

Особенности минерального питания в посевах твердой пшеницы в условиях юга России

Константин Евгеньевич Денисов¹, Александр Иванович Беляев², Николай Юрьевич Петров³,
Галина Николаевна Зверева³, Елена Андреевна Кузнецова³

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

²Федеральный научный центр «Агроэкологии, комплексной мелиорации и защитного лесоразведения РАН», г. Волгоград, Россия

³Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия

e-mail: k.denisov@inbox.ru

Аннотация. Проведенные опытные изыскания направлены на поиск путей повышения урожайности ценной твердой пшеницы в острозасушливых условиях юга Российской Федерации. Эксперимент, проведенный на протяжении 3 лет, показал, что для получения требуемого уровня урожайности сортов озимой и яровой твердой пшеницы необходимо высевать адаптированные сорта. При этом значения минерального питания превышают значения соответствующих показателей контрольного варианта. Таким образом, взятые на изучение сорта позволили установить, что более отзывчивыми на вносимые удобрения были озимые формы. Так выпадающие осадки, в течение вегетационного года (более 300 сут.), значительно превышали выпадающие осадки вегетационного года яровой твердой пшеницы (порядка 100 сут.). В итоге урожайность яровой твердой пшеницы на вариантах без внесения минерального питания колебалась от 1,34 до 2,15 т/га, при внесении $N_{74}P_{28}K_{45}$ она возрастала от 2,41 до 2,95 т/га в зависимости от сорта. Дополнительное применение $N_{147}P_{55}K_{90}$ не способствовало росту урожайности. На сортах озимой твердой пшеницы эти показатели соответственно составляли: на контроле – от 2,93 до 3,41 т/га, при внесении $N_{74}P_{28}K_{45}$ – от 3,26 до 4,02 т/га.

Ключевые слова: сорт яровой твердой пшеницы Краснокутка 13; сорт яровой твердой пшеницы Донская элегия; сорт озимой твердой пшеницы Агат Донской; сорт озимой твердой пшеницы Аксинит

Для цитирования: Денисов К. Е., Беляев А. И., Петров Н. Ю., Зверева Г. Н., Кузнецова Е. А. Особенности минерального питания в посевах твердой пшеницы в условиях юга России // Аграрный научный журнал. 2024. № 1. С. 11–16. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i1pp11-16>.

Features of mineral nutrition in durum wheat crops in southern Russia

Konstantin E. Denisov¹, Alexander I. Belyaev², Nikolai Yu. Petrov³, Galina N. Zvereva³, Elena A. Kuznetsova³

¹Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

²Federal Research Center “Agroecology, Integrated Reclamation and Protective Afforestation RAS”, Volgograd, Russia

³Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

e-mail: k.denisov@inbox.ru

Abstract. The experimental research carried out was aimed at finding ways to increase the yield of valuable durum wheat in the acutely arid conditions of the south of the Russian Federation. An experiment conducted over 3 years showed that in order to obtain the required level of yield of winter and spring durum wheat varieties, it is necessary to sow adapted varieties. At the same time, the values of mineral nutrition exceed the values of the corresponding indicators of the control variant. Thus, the varieties taken for study made it possible to establish that winter forms were more responsive to applied fertilizers, so precipitation during the growing season (more than 300 days) significantly exceeded precipitation during the growing season of spring durum wheat (about 100 days). As a result, the yield of spring durum wheat in the variants without the addition of mineral nutrition ranged from 1.34 to 2.15 t/ha; when $N_{74}P_{28}K_{45}$ was added, it increased from 2.41 to 2.95 t/ha, depending on the variety. Additional application of $N_{147}P_{55}K_{90}$ did not contribute to the increase in yield. For winter durum wheat varieties, these indicators were respectively: on the control - from 2.93 to 3.41 t/ha, with the application of $N_{74}P_{28}K_{45}$ – from 3.26 to 4.02 t/ha.





Keywords: spring durum wheat variety Krasnokutka 13; spring durum wheat variety Donskaya elegia; winter durum wheat variety Agate Donskoy; winter durum wheat variety Aksinit

For citation: Denisov K. E., Belyaev A. I., Petrov N. Yu., Zvereva G. N., Kuznetsova E. A. Features of mineral nutrition in durum wheat crops in southern Russia. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2024;(1):11–16. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i1pp11-16>.

Введение. Современный уровень развития отрасли полеводства (выращивание твердых сортов пшеницы) достигается внесением минерального питания (50 % и более), сортовой особенностью (25 %), технологическими мероприятиями (25 %). Применение современных сортов интенсивного типа дает все основания для получения более высоких урожайностей зерновых культур. Считается, что с отсутствием возможности оптимизировать режимы водопотребления основополагающим средством роста урожайности есть выведение и внедрение в производство новых высокопродуктивных сортов [3, 10].

В применяемой программе внесения минерального питания под сорта твердой пшеницы в аридном земледелии преследуется основная цель – снижение разрыва между потребностью растений в недостающих элементах питания и возможностью удовлетворять их за счет мобилизации из почвенных запасов [2, 9].

Минеральное питание может существенным образом понизить неблагоприятное воздействие на урожайность твердой пшеницы при выращивании ее в монокультуре. Было установлено, что с целью сохранения ее урожайности на достойном уровне, получаемом в полевом севообороте, при бессменном возделывании требуется вносить в два раза больше минеральных удобрений.

При этом главными элементами технологических приемов возделывания являются качество и своевременность агротехнических операций, правильный подбор сортов, нормы посева, а также анализ складывающихся погодных условий [1, 5].

По причине введения рыночных отношений и присоединения к ВТО актуальной задачей становится распространение и освоение технологий нового поколения в XXI в. России, которая должна быть аналогична мировой – это преодоление процесса спада доходности общепринятых технологий с ежегодной вспашкой в связи с постоянным ростом цен на горючее, средства интегрированной защиты растений, удобрения, критической ситуацией с обеспечением хозяйств новой техникой (изношенность которой 80–90 % и более) [4, 7, 11].

Материалы и методы. Экспериментальная часть была проведена в 2018–2021 гг. на территории КФХ «Елисеев А.Н», расположенного в зоне чернозема южного Нижне-Волжского региона. На изучение были взяты сорта твердой озимой пшеницы Агат Донской, Аксинит и сорта яровой твердой пшеницы Каснокутка 13 (контроль) и Донская элегия. Вносили расчетные нормы минерального питания под заданные уровни урожайности (2, 4 и 6 т/га). Агротехника – рекомендованная для данного региона. Повторность – 4-кратная. Расположение делянок – систематическое. Площадь опытной делянки 90 м², учетной – 36 м². Норма высева была принята 4 млн всхожих семян на 1 га.

Была разработана программа минерального обеспечения на формирование заданного уровня урожайности твердой пшеницы, по методике Опытной станции по программированию урожая (Филин В.И.). Исходя из потребности на формирование 1 т зерна пшеницы с учетом листо-стебельной массы требуется:

- на 2,0 т/га: азота – 73,6, фосфора – 27,4, калия – 45,0 кг/га;
- на 4,0 т/га: азота – 147,2, фосфора – 54,8, калия – 90,0 кг/га;
- на 6,0 т/га: азота – 221,4, фосфора – 88,6, калия – 135,0 кг/га.

Минеральное питание было использовано по следующей схеме: под озимую твердую пшеницу – всю норму фосфорно-калийных вносили под основную обработку, азот вносили дробно – 50 % осенью, остальное – в виде двух подкормок по 25 % во время вегетационного периода; под яровую пшеницу – всю норму фосфорно-калийных вносили осенью +50 % азота, весной остальные 50 % перед предпосевной культивацией.

Результаты исследований. При выращивании твердой пшеницы озимой и яровой формы на черноземе южном лимитирующим признаком, помимо водообеспечения, является отзывчивость



на внесенные удобрения. Нитратный азот почвой не поглощается и при достаточном увлажнении сосредоточен в почвенном растворе, из которого он довольно быстро усваивается растениями.

Однако с повышенным увлажнением нитраты активно вымываются из верхнего корнеобитаемого горизонта в более глубокие почвенные слои и даже в грунтовые воды. Поэтому с целью восстановления недостатка азота и оптимизации питательного режима следует вносить минеральное питание. Применение его в нашем опыте предусматривало изучение влияния удобрений на изменение динамики питательного режима и создание лучших условий роста и развития растений пшеницы. Анализ содержания нитратного азота с внесением удобрений в пахотном (0,0...0,3 м) и подпахотном горизонтах (0,3...0,5 м) представлен в табл. 1.

Содержание нитратного азота в почве в наибольшем количестве отмечалось к окончанию весны, когда стабильно устанавливалась положительная температура в воздухе и почве и имелось достаточное количество влаги.

Таблица 1. Изменение нитратного азота в почве на посевах пшеницы, среднее за 2018–2021 гг.

Table 1. Changes in nitrate nitrogen in the soil on wheat crops, average for 2018–2021

Дата отбора	Нитратный азот, мг на 100 г почвы					
	Горизонт 0,0...0,3 м			Горизонт 0,3...0,5 м		
	Вариант опыта					
	б/у	N ₇₄ P ₂₈ K ₄₅	N ₁₄₇ P ₅₅ K ₉₀	б/у	N ₇₄ P ₂₈ K ₄₅	N ₁₄₇ P ₅₅ K ₉₀
Донская элегия						
7 апреля – перед посевом	5,04	6,62	7,16	2,76	3,02	4,11
18 июня – цветение	2,91	5,14	6,45	1,36	2,05	3,17
9 августа – после уборки	1,33	3,18	4,54	0,96	1,48	2,09
Краснокутка 13						
7 апреля – перед посевом	5,01	6,83	7,56	3,02	3,29	4,38
18 июня – цветение	3,05	5,54	6,67	1,35	2,14	3,32
9 августа – после уборки	1,42	3,37	4,66	1,02	1,67	2,15
Аксинит						
7 апреля – перед посевом	5,07	5,87	7,04	3,01	2,83	3,62
18 июня – цветение	2,59	4,87	5,52	1,13	1,91	2,94
9 августа – после уборки	1,28	3,03	4,12	0,83	1,28	1,85
Агат Донской						
7 апреля – перед посевом	5,04	6,73	7,47	2,90	3,08	4,22
18 июня – цветение	3,04	5,35	6,61	1,39	2,07	3,25
9 августа – после уборки	1,48	3,09	4,57	1,02	1,60	2,21

По мере роста и развития растений в посевах пшеницы к периоду цветения содержание нитратного азота в почве уменьшалось с 5,01 до 1,42 мг на 100 г почвы на неудобренных вариантах (сорт Краснокутка 13), на вариантах с применением N₇₄P₂₈K₄₅ его наличие составляло 6,83 мг на 100 г почвы, а при применении N₁₄₇P₅₅K₉₀ оно достигало 7,56 мг на 100 г почвы. К уборке пшеницы содержание нитратного азота снижалось до 1,42 мг на 100 г почвы на неудобренном варианте, в то время как на удобренных оно варьировало от 3,37 до 4,66 мг на 100 г почвы, то есть также было больше в 2,3 раза.

Аналогичная картина отмечалась и в подпахотном (0,3...0,5 м) слое, только значения наличия азота по вариантам эксперимента были в 1,6–2,2 раза меньше. Существенных или резких различий в численном содержании нитратного азота между сортовыми посевами не наблюдалось.

Наибольший расход элементов минерального питания отмечался у сорта озимой твердой пшеницы Аксинит. К завершению вегетации его содержание составляло 1,28 мг на 100 г почвы (вари-



ант естественного плодородия), 3,03 мг 100 г почвы – вариант $N_{74}P_{28}K_{45}$ и 4,12 мг на 100 г почвы вариант с применением $N_{147}P_{55}K_{90}$.

Фосфор играет важную роль в закладке и развитии репродуктивных органов твердой пшеницы. Дефицит фосфорного питания, при наличии достаточного количества азота и калия, выражается у пшеницы в медленных темпах роста растений и созревания зерна. Задержка в развитии пшеницы при недостатке фосфорного питания особенно четко прослеживается во время цветения. Ранняя реакция посевов твердой пшеницы на вносимые фосфорные удобрения, особенно при незначительном содержании фосфора в почве, явление, характерное для условий юга России.

Ввиду того, что фосфор, находящийся в минеральных соединениях, активно может переходить в растениях в органические соединения, требуемые для роста и развития, в том числе и зерна, особенно важно поддерживать потребный запас фосфора в течение всего вегетационного периода.

Анализ содержания P_2O_5 в почве проводили перед высевом, в период цветения и после уборки пшеницы (табл. 2).

Таблица 2. Изменение подвижного фосфора (P_2O_5) в почве на посевах пшеницы, мг на 100 г почвы, среднее за 2018–2021 гг.

Table 2. Change in available phosphorus (P_2O_5) in the soil on corn crops, mg per 100 g of soil, average for 2018–2021.

Дата отбора	Подвижный фосфор, мг на 100 г почвы					
	Горизонт 0,0...0,3 м			Горизонт 0,3...0,5 м		
	Вариант опыта					
	б/у	N ₇₄ P ₂₈ K ₄₅	N ₁₄₇ P ₅₅ K ₉₀	б/у	N ₇₄ P ₂₈ K ₄₅	N ₁₄₇ P ₅₅ K ₉₀
Донская элегия						
4 апреля – перед посевом	5,09	7,02	8,14	2,20	3,94	4,68
15 июня – цветение	3,81	5,50	6,42	1,29	2,68	3,09
5 августа – после уборки	2,01	4,07	5,14	1,01	1,75	2,51
Краснокутка 13						
4 апреля – перед посевом	5,16	7,45	8,59	2,69	4,37	4,92
15 июня – цветение	3,89	5,62	6,74	1,65	2,90	3,27
5 августа – после уборки	2,09	4,21	5,43	1,24	1,94	2,67
Аксинит						
4 апреля – перед посевом	5,09	6,81	7,69	1,89	3,57	4,46
15 июня – цветение	3,39	5,14	6,05	1,12	2,44	2,87
5 августа – после уборки	1,61	3,75	4,79	0,90	1,42	2,17
Агат Донской						
4 апреля – перед посевом	5,11	6,91	8,02	2,14	3,65	4,58
15 июня – цветение	3,60	5,36	6,21	1,18	2,58	3,05
5 августа – после уборки	1,67	4,01	5,08	0,93	1,54	2,37

Анализ данных, представленных в табл. 2, свидетельствует, что содержание подвижного фосфора, даже на вариантах без применения удобрений, перед посевом было высоким, более 5 мг на 100 г почвы. На вариантах с нормой внесения фосфора 28 кг д. в. на 1 га его содержание в пахотном горизонте варьировало от 6,81 мг (сорт Аксинит) до 7,45 мг на 100 г почвы (сорт Краснокутка 13). На варианте с дозой внесения фосфора 54 кг/га его содержание изменялось от 7,69 до 8,59 мг на 100 г почвы. Наличие подвижного фосфора в подпахотном горизонте перед посевом, от среднего до высокого, соответственно, отмечалось на неудобранных и удобренных вариантах.

Наибольшее потребление подвижного фосфора наблюдалось у сорта твердой пшеницы Аксинит.

Внедрение в технологический процесс современных сортов яровой и озимой твердой пшеницы, которые имеют хозяйственно-полезные признаки, пригодные для получения макаронной и крупяной продукции, отвечающие высокой отзывчивостью на вносимое минеральное питание, является актуальной задачей. Результаты проведенного опыта представлены в табл. 3.

Таблица 3. Зависимость урожайности твердой пшеницы от минерального питания, т/га, среднее за 2018–2021 гг.

Table 3. Dependence of durum wheat yield on mineral nutrition, t/ha, average for 2018–2021

Вариант	Сорт			
	Донская элегия	Краснокутка 13	Агат Донской	Аксинит
Контроль	2,15	1,34	2,93	3,41
$N_{74} P_{28} K_{45}$	2,94	2,41	3,26	4,02
$N_{147} P_{55} K_{90}$	2,62	2,35	3,20	3,88

Заклучение. Оценивая, в целом, влияние расчетного количества минерального питания, можно сделать заключение, что твердая пшеница яровой и озимой формы активно реагировала на изучаемый агроприем. Без применения минерального питания урожайность варьировала от 1,34 (сорт Краснокутка 13) до 3,41 (сорт Аксинит) т/га. Внесение $N_{74} P_{28} K_{45}$ приводило к росту урожайности, соответственно, до 2,41–4,02 т/га. Дополнительное применение $N_{147} P_{55} K_{90}$ не приводило к росту урожайности, а наоборот отмечалось снижение от 2,35 (сорт Краснокутка 13) до 3,88 (сорт Аксинит) т/га.

Для товаропроизводителей Нижневолжского региона для получения урожайности твердой пшеницы на уровне 4,00 т/га можно рекомендовать сорт озимой твердой пшеницы Аксинит с применением $N_{74} P_{28} K_{45}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние биопрепаратов ассоциативных diaзотрофов на урожайность зерновых культур в условиях юго-востока Центрального Черноземья / В. И. Турусов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 5. С. 38–42.
2. Влияние биологических удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях северной части лесостепи / И. М. Сержанов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 9. С. 29–31.
3. Влияние предшественников, удобрений и биопрепаратов на урожайность и качество яровой пшеницы / А. А. Завалин [и др.] // Агрохимический вестник. 2014. № 5. С. 36–40.
4. Голубев А. С., Желтова К. В. Эффективность применения нового комбинированного граминицида АРГО в посевах яровой и озимой пшеницы // Земледелие. 2016. № 4. С. 43–45.
5. Дюбина С. Г. Значение предшественника, удобрений, биологических препаратов, регуляторов роста и фунгицидов в формировании урожая яровой пшеницы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 3(41). С. 462–463.
6. Исайчев В. А., Андреев Н. Н., Каспировский А. В. Влияние предпосевной обработки хелатными микроудобрениями и регуляторами роста на посевные качества семян гороха и яровой пшеницы // Нива Поволжья. 2013. № 1. С. 16–19.
7. Крючков А. Г., Елисеев В. И., Абдрашитов Р. Р. Влияние минеральных удобрений, используемых при выращивании твердой пшеницы, на качество макаронных изделий из нее // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. № 1. С. 36–38.
8. Мамонов С. Эффективность применения биопрепаратов и микроэлементов при возделывании новых сортов яровой пшеницы // Главный агроном. 2014. № 1. С. 23–25.
9. Пироговская Г. В., Ганусевич А. Г. Влияние жидких азотных удобрений с добавками микроэлементов и биологически активных веществ на урожайность и накопление марганца в растениях яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Агрохимия. 2014. № 1. С. 27–36.
10. Трапезников В. К., Иванов И. И., Кудоярова Г. Р. Влияние технологии внесения минеральных удобрений на устойчивость сортов яровой пшеницы к дефициту воды // Агрохимия. 2013. № 1. С. 26–34.





11. 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. No. 9. P. 1080–1085.
12. Nade B. B. Effects of Climatic and Agronomic Factors on Yield and Quality of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) // *Seed: A Review on Selected Factors. Advances in Crop Science and Technology*. 2018. No. 6 (2). P. 356–360.
13. Saryche 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 // *Arid Ecosystems*. 2018. Vol. 8. No. 2. P. 129–134.

REFERENCES

1. The influence of biological products of associative diazotrophs on the yield of grain crops in the conditions of the southeast of the Central Black Earth Region / V. I. Turusov et al. *Advances in Science and Technology of the Agro-industrial Complex*. 2016;(5):38–42. (In Russ.).
2. The influence of biological fertilizers on the yield and grain quality of spring wheat in the northern part of the forest-steppe / I.M. Serzhanov et al. *Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex*. 2013;(9):29–31. (In Russ.).
3. The influence of precursors, fertilizers and biological products on the yield and quality of spring wheat / A. A. Zavalin et al. *Agrochemical Bulletin*. 2014;(5):36–40. (In Russ.).
4. Golubev A. S., Zheltova K. V. Efficiency of using the new combined graminicide ARGO in spring and winter wheat crops. *Agriculture*. 2016;(4):43–45. (In Russ.).
5. Dyubina S. G. The importance of precursors, fertilizers, biological preparations, growth regulators and fungicides in the formation of spring wheat yield. *News of the Orenburg State Agrarian University*. 2013;3(41):462–463. (In Russ.).
6. Isaichev V. A., Andreev N. N., Kaspirovsky A. V. The influence of pre-sowing treatment with chelated microfertilizers and growth regulators on the sowing qualities of pea and spring wheat seeds. *Niva Povolzhya*. 2013;(1):16–19. (In Russ.).
7. Kryuchkov A. G., Eliseev V. I., Abdrashitov R. R. The influence of mineral fertilizers used in the cultivation of durum wheat on the quality of pasta made from it. *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 2014;(1):36–38. (In Russ.).
8. Mamonov S. Efficiency of using biological products and microelements in the cultivation of new varieties of spring wheat. *Chief Agronomist*. 2014;(1):23–25. (In Russ.).
9. Pirogovskaya G. V., Ganusevich A. G. The influence of liquid nitrogen fertilizers with the addition of microelements and biologically active substances on the yield and accumulation of manganese in spring wheat plants on sod-podzolic light loamy soil. *Agrochemistry*. 2014;(1):27–36. (In Russ.).
10. Trapeznikov V. K., Ivanov I. I., Kudoyarova G. R. The influence of mineral fertilizer application technology on the resistance of spring wheat varieties to water deficiency. *Agro-chemistry*. 2013;(1):26–34. (In Russ.).
11. 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;51(9):1080–1085.
12. Nade B. B. Effects of Climatic and Agronomic Factors on Yield and Quality of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Seed: A Review on Selected Factors. Advances in Crop Science and Technology*. 2018;6 (2): 356–360.
13. Saryche A.N. Peculiarities of ecological conditions for the formation of spring Barley bioproductivity in the arid zone of Volgograd region on lands exposed to deflation. *Arid Ecosystems*. 2018;8(2):129–134.

Статья поступила в редакцию 7.09.2023; одобрена после рецензирования 28.09.2023; принята к публикации 10.10.2023.

The article was submitted 7.09.2023; approved after reviewing 28.09.2023; accepted for publication 10.10.2023.