



Использование макро- и микроудобрений в посевах ячменя в полевом севообороте на черноземе выщелоченном

© 2023. Л. Н. Прокина ✉, С. В. Пугаев

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

В статье обобщены результаты исследований за 2020-2021 гг., полученных в полевом стационарном опыте на черноземе выщелоченном в условиях Республики Мордовия. Объект исследования – яровой ячмень сорта Зазерский 85, в посевах которого изучали эффективность отдельного и совместного применения препарата Форсаж (микро) с различными дозами минеральных удобрений, в том числе на фоне известкования почвы по 0,5 и 1,0 г. к. в 1999-2000 гг. В среднем за два года в варианте без применения средств химизации урожайность культуры составила 1,82 т/га. Действие удобрений (P₄₀K₄₀, N₄₀₋₆₀₋₈₀P₄₀K₄₀) оценивалось прибавкой урожайности 0,10, 0,40-1,02 т/га (НСР₀₅ = 0,03 т/га). Окупаемость 1 кг д. в. минеральных удобрений дополнительным доходом возрастала с увеличением доз вносимых удобрений и составила соответственно 0,94, 1,08, 1,19, 1,38 руб/руб. Применение минеральных удобрений достоверно увеличивало массу 1000 зерен и натурную массу зерна ячменя на 0,6-2,3 г и 9-33 г/л, а препарата Форсаж – на 0,2 г и 3,0 г/л соответственно. Рекомендуемая доза минеральных удобрений под ячмень N₈₀P₄₀K₄₀ обеспечивала урожайность 2,84 т/га. Дополнительное применение препарата Форсаж (микро) позволило улучшить технологические показатели качества зерна.

Ключевые слова: *Hordeum distichon* L., минеральные удобрения, препарат Форсаж (микро), урожайность, окупаемость, дополнительный доход, масса 1000 зерен, натурная масса

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0528-2019-0100).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Прокина Л. Н., Пугаев С. В. Использование макро- и микроудобрений в посевах ячменя в полевом севообороте на черноземе выщелоченном. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2023;24(3):440-447.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.3.440-447>

Поступила: 22.03.2023

Принята к публикации: 15.05.2023

Опубликована онлайн: 28.06.2023

The use of macro and micro fertilizers in barley crops in field crop rotation on leached chernozem

© 2023. Lyudmila N. Prokina ✉, Sergey V. Pugaev

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirou, Russian Federation

The article summarizes the 2020-2021 research results, obtained in a field stationary experiment on leached chernozem in the Republic of Mordovia. The object of the study was spring barley of the Zazersky 85 variety. In its sowings the effectiveness of separate and joint use of the Forsazh (micro) preparation with various doses of mineral fertilizers was studied, including against the background of liming of the soil by 0.5 and 1.0 h.a. in 1999-2000. On average, for two years in the variant without the use of chemicals, the crop yield was 1.82 t / ha. The effect of fertilizers (P₄₀K₄₀, N₄₀₋₆₀₋₈₀P₄₀K₄₀) was estimated by an increase in the yield of 0.10, 0.40-1.02 t/ha (LSD₀₅ = 0.03 t/ha). The payback of 1 kg a.i. of mineral fertilizers with additional income increased with the rise in the doses of fertilizers applied - 0.94, 1.08, 1.19, 1.38 rubles/rub, respectively. The use of mineral fertilizers significantly increased the mass of 1000 grains and the natural weight of barley grain by 0.6-2.3 g and 9-33 g/l, respectively, and the Forsazh preparation by 0.2 g and 3 g/l. The recommended dose of mineral fertilizers for barley N₈₀P₄₀K₄₀ provides the yield of 2.84 t/ha. Additional use of the Forsazh (micro) preparation will improve the technological indicators of grain quality.

Keywords: *Hordeum distichon* L., mineral fertilizers, Forsazh (micro) preparation, yield, payback, additional income, weight of 1000 grains, natural weight

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No. 0528-2019-0100).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citations: Prokina L. N., Pugaev S. V. The use of macro and micro fertilizers in barley crops in field crop rotation on leached chernozem. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2023;24(3):440-447.

(In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.3.440-447>

Received: 22.03.2023

Accepted for publication: 15.05.2023

Published online: 28.06.2023

Ячмень – важная продовольственная и зернофуражная культура многоцелевого назначения. Основным фактором реализации потенциальной продуктивности ее является оптимизация минерального питания, направленная на повышение урожайности в конкретных почвенно-климатических условиях при минимальных затратах и оптимальном соотношении в почве макро- и микроудобрений [1, 2, 3, 4].

Качество зерна ячменя, как и урожайность, в основном зависит от питания растений, агрохимических свойств почвы, сортовых особенностей культуры и многих других факторов [5, 6]. На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве отзывчивость ячменя на применение азотных удобрений выше, чем фосфорных, и их долевое участие в формировании урожайности составляло от 6 до 18 %, в том числе азотных 14-15 %, фосфорных – 6-8 % [7]. В Вологодской области на дерново-подзолистой почве ячмень размещают по многолетним бобово-злаковым травам с внесением полного минерального удобрения в размере 3 ц/га, и при закладке колоса посевы обрабатывают препаратом Аквамарин (урожайность 3,8 т/га) [8]. На черноземе обыкновенном у ячменя сорта Медикум 157 на фоне отвальной вспашки с внесением удобрений в дозах $N_{40}P_{40}K_{40}$ и $N_{80}P_{80}K_{80}$ урожайность увеличивалась на 31,3 и 50,2 % соответственно (контроль 2,59 т/га) [9]. Раннеспелый сорт ячменя Батка на среднеокультуренной дерново-подзолистой почве при возделывании на фоне $N_{80}P_{70}K_{120}+N_{40}$ с применением внекорневой подкормки микроудобрением МикроСтим Медь Л показал наибольшую урожайность (7,0 т/га) [10].

В Республике Мордовия изучение эффективности минеральных удобрений и микроэлементов (ЖУСС-2) проводили на озимой пшенице и сое [11, 12], на многолетних травах – Форсаж [13], что и послужило необходимостью изучения данных факторов на посевах ячменя.

Цель исследований – изучить влияние макроудобрений и микроудобрения Форсаж на урожайность и технологические качества зерна ячменя сорта Зазерский 85.

Научная новизна – показана зависимость урожайности и технологических показателей качества зерна ячменя сорта Зазерский 85 от применения макро- и микроудобрений в полевом севообороте в условиях Республики Мордовия.

Материал и методы. Работа выполнена в Мордовском НИИ сельского хозяйства

(филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока) на базе стационарного полевого опыта, заложенного в 1972-1973 гг. по методике Б. А. Доспехова¹. Представлены результаты исследований за 2020-2021 гг., где яровой ячмень возделывали после озимой пшеницы.

Схема опыта включала следующие факторы – *Известкование*: 1 – без известкования; 2 – последствие известкования по 0,5 г. к.; 3 – последствие известкования по 1,0 г. к. *Микроудобрения*: 1 – без микроудобрений; 2 – микроудобрение в форме жидкого минерального удобрения Форсаж (микро). *Минеральные удобрения*: 1 – без удобрений (с 1972 г.); 2 – $P_{40}K_{40}$ (фон); 3 – фон + N_{40} ; 4 – фон + N_{60} ; 5 – фон + N_{80} . Чередование культур в севообороте: люцерна 1 г. п. – люцерна 2 г. п. – люцерна 3 г. п. – озимая пшеница – ячмень – вика – яровая пшеница.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый со следующей агрохимической характеристикой пахотного слоя в варианте без удобрений на фоне без известкования: содержание гумуса (по Тюрину) – 9,03 %, подвижных форм фосфора и калия (по Кирсанову) 122,7 и 156,3 мг/кг почвы, pH_{KCl} (потенциметрически) – 4,81; на фоне последствие известкования по 0,5 и 1,0 г. к. – 9,45 и 9,30 %; 194,7 и 210,5; 184,3 и 189,9 мг/кг почвы, pH_{KCl} – 5,02 и 5,04 соответственно.

Расположение вариантов в опыте рендомизированное, наложение факторов методом расщепленных делянок. Повторность в опыте трехкратная. Посевная площадь делянки 78,75 м² (7,5×10,5 м), учетная – 63 м² (6,0×10,5 м).

В опыте проведено два цикла известкования (один раз за ротацию севооборотов), последний – осенью 1999 и 2000 гг. Минеральные удобрения по делянкам опыта вносили вручную под основную обработку почвы. Жидкое минеральное удобрение Форсаж (микро) (1 л/га) применяли путем опрыскивания посевов ячменя в фазу «кущение». Расход рабочей жидкости составлял 250-300 л/га. Данный препарат, кроме азота (7 %), фосфора (0,55 %) и калия (3,6 %), содержит большой спектр микроэлементов (сера – 15,0 %, магний – 2,4 %, цинк – 3,4 %, медь – 3,8 %, железо – 0,55 %, марганец – 0,4 %, молибден – 0,68 %, бор – 0,58 %) и аминокислоты L-формы – 15,0 %. Изготовитель – ООО «Союз Хим КО», ТУ 2189-009-84551337-2015.

¹Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1979. 416 с.

Предпосевная обработка почвы заключалась в культивации зяби агрегатом МТЗ 82 + КНК-3,6. Предпосевную обработку семян ячменя проводили фунгицидом Тебузан, ТКС (0,50 л/т) за неделю до сева. Норма высева 5,0 млн всхожих семян. Гербицид (Террастар, 25 г/га) применяли фоном во всех вариантах опыта.

Учет урожая ячменя в опыте проводили прямым комбайнированием методом поделачночного обмолота комбайном «Дон-1500» со специальным приспособлением для сбора малой массы зерна. Результаты переведены на 100%-ную чистоту и 14%-ную влажность. Урожайные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа². Окупаемость минеральных удобрений рассчитана по методическим указаниям³.

Результаты и их обсуждение. Погодные условия в годы проведения исследований были различными, но типичными для зоны опыта. Для 2020 г. была характерна ранняя, прохладная и дождливая весна и умеренно теплое лето. Средняя температура воздуха за вегетационный период составила 16,7 °С, сумма активных температур выше 10 °С – 1470 °С при среднемноголетнем значении 1536 °С, гидротермический коэффициент (ГТК) за май – 3,0, июнь – 1,1, июль – 0,3.

В 2021 г. во второй декаде мая-первой декаде июня осадков выпало лишь 2-6 мм. Среднемесячная температура воздуха в мае, июне и июле превысила среднемноголетние значения на 3,0, 2,8, 3,4 °С соответственно. В июне-июле – солнечная и сухая погода: температура воздуха достигала 33,9 °С, почвы – до 53 °С. Средняя температура воздуха за вегетационный период составила 20,4 °С. Значения ГТК за две последние декады мая (0,1 и 0,4) свидетельствовали о сильной засухе, что негативно отразилось на всходах культуры. Средней засушливостью характеризовались июнь и июль (ГТК = 0,6). Вегетация проходила в условиях недобора влаги и избытка тепла (осадков выпало 87 мм, 61 % от нормы). Сумма активных температур выше 10 °С составила 2329 °С при среднемноголетнем значении 1904 °С. Таким образом, в целом оба вегетационных периода можно охарактеризовать как не вполне благоприятные.

Урожайность ячменя в 2020 г. в варианте без удобрений составила 2,23 т/га (табл. 1). Минеральные удобрения в среднем по опыту

повышали урожайность культуры на 3,2-73,4 % по сравнению с контролем (2,22 т/га). Наибольшая прибавка урожайности ячменя получена на фоне последствия известкования по 0,5 г. к. и 1,0 г. к. в варианте N₈₀P₄₀K₄₀ (1,70 и 1,71 т/га) с применением препарата Форсаж (микро) и без него, при этом была и достаточно высокой окупаемость минеральных удобрений прибавкой зерна соответственно 10,62 и 10,69 кг зерна на 1 кг д. в. удобрений. В среднем по опыту варианты по окупаемости располагались в порядке возрастания вносимых доз минеральных удобрений от P₄₀K₄₀ до N₈₀P₄₀K₄₀ (от 0,87 до 10,19 кг зерна на 1 кг д. в. удобрений). Статистически значимого эффекта от последствия известкования почвы по 0,5 и 1,0 г. к., как и от применения жидкого минерального удобрения Форсаж (микро), не получено (прибавка урожайности ячменя от препарата Форсаж составила 0,05 т/га при НСР₀₅ = 0,08 т/га). Долевое участие минеральных удобрений в формировании урожая зерна ячменя в 2020 г. составило 98,8 %, микроудобрений – 0,18 %, последствия известкования 0,01 %, взаимодействия факторов – 1,01 %

В 2021 г. при возделывании ячменя без внесения средств химизации получили урожайность 1,42 т/га (табл. 1). Внесение под посевы ячменя N₈₀P₄₀K₄₀ и опрыскивание препаратом Форсаж (микро) на фоне последствия известкования по 0,5 г. к. способствовало получению наибольшей урожайности (1,85 т/га). В целом по опыту в вариантах с внесением полного минерального удобрения N₄₀₋₆₀₋₈₀P₄₀K₄₀ как урожайность (1,75, 1,76 и 1,83 т/га), так и количество дополнительно полученного зерна (0,33, 0,34 и 0,41 т/га) различались незначительно, особенно при внесении N₄₀P₄₀K₄₀ и N₆₀P₄₀K₄₀. При обработке препаратом посевов ячменя в фазу «кущение» получена существенная прибавка зерна – 0,02 т/га. Средняя урожайность ячменя в опыте по сравнению с предыдущим годом (2,84 т/га) снизилась в 1,71 раза, что вполне можно объяснить недостаточной влагообеспеченностью посевов культуры за период вегетации (128 мм против 178 мм среднегодовых), особенно в период всходов. Долевое участие минеральных удобрений и препарата Форсаж в формировании урожая зерна ячменя в 2021 г. составило соответственно 94,9 и 0,62 %, последствия известкования – 0,12 %, взаимодействия факторов – 4,36 %.

²Доспехов Б. А. Указ. соч.

³Методические указания по определению экономической эффективности удобрений в сельском хозяйстве. М., 1971. 89 с.

Таблица 1 – Влияние макроудобрений и микроудобрения Форсаж на урожайность ячменя сорта Зазерский 85, т/га / Table 1 – The effect of macro fertilizers and micro fertilizers Forsazh on the yield of barley of the Zazersky 85 variety, t/ha

| Макроудобрение / Macro fertilization | Без известкования / Without liming | | Известкование в 1999-2000 гг. / Liming in 1999-2000 | | | | Среднее / Average |
|--|--|---|--|---|--|---|-------------------|
| | без микро- удобрения / without mi- cronutrients | Форсаж, 1 л/га / Forsazh; 1 l/ha | 0,5 г. к. / 0.5 h. a | | 1,0 г. к. / 1.0 h. a | | |
| | | | без микро- удобрения / without mi- cronutrients | Форсаж, 1 л/га / Forsazh, 1 l/ha | без микро- удобрения / without mi- cronutrients | Форсаж, 1 л/га / Forsazh, 1 l/ha | |
| 2020 г. | | | | | | | |
| Без удобрений / Without fertilizers | 2,23 | 2,25 | 2,22 | 2,24 | 2,15 | 2,22 | 2,22 |
| P ₄₀ K ₄₀ | 2,29 | 2,35 | 2,26 | 2,30 | 2,27 | 2,27 | 2,29 |
| N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ | 2,66 | 2,72 | 2,58 | 2,75 | 2,65 | 2,72 | 2,68 |
| N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀ | 3,19 | 3,12 | 3,09 | 3,16 | 3,20 | 3,24 | 3,17 |
| N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ | 3,78 | 3,85 | 3,80 | 3,94 | 3,86 | 3,88 | 3,85 |
| НСР ₀₅ ч.р. 0,04, НСР ₀₅ (удобр.) 0,05 / LSD ₀₅ ch.r. 0.04, LSD ₀₅ (fert.) 0.05 | | | | | | | |
| 2021 г. | | | | | | | |
| Без удобрений / Without fertilizers | 1,42 | 1,42 | 1,42 | 1,44 | 1,41 | 1,42 | 1,42 |
| P ₄₀ K ₄₀ | 1,55 | 1,56 | 1,56 | 1,55 | 1,55 | 1,56 | 1,56 |
| N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ | 1,70 | 1,78 | 1,77 | 1,76 | 1,73 | 1,76 | 1,75 |
| N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀ | 1,77 | 1,80 | 1,75 | 1,77 | 1,75 | 1,75 | 1,76 |
| N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ | 1,82 | 1,84 | 1,83 | 1,85 | 1,81 | 1,83 | 1,83 |
| НСР ₀₅ ч.р. 0,03, НСР ₀₅ (Форсаж) 0,01, НСР ₀₅ (удобр.) 0,03 / LSD ₀₅ ch.r. 0.03, LSD ₀₅ (Forsazh) 0.01, LSD ₀₅ (fert.) 0.03 | | | | | | | |
| Среднее за 2020-2021 гг. / Average for 2020-2021 | | | | | | | |
| Без удобрений / Without fertilizers | 1,82 | 1,84 | 1,82 | 1,84 | 1,78 | 1,82 | 1,82 |
| P ₄₀ K ₄₀ | 1,92 | 1,96 | 1,91 | 1,92 | 1,91 | 1,92 | 1,92 |
| N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ | 2,20 | 2,26 | 2,18 | 2,26 | 2,19 | 2,24 | 2,22 |
| N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀ | 2,46 | 2,46 | 2,42 | 2,48 | 2,47 | 2,50 | 2,47 |
| N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ | 2,80 | 2,84 | 2,82 | 2,90 | 2,84 | 2,86 | 2,84 |
| НСР ₀₅ ч.р. 0,03, НСР ₀₅ (Форсаж) 0,04, НСР ₀₅ (удобр.) 0,03 / LSD ₀₅ ch.r. 0.03, LSD ₀₅ (Forsazh) 0.04, LSD ₀₅ (fert.) 0.03 | | | | | | | |

В среднем за два года урожайность зерна ячменя в контрольном варианте составила 1,82 т/га (табл. 1), от внесения удобрений получены прибавки от 0,10 до 1,02 т/га по сравнению с контролем. Наиболее высокую урожайность (2,90 и 2,86 т/га) и соответствующие прибавки (1,06 и 1,04 т/га) получили на фонах последствия известкования по 0,5 и 1,0 г. к. в варианте с N₈₀P₄₀K₄₀ и обработкой посевов препаратом Форсаж (микро). Несколько меньшая урожайность (2,84 т/га) и прибавка 1,06 т/га на фоне последствия известкования по 1,0 г. к. получена в варианте с такой же дозой удобрений, но без применения микро-

удобрения. В целом по опыту достоверность действия препарата Форсаж (микро) на урожайность ячменя не подтверждена, но его применение на фоне последствия известкования по 0,5 г. к. во всех вариантах внесения полного минерального удобрения обеспечило достоверные прибавки 0,06-0,08 т/га (НСР₀₅ = 0,04 т/га).

С экономической точки зрения, в вариантах внесения полного минерального удобрения с дозой азота 60 и 80 кг д. в. /га в среднем по опыту получили приемлемый дополнительный доход (1,19 и 1,38 руб/руб. соответственно), на величину которого не повлияло известкование, проведенное в 1999-2000 гг. (табл. 2).

Таблица 2 – Окупаемость минеральных удобрений при возделывании ячменя сорта Зазерский 85 в зависимости от изучаемых факторов (в среднем за 2020-2021 гг.) / Table 2 – The payback of mineral fertilizers in the cultivation of barley of the Zazersky 85 variety depending on the factors studied (average for 2020-2021)

| Удобрения / Fertilizers | Урожайность в контроле и прибавка, т/га / Yield under control and increase, t/ha | | Окупаемость 1 кг д. в. удобрений / Payback of 1 kg a. i. of fertilizers | |
|---|--|----------------------|--|---|
| | от PK / from PK | от NPK / from NPK | дополнительным урожаем зерна, кг / additional grain yield, kg | дополнительным доходом руб/руб. / additional income of rub/rub |
| <i>Без известкования / Without liming</i> | | | | |
| Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control) | 1,82 | - | - | - |
| P ₄₀ K ₄₀ | 0,11 | - | 1,4 | 0,95 |
| N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ | - | 0,40 | 3,3 | 1,08 |
| N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀ | - | 0,63 | 4,5 | 1,19 |
| N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ | - | 0,99 | 6,2 | 1,37 |
| <i>Известкование по 0,5 г. к. (1999-2000 гг.) / Liming by 0.5 h. a. (1999-2000)</i> | | | | |
| Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control) | 1,83 | - | - | - |
| P ₄₀ K ₄₀ | 0,11 | - | 1,4 | 0,94 |
| N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ | - | 0,39 | 3,2 | 1,08 |
| N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀ | - | 0,62 | 4,4 | 1,19 |
| N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ | - | 1,03 | 6,4 | 1,38 |
| <i>Известкование по 1,0 г. к. (1999-2000 гг.) / Liming by 1.0 h.a. (1999-2000)</i> | | | | |
| Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control) | 1,80 | - | - | - |
| P ₄₀ K ₄₀ | 0,12 | - | 1,5 | 0,94 |
| N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ | - | 0,42 | 3,5 | 1,08 |
| N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀ | - | 0,68 | 4,9 | 1,20 |
| N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ | - | 1,05 | 6,6 | 1,38 |

Дополнительный доход распределился следующим образом: N₈₀P₄₀K₄₀ > N₆₀P₄₀K₄₀ > N₄₀P₄₀K₄₀ > P₄₀K₄₀ или 1,38 > 1,19 > 1,08 > 0,94 руб/руб. Разницы в величине дополнительного дохода в вариантах без микроудобрений и с их внесением практически нет, поэтому их применение зависит от наличия финансирования. Окупаемость зерном 1 кг д. в. минеральных удобрений возрастала от 1,4 до 6,6 кг с увеличением доз азотных удобрений.

Таким образом, при возделывании ячменя сорта Зазерский 85 основная роль принадлежит минеральным удобрениям (94,9-98,8 %). Внесение полного минерального удобрения в дозе N₆₀₋₈₀P₄₀K₄₀ обеспечивает урожайность зерна ячменя 2,46-2,84 т/га. Действие препарата Форсаж (микро) требует дальнейшего изучения.

Масса 1000 зерен – важный показатель технологического качества зерна, а в случае с ячменем имеет большое значение для пивоварения. В среднем за два года исследований в целом по опыту применение минеральных удобрений существенно повышало массу 1000 зерен на 0,6-2,3 г, по сравнению с вариантом без удобрений (43,5 г), НСР₀₅ (удобр.) = 0,2 г (табл. 3). Внесение полного минерального удобрения способствовало увеличению массы 1000 зерен на 0,4-1,7 г по сравнению с фосфорно-калийным вариантом (44,1 г). В вариантах с обработкой растений ячменя препаратом Форсаж масса 1000 зерен была больше на 0,2 г по сравнению с вариантами без обработки (44,5 г), НСР₀₅ (Форсаж) = 0,1 г. Последствия известкования почвы по 0,5 и 1,0 г. к. на данный показатель не выявлено.

Таблица 3 – Влияние макроудобрений и микроудобрения Форсаж на технологические качества зерна ячменя сорта Зазерский 85 (среднее за 2020-2021 гг.) / Table 3 – The effect of macro fertilizers and micro fertilizers Forsazh on the technological qualities of barley grain of the Zazersky 85 variety (average for 2020-2021)

| Макроудобрение / Macro fertilization | Без известкования / Without liming | | Известкование в 1999-2000 гг. / Liming in 1999-2000 | | | |
|--|--|---|--|---|--|---|
| | без микро- удобрения / without mi- cronutrients | Форсаж, 1 л/га / Forsazh, 1 l/ha | 0,5 г. к. / 0.5 h. a. | | 1,0 г. к. / 1.0 h. a. | |
| | | | без микро- удобрения / without micro- nutrients | Форсаж, 1 л/га / Forsazh, 1 l/ha | без микро- удобрения / without mi- cronutrients | Форсаж, 1 л/га / Forsazh, 1 l/ha |
| <i>Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g</i> | | | | | | |
| Без удобрений / Without fertilizers | 43,6 | 43,8 | 43,5 | 43,4 | 43,4 | 43,6 |
| P ₄₀ K ₄₀ | 43,8 | 44,2 | 44,0 | 44,3 | 44,2 | 44,2 |
| N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ | 44,4 | 44,8 | 44,4 | 44,6 | 44,2 | 44,4 |
| N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀ | 45,1 | 45,6 | 44,9 | 45,4 | 45,2 | 45,2 |
| N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ | 45,8 | 45,9 | 45,8 | 46,0 | 45,7 | 45,8 |
| НСР ₀₅ ч.р. 0,1; НСР ₀₅ (Форсаж) 0,1; НСР ₀₅ (удобр.) 0,2 / LSD ₀₅ ch.r. 0.1; LSD ₀₅ (Forsazh) 0.1; LSD ₀₅ (fert.) 0.2 | | | | | | |
| <i>Натурная масса, г/л / Natural grain weight, g/l</i> | | | | | | |
| Без удобрений / Without fertilizers | 637 | 638 | 635 | 636 | 635 | 636 |
| P ₄₀ K ₄₀ | 642 | 646 | 644 | 649 | 643 | 648 |
| N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ | 652 | 660 | 660 | 660 | 658 | 658 |
| N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀ | 664 | 665 | 664 | 666 | 661 | 664 |
| N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ | 668 | 670 | 666 | 671 | 668 | 670 |
| НСР ₀₅ ч.р. 8; НСР ₀₅ (Форсаж) 2; НСР ₀₅ (удобр.) 4 / LSD ₀₅ ch.r. 8; LSD ₀₅ (Forsazh) 2; LSD ₀₅ (fert.) 4 | | | | | | |

Натурная масса зерна дает представление о его выполненности, что имеет большое технологическое значение. Чем выше натура зерна, тем больше в нем содержится полезных веществ. В нашем случае величина данного показателя достоверно зависела как от макроудобрений, так и микроудобрений.

В среднем за 2000-2021 гг. натурная масса зерна ячменя сорта Зазерский 85 находилась в пределах 635-671 г/л. Внесение минеральных удобрений в целом по опыту способствовало увеличению показателя на 9-33 г/л по сравнению с контролем (636 г/л, НСР₀₅ (удобр.) = 4 г/л), полного минерального удобрения N₄₀₋₈₀P₄₀K₄₀ – на 13-24 г/л по сравнению с вариантом P₄₀K₄₀ (645 г/л). Обработка посевов ячменя препаратом Форсаж (микро) увеличивала натуру зерна на 3 г/л по сравнению с вариантами без обработки (653 г/л, НСР₀₅ (Форсаж) = 2 г/л). В нашем случае все зерно ячменя относилось к 1 классу (согласно ГОСТ 28672-2019⁴ зерно 1 класса должно иметь натуру не менее 630 г/л).

Заключение. В условиях Республики Мордовия на черноземах выщелоченных

урожайность ячменя Зазерский 85 в среднем за 2000-2021 гг. без внесения средств химизации составила 1,82 т/га. Наибольшая прибавка урожайности (1,05 т/га) получена в варианте N₈₀P₄₀K₄₀ на фоне известкования по 1 г. к., проведенного в 1999-2000 гг., окупаемость 1 кг д. в. удобрений составила 6,6 кг зерна и получен дополнительный доход 1,38 руб/руб. Технологические показатели качества зерна ячменя улучшались как от действия минеральных удобрений, так и препарата Форсаж (микро). Внесение минеральных удобрений способствовало увеличению массы 1000 зерен на 0,6-2,3 г, натурной масса зерна ячменя – на 9-33 г/л. Опрыскивание растений ячменя микроудобрением Форсаж увеличивало данные показатели на 0,2 г и 3,0 г/л соответственно. Таким образом, под посевы ячменя сорта Зазерский 85 можно рекомендовать внесение минеральных удобрений в дозе N₈₀P₄₀K₄₀, а для улучшения технологических показателей качества зерна применение препарата Форсаж (микро) (1,0 л/га) в фазу кушения культуры (при финансовых возможностях).

⁴ГОСТ 28672-2019. Ячмень. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019. 12 с.

URL: https://allgosts.ru/67/060/gost_28672-2019

Список литературы

1. Калинчева М. М., Феоктистов Н. А., Акшарова В. Г. Минеральные удобрения – стабилизатор продуктивности ярового ячменя на серой лесной почве. Достижения науки и техники АПК. 2017;31(1):19-21. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29008696> EDN: YKUSST
2. Зинченко В. Е., Гринько А. В., Кульгин В. А. Влияние элементов технологии на продуктивность ярового ячменя в условиях обыкновенных черноземов. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017;(5):48-51. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30547759> EDN: ZSMJYB
3. Неверов А. А. Стимулирующая роль микроэлементов на стадии прорастания семян ячменя. Животноводство и кормопроизводство. 2022;105(1):159-170. DOI: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-1-159> EDN: PSMQYH
4. Jones J. L., Allen E. J. Development in barley (*Hordeum sativum*). The Journal of Agricultural Science. 1986;107(1):187-213. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859600066946>
5. Вильдфлуш И. Р., Цыганов А. Р., Барбасов Н. В. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на динамику роста, продуктивность, элементный состав и качество зерна ячменя кормового назначения: рекомендации. Горки: БГСХА, 2019. 28 с. Режим доступа: <https://elib.baa.by/xmlui/bitstream/handle/123456789/1681/ecc43433.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
6. Morell F. J., Lampurlanes J., Alvaro-Fuentes J., Cantero-Martinez C. Yield and water use efficiency of barley in a semiarid Mediterranean agroecosystem: Long-term effects of tillage and N fertilization. Soil and Tillage Research. 2011;117:76-84. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.09.002>
7. Абашев В. Д., Светлакова Е. В., Попов Ф. А., Носкова Е. Н., Денисова А. В. Влияние возрастающих доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность и качество зерна ячменя. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016;(1(50)):24-30. Режим доступа: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/8> EDN: VLMVXV
8. Малков Н. Г., Чухина О. В., Демидова А. И., Перекопский А. Н., Михайлюк А. И. Эффективность технологических приемов возделывания ярового ячменя. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2020;1(102):100-109. DOI: <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2020-10232> EDN: YKYSXE
9. Кульгин В. А., Пасько Т. И. Эффективность приемов возделывания ярового ячменя. Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018;(9):91-94. DOI: <https://doi.org/10.24411/2500-1000-2018-10021> EDN: YLNJGH
10. Вильдфлуш И. Р., Мурзова О. В., Барбасов Н. В. Влияние новых форм макро-, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность и качество голозерного овса и ярового ячменя. Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2018;(2):106-109. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35184787> EDN: XRYYAH
11. Прокина Л. Н. Влияние минеральных удобрений и микроэлементов на фоне известкования почвы на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зерноотрадном севообороте. Достижения науки и техники АПК. 2015;29(3):13-15. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23200160> EDN: TNRXQL
12. Прокина Л. Н. Зависимость урожайности и качества зерна сои от макро- и микроудобрений на фоне последствий известкования. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(4):417-424. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.4.417-424> EDN: SOIYPG
13. Прокина Л. Н. Комплексное использование средств химизации в посевах кострца и люцерны. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(4):378-386. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.378-386> EDN: QBQQJT

References

1. Kalincheva M. M., Feoktistov N. A., Aksharova V. G. Mineral fertilizers is a stabilizer of the productivity of spring barley on gray forest. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2017;31(1):19-21. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29008696>
2. Zinchenko V. E., Grinko A. V., Kulygin V. A. Influence of technology elements on spring barley yields under the conditions of common chernozems. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2017;(5):48-51. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30547759>
3. Neverov A. A. Stimulating role of trace elements at the stage of germination of barley seeds. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo = Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(1):159-170. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-1-159>
4. Jones J. L., Allen E. J. Development in barley (*Hordeum sativum*). The Journal of Agricultural Science. 1986;107(1):187-213. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859600066946>

5. Vildflush I. R., Tsyganov A. R., Barbasov N. V. The influence of macro-, micro-fertilizers and growth regulators on the dynamics of growth, productivity, elemental composition and quality of feed barley grain: recommendations. Gorki: *BGSKhA*, 2019. 28 p.
URL: <https://elib.baa.by/xmlui/bitstream/handle/123456789/1681/ecd3433.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
6. Morell F. J., Lampurlanes J., Alvaro-Fuentes J., Cantero-Martinez C. Yield and water use efficiency of barley in a semiarid Mediterranean agroecosystem: Long-term effects of tillage and N fertilization. *Soil and Tillage Research*. 2011;117:76-84. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.09.002>
7. Abashev V. D., Svetlakova E. V., Popov F. A., Noskova E. N., Denisova A. V. Influence of increasing doses and ratios of mineral fertilizers on productivity and quality of barley grain. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2016;(1):24-30. (In Russ.).
URL: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/8>
8. Malkov N. G., Chukhina O. V., Demidova A. I., Perekopskiy A. N., Mikhaylyuk A. I. Effectiveness of spring barley cultivation practices. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktii rasteniyevodstva i zhivotnovodstva*. 2020;1(102):100-109. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2020-10232>
9. Kulygin V. A., Pasko T. I. The effectiveness of the methods of cultivation spring barley. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk = International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2018;(9):91-94. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/2500-1000-2018-10021>
10. Vildflush I. R., Murzova O. V., Barbasov N. V. The influence of new forms of macro-, micro-fertilizers and growth regulators on the yield and quality of naked oats and spring barley. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2018;(2):106-109. (In Belarus). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35184787>
11. Prokina L. N. Influence of mineral fertilizers and microelements on productivity and grain quality of winter wheat in gram-grass crop rotation against the background of liming. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2015;29(3):13-15. (In Russ.).
URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23200160>
12. Prokina L. N. Dependence of yield and quality of soybean grain on macro and micro fertilizers against the background of liming aftereffect. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2020;21(4):417-424. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.4.417-424>
13. Prokina L. N. Integrated use of chemicals in smooth brome and alfalfa sowings. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2019;20(4):378-386. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.378-386>

Сведения об авторах

✉ **Прокина Людмила Николаевна**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией агрохимии, Мордовский НИИ сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», д. 5, ул. Мичурина, р.п. Ялга, г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация, 430904, e-mail: niish-mordovia@mail.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0376-7031>

Пугаев Сергей Васильевич, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии, Мордовский НИИ сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», д. 5, ул. Мичурина, р.п. Ялга, г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация, 430904, e-mail: niish-mordovia@mail.ru, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8421-2913>

Information about the authors

✉ **Lyudmila N. Prokina**, PhD in Agricultural Science, leading researcher, Head of the Laboratory of Agricultural Chemistry, Mordovia Research Agricultural Institute – branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, 5, Michurin str., Yalga, Saransk, Republic of Mordovia, Russian Federation, 430904, e-mail: niish-mordovia@mail.ru, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0376-7031>

Sergey V. Pugaev, PhD in Biology, senior researcher, the Laboratory of Agricultural Chemistry, Mordovia Research Agricultural Institute – branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, 5, Michurin str., Yalga, Saransk, Republic of Mordovia, Russian Federation, 430904, e-mail: niish-mordovia@mail.ru, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8421-2913>

✉ – Для контактов / Corresponding author