

Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов при выращивании озимого ячменя на черноземе обыкновенном в условиях Нижнего Дона

Александр Александрович Цыкора¹, Роман Александрович Каменев¹, Сергей Иванович Коржов²,
Надежда Петровна Молчанова³

¹Донской государственный аграрный университет, Ростовская обл., Октябрьский р-н, пос. Персиановский, Россия

²Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, г. Воронеж, Россия

³Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

e-mail: solodovnikov-sgau@yandex.ru

Аннотация. Опыты проведены в 2018–2021 гг. на черноземе обыкновенном в условиях Ростовской области. Возделывали сорт озимого ячменя Мастер. Предшественник – кукуруза на зерно. Минеральные удобрения были представлены аммиачной селитрой (34,4 %), аммофосом (12; 52), нитроаммофоской (16; 16; 16). Азотно-фосфорные удобрения (туковая смесь аммиачной селитры и аммофоса) и нитроаммофоска (16; 16; 16) вносили при посеве ячменя, аммиачную селитру – поверхностным способом вразброс в фазу весеннего кущения. Бактериальные препараты содержат штаммы ассоциативных микроорганизмов-азотфиксаторов: Мизорин, Ризоагрин, Экстрасол. Они наносились на семена ячменя в допосевной период. Установлено, что применение бактериального препарата Мизорин (600 г/га) на фоне припосевного внесения азотно-фосфорного удобрения в дозе $N_{30}P_{30}$, азотной подкормки разбросным способом аммиачной селитрой в дозе 30 кг/д.в. га увеличивало прибавку урожайности зерна в среднем за три года по сравнению с контрольным вариантом (без применения агрохимикатов) на 0,71 т/га, или на 14,4 %. Применение биопрепарата Мизорин без минеральных удобрений увеличивало урожайность по сравнению с контрольным вариантом на 0,31 т/га, или на 6,3 %. В среднем за 2019–2021 гг. содержание белка в зерне озимого ячменя на контрольном варианте составило 10,7 %, что обеспечивало сбор белка 525 кг/га. На фоне азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{30}P_{30}$ и азотной подкормки в дозе 30 кг/га максимальное увеличение в содержании белка получено на варианте с применением Мизорина, которое по сравнению с контрольным вариантом составило 1,1 %, сбор белка в урожае при этом повышался на 138 кг/га, или на 26,3 %.

Ключевые слова: озимый ячмень; чернозем обыкновенный; бактериальные препараты; сбор белка; минеральные удобрения.

Для цитирования: Цыкора А. А., Каменев Р. А., Коржов С. И., Молчанова Н. П. Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов при выращивании озимого ячменя на черноземе обыкновенном в условиях Нижнего Дона // Аграрный научный журнал. 2022. № 3. С. 42–45. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i3pp42-45>.

AGRONOMY

Original article

Application of mineral fertilizers and bacterial preparations in the cultivation of winter barley on ordinary chernozem in the conditions of the Lower Don

Aleksandr A. Tsykora¹, Roman A. Kamenev¹, Sergey I. Korzhov², Nadezhda P. Molchanova³

¹Don State Agrarian University, Rostov region, Oktyabrsky district, Persianovsky, Russia.

²Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia.

³Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

e-mail: solodovnikov-sgau@yandex.ru

Abstract. The experiments were carried out in 2018–2021 on ordinary chernozem in the conditions of the Rostov region. The winter barley variety Master was cultivated. The predecessor is corn for grain. Mineral fertilizers included ammonium nitrate (34.4%), ammophos (12-52), nitroammophos (16-16-16). Nitrogen-phosphorus fertilizers (a fertilizer mixture of ammonium nitrate and ammophos) and nitroammophoska (16-16-16) were applied when sowing barley, ammonium nitrate was applied by a surface method randomly in the spring tillering phase. Bacterial preparations contain strains of associative nitrogen-fixing microorganisms: Mizorin, Rizoagrin, Extrasol. They were applied to barley seeds in the pre-sowing period. It has been established that the use of the bacterial preparation Mizorin (600 g/ha) against the background of pre-sowing application of nitrogen-phosphorus fertilizer at a dose of $N_{30}P_{30}$, nitrogen top dressing with ammonium nitrate at a dose of 30 kg/a.i. ha increased the increase in grain yield on average over three years compared with the control variant (without the use of agrochemicals) by 0.71 t/ha, or 14.4%. The application of the biological preparation Mizorin without mineral fertilizers increased the yield by 0.31 t/ha, or 6.3%, compared to the control variant. In 2019–2021, the average protein content in the grain of winter barley in the control variant was 10.7%, which ensured the collection of protein 525 kg/ha. Against the background of nitrogen-phosphorus fertilizers at a dose of $N_{30}P_{30}$ and nitrogen supplementation at a dose of 30 kg/ha, the maximum increase in protein content was in the variant using Mizorin, which was 1.1% compared to the control variant, while the protein yield in the crop increased by 138 kg/ha, or by 26.3%.

Keywords: winter barley; ordinary chernozem; bacterial preparations; protein collection; mineral fertilizers.

For citation: Tsykora A. A., Kamenev R. A., Korzhov S. I., Molchanova N. P. Application of mineral fertilizers and bacterial preparations in the cultivation of winter barley on ordinary chernozem in the conditions of the Lower Don. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(3): 42–45. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i3pp42-45>.

Введение. Все более широкое применение в растениеводстве для увеличения урожайности и качества сельскохозяйственной продукции в последние десятилетия находит применение бактериальных препаратов со штаммами ассоциативных азотфиксаторов. Использование этого источника биологического азота существенно увеличилось, когда в середине 1970-х гг. в ризосфере многих сельскохозяйственных культур (рис, кукуруза, сорго, пшеница и другие) были выделены бактерии диазотрофы. Помимо азотфиксации эти микроорганизмы производят физиологически активные вещества, которые оказывают ростостимулирующее действие на растения, а также способны подавлять патогенную микрофлору в почве [1].

© Цыкора А. А., Каменев Р. А., Коржов С. И., Молчанова Н. П., 2022





Азотное питание растений, в том числе за счет азотфиксации из атмосферы, тесно связано с решением проблемы обеспечения человечества растительным протеином, недостаток которого сохраняется и в настоящее время [2].

Озимый ячмень на Северном Кавказе относится к продуктивной зерновой культуре. В структуре посевных площадей в мире озимый ячмень занимает около 30 %. В Российской Федерации эта культура возделывается в южных и юго-восточных районах и в структуре посевных площадей составляет не более 5 %. На территории Северного Кавказа посевы озимого ячменя достигают ежегодно 400–450 тыс. га [3].

С 2005 г. по настоящее время на кафедре агрохимии Донского ГАУ изучается применение бактериальных препаратов с ассоциативными азотфиксирующими микроорганизмами на различных культурах в условиях Ростовской области: зерновое сорго, баклажан, арбуз, просо, картофель, лен масличный, кукурузе на зерно, подсолнечник и сафлор. Но полевых опытов по влиянию бактериальных препаратов на урожайность озимого ячменя ранее в условиях Нижнего Дона не проводилось.

Целью проведения исследований являлось изучение эффективности бактериальных препаратов со штаммами ассоциативных микроорганизмов-азотфиксаторов и сравнение их действия с азотными минеральными удобрениями при выращивании озимого ячменя на черноземе обыкновенном в условиях Ростовской области.

Методика исследований. Полевые опыты проведены в 2018–2021 гг. в условиях ООО КФХ «Таня» Зерноградского района Ростовской области. Объектом исследований был сорт озимого ячменя Мастер. Предшественник – кукуруза на зерно. Повторность опыта трехкратная. Площадь делянки – 36 м² (3,6 м × 10 м). Учетная площадь делянки – 20 м². Размещение делянок – рендомизированное. Технология выращивания озимого ячменя – согласно зональных рекомендаций.

Бактериальные препараты, разработанные во Всероссийском институте сельскохозяйственной микробиологии (ВНИИСХМ), г. Санкт-Петербург, содержат штаммы ассоциативных микроорганизмов-азотфиксаторов: Мизорин, Ризоагрин, Экстрасол. Применяли их путем предпосевной инокуляции семян: Мизорин и Ризоагрин – из расчета 600 г, Экстрасол – 200 мл на гектарную норму или 3 л/т семян Мизорина и Ризоагрина и 1 л/т Экстрасола.

При проведении опыта используются следующие удобрения: аммонийная селитра (34,4 % N), аммофос (12; 52), азофоска (16; 16; 16). Минеральные удобрения вносили при посеве сеялкой, подкормку аммиачной селитрой осуществляли вразброс поверхностным способом в фазу весеннего кущения.

Уборку урожая проводили поделочно с пересчетом урожайности на стандартную влажность зерна.

Почва места проведения полевых опытов – чернозем обыкновенный мицеллярно-карбонатный. Мощность гумусового горизонта А+В колеблется от 70 до 90 см. Содержание гумуса – 4,2 %. Реакция почвенной среды нейтральная рН в пахотном слое 7,7–7,9. Содержание аммонийного азота в почве определяли с использованием реактива Несслера, нитратного азота – потенциометрическим методом. Перед посевом озимого ячменя в годы проведения полевых опытов содержание минерального азота в слое почвы 0–60 см составляло 52–75 кг/га. Обеспеченность почвы подвижным фосфором по Мачигину в слое почвы 0–40 см оценивалась как средняя – 18,3–25,7 мг/кг почвы, обменным калием высокая – 457–542 мг/кг почвы.

Закладку полевых опытов, проведение наблюдений и учетов осуществляли согласно методикам проведения полевого опыта [4–6].

Результаты исследований. Погодные условия оказали существенное влияние на условия выращивания озимого ячменя и, в первую очередь, на влагообеспеченность посевов.

Перед посевом ячменя в 2019 и 2020 гг. верхний двадцатисантиметровый слой почвы был полностью иссушен. Поэтому сев был проведен в сухую почву. В 2018 г. в двадцатисантиметровом слое почвы запас влаги составил лишь 2,6 мм. Этого было недостаточно для появления всходов растений озимого ячменя (табл. 1).

В зимне-весенний период благодаря выпадению осадков запасы доступной влаги в почве в послепосевной период увеличивались во все годы проведения полевых опытов. В 2019 и 2021 гг. в фазу колошения ячменя содержание доступной почвенной влаги в метровом слое почвы было одинаковым – 173,6–174,0 мм, существенно меньше в 2020 г. – 81,1 мм. К моменту проведения уборки запасы почвенной влаги уменьшались.

Таким образом, острый дефицит доступной влаги в допосевной период был исправлен обильным увлажнением во второй половине вегетации культуры, что, в конечном итоге, обеспечивало формирование высокой урожайности зерна ячменя. Максимальная урожайность зерна озимого ячменя сформирована на контроле (без применения агрохимикатов) в 2019 г. – 5,42 т/га (табл. 2).

В 2019 г. на вариантах с применением минеральных удобрений получены математически достоверные прибавки урожайности зерна по сравнению с контролем, которые достигали 0,37–0,76 т/га, или 6,8–14,0 %. Максимальная

Таблица 1

Содержание и динамика доступной влаги в почве под озимым ячменем, мм

Слой почвы, см	Срок отбора			
	перед посевом	выход в трубку	колошение	полная спелость
2018–2019 гг.				
	1,10	25,04	28,05	26,06
0–20	2,6	32,9	42,8	21,8
0–100	14,4	106,9	174,0	93,1
2019–2020 гг.				
	3,10	23,04	25,05	30,06
0–20	0	30,8	28,4	15,8
0–100	10,4	171,4	81,1	57,6
2020–2021 гг.				
	10,10	3,05	28,05	27,06
0–20	0	25,3	35,7	18,6
0–100	5,6	87,4	173,6	93,0



прибавка урожайности в этот год проведения полевых опытов получена на варианте с дозой $N_{30}P_{30}K_{30}$ и азотной подкормкой аммиачной селитрой поверхностным способом в фазу весеннего кушения в дозе 60 кг/га д.в.

В 2019 г. эффективно было применение бактериального препарата Мизорин. Прибавка урожайности от инокуляции посевного материала озимого ячменя Мизорином по сравнению с контролем достигала 0,31 т/га, или 5,7 %. Использование Мизорина на фоне азотно-фосфорных удобрений обеспечивало существенный рост урожайности по сравнению с вариантом, на котором применялся только этот биопрепарат без минеральных удобрений. Действие биопрепарата Мизорин во влиянии на урожайность озимого ячменя практически эквивалентно применению азотной подкормки в дозе N_{30} , внесенной вразброс в фазу весеннего кушения озимого ячменя.

Наименьшая урожайность зерна озимого ячменя получена на контроле в 2020 г. – лишь 4,30 т/га. Это, безусловно, обусловлено более засушливыми погодными условиями в течение вегетации озимого ячменя в 2020 г.

В 2020 г. эффективно было применение полного минерального удобрения в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$ и азотной подкормки аммиачной селитрой в фазу весеннего кушения в дозе 30 кг/га д.в. Прибавка урожайности по сравнению с контролем составила 0,51 т/га. Увеличение дозы азотной подкормки до 60 кг/га д.в. не способствовало увеличению эффекта.

В 2020 г. статистически достоверная прибавка урожайности ячменя сформирована под действием всех бактериальных препаратов. Увеличение урожайности по сравнению с контролем достигало 0,10–0,15 т/га, но максимум достигнут под действием Мизорина. На фоне азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{30}P_{30}$ и азотной подкормки в дозе 30 кг/га д.в. инокуляция посевного материала Мизорином способствовала повышению урожайности по сравнению с контролем на 0,48 т/га, а по сравнению с аналогичным вариантом без бактериального препарата – 0,16 т/га.

Урожайность зерна озимого ячменя на контроле в 2021 г. составила 5,10 т/га. В 2021 г. в блоке вариантов с минеральными удобрениями наибольшая прибавка зерна ячменя получена на вариантах с применением $N_{30}P_{30}$ или $N_{30}P_{30}K_{30}$ в сочетании с азотной подкормкой в дозе 60 кг/га д.в. Увеличение урожайности на этих вариантах достигало 0,81–0,86 т/га, или 15,9–16,9 %.

На вариантах с бактериальными препаратами, как и в 2019 г., максимальное влияние на урожайность ячменя получено под влиянием Мизорина. В этот год проведения полевых опытов действие Мизорина было эквивалентно действию на урожайность ячменя 30 кг/га азотных удобрений, внесенных при посеве, и 30 кг/га азота минеральных удобрений, внесенных вразброс в фазу весеннего кушения.

В среднем за 2019–2021 гг. урожайность зерна озимого ячменя составила на контроле 4,94 т/га. Наибольшее увеличение урожайности достигнуто на варианте с применением минерального удобрения в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$ и азотной подкормки поверхностным способом в фазу весеннего кушения 60 кг/га, которое составило 0,72 т/га, или 14,6 %.

На варианте с использованием для обработки семян биопрепарата Мизорин на фоне припосевного внесения азотно-фосфорных удобрений и азотной подкормки, но в дозе 30 кг/га получена практически такая же прибавка урожайности – 0,71 т/га, или 14,4 %. Применение биопрепарата Мизорин без минеральных удобрений увеличивало урожайность по сравнению с контрольным вариантом на 0,31 т/га, или на 6,3 %.

Содержание белка в зерне озимого ячменя наибольшим было в 2020 г. – 11,3 %, наименьшим в 2019 г. – 10,9 % (табл. 3). В среднем за 2019–2021 гг. оно составило 10,7 %, что обеспечивало сбор белка 525 кг/га.

В среднем за 3 года полевых опытов белковость зерна озимого ячменя под действием биопрепаратов существенно увеличивалась по сравнению с контрольным вариантом на 0,2–0,3 %. На фоне азотно-фосфорных удобрений в

Таблица 2

Урожайность зерна озимого ячменя, т/га

Вариант	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее за 3 года, т/га	Прибавка к контролю	
					т/га	%
Контроль	5,42	4,30	5,10	4,94	–	–
$N_{30}P_{30}$	5,79	4,54	5,42	5,25	0,31	6,3
$N_{30}P_{30} + N_{30}$ вк*	5,91	4,62	5,58	5,37	0,43	8,7
$N_{30}P_{30} + N_{60}$ вк	5,98	4,65	5,91	5,51	0,57	11,6
$N_{30}P_{30}K_{30}$	6,05	4,71	5,51	5,42	0,48	9,8
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$ вк	6,12	4,81	5,72	5,55	0,61	12,3
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{60}$ вк	6,18	4,84	5,96	5,66	0,72	14,6
Мизорин	5,73	4,45	5,57	5,25	0,31	6,3
$N_{30}P_{30} +$ Мизорин	5,94	4,62	5,84	5,47	0,53	10,7
$N_{30}P_{30} + N_{30}$ вк + Мизорин	6,07	4,78	6,10	5,65	0,71	14,4
Ризоагрин	5,51	4,41	5,36	5,09	0,15	3,1
$N_{30}P_{30} +$ Ризоагрин	5,80	4,57	5,62	5,33	0,39	7,9
$N_{30}P_{30} + N_{30}$ вк + Ризоагрин	5,89	4,62	5,72	5,41	0,47	9,5
Экстрасол	5,53	4,40	5,23	5,05	0,11	2,3
$N_{30}P_{30} +$ Экстрасол	5,80	4,55	5,38	5,24	0,30	6,1
$N_{30}P_{30} + N_{30}$ вк + Экстрасол	5,87	4,62	5,51	5,33	0,39	8,0
НСП ₀₅	0,15	0,09	0,12	–	–	–

* вк – весеннее кушение

Содержание белка в зерне озимого ячменя, %

Вариант	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее за 3 года, т/га	Прибавка к контролю
					%
Контроль	10,5	11,3	10,2	10,7	—
$N_{30}P_{30}$	11,1	11,7	10,8	11,2	0,5
$N_{30}P_{30} + N_{30}$ вк.	11,5	12,0	10,5	11,3	0,6
$N_{30}P_{30} + N_{60}$ вк	11,6	12,3	10,5	11,5	0,8
$N_{30}P_{30}K_{30}$	11,2	11,7	10,3	11,1	0,4
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$ вк	11,8	12,1	10,5	11,5	0,8
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{60}$ вк	11,0	11,9	10,9	11,3	0,6
Мизорин	10,8	11,6	10,5	11,0	0,3
$N_{30}P_{30} +$ Мизорин	11,0	12,3	11,3	11,5	0,8
$N_{30}P_{30} + N_{30}$ вк + Мизорин	11,3	12,6	11,5	11,8	1,1
Ризоагрин	10,7	11,4	10,6	10,9	0,2
$N_{30}P_{30} +$ Ризоагрин	10,9	12,0	11,2	11,4	0,7
$N_{30}P_{30} + N_{30}$ вк + Ризоагрин	11,0	12,1	11,6	11,6	0,9
Экстрасол	10,6	11,8	10,5	11,0	0,3
$N_{30}P_{30} +$ Экстрасол	10,7	12,0	10,8	11,2	0,5
$N_{30}P_{30} + N_{30}$ вк + Экстрасол	11,0	12,1	11,0	11,4	0,7
НСР ₀₅	0,2	0,4	0,3	0,4	—

дозе $N_{30}P_{30}$ и азотной подкормки в дозе 30 кг/га максимальное увеличение в содержании белка получено на варианте с применением Мизорина, которое по сравнению с контрольным вариантом составило 1,1 %, сбор белка в урожае при этом повышался на 138 кг/га, или на 26,3 %.

Заключение. При выращивании озимого ячменя на черноземе обыкновенном в условиях Ростовской области для получения урожайности зерна не менее 5,65 т/га с содержанием 11,8 % белка целесообразно при посеве вносить минеральные удобрения в дозе $N_{30}P_{30}$ и проводить в фазу весеннего кушения поверхностную подкормку аммиачной селитрой в дозе 30 кг/га д.в. Предпосевную обработку семян следует осуществлять бактериальным препаратом Мизорин (600 г/га).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукин С. М., Марчук Е. В. Влияние биопрепаратов ассоциативных азотфиксирующих микроорганизмов на урожайность сельскохозяйственных культур // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 8. С. 18–21.
2. Умаров М. М. Азотфиксация в ассоциациях организмов // Проблемы агрохимии и экологии. 2009. № 2. С. 22–26.
3. Пацка О. Е. Особенности формирования урожая и качества зерна озимого ячменя на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья: аттестационная диссертация. канд. с.-х. наук. Краснодар, 2017. 25 с.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 1985. 351 с.
5. Щерба С. В., Юдин Ф. А. Методика полевого опыта с удобрениями // Агрохимические методы исследования почв. М., 1975. С. 526–584.
6. Юдин Ф. А. Методика агрохимических исследований. М., 1980. 366 с.

REFERENCES

1. Lukin S. M., Marchuk E. V. Influence of biological preparations of associative nitrogen-fixing microorganisms on the productivity of agricultural crops. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2011;8:18–21.
2. Umarov M. M. Nitrogen fixation in associations of organisms. *Problems of agrochemistry and ecology*. 2009;2:22–26.
3. Patseka O. E. Peculiarities of yield formation and grain quality of winter barley on leached chernozem of the Western Fore-Caucasus. Krasnodar; 2017. 25 p.
4. Dospikhov B. A. Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results). Moscow, 1985. 351 p.
5. Shcherba S. V., Yudin F. A. Methods of field experience with fertilizers. *Agro-chemical methods of soil research*. Moscow. 1975. P. 526–584.
6. Yudin F. A. Methods of agrochemical research. Moscow, 1980. 366 p.

Статья поступила в редакцию 01.10.2021; одобрена после рецензирования 15.10.2021; принята к публикации 30.10.2021.

The article was submitted 01.10.2021; approved after reviewing 15.10.2021; accepted for publication 30.10.2021.

