

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 633.11*324*: 631.8

DOI: 10.31367/2079-8725-2023-89-6-74-81

РАСТЕНИЕВОДЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ЕЕ КАЧЕСТВО ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ

М. В. Дятлова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агротехнологий, m.dyatlova.psk@fncl.ru, ORCID ID: 0000-0003-4651-1263;

Т. В. Шайкова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агротехнологий, t.shaykova.psk@fncl.ru ORCID ID: 0000-0001-7309-5328;

Е. С. Волкова, старший научный сотрудник лаборатории агротехнологий, e.volkova.psk@fncl.ru, ORCID ID: 0000-0002-1762-0957

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»,
170041, г. Тверь, Комсомольский пр-т, д. 17/56; e-mail: info@fncl.ru

Цель исследований – изучить влияние минеральных и комплексных удобрений с макро- и микроэлементами, приемов и способов их внесения на урожайность и отдельные элементы качества растениеводческой продукции при возделывании озимой пшеницы в условиях Северо-Запада РФ. Исследования проводили на опытных полях ФГБНУ ФНЦ ЛК ОП Псковский НИИСХ в 2020–2021 годы. Объектами исследований являлись озимая пшеница сорта Скипетр, минеральные и комплексные удобрения. Основное внесение минеральных удобрений ($N_{40}P_{50}K_{70}$) обеспечивало благоприятные условия питания растений с начала вегетации, применение комплексных удобрений по посевам способствовало устранению дефицита в питательных элементах в следующие фазы развития. В исследованиях установлено положительное влияние минеральных и жидких комплексных удобрений на рост урожайности зерна озимой пшеницы (от 0,32 до 0,96 т/га по вариантам опыта); на содержание азота в зерне (на 9–13 %) при стабильном уровне фосфора и калия; на выход сырого протеина с единицы площади (от 1,5 до 44,8 кг/га) с урожаем основной и побочной продукции; на формирование более полновесного зерна (на 0,5–2,6 г) с увеличением массовой доли сырой клейковины. Использование комплексных удобрений Кодафол и Страда N в период вегетации позволило получить по ряду показателей наибольшие прибавки. Оценка агрономической эффективности изучаемых агроприемов показала, что наибольшая окупаемость 1 кг NPK прибавкой урожая достигнута на вариантах опыта с обработкой посевов препаратами Кодафол (на фоне минерального питания $N_{40}P_{50}K_{70}$) и Страда N (на фоне $N_{40}P_{50}K_{70}+N_{20}$) 4,7–6,7 и 4,8–6,8 кг зерна соответственно.

Ключевые слова: озимая пшеница, качество, минеральные удобрения, комплексные удобрения.

Для цитирования: Дятлова М. В., Шайкова Т. В., Волкова Е. С. Растениеводческая продукция озимой пшеницы и ее качество при использовании комплексных удобрений // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 6. С. 74–81. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-89-6-74-81.

**WINTER WHEAT CROP PRODUCTION AND ITS QUALITY WHEN USING COMPLEX FERTILIZERS**

M. V. Dyatlova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for agrotechnologies, m.dyatlova.psk@fncl.ru, ORCID ID: 0000-0003-4651-1263;

T. V. Shaikova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for agrotechnologies, t.shaykova.psk@fncl.ru, ORCID ID: 0000-0001-7309-5328;

E. S. Volkova, senior researcher of the laboratory for agrotechnologies, e.volkova.psk@fncl.ru, ORCID ID: 0000-0002-1762-0957

FSBSI “Federal Research Center of Fiber Crops”,
170041, Russian Federation, Tver, Komsomolsky Av., 17/56; e-mail: info@fncl.ru

The purpose of the current study was to estimate the effect of mineral and complex fertilizers with macro- and microelements, methods, and methods of their application upon productivity and individual quality elements of crop products when cultivating winter wheat in the conditions of the North-West of the Russian Federation. The study was carried out on the experimental plots of the FSBSI FRC LK OP Pskov Research Institute of Agriculture in 2020–2021. The objects of the study were the winter wheat variety ‘Skipetr’, mineral and complex fertilizers. The main application of mineral fertilizers ($N_{40}P_{50}K_{70}$) provided favorable conditions for plant nutrition from the beginning of a vegetation period. The use of complex fertilizers for crops helped eliminate the deficiency in nutrients in the following phases of development. The trials have established a positive effect of mineral and liquid complex fertilizers on winter wheat productivity improvement (from 0,32 to 0,96 t/ha according to the trial variants); on the nitrogen content in grain (by 9–13 %) with a stable level of phosphorus and potassium; on crude protein yield per unit area (from 1.5 to 44.8 kg/ha) with the yields of main and by-products; on the formation of more filled grain (by 0.5–2.6 g) with an increase in the mass fraction of raw gluten. The use of complex fertilizers ‘Kodafol’ and ‘Strada N’ during the vegetation period made it possible to obtain the greatest increase in a number of indicators. An estimation of the agronomic efficiency of the studied agricultural practices has shown that the greatest return on 1 kg of NPK in terms of productivity increase was achieved in the trial variants treated with ‘Kodafol’ (against the background of mineral nutrition $N_{40}P_{50}K_{70}$) and ‘Strada N’ (against the background of $N_{40}P_{50}K_{70}+N_{20}$) with 4.7–6.7 and 4.8–6.8 kg of grain, respectively.

Keywords: winter wheat, quality, mineral fertilizers, complex fertilizers.

Введение. Совершенствование адаптивных агротехнологий является необходимым условием активного развития агропромышленного производства с целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур и показателей качества при рациональном использовании удобрений. Перспективным направлением является включение в агротехнологии возделывания сельскохозяйственных культур современных комплексных препаратов, содержащих в легкодоступной для растений форме макро- и микроэлементы (Гуреев и др., 2021). Применение комплексных удобрений предпочтительно в листовых подкормках в сравнении с внесением их в почву (Sakmak et al., 2017). Оптимизация микроэлементного питания растений стимулирует биохимические процессы, активизирует рост растений, повышает иммунитет и устойчивость к стрессам и, как результат, способствует увеличению продуктивности сельскохозяйственных культур, качества производимой продукции, что отмечено многими исследователями (Митрохина, 2022; Khaibullin et al., 2022; Meena et al., 2021).

Малая изученность эффективности современных комплексных удобрений, содержащих набор макро- и микроэлементов в различных сочетаниях и концентрациях, способов их применения, и обусловила проведение научных исследований на озимых зерновых в условиях Северо-Западного региона РФ.

Цель исследований – изучить влияние минеральных и комплексных удобрений с макро- и микроэлементами, приемов и способов их внесения на урожайность и отдельные элементы качества растениеводческой продукции при возделывании озимой пшеницы.

Материалы и методы исследований.

Экспериментальную работу проводили на опытных полях ФГБНУ ФНЦ ЛК ОП Псковского НИИСХ в 2020–2021 годах. Почва опытных участков – дерново-слабоподзолистая супесчаная среднекультуренная, характеризующаяся реакцией почвенного раствора pH_{KCl} 6,4, средним и высоким содержанием фосфора (180–250 мг/кг), повышенным – подвижного калия (126–146 мг/кг), гумуса – 2,1.

Влияние минеральных и комплексных удобрений изучали в полевом опыте на озимой пшенице сорта Скипетр. Минеральные удобрения вносили вручную под предпосевную культивацию в дозе $\text{N}_{40}\text{P}_{50}\text{K}_{70}$. Ранневесеннюю подкормку посевов в дозе N_{20} проводили при возобновлении вегетации растений пшеницы согласно схеме опыта. Комплексные жидкие удобрения применяли следующим образом: для предпосевной обработки семян – Микромак (в дозе 2 л/т), а в период вегетации, в качестве листовой подкормки в фазы кущения и выхода в трубку, такие как Кодима Р (в дозе 1 л/га), Кодафол (2 л/га), Микроэл (0,2 л/га),

Страда N (3 л/га). Для обработки семян и посевов использовали ранцевый опрыскиватель. Изучаемые препараты характеризуются широким набором входящих в их состав макро- и микроэлементов (N, K, P, Fe, Mo, Cu, Zn, Mn, B, Mg, Co, Cr, Ni, Li, Se, S) в легкодоступной для растений форме, микроэлементы – в форме хелатов, имеющих пролонгированное действие. В засушливых условиях жидкая форма удобрений предпочтительна в сравнении с твердой.

Исследования проводили согласно Методике полевого опыта (Доспехов, 2014). Предшественник – чистый пар. Агротехника возделывания – общепринятая для региона. Посев проводили в первой половине сентября с нормой высева 5 млн всхожих семян. Посевные качества зерна определяли массой 1000 семян – 42–43 г, лабораторной всхожестью – 92–93 %. Площадь опытной деланки составила 19,5 м², повторность опыта – 4-кратная. Уборка озимой пшеницы проведена в третьей декаде июля прямым комбайнированием. Влажность зерна при уборке составила 12,2–15,7 %.

В ходе работы проведены фенологические наблюдения, учет урожая зерна, морфологический анализ растений, химические анализы растительных и почвенных образцов.

Метеорологические условия периодов вегетации культуры характеризовались резкими перепадами температур, неравномерностью выпадения осадков, зимними оттепелями (рис. 1).

Условия влагообеспеченности по годам в период весенней и летней вегетации характеризовались как очень засушливые: в 2020 г. с ГТК = 0,55, в 2021 г. – с достаточной влагообеспеченностью с ГТК = 1,1. Однако этот показатель заметно варьировал по фенологическим фазам культуры, что позволило определить эффективность минеральных удобрений в сочетании с изучаемыми комплексными препаратами в складывающихся погодных условиях.

Результаты и их обсуждение. В среднем за 2 года исследований урожайность зерна озимой пшеницы на контроле составила 1,85 т/га (табл. 1).

Применение изучаемых препаратов для обработки семян перед посевом и растений в период вегетации способствовало получению дополнительно по вариантам опыта от 0,02 до 0,42 т/га зерна. Наибольшая урожайность озимой пшеницы на фоне минерального питания $\text{N}_{40}\text{P}_{50}\text{K}_{70}$ получена при использовании препарата Кодафол – 2,59 т/га в блоке данных без обработки семян и 2,92 т/га – с обработкой семян. Прибавка зерна к фону питания составила 0,42 и 0,35 т/га соответственно. Остальные препараты также оказали положительное влияние на рост урожайности зерна, где прибавки к фону составили от 0,15 до 0,32 т/га.

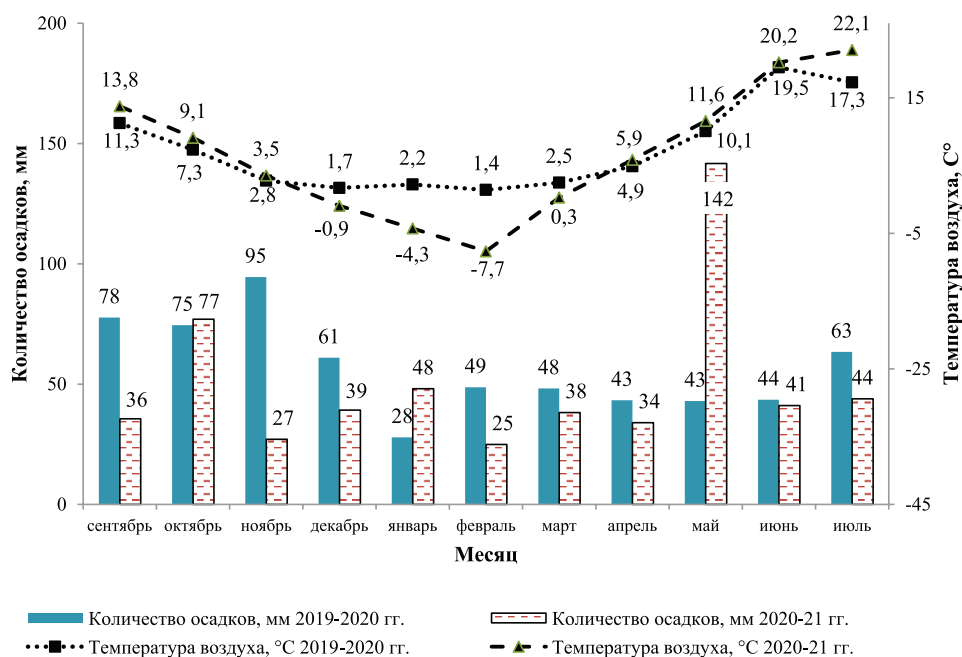


Рис. 1. Метеорологические условия периода вегетации озимой пшеницы (2019–2021 годах)
Fig. 1. Weather conditions of a vegetation period of winter wheat (2019–2021)

Таблица 1. Влияние комплексных удобрений на урожайность зерна и соломы озимой пшеницы (2020–2021 гг.)
Table 1. Effect of complex fertilizers on productivity of winter wheat grain and straw (2020–2021)

№ п/п	Варианты опыта	Урожайность, т/га								
		зерно					солома			
		без обработки семян	прибавка		с предпосевной обработкой семян	прибавка		без обработки семян	с предпосевной обработкой семян	
к контролю	к фону		к контролю	к фону						
1	Контроль (без удобрений)	1,85	–	–	2,12	–	–	0,27	2,52	2,69
2	N ₄₀ P ₅₀ K ₇₀ – фон 1	2,17	0,32	–	2,57	0,45	–	0,40	2,56	3,68
3	Фон 1 + Кодима Р	2,40	0,56	0,23	2,72	0,60	0,15	0,32	3,13	3,41
4	Фон 1 + Кодафол	2,59	0,75	0,42	2,92	0,80	0,35	0,33	3,02	3,55
5	Фон 1 + Микроэл	2,49	0,65	0,32	2,81	0,69	0,24	0,32	3,04	3,18
6	Фон 1 + Страда N	2,40	0,55	0,23	2,81	0,69	0,24	0,41	3,00	3,49
7	N ₄₀ P ₅₀ K ₇₀ + N ₂₀ – фон 2	2,57	0,72	–	2,74	0,62	–	0,17	3,59	3,58
8	Фон 2 + Кодима Р	2,59	0,75	0,02	2,89	0,77	0,15	0,30	3,59	3,54
9	Фон 2 + Кодафол	2,63	0,78	0,06	2,91	0,79	0,17	0,28	3,49	3,27
10	Фон 2 + Микроэл	2,59	0,75	0,02	2,85	0,73	0,11	0,26	3,36	3,65
11	Фон 2 + Страда N	2,72	0,87	0,15	3,08	0,96	0,34	0,36	3,02	3,38
Среднее		2,45	–	–	2,76	–	–	–	3,12	3,40
НСР ₀₅		0,22	–	–	0,19	–	–	–	0,48	0,39

На фоне дополнительного применения азотных удобрений максимальная положительная эффективность получена от внекорневой подкормки растений комплексным удобрением Страда N, где прибавка урожая зерна составила 0,96 т/га к контролю. При этом отмечена тенденция к снижению эффективности применяемых комплексных удобрений, внесенных по вегетации. Таким образом, в опыте наблюдалась отзывчивость растений озимой пшеницы на элементы питания, внесенные в виде листо-

вой подкормки в период вегетации, которые способствовали активному развитию вегетативной и корневой систем, а в итоге – получению более высокого урожая.

Подготовка семян к посеву путем обработки их препаратом Микромак имела положительный результат. Этот прием позволил дополнительно получить от 0,27 до 0,41 т/га на фоне минерального питания N₄₀P₅₀K₇₀ и от 0,17 до 0,36 т/га – на фоне N₄₀P₅₀K₇₀+N₂₀.

Весеннее внесение азота в дозе 20 д.в. способствовало улучшению условий произрастания растений в сравнении с фоном 1, при этом отмечено, что эффективность изучаемых препаратов на этом фоне несколько снижалась. В связи с этим одним из приемов повышения урожайности пшеницы при возможности уменьшения затрат на азотные удобрения может быть применение для обработки семян перед посевом препаратом Микромакс с последующим внесением по вегетации удобрений Кодафол и Страда N.

Урожайность соломы озимой пшеницы в годы исследований варьировала в пределах

от 2,52 до 3,68 т/га по вариантам опыта на фоне минерального питания $N_{40}P_{50}K_{70}$ и от 3,02 до 3,65 т/га – на фоне $N_{40}P_{50}K_{70}+N_{20}$. В урожае соотношение массы зерна и соломы составило 1 : (1,1–1,4).

Агрономическая эффективность применения удобрений, определяемая величиной прибавки урожая, представлена на рисунке 2, из которого следует, что наибольшая окупаемость 1 кг NPK прибавкой зерна озимой пшеницы обеспечивалась на вариантах с совместным использованием изучаемых препаратов для обработки семян и листовых подкормок.

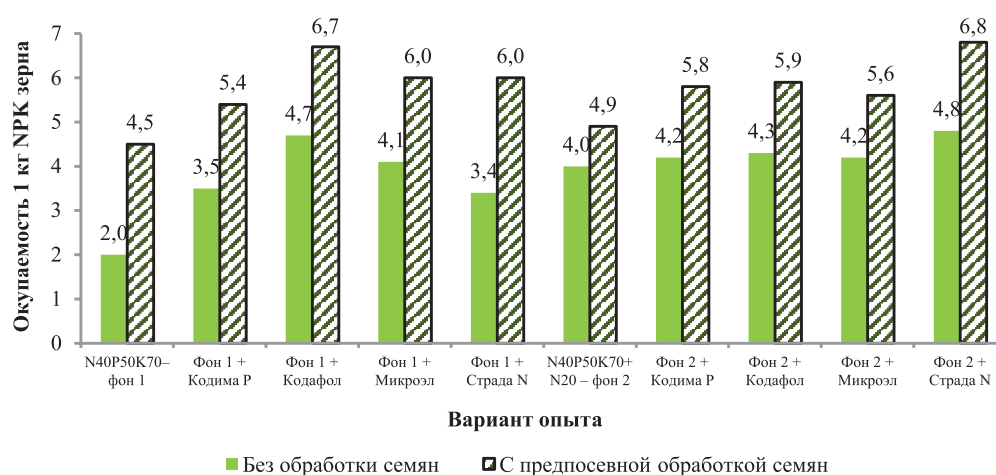


Рис. 2. Эффективность применения удобрений под озимую пшеницу (2020–2021 гг.)
Fig. 2. Efficiency of using fertilizers for winter wheat (2020–2021)

На вариантах опыта без обработки семян перед посевом при внесении минеральных удобрений и препаратов дополнительно получено от 0,32 до 0,87 т/га зерна с окупаемостью 1 кг NPK удобрений зерном от 2,0 до 4,8 кг. При комплексном применении удобрений для обработки семян и посевов озимой пшеницы окупаемость возросла до 6,0–6,8 кг. Применение препаратов Кодафол (на фоне минерального питания $N_{40}P_{50}K_{70}$) и Страда N (на фоне $N_{40}P_{50}K_{70}+N_{20}$) обеспечило максимальную окупаемость, достигая 4,7–6,7 и 4,8–6,8 кг зерна соответственно на каждый внесенный килограмм удобрений.

Качество зерна определяет его технологическую и потребительскую ценность, служит индикатором развития зернового хозяйства, которое является основой надежного обеспечения национальной продовольственной безопасности. Пшеничное зерно рассматривается как один из важных источников белка, витаминов и других питательных веществ в питании человека и сельскохозяйственных животных (Алтухов, 2022). По причине ограниченных климатических ресурсов в СЗФО озимую пшеницу возделывают главным образом на кормовые цели. Поэтому основными показателями качества зерна становятся содержание сырого протеина, сырой клетчатки, сухого вещества,

кальция, фосфора и прочего, что необходимо для живого организма.

Анализ данных содержания основных элементов в зерне озимой пшеницы свидетельствует, что количество азота и калия в зерне пшеницы урожая 2021 г. было несколько ниже, фосфора – выше значений 2020 г., что обусловлено метеоусловиями вегетационного периода.

Содержание азота в зерне озимой пшеницы в среднем за два года исследований варьировало по вариантам опыта без предпосевной обработки семян в пределах от 1,48 до 1,71 % ACB (табл. 2).

Варианты с посевом семян, обработанных препаратом Микромакс, характеризовались более выровненными в целом показателями содержанием азота. Внесение минеральных удобрений в дозах $N_{40}P_{50}K_{70}$ и $N_{40}P_{50}K_{70}+N_{20}$ и применение изучаемых препаратов имело положительное влияние на содержание азота в зерне.

Содержание соединений фосфора и калия было более стабильным. Концентрация фосфора в зерне пшеницы была на уровне от 0,95 до 1,05 % по вариантам опыта с необработанными семенами и от 1,03 до 1,12 % – с предпосевной обработкой семян. Содержание калия в зерне по вариантам опыта было практически равнозначным и составило 0,61–0,68 %.

Таблица 2. Содержание основных элементов минерального питания в зерне озимой пшеницы, % АСВ (2020–2021 гг.)
Table 2. Content of basic mineral nutrition elements in winter wheat grain, % DIA (2020–2021)

№ п/п	Варианты опыта	Без обработки семян			С предпосевной обработкой семян		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Контроль (без удобрений)	1,52	1,03	0,67	1,53	1,10	0,68
2	N ₄₀ P ₅₀ K ₇₀ – фон 1	1,58	1,03	0,67	1,62	1,07	0,65
3	Фон 1 + Кодима Р	1,53	0,97	0,67	1,51	1,03	0,63
4	Фон 1 + Кодафол	1,58	0,95	0,67	1,61	1,06	0,66
5	Фон 1 + Микроэл	1,48	1,01	0,65	1,63	1,07	0,65
6	Фон 1 + Страда N	1,59	1,04	0,65	1,61	1,09	0,63
7	N ₄₀ P ₅₀ K ₇₀ + N ₂₀ – фон 2	1,67	1,04	0,63	1,62	1,12	0,64
8	Фон 2 + Кодима Р	1,65	1,05	0,62	1,56	1,05	0,62
9	Фон 2 + Кодафол	1,71	1,01	0,61	1,66	1,06	0,63
10	Фон 2 + Микроэл	1,58	1,02	0,61	1,57	1,08	0,63
11	Фон 2 + Страда N	1,56	1,05	0,62	1,63	1,03	0,65
	Среднее	1,59	1,02	0,64	1,60	1,07	0,64

Примечание. НСР₀₅ N – 0,07, P – 0,08, K – 0,03.

Накопление элементов питания в соломе также зависит от особенностей возделывания сельскохозяйственной культуры и погодных условий периода вегетации. В соломе пшеницы накапливается меньше питательных веществ, чем в зерне, причем количество азота и фос-

фора заметно ниже, чем калия. Содержание азота в соломе озимой пшеницы колебалось в пределах от 0,12 до 0,16 % по вариантам опыта без обработки семян перед посевом и от 0,11 до 0,22 % – с обработанными препаратами Микромак семенами (табл. 3).

Таблица 3. Содержание основных элементов минерального питания в соломе озимой пшеницы, % АСВ (2020–2021 гг.)
Table 3. Content of main mineral nutrition elements in winter wheat straw, % DIA (2020–2021)

№ п/п	Варианты опыта	Без обработки семян			С предпосевной обработкой семян		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Контроль (без удобрений)	0,14	0,35	1,32	0,19	0,33	1,38
2	N ₄₀ P ₅₀ K ₇₀ – фон 1	0,14	0,36	1,37	0,22	0,29	1,46
3	Фон 1 + КодимаР	0,15	0,30	1,39	0,17	0,29	1,33
4	Фон 1 + Кодафол	0,14	0,32	1,30	0,17	0,31	1,36
5	Фон 1 + Микроэл	0,15	0,28	1,34	0,15	0,35	1,41
6	Фон 1 + Страда N	0,14	0,32	1,34	0,15	0,32	1,44
7	N ₄₀ P ₅₀ K ₇₀ + N ₂₀ – фон 2	0,13	0,29	1,30	0,18	0,30	1,42
8	Фон 2 + КодимаР	0,14	0,29	1,32	0,20	0,34	1,47
9	Фон 2 + Кодафол	0,12	0,31	1,38	0,11	0,31	1,48
10	Фон 2 + Микроэл	0,16	0,29	1,40	0,11	0,31	1,42
11	Фон 2 + Страда N	0,16	0,33	1,47	0,15	0,32	1,42
	Среднее	0,14	0,31	1,36	0,16	0,32	1,42

Примечание. НСР₀₅ N – 0,05, P – 0,04, K – 0,08.

Содержание фосфора в соломе варьировало по вариантам опыта от 0,28 до 0,36 %, калия – от 1,30 до 1,48 %.

Содержание сырого протеина устанавливается по содержанию азота в зерне, которое соответственно находится в зависимости от таких факторов, как сортовые особенности, плодородие почвы, погодные условия и т. д. Качество зерна по содержанию сырого протеина значительно колеблется даже в пределах одного региона. В 2020 г. в условиях засушливой погоды доля протеина в зерне пшеницы находилась на уровне от 10,1 до 11,8 %, в 2021 г. – от 7,7 до 9,6 %.

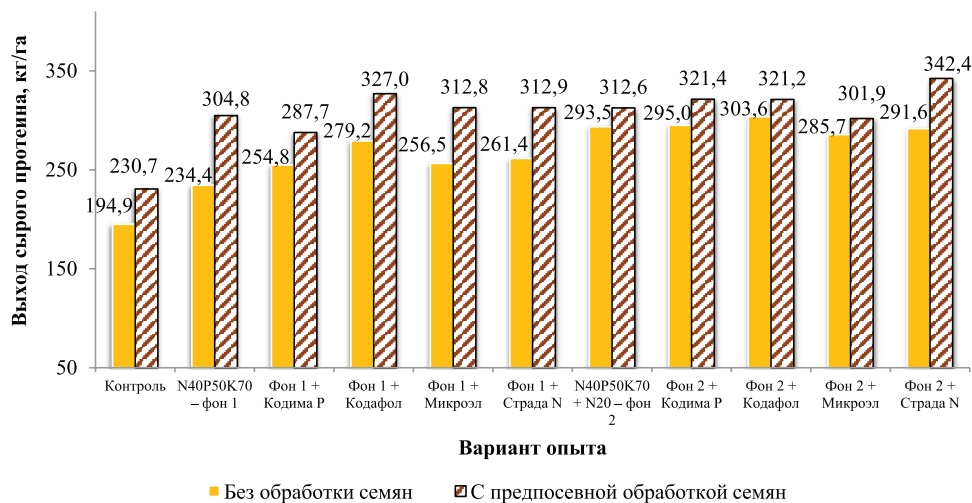
Выход сырого протеина с урожаем основной и побочной продукции озимой пшени-

цы с единицы площади в среднем за два года исследований составил от 194,9 до 312,9 кг с 1 га на фоне минерального питания N₄₀P₅₀K₇₀, от 285,7 до 342,4 кг/га – на фоне N₄₀P₅₀K₇₀+N₂₀ (рис. 3).

Наибольшие значения по выходу сырого протеина на фоне 1 получены при использовании препарата Кодафол – 279,2 и 327,0 кг/га на вариантах без обработки и с обработкой семян. Проведение подкормки азотным удобрением способствовало увеличению содержания азота в растениеводческой продукции, а следовательно, и увеличению в ней содержания и сбора белка с единицы площади. На повышенном фоне минерального питания наибольший сбор сырого протеина получен

на вариантах опыта $N_{40}P_{50}K_{70}+N_{20}$ +Кодафол – 303,6 кг/га и $N_{40}P_{50}K_{70}+N_{20}$ +Страда N+Микромак – 342,4 кг/га. Эффективность комплексных удо-

брений Кодима Р и Микроэл была несколько ниже, а прибавка по сбору протеина по этим вариантам к фону питания составила до 22,2 кг/га.



Примечание. HCP_{05} кг/га – 23,7.

Рис. 3. Выход сырого протеина с растениеводческой продукцией озимой пшеницы (2020–2021 гг.)

Fig. 3. Yield of crude protein from winter wheat products (2020–2021)

Повышенный фон минерального питания обеспечил получение большего количества сырого протеина с единицы площади, при этом результативность изучаемых препаратов выше на фоне 1.

Содержание в зерне клейковины, как и общего белка, увеличивается при выращивании растений в условиях повышенных температур и недостаточной обеспеченности влагой. Улучшение условий азотного питания путем внесения удобрений или применения бобовых

в севообороте повышает содержание клейковины в пшенице.

В наших исследованиях содержание сырой клейковины в зерне озимой пшеницы в засушливых условиях 2020 г. отмечено от 10,2 до 19,2 % по вариантам опыта. В 2021 г. при большом увлажнении этот показатель составил от 12,9 до 17,9 %. По средним за два года данным доля сырой клейковины в зерне варьировала от 13,2 до 16,4 % на фоне питания $N_{40}P_{50}K_{70}$ и от 13,9 до 18,6 % – на фоне $N_{40}P_{50}K_{70}+N_{20}$ (табл. 4).

Таблица 4. Содержание сырой клейковины и масса 1000 зерен озимой пшеницы (2020–2021 гг.)
Table 4. Raw gluten content and 1000-grain weight of winter wheat (2020–2021)

№ п/п	Варианты опыта	Содержание сырой клейковины в зерне, %		Масса 1000 семян, г	
		без обработки семян	с обработкой семян	без обработки семян	с обработкой семян
1	Контроль (без удобрений)	13,2	13,7	39,0	38,8
2	$N_{40}P_{50}K_{70}$ – фон 1	13,5	13,7	39,7	42,2
3	Фон 1 + Кодима Р	13,7	15,6	40,2	42,1
4	Фон 1 + Кодафол	13,6	15,5	42,1	43,0
5	Фон 1 + Микроэл	14,3	16,4	40,7	43,1
6	Фон 1 + Страда N	13,4	15,8	41,2	42,8
7	$N_{40}P_{50}K_{70}+N_{20}$ – фон 2	13,9	15,4	41,4	42,6
8	Фон 2 + Кодима Р	14,5	16,8	42,1	42,7
9	Фон 2 + Кодафол	14,1	16,1	42,4	42,9
10	Фон 2 + Микроэл	13,9	16,0	40,0	42,6
11	Фон 2 + Страда N	16,3	18,6	40,9	42,3
	Среднее	14,0	15,8	40,9	42,3
	HCP_{05}	1,9	2,6	1,2	1,0

Достоверное превышение средних значений содержания сырой клейковины отмечено на вариантах опыта $N_{40}P_{50}K_{70}+N_{20}$ +Кодима Р+Микромак (16,8 %), $N_{40}P_{50}K_{70}+N_{20}$ +Страда N (16,3%) и $N_{40}P_{50}K_{70}+N_{20}$ +Страда N+Микромак (18,6 %).

Масса 1000 семян является одним из важнейших показателей качества зерна, который не регламентируется стандартами, но подлежит обязательному контролю. В пределах одного сорта при одинаковой агротехнике решающее влияние на вес зерна оказывают

метеорологические условия и уровень минерального питания (Бакаева и Салтыкова, 2022). В годы исследований сформировалось зерно озимой пшеницы, масса 1000 штук которого составила от 38,8 до 43,1 г на фоне питания $N_{40}P_{50}K_{70}$ и от 40,0 до 42,9 г – на $N_{40}P_{50}K_{70}+N_{20}$. Предпосевная обработка семян удобрением Микромак способствовала получению более полновесного зерна (на 0,5–2,6 г). Применение препарата Кодафол на обоих фонах минерального питания показало лучший результат по данному показателю. Увеличение массы 1000 зерен в сравнении с контролем составило от 3,1 до 4,2 г.

Выводы. Таким образом, применение минеральных удобрений, вносимых перед посевом в дозе $N_{40}P_{50}K_{70}$ и при ранневесенней подкормке N_{20} , совместно с двукратной обработкой посевов комплексными удобрениями и семян перед посевом способствовало получению прибавки урожая зерна озимой пшеницы от 0,32 до 0,96 т/га. Наиболее эффективным на фоне питания $N_{40}P_{50}K_{70}$ было использование препарата Кодафол, на фоне $N_{40}P_{50}K_{70}+N_{20}$ – Страда N. Отмечен рост содержания азота в зерне озимой пшеницы от применения минеральных и комплексных удобрений при стабильном уровне доли фосфора и калия. Основная масса азота и фосфора накапливается в зерне пшеницы, а калия – в соломе. Использование комплексных препаратов по вегетирующим растениям и для обработки

семян способствовало увеличению выхода сырого протеина с единицы площади до 44,8 кг/га. На фоне минерального питания $N_{40}P_{50}K_{70}$ от применения Кодафола получено на 7–19% больше сырого протеина, на фоне $N_{40}P_{50}K_{70}+N_{20}$ – от препаратов Кодафол и Страда N на 3–10% соответственно. Дополнительное питание, получаемое растениями от комплексных удобрений на начальных этапах роста и следующих фазах развития, способствовало формированию более полноценного зерна озимой пшеницы (на 0,5–2,6 г к контролю) и увеличению в нем массовой доли сырой клейковины.

Оценка агрономической эффективности способов и приемов применения минеральных и комплексных удобрений показала, что в условиях 2020–2021 гг. наибольшая окупаемость 1 кг NPK прибавкой урожая достигнута на вариантах опыта с обработкой посевов препаратами Кодафол (на фоне минерального питания $N_{40}P_{50}K_{70}$) и Страда N (на фоне $N_{40}P_{50}K_{70}+N_{20}$): 4,7–6,7 и 4,8–6,8 кг зерна соответственно. Предпосевная обработка семян препаратом Микромак способствовала наибольшей реализации потенциала продуктивности озимой пшеницы на зерно и окупаемости затраченных средств.

Финансирование. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2019-0010).

Библиографические ссылки

1. Алтухов А.И. Основные мировые тенденции в обеспечении продовольственной безопасности // Вестник Национального института бизнеса. 2022. № 1(45). С. 9–19.
2. Бакаева Н.П., Салтыкова О.Л. О связи продуктивности, белковости и активности протеолитических ферментов зерна озимой пшеницы // Агрофизика. 2022. № 3. С. 52–59. DOI: 10.25695/AGRPH.2022.03.07
3. Гуреев И.И., Гостев А.В., Нитченко Л.Б. Экономико-экологическая эффективность адаптивной системы удобрения ярового ячменя // Юг России: экология, развитие. 2021. Т. 16, № 3(60). С. 95–101. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-95-101
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е., перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 351 с.
5. Митрохина О.А. Оценка взаимосвязи урожаев основных сельскохозяйственных культур с содержанием микроэлементов в почвах ЦЧР // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №1 (61). С. 60–64. DOI: 10.18286/1816-4501-2023-1-60-64
6. Cakmak I., Yazici A., Tutus Y., Ozturk L., Prom-u-thai C., Phuphong P., Guilherme L.R.G., Dinali G.S., Rashid A., Hora K.H., Savasli E., Kalayci M., Rizwan M., Martins F.A.D. Iodine biofortification of wheat, rice and maize through fertilizer strategy // Plant and Soil. 2017. Vol. 418, № 1–2. P. 319–335. DOI: 10.1007/s11104-017-3295-9
7. Khaibullin M., Tusmatov E., Satvalova N., Valitov A., Nurullin E. Spring wheat yield depending on the variety and chelated fertilizers // Asian journal of plant sciences. 2022. Vol. 21, № 3. P. 432–439. DOI: 10.3923/ajps.2022.432.439
8. Meena R.H., Jat G., Jain D. Impact of foliar application of different nano-fertilizers on soil microbial properties and yield of wheat // Journal of environmental biology. 2021. Vol. 42, № 2. P. 302–308. DOI: 10.22438/JEB/42/2/MRN-1465

References

1. Altukhov A.I. Osnovnye mirovye tendentsii v obespechenii prodovol'stvennoi bezopasnosti [Main global trends in food security enforcement] // Vestnik Natsional'nogo instituta biznesa. 2022. № 1(45). S. 9–19.
2. Bakaeva N.P., Saltykova O.L. O svyazi produktivnosti, belkovosti i aktivnosti proteoliticheskikh fermentov zerna ozimoi pshenitsy [On the relationship between productivity, protein content and activity of proteolytic enzymes of winter wheat grain] // Agrofizika. 2022. № 3. S. 52–59. DOI: 10.25695/AGRPH.2022.03.07
3. Gureev I.I., Gostev A.V., Nitchenko L.B. Ekonomiko-ekologicheskaya effektivnost' adaptivnoi sistemy udobreniya yarovogo yachmenya [Economic and environmental efficiency of the adaptive

- fertilization system for spring barley] //Yug Rossii: ekologiya, razvitie. 2021. T. 16, № 3(60). S. 95–101. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-95-101
4. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 5-e izd., pererab. i dop. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
5. Mitrokhina, O.A. Otsenka vzaimosvyazi urozhayev osnovnykh sel'skokhozyaistvennykh kul'tur s soderzhaniey mikroelementov v pochvakh TsChR [Estimation of the relationship between the yields of main agricultural crops and the content of microelements in the soils of the Central Blackearth Region] // Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2023. № 1 (61). S. 60–64. DOI: 10.18286/1816-4501-2023-1-60-64
6. Cakmak I., Yazici A., Tutus Y., Ozturk L., Prom-u-thai C., Phuphong P., Guilherme L.R.G., Dinali G.S., Rashid A., Hora K.H., Savasli E., Kalayci M., Rizwan M., Martins F.A.D. Iodine biofortification of wheat, rice and maize through fertilizer strategy // Plant and Soil. 2017. Vol. 418, № 1–2. P. 319–335. DOI: 10.1007/s11104-017-3295-9
7. Khaibullin M., Tusmatov E., Satvalova N., Valitov A., Nurullin E. Spring wheat yield depending on the variety and chelated fertilizers // Asian journal of plant sciences. 2022. Vol. 21, № 3. P. 432–439. DOI: 10.3923/ajps.2022.432.439
8. Meena R.H., Jat G., Jain D. Impact of foliar application of different nano-fertilizers on soil microbial properties and yield of wheat // Journal of environmental biology. 2021. Vol. 42, № 2. P. 302–308. DOI: 10.22438/JEB/42/2/MRN-1465

Поступила: 30.06.23; доработана после рецензирования: 14.08.23; принята к публикации: 28.09.23.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Шайкова Т.В. – концептуализация исследования; Шайкова Т.В., Дятлова М.В. – подготовка опыта; Волкова Е.С. – выполнение лабораторных опытов и сбор данных; Дятлова М.В., Шайкова Т.В. – анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.