANTS

D. V. Dubovik, E. V. Dubovik, A. N. Morozov, P. P. Durakov

Federal Agricultural Kursk Research Center,  
305021, Kursk, ul. Karla Marksa, 70b  
E-mail: dubovikdm@yandex.ru

*The research was carried out to determine the characteristics of the accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium by winter wheat plants using various cultivation technologies. The work was carried out in 2021–2024 on typical chernozem of the Kursk region. The following technologies of winter wheat cultivation were studied: traditional, differentiated, minimal, direct sowing. When using traditional technology, the nitrogen content was higher than for other studied technologies – in roots by 0.03...0.12 %, in straw by 0.03...0.04 %, in grain by 0.04...0.13 %. It also contributed to a higher accumulation of nitrogen in the roots by 3.9...14.1 kg/ha, in straw – by 3.1...10.9 kg/ha, in grain – by 0.8...11.2 kg/ha. In the studied technologies, no significant differences were found in the phosphorus content in the roots and straw of winter wheat. Grain obtained using traditional technology contained 0.06...0.10 % more phosphorus than with other technologies. The amount of potassium in the roots decreased by 0.03...0.05 % with minimal technology, compared to other technologies, which did not differ significantly in terms of this indicator. The amount of potassium in the straw during direct sowing was 0.04...0.05 % higher than with other technologies. The highest potassium content in the grain in the experiment was provided by traditional technology, and the lowest by minimal technology. According to the level of phosphorus and potassium accumulation in winter wheat plants, traditional and differentiated technologies were equivalent. In relation to them, minimal technology and direct sowing were inferior in the accumulation of phosphorus by plants by 4.8...13.2 %, potassium by 5.1...13.9 %. The removal of nitrogen, phosphorus, and potassium from grain exceeds the level of return from roots and straw. The balance of nitrogen and phosphorus was deficient. The greatest shortage of nitrogen occurs with minimal technology, and phosphorus with traditional technology. A positive potassium balance is achieved only through the application of mineral fertilizers.*

**Ключевые слова:** озимая пшеница (*Triticum aestivum*), азот, фосфор, калий, технология возделывания, накопление, баланс.

**Keywords:** winter wheat (*Triticum aestivum*), nitrogen, phosphorus, potassium, cultivation technology, accumulation, balance.

В процессе роста и развития растения озимой пшеницы формируют достаточно большое количество биомассы, в которой происходит накопление таких макроэлементов, как азот, фосфор и калий [1]. Часть ее, представленная зерном, безвозвратно удаляется с поля, что исключает из биогеохимического круговорота накопленные минеральные элементы [2]. Оставшаяся часть – растительные остатки – включает в себя корни и солому, которые составляют до 60 % сухой биомассы растений и содержат значительное количество питательных

веществ [3]. Корни практически всегда остаются в почве, постепенно трансформируясь в гумусовые вещества и органо-минеральные комплексы [4]. Скорость и степень разложения соломы зависит от многих факторов (микробиологической активности, влажности и температуры почвы и др.), на которые можно воздействовать отдельными агроприемами [5, 6, 7].

В технологиях возделывания озимой пшеницы таким агроприемом выступает основная обработка почвы. Она влияет на характер распределения растительных остатков в пахотном

слое почвы [8]. Глубокая отвальная обработка способствует заделке пожнивно-корневых остатков на дно борозды, безотвальные и мелкие приемы обработки обуславливают их накопление в верхнем слое почвы [9]. В последние годы достаточно широко внедряется технология прямого посева, при которой солома распределяется по поверхности почвы, создавая мульчирующий слой [10, 11, 12].

Кроме воздействия на характер распределения растительных остатков в почве, приемы обработки, используемые в технологиях возделывания озимой пшеницы, влияют на водно-воздушный режим почвы [13], а через его изменение – на интенсивность микробиологических и физико-химических процессов [14], что определяет уровень поступления биогенных макроэлементов в растения [15]. Их накопление в отчуждаемом с поля зерне и уменьшение в остающихся пожнивно-корневых остатках может привести к отрицательному балансу элементов минерального питания, что повлечет снижение уровня плодородия почвы, потребует дополнительных затрат на восполнение дефицита [16].

Цель исследований – определить особенности накопления растениями озимой пшеницы азота, фосфора и калия при различных агротехнологиях для оценки баланса биогенных элементов.

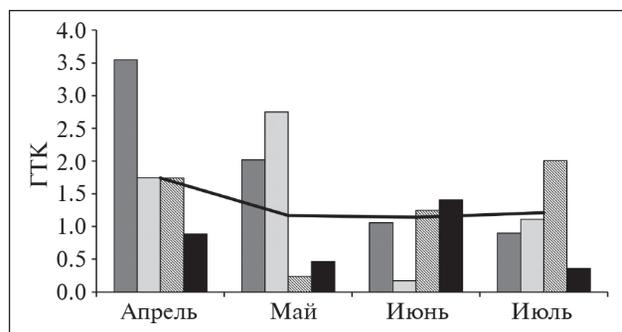
**Методика.** Работу выполняли на опытном поле Курского федерального аграрного научного центра (Курская область, Курский район, пос. Черемушки) в 2021–2024 гг. в четырехпольном зерновом севообороте (горох – озимая пшеница – соя – яровой ячмень), развернутом в пространстве и времени. Изучали четыре технологии возделывания озимой пшеницы, различающиеся по способу основной обработки почвы, системе защиты растений, способу внесения минеральных удобрений (табл. 1).

Варианты в полевом опыте размещали систематически в один ярус. Площадь посевной делянки – 6000 м<sup>2</sup> (60 м × 100 м), повторность трехкратная. Сорт озимой пшеницы – Безостая 100.

Почва опытного участка представлена черноземом типичным мощным тяжелосуглинистым. Среднее по опыту содержание гумуса в пахотном слое составляло 5,23 %, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – соответственно

**Табл. 1. Содержание элементов технологий возделывания озимой пшеницы**

Элемент технологии	Технология			
	традиционная	дифференцированная	минимальная	прямой посев
Основная обработка почвы	отвальная (вспашка на 20...22 см)	безотвальная (чизелевание на 20...22 см + дискование на 8...10 см)	поверхностная (диско-вание на 6...8 см)	без обработки
Минеральные удобрения	основное внесение N <sub>17</sub> , P <sub>45</sub> , K <sub>45</sub> ; подкормка N <sub>51</sub> в фазе весеннего кущения			основное N <sub>7</sub> , P <sub>19</sub> , K <sub>19</sub> ; припосевное N <sub>10</sub> , P <sub>26</sub> , K <sub>26</sub> ; подкормка N <sub>51</sub>
Способ и норма посева	рядовой посев (междурядья 15 см) с нормой высева 4,0 млн шт/га		рядовой посев (междурядья 21 см) с нормой высева 3,5 млн шт/га	рядовой посев (междурядья 21 см) с нормой высева 3,5 млн шт/га
Защита растений	интегрированная, сочетающая систему обработки почвы с применением химической схемы защиты озимой пшеницы			химическая (обработка гербицидами сплошного действия перед посевом с применением схемы защиты озимой пшеницы)



**Рис. 1. Гидротермический коэффициент за период активной вегетации озимой пшеницы: ■ – 2021 г.; ■ – 2022 г.; ■ – 2023 г.; ■ – 2024 г.; — – среднегодовое.**

202,3 мг/кг и 137,6 мг/кг, азота щелочногидролизуемого (по Корнфилду) – 156,3 мг/кг, рН<sub>ксл</sub> – 5,3 ед.

Урожайность зерна озимой пшеницы учитывали с использованием комбайна Сампо-500 с последующим взвешиванием и пересчетом на 14 %-ную влажность и 100 %-ную чистоту. После уборки определяли запасы корневых остатков в пахотном слое, а также количество соломы [17]. В зерне, соломе и корнях озимой пшеницы определяли содержание общего азота, фосфора и калия по методу К. Е. Гинзбург [18].

Статистическую обработку полученных данных проводили методами дисперсионного анализа с использованием программ Microsoft Excel и Statistica.

Баланс макроэлементов рассчитывали по следующей формуле:

$$B_i = (C_{k_i} + C_{c_i}) \times 0,60 \times D_i + M_u \times K_i - C_{z_i}, \quad (1)$$

где B<sub>i</sub> – баланс i-го макроэлемента (±), кг/га; C<sub>k<sub>i</sub></sub> – содержание i-го макроэлемента в корнях, кг/га; C<sub>c<sub>i</sub></sub> – содержание i-го макроэлемента в соломе, кг/га; 0,60 – коэффициент разложения пожнивно-корневых остатков озимой пшеницы; D<sub>i</sub> – доступность растениям i-го макроэлемента из пожнивно-корневых остатков (N – 0,20; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,20; K<sub>2</sub>O – 0,40); M<sub>u</sub> – доза минеральных удобрений, кг/га действующего вещества; K<sub>i</sub> – коэффициенты использования элементов питания из минеральных удобрений (N – 0,50; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,20; K<sub>2</sub>O – 0,40); C<sub>z<sub>i</sub></sub> – содержание i-го макроэлемента в зерне, кг/га.

В годы проведения исследований, в период активной вегетации озимой пшеницы, условия увлажнения территории, оцениваемые по гидротермическому коэффициенту (ГТК), складывались следующим образом (рис. 1): в апреле 2021, 2022 и 2023 гг. отмечено избыточное увлажнение (ГТК > 1,6), что характерно для среднегодовое значений, а в 2024 г. – недостаточное (ГТК 0,5...1,0). Май в 2021 и 2022 гг. характеризовался избыточным, а в 2023 и 2024 гг. – слабым увлажнением (ГТК < 0,5). В июне 2021, 2023 и 2024 гг. формировался оптимальный режим увлажнения (ГТК 1,0...1,6), что соответствует среднегодовым значениям, в 2022 г. – слабым. Июль в 2021 г. отличался недостаточным (ГТК 0,5...1,0), в 2022 г. – оптимальным, в 2023 г. – избыточным, в 2024 г. – слабым увлажнением. В целом вегетационный период 2021, 2022 и 2023 гг. характеризовался оптимальными условиями увлажнения, 2024 г. – недостаточными.

**Результаты и обсуждение.** Биомасса растений озимой пшеницы состоит из товарной (зерно) и нетоварной (солома, корни) частей. При традиционной технологии возделывания озимой пшеницы формировалась наиболее высокая масса корней (3,99 т/га), что больше, чем при дифференцированной, на 3,5 %, минимальной – на 18,5 %, прямом посеве – на 14,5 % (табл. 2). Количество соломы также было максимальным в опыте при традиционной технологии (5,74 т/га), что больше,

**Табл. 2. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания (среднее за 4 года)**

Технология	Масса, т/га		
	корни	солома	зерно
Традиционная	3,99	5,74	6,13
Дифференцированная	3,85	5,67	6,31
Минимальная	3,25	4,92	6,21
Прямого посева	3,41	5,35	5,97
НСР <sub>05</sub>	0,11	0,29	0,14

чем при дифференцированной и минимальной, а также прямом посеве, соответственно на 1,2, 14,3 и 6,8 %.

Такое изменение как товарной, так и нетоварной частей озимой пшеницы обусловлено, по-видимому, тем, что традиционная технология возделывания озимой пшеницы предусматривает более глубокую обработку почвы, что оказывает непосредственное влияние на плотность и порозность почвы. Так, при традиционной технологии плотность почвы в слое 0...10 см составляла 1,09 г/см<sup>3</sup>, в слое 10...20 см – 1,10 г/см<sup>3</sup>, в то время как при технологиях, ориентированных на минимизацию обработки почвы, в слое 0...10 см она была равна 1,04...1,06 г/см<sup>3</sup>, в нижележащем слое 10...20 см – 1,16...1,17 г/см<sup>3</sup>. Изменения общей порозности относительно плотности носили диаметрально противоположный характер. В слое 10...20 см это отразилось на развитии вторичной корневой системы и, как следствие, на росте биомассы растений. Масса нетоварной части озимой пшеницы (корни + солома) при минимальной технологии была на 4,5...19,1 % ниже, чем в других вариантах.

Максимальная в опыте масса зерна озимой пшеницы отмечена при использовании дифференцированной технологии (6,31 т/га). По сравнению с ней при традиционной и минимальной технологиях величина этого показателя уменьшалась на 0,18 и 0,10 т/га соответственно. При использовании прямого посева масса зерна снижалась относительно других изучаемых технологий на 0,16...0,34 т/га.

Доля корней, соломы и зерна при традиционной технологии составляла соответственно 25,2, 36,2, 38,6 %, при дифференцированной – 24,3, 35,8, 39,9 %, при минимальной – 22,6, 34,2, 43,2 %, при прямом посеве – 23,2, 36,3, 40,5 %.

Содержание азота в корнях, соломе и зерне озимой пшеницы было наиболее высоким при возделывании по традиционной технологии (табл. 3). По сравнению с ней отмечена тенденция к снижению величины этого показателя при дифференцированной технологии в корнях на 0,05 %, в соломе – на 0,04 %, в зерне – на 0,08 %; при минимальной – соответственно на 0,12, 0,03 и 0,04 %; при прямом посеве – на 0,03, 0,03 и 0,13 %.

Количество фосфора в корнях и соломе озимой пшеницы в зависимости от изучаемой технологии существенно не изменялось и варьировало в пределах 0,34...0,36 % для корней и 0,25...0,27 % для соломы. В зерне максимальное в опыте количество фосфора отмечали при традиционной технологии. При дифференцированной технологии величина этого показателя снижалась на 0,07 %, при минимальной – на 0,10 %, при прямом посеве – на 0,06 %.

**Табл. 3. Содержание макроэлементов в растениях озимой пшеницы (среднее за 4 года)**

Технология	Содержание макроэлементов, %								
	корни			солома			зерно		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Традиционная	1,37	0,34	0,40	1,15	0,26	0,89	2,14	0,72	0,46
Дифференцированная	1,32	0,35	0,42	1,11	0,25	0,88	2,06	0,65	0,44
Минимальная	1,25	0,36	0,37	1,12	0,26	0,88	2,10	0,62	0,43
Прямого посева	1,34	0,34	0,42	1,12	0,27	0,93	2,01	0,66	0,44
НСР <sub>05</sub>	0,04	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02

Содержание калия в корнях озимой пшеницы при традиционной, дифференцированной технологиях и прямом посеве существенно не различалось и варьировало в пределах 0,40...0,42 %. При минимальной технологии оно снижалось относительно других изучаемых технологий на 0,03...0,05 %. По уровню содержания калия в соломе озимой пшеницы традиционная, дифференцированная и минимальная технологии были равнозначны. Прямой посев способствовал повышению величины этого показателя на 0,04...0,05 %. В зерне озимой пшеницы количество калия было наибольшим при традиционной, а наименьшим при минимальной технологии.

Высокая масса корней и соломы и наибольшее содержание в них азота обеспечили максимальное в опыте накопление в них этого элемента при традиционной технологии (54,7 кг/га). При дифференцированной технологии накопление азота в корнях снижалось на 3,9 кг/га, при минимальной – на 14,1 кг/га, при прямом посеве – на 9,0 кг/га, в соломе – на 3,1, 10,9 и 6,1 кг/га соответственно (табл. 4). Более высокая масса зерна при дифференцированной и минимальной технологиях обеспечила сопоставимый с традиционной технологией уровень накопления азота в зерне (~130 кг/га). При прямом посеве отмечено его снижение на 10,0...11,2 кг/га.

Накопление фосфора в корнях при традиционной и дифференцированной технологиях было на одном уровне. Минимальная технология и прямой посев между собой по накоплению этого минерального элемента в корнях значимо не различались, но способствовали его снижению, относительно традиционной и дифференцированной технологий, на 1,8...2,0 кг/га. По уровню накопления фосфора в соломе озимой пшеницы между традиционной, дифференцированной технологиями и прямым посевом значимых различий не выявлено. При использовании минимальной технологии он уменьшался на 1,4...2,0 кг/га. Накопление фосфора в зерне озимой пшеницы было наибольшим при традиционной технологии. По сравнению с ней накопление этого элемента в зерне при дифференцированной технологии уменьшалось на 3,1 кг/га, при минимальной – на 5,6 кг/га, при прямом посеве – на 4,7 кг/га.

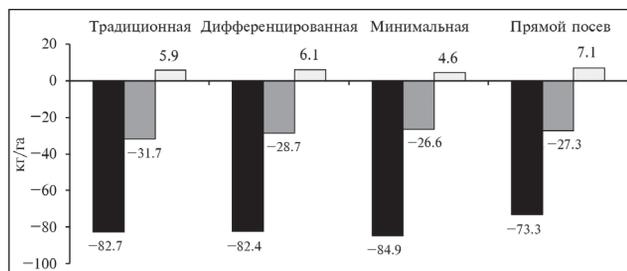
**Табл. 4. Запасы макроэлементов в различных частях растений озимой пшеницы (среднее за 4 года)**

Технология	Содержание макроэлементов, кг/га								
	корни			солома			зерно		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Традиционная	54,7	13,6	16,0	66,0	14,9	51,1	131,2	44,1	28,2
Дифференцированная	50,8	13,5	16,2	62,9	14,2	49,9	130,0	41,0	27,8
Минимальная	40,6	11,7	12,0	55,1	12,8	43,3	130,4	38,5	26,7
Прямого посева	45,7	11,6	14,3	59,9	14,4	49,8	120,0	39,4	26,3
НСР <sub>05</sub>	2,2	0,8	0,6	2,9	0,9	2,7	3,5	1,7	1,4

Накопление калия в корнях при традиционной и дифференцированной технологиях было практически одинаковым. По сравнению с ними переход на минимальную технологию способствовал его снижению на 25,0...26,0 %, на прямой посев – на 10,6...11,7 %. Накопление калия в соломе озимой пшеницы при традиционной, дифференцированной технологиях и прямом посеве значимо не различалось, а при минимальной уменьшилось на 6,5...7,8 кг/га. Накопление калия в зерне имело тенденцию к снижению по мере минимизации технологии возделывания озимой пшеницы.

Преобладание макроэлементов в различных частях растений озимой пшеницы при традиционной технологии, на наш взгляд, обусловлено оптимальными агрофизическими свойствами, которые способствовали более интенсивному развитию корневой системы и, соответственно, поглощению как воды, так и питательных элементов из почвы.

Расчет баланса азота, фосфора и калия (без учета содержания доступных форм элементов питания в почве) показал,



**Рис. 2. Баланс макроэлементов в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы:**

■ – N; ■ – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; ■ – K<sub>2</sub>O.

что вынос азота и фосфора с зерном превышает уровень их возврата с корнями, соломой и минеральными удобрениями. При этом следует учитывать, что пожнивно-корневые остатки соломы разлагаются в течение первого года примерно на 60 %, а уровень доступности макроэлементов из них (см. формулу 1) невысок и составляет для азота примерно 20 %, фосфора – 20 %, калия – 40 %. Положительный баланс калия достигается только при внесении минеральных удобрений.

Меньший дефицит азота отмечен при прямом посеве, что связано с самой низкой урожайностью зерна (рис. 2). Традиционная и дифференцированная технологии по дефициту азота находятся на одном уровне, а при минимальной технологии он увеличивается на 2,2...2,5 кг/га.

Самый дефицитный баланс фосфора (–31,7 кг/га) складывается при традиционной технологии, что связано с наиболее высоким в опыте его содержанием в зерне в этом варианте. Использование других изучаемых технологий снижает дефицит фосфора на 3,0...5,1 кг/га. Баланс калия был самым высоким при прямом посеве – на 1,0...2,5 кг/га больше, чем в других вариантах.

**Выводы.** Технология возделывания неоднозначно влияет на содержание азота, фосфора и калия в растениях озимой пшеницы. Содержание азота при ее выращивании по традиционной технологии было выше, чем в других вариантах: в корнях – на 0,03...0,12 %, в соломе – на 0,03...0,04 %, в зерне – на 0,04...0,13 %. Количество фосфора в корнях и соломе озимой пшеницы в зависимости от изучаемой технологии существенно не изменялось, а в зерне при традиционной технологии оно было выше на 0,06...0,10 % относительно других вариантов. Содержание калия в корнях озимой пшеницы при традиционной, дифференцированной технологиях и прямом посеве существенно не различалось, а при минимальной снижалось на 0,03...0,05 %. Прямой посев способствовал повышению количества калия в соломе на 0,04...0,05 %, относительно других изучаемых технологий, которые между собой существенно не различались. В зерне озимой пшеницы более высокое содержание калия обеспечивала традиционная технология, а наименьшее – минимальная.

Максимальное в опыте накопление азота в растениях отмечали при традиционной технологии: в корнях выше, чем в других вариантах, на 3,9...14,1 кг/га, в соломе – на 3,1...10,9 кг/га, в зерне – на 0,8...11,2 кг/га. Традиционная и дифференцированная технологии по уровню накопления фосфора и калия в растениях озимой пшеницы были практически равнозначны. При минимальной технологии и прямом посеве величины этих показателей снижались соответственно на 4,8...13,2 % и 5,1...13,9 %.

Вынос азота и фосфора с зерном превышает уровень их возврата с корнями и соломой даже с учетом внесения минеральных удобрений. Наиболее дефицитный баланс азота складывается при минимальной технологии, фосфора – при традиционной. Положительный баланс калия достигается только благодаря внесению минеральных удобрений.

#### ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ.

Работа финансировалась за счет средств бюджета Курского федерального аграрного научного центра в рамках государственного задания по теме № FGZU-2024-0001. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство этим конкретным исследованием получено не было.

#### СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ.

В работе отсутствуют исследования человека или животных.

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.

Авторы работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

#### Литература.

1. Ожереева А. Ю., Есаулко А. Н. Влияние минеральных удобрений на содержание элементов питания в растениях и урожайность зерна озимой пшеницы // *Плодородие*. 2019. № 4. С. 6–8.
2. Шафран С. А., Виноградова С. Б. Влияние орта на потребление и вынос питательных веществ зерновыми культурами // *Агрохимия*. 2024. № 7. С. 36–47.
3. Разложение растительных остатков и формирование активного органического вещества в почве инкубационных экспериментов / В. М. Семенов, Н. Б. Паутова, Т. Н. Лебедева и др. // *Почвоведение*. 2019. № 10. С. 1172–1184.
4. Суховеева О. Э. Поступление органического вещества в почву с послуборочными остатками сельскохозяйственных культур // *Почвоведение*. 2022. № 6. С. 737–746.
5. Хрюкин Н. Н., Дедов А. В., Несмеянова М. А. Динамика разложения растительных остатков в черноземе типичном // *Агрохимический вестник*. 2018. № 1. С. 2–4.
6. Дедов А. А., Дедов А. В., Несмеянова М. А. Динамика разложения растительных остатков в черноземе типичном и продуктивность культур севооборота // *Агрохимия*. 2016. № 6. С. 3–8.
7. Микробиологический препарат для ускорения деградации соломы и повышения плодородия почвы / Е. В. Кузина, Г. Ф. Рафикина, С. Р. Мухаматдьярова и др. // *Достижения науки и техники АПК*. 2022. Т. 36. № 9. С. 32–36.
8. Динамика растительных остатков в зависимости от технологии возделывания культур на черноземе обыкновенном / В. М. Передериева, О. И. Власова, Г. Р. Дорожко и др. // *Агрохимический вестник*. 2018. № 4. С. 37–41.
9. Пегова Н. А. Влияние вида пара, соломы и систем обработки дерново-подзолистой почвы на ее агрохимические свойства // *Агрохимия*. 2020. № 3. С. 3–12.
10. Восстановление свойств почв в технологии прямого посева / В. К. Дриггер, А. Л. Иванов, В. П. Белобров // *Почвоведение*. 2020. № 9. С. 1111–1120.
11. Soil carbon and nitrogen dynamics in a Vertisol following 50 years of no-tillage, crop stubble retention and nitrogen fertilization / P. Jha, K. M. Hati, R. C. Dalal, et al. // *Geoderma*. 2020. Vol. 358. Art. 113996. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706119303246?via%3Dihub> (дата обращения: 24.12.2024). doi: 10.1016/j.geoderma.2019.113996.
12. Бакиров Ф. Г., Поляков Д. Г., Васильев И. В. Накопление и сохранение влаги почвенной и соломенной мульчей в Оренбургской области // *Земледелие*. 2022. № 3. С. 3–7.
13. Богданов Н. А., Тойгильдин А. Л., Тойгильдина И. А. Динамика плотности почвы и урожайность яровой пшеницы в зависимости от приемов воз-

- дельвания в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 3 (67). С. 36–42.
14. Изменение биологических свойств чернозема обыкновенного при разной длительности применения нулевой технологии в условиях Ростовской области / Г. В. Мокриков, А. Н. Федоренко, А. С. Собина и др. // Земледелие. 2024. № 7. С. 3–8.
15. Бильдиева Е. А., Ерошенко Ф. В., Дридигер В. К. Фотосинтез и азотное питание озимой пшеницы, возделываемой по технологии прямого посева // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 5. С. 44–49.
16. Золкина Е. И. Влияние минеральных удобрений на урожайность сортов озимой пшеницы и показатели баланса элементов питания на дерново-подзолистой супесчаной почве Нечерноземной зоны // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 3 (15). С. 34–46.
17. Практикум по земледелию / И. П. Васильев, А. М. Туликов, Г. И. Баздырев и др. М.: КолосС, 2004. 424 с.
18. Практикум по агрохимии: учеб. пособие. 2-е изд. / под ред. В. Г. Минеева. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. 689 с.

**Поступила в редакцию 09.12.2024**

**После доработки 13.01.2025**

**Принята к публикации 04.02.2025**