Естественные науки. 2024. № 3 (16). С. 49–56.

Yestestvennyye nauki = Natural Sciences. 2024; no. 3 (16): 49–56 (In Russ.)

Научная статья

УДК 633.1

doi 10.54398/2500-2805.2024.16.3.005

МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ – ЗАЛОГ УРОЖАЙНОСТИ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЮГЕ РОССИИ

*Тютюма Наталья Владимировна¹✉, Зверева Галина Николаевна²,
Кузнецова Елена Андреевна²*

¹Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН,
Астраханская обл., с. Солёное Займище, Россия

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград,
Россия

pniaz@mail.ru✉

Аннотация. Проведённый эксперимент предопределил направление поиска новых технологических приёмов возделывания твёрдой пшеницы, суть которых сводится к сохранению и воспроизводству естественного плодородия чернозёма южного. Ранее разработанные постулаты применения минерального питания влекли за собой внесение с минеральными удобрениями большое количество шлаков (более 505), которые являются наполнителями минеральных удобрений. Не секрет, что в их состав входит множество тяжёлых металлов, которые негативно влияют на почвенное плодородие. Нами была предложена предпосевная обработка семян биоудобрениями нового поколения. Программа исследований была сведена к тому, чтобы попытаться найти альтернативу традиционному минеральному питанию среди биоудобрений. Корневая масса твёрдой пшеницы обладает специфической микоризой, которая более активно взаимодействует с почвенными микроорганизмами. Применение биоудобрений совместно с расчетным количеством минерального питания предопределяют более комфортабельные условия для жизнедеятельности почвенных микроорганизмов. Параллельно с районированными сортами высевались перспективные сорта пшеницы, которые обладали большей пластичностью и адаптивностью к засушливым условиям. В результате эксперимента было обнаружено, что биоудобрения оказывали положительное влияние на протекание почвенных микробиологических процессов. Установлено положительное взаимодействие корневой системы твёрдой пшеницы с биоудобрениями нового поколения. Эксперимент был проведён в 2020–2023 гг. в Михайловском районе Волгоградского региона, на полях КХ «Елисеев А. Н», находящегося в зоне чернозёма южного. В агробиологическом сортоиспытании были взяты сорта твёрдой пшеницы: яровые формы сортов Донская элегия и Краснокутка 13, озимые формы — Агат донской и Аксинит. Обработывали семенной материал биоудобрениями и вносили минеральное питание под заданную урожайность. Четырёхлетний эксперимент позволяет сделать заключение, что биоудобрения («Благо+», «Гуми 20») вполне могут

составить конкуренцию обычному минеральному питанию. Применение биоудобрений поможет довести урожайность яровой пшеницы на варианте «Гуми 20 + N₁₄₇P₅₅K₉₀» до 4,72 т/га (сорт Донская элегия), а у озимой твёрдой пшеницы Аксинит до 5,47 т/га. В то время на контрольных вариантах этих сортов урожайность составляла, соответственно, 2,53 и 3,18 т/га.

Ключевые слова: биоудобрения, озимая твёрдая пшеница, яровая твёрдая пшеница, Гуми 20, Благо+, сорт яровой пшеницы Донская элегия, сорт яровой пшеницы Краснокутка 13, сорт озимой пшеницы Аксинит, сорт озимой пшеницы Агат донской

Для цитирования: Тютюма Н. В., Зверева Г. Н., Кузнецова Е. А. Минеральное питание – залог урожайности твердой пшеницы на Юге России // *Естественные науки*. 2024. № 3 (16). 49–56. <https://doi.org/10.54398/2500-2805.2024.16.3.005>.

MINERAL NUTRITION IS THE KEY TO THE YIELD OF DURUM WHEAT IN THE SOUTH OF RUSSIA

Tyutyuma Natalia V.¹✉, Zvereva Galina N.², Kuznetsova Elena A.²

¹Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the RAS, Astrakhan region, village of Solenoye Zaymishche, Russia

²Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia
pniaz@mail.ru✉

Abstract. The conducted experiment predetermined the directions of the search for new technological methods of durum wheat cultivation, the essence of which is to preserve and reproduce the natural fertility of the southern chernozem. Previously developed postulates of the use of mineral nutrition entailed the introduction of large (more than 505) slags with mineral fertilizers, which are fillers of mineral fertilizers. It is no secret that they contain many heavy metals that negatively affect soil fertility. We have proposed pre-sowing seed treatment with new generation biofertilizers. The research program was reduced to trying to find an alternative replacement for traditional mineral nutrition, replacement with biofertilizers. The root mass of durum wheat has a specific mycorrhiza, which has the peculiarity of interacting more actively with soil microorganisms. The use of biofertilizers together with the calculated amount of mineral nutrition predetermine more comfortable conditions for the vital activity of soil microorganisms. In parallel with the zoned varieties, promising wheat varieties were sown, which had greater plasticity and adaptability to arid conditions. As a result, biofertilizers had a positive effect on the process of soil microbiological operations. The positive interaction of the durum wheat root system with new generation biofertilizers has been established. The experiment was conducted in 2020–2023 in the Mikhailovsky district of the Volgograd region, in the fields of the farm “Eliseev A. N.”, located in the southern chernozem zone. In the agrobiological variety testing, durum wheat varieties were taken: Donskaya elegia, Krasnokutka 13 (spring forms) and varieties: Agate donskoy and Aksinit (winter forms). The seed material was treated with biofertilizers and mineral nutrition was introduced for a given yield. A four-year experiment allows us to conclude that biofertilizers (“Blago+”, “Gumi 20”) may well compete with conventional mineral nutrition. Working with biofertilizers, they are able to increase productivity spring wheat in the “Gumi 20+” N₁₄₇P₅₅K₉₀ variant is up to 4.72 t/ha (Donskaya elegia variety), and winter durum wheat (Aksinit) is up to 5.47 t/ha. At that time, the yield in the control variants of these varieties was 2.53 and 3.18 t/ha, respectively.

Keywords: biofertilizers, winter durum wheat, spring durum wheat, Gumi 20, Benefit+; spring wheat variety Donskaya elegia, spring wheat variety Krasnokutka 13, winter wheat variety Aksinit, winter wheat variety Agat donskoy

For citation: Tyutyuma N. V., Zvereva G. N., Kuznetsova E. A. Mineral nutrition is the key to the yield of durum wheat in the South of Russia. *Yestestvennye nauki = Natural Sciences*. 2024; no. 3 (16): 49–56. <https://doi.org/10.54398/2500-2805.2024.16.3.005> (In Russ.).

Генетические особенности играют существенную роль в передаче и сохранении всех сортовых признаков, но нельзя забывать об определённом влиянии на прорастающее семя окружающих условий и минерального питания. Их совместное воздействие накладывает значительное действие на получение хозяйственно полезных признаков [3; 9]. Поэтому всестороннее познание закономерностей физиологических факторов семенного развития с его жизнеспособностью, а также биологическими и химическими характеристиками позволяет сформировать полноценную урожайность и поможет определить способы агротехники получения твёрдой пшеницы.

Особое значение требуется уделить корневой массе, которая у твёрдой пшеницы довольно слабо ветвится и незначительно проникает в нижележащие горизонты почвы, располагаясь, главным образом, пахотном слое, что обуславливает значительную потребность её в воде и минеральном питании [2; 8]. Особенно ярко это проявляется в критический период — налив зерна. Это связано прежде всего с тем, что частые суховеи и высокие температуры воздуха в период наибольшего прироста приводят к сильному иссушению верхнего пахотного слоя, в итоге растения твёрдой пшеницы, особенно их корневая система, испытывают дефицит влаги.

Одним из ведущих факторов формирования высококачественного зерна является увеличение степени обеспеченности минеральным питанием пшеницы путём использования минерального питания и обработки семян биоудобрениями. Обработка биоудобрениями пшеницы перед посевом активизирует развитие корневой системы и листовой поверхности, при этом наблюдается увеличение полевой всхожести, выживаемости растений, повышается урожайность и качество зерна [1; 6].

Биоудобрениям свойственно активизировать ростовые процессы, повышать устойчивость растений противостоять влиянию отрицательным погодным факторам и возбудителям бактериальных, грибковых и вирусных заболеваний. Механизм действия биоудобрений при работе с семенным материалом сводится к тому, что при инокуляции осуществляется искусственное заселение поверхности семян полезной микоризой и микрофлорой. Вследствие чего обработанные биоудобрениями семена, попав в почву, проявляют активизацию грибов и бактерий, которые начинают активно размножаться и быстро колонизируют ризосферу развивающегося растения. Их эффективность определяется дозировкой рабочего раствора на фоне обычно применяемых протравителей семян, реже менее выражен. Но в отличие от протравителей, биоудобрения оказывают стимулирующее, пролонгированное действие

на развитие и рост пшеницы, что приводит к росту продуктивности и получению продукции лучшего качества.

Материалы и методы исследования. Полевая часть исследований выполнена в 2020–2023 гг. на полях КХ «Елисейев А. Н.», находящегося в зоне чернозёма южного Михайловского района Волгоградской области. На изучение были взяты районированные и перспективные сорта твёрдой пшеницы: Донская элегия, Краснокутка 13 (яровые формы) и Аксинит и Агат донской (озимые формы). Семенной материал обрабатывали биоудобрениями: «Благо+» и «Гуми 20» дозировками от производителя. Использовалась агротехника, рекомендованная для данного региона. Повторность эксперимента четырёхкратная. Делянки располагались систематически. Площадь одной делянки — $3,6 \times 25,0 = 90,0 \text{ м}^2$, учётной — $36,0 \text{ м}^2$. Норма высева — 4 млн всхожих семян на 1 га.

Для получения запланированного урожая твёрдой пшеницы нами была разработана программа. Расчёт доз внесения удобрений проводился по методике, разработанной на опытной станции по программированию урожая под руководством профессора В. И. Филина (Волгоградский СХИ).

Биоудобрения («Благо 3+», «Гуми 20») для обработки семян применялись из расчёта 1 л препарата на 1 т семян. Обработку проводили за сутки перед посевом.

Результаты исследования. Лимитирующим условием при выращивании твёрдой пшеницы на чернозёме южном в Волгоградском регионе является наличие в почве питательных веществ и влаги. Об этом свидетельствует повышенная отзывчивость пшеницы на азотные удобрения. Нитратный азот почвой не поглощается и при содержании достаточной влажности почвы сосредотачивается в почвенном растворе, из которого он свободно усваивается растениями.

Однако при высоком увлажнении нитраты могут вымываться из верхнего корнеобитаемого горизонта в более глубокие и даже в грунтовые воды. Следовательно, для восстановления уровня азота и оптимизации питательного режима необходимо вносить минеральные удобрения. Применение минерального питания в нашем опыте предусматривало характерные изменения динамики питательного режима почвы, тем самым улучшались условия роста и развития растений пшеницы. Оценка содержания нитратного азота после внесения удобрений в пахотном (0,0–0,3 м) и подпахотном горизонтах (0,3–0,5 м) показано в таблице 1.

Максимальное количество нитратного азота в почве отмечалось в конце весны, когда в почве устанавливалась положительная температура и имелась в наличии влага. Максимальное потребление азота наблюдалось в период цветения – налива зерна. Максимальное содержание нитратного азота было определено на варианте $N_{147}P_5K_{90}$ у сорта Краснокутка 13 (7,73 мг на 100 г почвы). Однако наибольшее потребление нитратного азота отмечалось у сорта озимой пшеницы Аксинит на этот момент (7,18 мг на 100 г почвы).

Это оказало положительное влияние на формирование урожайности твёрдой пшеницы (табл. 2).

Таблица 1 — Характер изменения содержания нитратного азота в посевах твёрдой пшеницы (среднее за 2020–2023 гг.)

Время отбора	Нитратный азот, мг/100 г почвы					
	Слой 0,0–0,3 м			Слой 0,3–0,5 м		
	Вариант опыта					
	б/у	N ₇₄ P ₂₈ K ₄₅	N ₁₄₇ P ₅ K ₉₀	б/у	N ₇₄ P ₂₈ K ₄₅	N ₁₄₇ P ₅₅ K ₉₀
Донская элегия						
4 апреля, перед посевом	5,22	6,91	7,42	3,02	3,24	4,18
15 июня, цветение	3,12	5,43	6,68	1,52	2,24	3,35
5 августа, после уборки	1,63	3,47	4,69	1,13	1,70	2,32
Краснокутка 13						
4 апреля, перед посевом	5,21	7,02	7,78	3,20	3,49	4,64
15 июня, цветение	3,22	5,69	6,93	1,58	2,35	3,61
5 августа, после уборки	1,76	3,64	4,90	1,19	1,87	2,39
Аксинит						
4 апреля, перед посевом	5,24	6,16	7,18	3,15	3,01	3,94
15 июня, цветение	2,82	5,11	5,79	1,27	2,13	3,09
5 августа, после уборки	1,48	3,16	4,34	1,02	1,48	2,16
Агат донской						
4 апреля, перед посевом	5,23	6,90	7,64	3,13	3,29	4,44
15 июня, цветение	3,18	5,53	6,78	1,56	2,24	3,47
5 августа, после уборки	1,68	3,26	4,81	1,16	1,82	2,38

Таблица 2 — Влияние обработки семян биоудобрениями и минерального питания на урожайность твёрдой пшеницы (т/га, среднее за 2020–2023 гг.)

Вариант	Сорт			
	Донская элегия	Краснокутка 13	Аксинит	Агат Донской
Контроль	2,53	1,76	3,18	2,25
Благо+	3,04	2,15	3,83	2,76
Гуми 20	3,14	2,20	3,92	2,81
N ₇₄ P ₂₇ K ₄₅	3,58	2,45	4,26	3,19
N ₁₄₇ P ₅₅ K ₉₀	4,42	2,34	5,03	4,12
N ₂₂₁ P ₈₇ K ₁₃₅	4,05	2,23	4,86	4,01
Благо++ N ₇₄ P ₂₇ K ₄₅	4,06	2,25	4,79	3,56
Благо++ N ₁₄₇ P ₅₅ K ₉₀	4,95	2,56	5,28	4,73
Благо++ N ₂₂₁ P ₈₇ K ₁₃₅	4,59	2,37	5,02	4,18
Гуми 20 + N ₇₄ P ₂₇ K ₄₅	4,21	2,47	5,26	3,77
Гуми 20 + N ₁₄₇ P ₅₅ K ₉₀	4,72	2,85	5,47	4,35
Гуми 20 + N ₂₂₁ P ₈₇ K ₁₃₅	4,85	2,65	5,41	4,14

Было установлено, что чем больше пшеница потребляла нитратного азота, тем выше формировалась урожайность. В результате наименьшая урожайность была зафиксирована на вариантах без применения биоудобрений и минерального питания: Краснокутка 13 — 1,76 т/га; Донская элегия — 2,53; Агат донской — 2,25 и Аксинит — 3,18 т/га. Улучшение минерального

питания и совместное применение биоудобрения (Гуми 20 + N₁₄₇P₅₅K₉₀) приводили к получению максимальной урожайности: Краснокутка 13 — 2,85 т/га, Донская элегия — 4,85; Агат донской — 4,14 и Аксинит — 5,47 т/га. Дальнейшее повышение дозировки применяемых удобрений до N₂₂₁P₈₇K₁₃₅ не приводило к росту урожайности.

Список литературы

1. Беляев, М. В. Иммуитет, адаптативность и качество сортов яровой твёрдой пшеницы в среднем Поволжье / М. В. Беляев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. — 2018. — № 4. — С. 3–11.

2. Гулянов, Ю. А. Эффективность использования ресурсного потенциала степных агроландшафтов при выращивании яровой пшеницы в оренбургском Предуралье / Ю. А. Гулянов, Е. Ю. Балдина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2018. — № 6 (74). — С. 22–25.

3. Елисеев, В. И. Зависимость формирования элементов структуры урожая яровой твердой пшеницы от погодных факторов и минерального питания в условиях Оренбургского Предуралья / В. И. Елисеев, Г. Н. Сандакова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2018. — № 6 (74). — С. 27–29.

4. Зеленеv, А. В. Динамика роста и развития яровой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья / А. В. Зеленеv, И. Н. Маркова, О. Г. Чамурлиев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. — 2020. — № 2 (58). — С. 48–54.

5. Климова, И. И. Эффективность применения микробиологических препаратов на яровых зерновых культурах в засушливых условиях Астраханской области / И. И. Климова, Н. В. Тютюма, Е. В. Ячменева, В. А. Федорова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. — 2018. — № 3 (58). — С. 132–137.

6. Лёвкина, К. В. Отбор адаптированных сортов яровой мягкой и твердой пшеницы для светло-каштановых почв Волгоградской области / К. В. Левкина, К. А. Кудина, А. Е. Аршинова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. — 2018. — № 2. — С. 78–86.

7. Наймушина, А. Ю. Влияние сорта на урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы в условиях Оренбургского Предуралья / А. Ю. Наймушина, В. Н. Яичкина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2018. — № 3. — С. 45–48.

8. Селиванова, В. Ю. Оценка влияния метеорологических факторов методом корреляции на формирование структуры урожая яровой пшеницы в сухостепной зоне Нижнего Поволжья / В. Ю. Селиванова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. — 2019. — № 3 (53). — С. 89–94.

9. Assessing the degree of physical degradation and suitability of chernozems for the minimization of basic tillage / T. A. Trofimova, S. I. Korzhov, V. A. Gulevsky, V. N. Obratsov // Eurasian Soil Science. — 2018. — Vol. 51, № 9. — P. 1080–1085.

10. Nadew, B. B. Effects of Climatic and Agronomic Factors on Yield and Quality of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) / B. B. Nadew // Seed: A Review on Selected Factors. Advances in Crop Science and Technology. — 2018. — № 6 (2). — P. 356–360.

11. Sarychev, A. N. Peculiarities of ecological conditions for the formation of spring barley bioproductivity in the arid zone of volgograd oblast on lands exposed to deflation / A. N. Sarychev // Arid Ecosystems. — 2018. — Vol. 8, № 2. — P. 129–134.

References

1. Belyaev, M. V. Immunity, adaptability and quality of spring wheat varieties in the middle Volga region. *Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii = News of the Samara State Agricultural Academy*. 2018; 4: 3–11.
2. Gulyanov, Yu. A., Baldina, E. Y. Efficiency of using the resource potential of steppe agrolandscapes in growing spring wheat in the Orenburg Urals. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2018; 6 (74): 22–25.
3. Eliseev, V. I., Sandakova, G. N. Dependence of the formation of elements of the structure of the spring durum wheat crop on weather factors and mineral nutrition in the conditions of the Orenburg Urals. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2018; 6 (74): 27–29.
4. Zelenev, A. V., Markova, I.N., Chamurliiev, O. G. Dynamics of growth and development of spring wheat in the conditions of the Lower Volga region. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie = Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: science and higher professional education*. 2020; 2 (58): 48–54.
5. Klimova, I. I., Tyutyuma, N. V., Yachmeneva, E. V., Fedorova, V. A. The effectiveness of the use of microbiological preparations on spring grain crops in arid conditions of the Astrakhan region. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie = Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: science and higher professional education*. 2018; 3 (58): 132–137.
6. Levkina, K. V., Kudina, K. A., Arshinova, A. E. Selection of adapted varieties of spring soft and durum wheat for light chestnut soils of the Volgograd region. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie = Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: science and higher professional education*. 2018; 2: 78–86.
7. Naimushina, A. Yu., Yaichkina, V. N. The influence of the variety on the yield and quality of spring soft wheat grain in the conditions of the Orenburg Urals. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2018; 3: 45–48.
8. Selivanova, V. Yu. Assessment of the influence of meteorological factors by the correlation method on the formation of the structure of the spring wheat crop in the dry-steppe zone of the Lower Volga region. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: science and higher professional education*. 2019; 3 (53): 89–94.
9. Trofimova, T. A., Korzhov, S. I., Gulevsky, V. A., Obraztsov, V. N. Assessment of the degree of physical degradation and suitability of chernozems for minimizing basic tillage. *Eurasian soil Science*. 2018; 51 (9): 1080–1085.
10. Nadeev, B. B. The influence of climatic and agronomic factors on the yield and quality of common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Seed production: an overview of individual factors. Achievements of science and technology in the field of crop production*. 2018; 6 (2): 356–360.
11. Sarychev, A. N. Features of ecological conditions for the formation of bioproductivity of spring barley in the arid zone of the Volgograd region on lands subject to deflation. *Arid ecosystems*. 2018; 8 (2): 129–134.

Информация об авторах

Тютюма Н. В. — доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент, директор;
Зверева Г. Н. — кандидат экономических наук, доцент;
Кузнецова Е. А. — кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая кафедрой.

Information about the authors

Tyutyuma N. V. — Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member, Director;
Zvereva G. N. — Candidate of Economic Sciences, Associate Professor;
Kuznetsova E. A. — Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

All authors have made equivalent contributions to publications.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 08.06.2024; одобрена после рецензирования 16.06.2024; принята к публикации 24.06.2024.

The article was submitted 08.06.2024; approved after reviewing 16.06.2024; accepted for publication 24.06.2024.