

АГРОНОМИЯ

4.1.1 Общее земледелие и растениеводство

4.1.3 Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Научная статья

УДК 631.8:633.11:631.4:631.524

<https://doi.org/10.28983/asj.y2026i3pp27-33>

**Влияние минеральных и жидких комплексных удобрений на морфологические и биометрические показатели ячменя в условиях аллювиальных почв Мордовии**

**Василий Иванович Каргин<sup>1</sup>, Степан Степанович Якомаскин<sup>1</sup>, Сергей Борисович Шевяхов<sup>1</sup>, Илья Васильевич Каргин<sup>1</sup>, Андрей Владимирович Панфилов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, г. Саранск, Россия

<sup>2</sup>Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

e-mail: karginvi@yandex.ru

**Аннотация.** Цель работы – определение оптимального сочетания корневого (в виде минеральных удобрений) и некорневого (с использованием жидкого комплексного удобрения «Агрис», марка «Азот-Калий») питания для формирования морфо-биометрических характеристик и структуры урожайности ячменя. Плотность растений к уборке слабо реагировала на внесение удобрений, достигая максимума в контроле (362 раст./м<sup>2</sup>), при этом дальнейшее увеличение доз NPK свыше N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> не давало прироста. Сохранность растений незначительно повышалась на фоне минерального питания (до 89,5 %), особенно при умеренных дозах, тогда как жидкие комплексные удобрения достоверного эффекта не оказывали. Число стеблей и продуктивная кустистость достоверно возрастали с увеличением дозы NPK: максимальные значения (838 стеблей/м<sup>2</sup> и 2,66 продуктивных стебля на растение) отмечены при N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>–N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>. Высота растений и длина колоса положительно реагировали как на минеральные, так и на жидкие удобрения, причем наибольший эффект от ЖКУ наблюдался на фонах N<sub>60</sub>–N<sub>90</sub>. Масса зерна с колоса, число зерен в колосе и масса 1000 зерен достоверно возрастали как под влиянием минеральных удобрений, так и при применении жидких комплексных удобрений. Однако при высоких дозах NPK (N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>) дополнительный эффект от жидких комплексных удобрений снижался, что может свидетельствовать о насыщении растений питательными элементами. Наибольший урожай ячменя (3,92 т/га) обеспечило совместное применение N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> и листовой обработки жидким комплексным удобрением «Агрис» (марка «АзотКалий») в дозе 4 л/га.

**Ключевые слова:** ячмень, количество стеблей к уборке, высота растений, длина колоса, масса зерна с колоса, масса 1000 зерен, урожайность.

**Для цитирования:** Каргин В. И., Якомаскин С. С., Шевяхов С. Б., Каргин И. В., Панфилов А. В. Влияние минеральных и жидких комплексных удобрений на морфологические и биометрические показатели ячменя в условиях аллювиальных почв Мордовии // Аграрный научный журнал. 2026. № 3. С. 27–33. <https://doi.org/10.28983/asj.y2026i3pp27-33>.

AGRONOMY

Original article

**The influence of mineral and liquid complex fertilizers on the morphological and biometric parameters of barley in the conditions of alluvial soils in Mordovia**

**Vasily I. Kargin<sup>1</sup>, Stepan S. Yakomaskin<sup>1</sup>, Sergey B. Shevyakhov<sup>1</sup>, Ilya V. Kargin<sup>1</sup>, Andrey V. Panfilov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>National Research Mordovia State University, Saransk, Russia

<sup>2</sup>Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

e-mail: karginvi@yandex.ru

**Abstract.** The purpose of this study is to determine the optimal combination of root (in the form of mineral fertilizers) and foliar (using the liquid complex fertilizer “Agris”, brand “AzotKaliy”) nutrition for the formation of morpho-biometric characteristics and yield structure of barley. Plant density by the harvesting responded weakly to the fertilizing, reaching a maximum in the control (362 plants/m<sup>2</sup>), while further increases in NPK doses above N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> did not yield an increase. Plant survival increased slightly with mineral nutrition (up to 89.5 %), especially at moderate doses, whereas liquid complex fertilizers had no significant effect. The number





of stems and productive tillering significantly increased with increasing NPK dose: the maximum values (838 stems/m<sup>2</sup> and 2.66 productive stems per plant) were after application of N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>–N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>. Plant height and ear length responded positively to both mineral and liquid fertilizers, with the greatest effect of liquid complex fertilizers were after application of N<sub>60</sub>–N<sub>90</sub>. Grain weight per ear, the number of grains per ear, and the weight of 1000 grains significantly increased under the influence of both mineral fertilizers and when using liquid complex fertilizers. However, after application of high doses of NPK (N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>), the additional effect of liquid complex fertilizers decreased, which may indicate saturation of plants with nutrients. The highest barley yield (3.92 t/ha) was after combined application of N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> and foliar application of the liquid complex fertilizer “Agris”, brand “AzotKaliy”, at a dose of 4 l/ha.

**Keywords:** barley, number of stems to harvest, plant height, ear length, grain weight per ear, weight of 1000 grains, yield

**For citation:** Kargin V. I., Yakomaskin S. S., Shevyakhov S. B., Kargin I. V., Panfilov A. V. The influence of mineral and liquid complex fertilizers on the morphological and biometric parameters of barley in the conditions of alluvial soils in Mordovia. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2026;(3):27–33. (In Russ.). <https://doi.org/10.28983/asj.y2026i3pp27-33>.

**Введение.** Структура урожая представляет собой ключевой параметр морфо-биологической диагностики растений, отражающий совокупное влияние основных компонентов продуктивности. Урожайность ячменя с единицы площади формируется под воздействием ряда взаимосвязанных факторов, среди которых наибольшее значение имеют плотность продуктивного стеблестоя, количество зерен в колосе и масса 1000 зерен [2, 3]. Эти показатели не только тесно коррелируют между собой, но и выступают главными детерминантами конечной зерновой продуктивности. Наиболее значимый вклад в формирование урожая вносят число зерен в колосе и масса 1000 зерен, однако решающую роль играет общая масса зерна одного колоса [5, 8].

Процесс реализации урожайного потенциала обусловлен сложным взаимодействием генетических возможностей сорта и внешней среды. Формирование урожая протекает под комплексным влиянием климатических условий (водного, температурного и воздушного режима), свойств почвы (агрохимических, биологических и физических) и применяемых агротехнических приемов [1, 10]. Каждый из этих факторов оказывает как прямое, так и опосредованное воздействие на физиолого-биохимические процессы в растении, определяя эффективность использования геномного потенциала.

При оценке эффективности, как сортов, так и агротехнологий, центральным критерием остается урожайность. Современные приемы возделывания – включая дифференцированное минеральное питание, некорневые подкормки, регулирование густоты посевов и защиту растений – не только усиливают интенсивность обмена веществ, но и направляют его в сторону максимального накопления запасующих соединений в зерне. Более того, рационально спроектированные технологии повышают адаптационный потенциал культуры, укрепляя ее устойчивость к стрессовым факторам – засухе, температурным экстремумам, дефициту питательных элементов [4, 7, 9].

Таким образом, целенаправленное создание оптимальных условий для роста и развития ячменя – от посева до уборки – выходит за рамки чисто агротехнической задачи и становится стратегическим подходом, обеспечивающим одновременно высокую продуктивность и экологическую устойчивость возделывания этой важнейшей зерновой культуры.

Цель работы – определение наиболее эффективной схемы минерального питания ячменя при совместном использовании с некорневыми подкормками жидким комплексным удобрением (ЖКУ) «Агрис» (марка «АзотКалий») на основе оценки ее влияния на морфологические и биометрические показатели культуры.

**Материалы и методы.** Исследования проводили в 2020–2022 годах на аллювиальных почвах поймы реки Сивинь Республики Мордовии в ООО «Сельхозпредприятие «Богдановское» Старошайговского района:

| Фактор А<br>(минеральные удобрения)                | Фактор В<br>(жидкие комплексные удобрения) |
|--|--|
| 1. Контроль (без удобрений)                        | 1. Контроль (без внесения ЖКУ)             |
| 2. N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> | 2. Агрис АзотКалий (2 л/га)                |
| 3. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 3. Агрис АзотКалий (4 л/га)                |
| 4. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> | 4. Агрис АзотКалий (6 л/га)                |

Диаммофоску и аммиачную селитру вносили весной под предпосевную культивацию. Обработку растений жидким комплексным удобрением проводили методом некорневой подкормки одновременно с применением гербицида – в фазе кущения – начала выхода растений в трубку.

Объект исследований – яровой ячмень сорта Нур.

Эксперимент был заложен с четырехкратной повторностью, размещение делянок – рендомизированное.

Все экспериментальные работы, полевые наблюдения и лабораторные анализы выполняли в соответствии с действующими методическими рекомендациями [6].

**Результаты исследований.** Результаты трехлетних наблюдений продемонстрировали, что плотность растений к моменту уборки ячменя зависела как от погодных условий, так и от применяемых агротехнических приемов.

В контроле (без внесения минеральных удобрений) средняя густота составила 362 растения на 1 м<sup>2</sup>. Внесение комплекса N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> незначительно повысило этот показатель до 365 растений/м<sup>2</sup> (+3 растения), а при дозе N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> – до 364 растений/м<sup>2</sup> (+2 растения). Дальнейшее увеличение дозы до N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> не привело к росту плотности, что может свидетельствовать о насыщении почвы питательными элементами или подавляющем действии избыточных доз удобрений на формирование густоты посевов. Влияние жидких комплексных удобрений в среднем за опыт достоверно не проявилось.

Сохранность растений в значительной степени определялась агрофоном. В контроле за три года она в среднем составила 88,3 %. Применение минеральных удобрений повысило этот показатель на 0,2–1,2 %, что указывает на их положительную роль в укреплении устойчивости растений к стрессовым факторам. Наилучшие результаты по сохранности отмечены при использовании умеренных доз (N<sub>30</sub>–N<sub>60</sub>). В то же время некорневая подкормка ЖКУ не оказала достоверного влияния на сохранность, что требует дополнительного изучения механизмов их действия в данных условиях.

Число стеблей к уборке оказалось более чувствительным к уровню минерального питания. Без удобрений средний показатель за три года составил 653 стебля/м<sup>2</sup>. Внесение N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> увеличило его до 759 стеблей/м<sup>2</sup> (+106), N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> – до 835 (+182), а N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> – до 838 (+185). Эти различия статистически достоверны. Влияние ЖКУ на кустистость оказалось незначительным и недостоверным (рисунок 1).

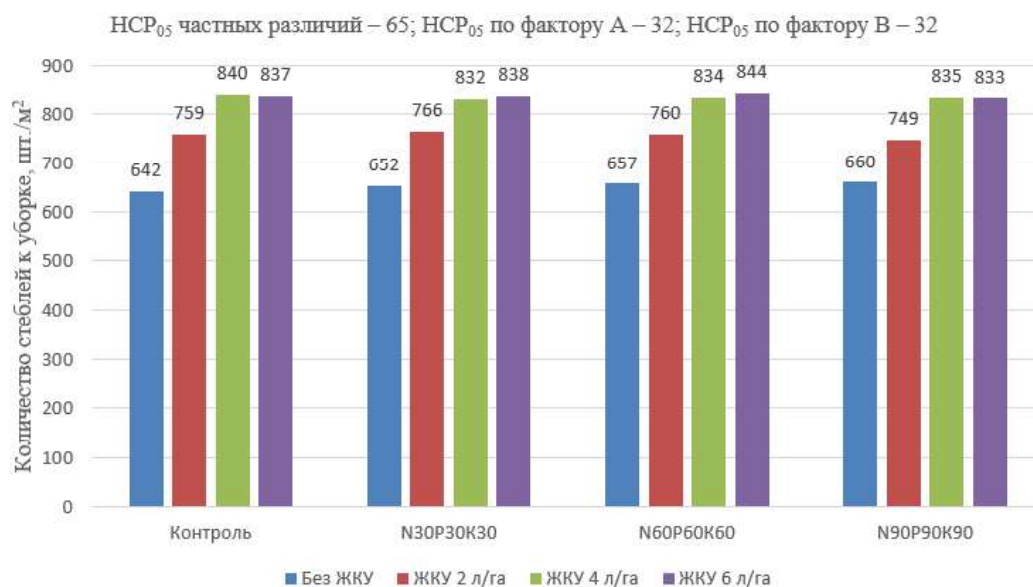


Рисунок 1 – Количество стеблей к уборке, шт./м<sup>2</sup>

Figure 1 – Number of stems to be harvested, pcs/m<sup>2</sup>

Продуктивная кустистость (число продуктивных стеблей на одно растение) также существенно возросла под действием минеральных удобрений: от 2,0 шт. на контроле до 2,38–2,66 шт. на опытных вариантах, что соответствует приросту на 19,0–33,0 %. Максимальное значение





(2,64 шт.) зафиксировано при дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , дальнейшее увеличение дозы до  $N_{90}P_{90}K_{90}$  дало лишь незначительный прирост (2,66 шт.), что может указывать на достижение физиологического оптимума. Подкормка ЖКУ Агрис АзотКалий не оказала существенного влияния на этот параметр при любом фоне минерального питания (рисунок 2).

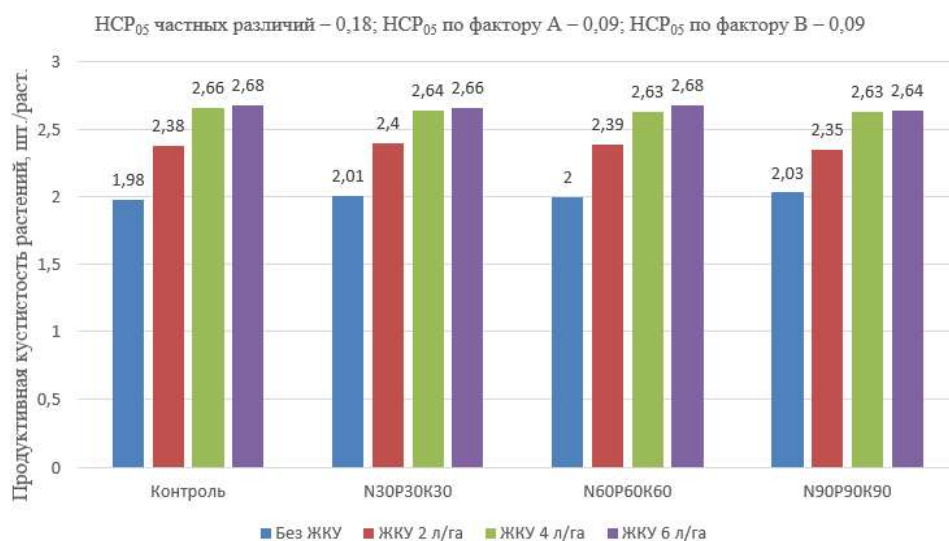


Рисунок 2 – Продуктивная кустистость растений, шт./раст.

Figure 2 – Capacity for fruit-bearing shoots of plants, pcs/plant

Высота растений достоверно реагировала как на минеральные, так и на жидкие удобрения. На контроле средняя высота за три года составила 63,6 см. На фоне  $N_{30}P_{30}K_{30}$  она увеличилась до 68,4 см (+4,8 см), при  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – до 71,5 см (+7,9 см), а при  $N_{90}P_{90}K_{90}$  – до 72,3 см (+8,7 см). Одновременно применение ЖКУ оказало достоверное положительное действие: прибавка в высоте варьировала от 2,97 до 5,33 см в зависимости от фона. Особенно выраженный эффект наблюдался на фоне  $N_{60}$ – $N_{90}$ , что подчеркивает потенциал сочетания корневого и некорневого питания в агротехнологии ячменя (рисунок 3).

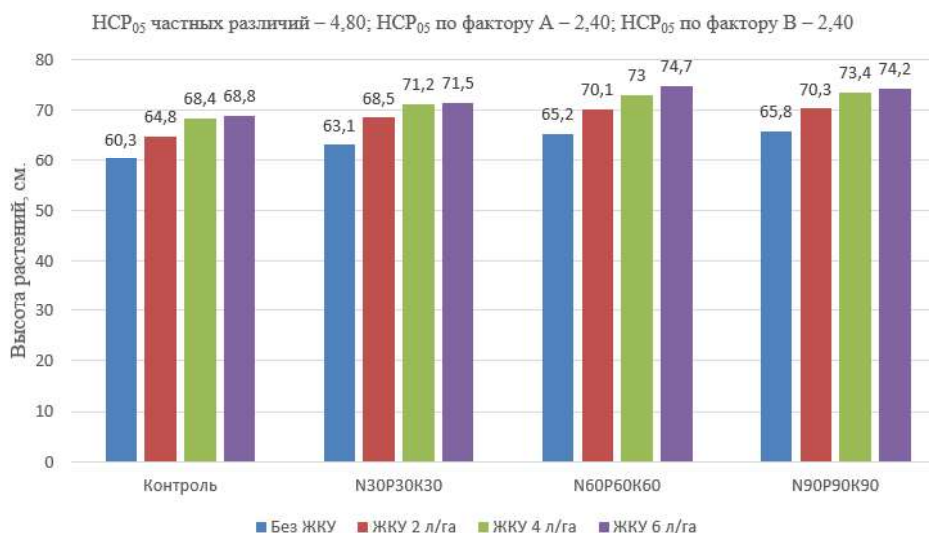


Рисунок 3 – Высота растений, см

Figure 3 – Plant height, cm

Длина колоса также продемонстрировала четкую положительную динамику в ответ на минеральное питание: от 6,7 см на контроле до 7,5 см ( $N_{30}P_{30}K_{30}$ ), 7,9 см ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) и 8,1 см ( $N_{90}P_{90}K_{90}$ ). При этом прирост составил 0,78–1,42 см. ЖКУ также достоверно увеличили длину колоса: на 0,91–1,35 см. Наибольший относительный эффект (до 22 %) зафиксирован на контроле и на фоне  $N_{30}P_{30}K_{30}$ . При более высоких дозах минеральных удобрений дополнительное влияние ЖКУ уже не проявилось.



Масса зерна с колоса, являясь интегральным показателем продуктивности, достигла максимума (0,69–0,78 г) на фоне  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – на 0,14 г (23,6 %) выше, чем на контроле. Увеличение дозы до  $N_{90}P_{90}K_{90}$  не дало достоверного прироста. В то же время некорневая подкормка ЖКУ способствовала увеличению массы зерна на 0,07–0,13 г (10,1–21,3 %).

Количество зерен в колосе повысилось на 1,1–2,6 шт. (6,8–16,0 %) при внесении минеральных удобрений. ЖКУ Агрис также положительно повлияло на этот показатель, увеличив число зерен на 7,3–12,8 %. Максимальное значение (18,5 шт.) получено при внесении 4 л/га препарата (рисунок 4).

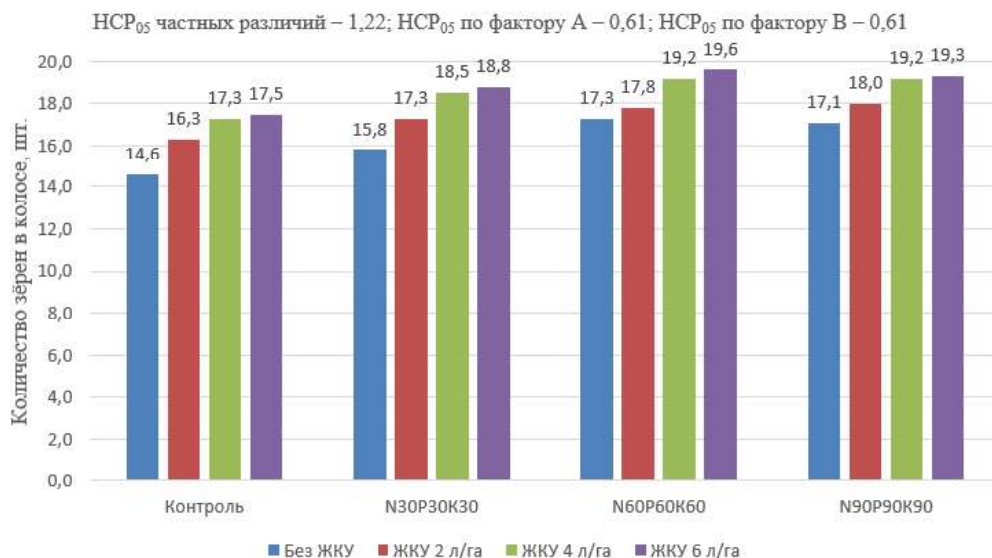


Рисунок 4 – Количество зерен в колосе, шт.

Figure 4 – Number of grains in an ear, pcs

Масса 1000 зерен – ключевой компонент урожайности, слабо поддающийся компенсации другими структурными элементами. На контроле она составила 37,9 г. Минеральные удобрения достоверно повысили этот показатель: до 40,0 г ( $N_{30}P_{30}K_{30}$ ), 41,0 г ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) и 41,4 г ( $N_{90}P_{90}K_{90}$ ). Однако между дозами  $N_{60}$  и  $N_{90}$  различия были незначительными, что указывает на предел эффективности повышения фона. ЖКУ также оказали достоверное положительное влияние: прибавка массы 1000 зерен составила 1,60–2,50 г. Наибольший эффект (до 7,16 %) зафиксирован на контроле и на фоне  $N_{30}P_{30}K_{30}$  (рисунок 5).

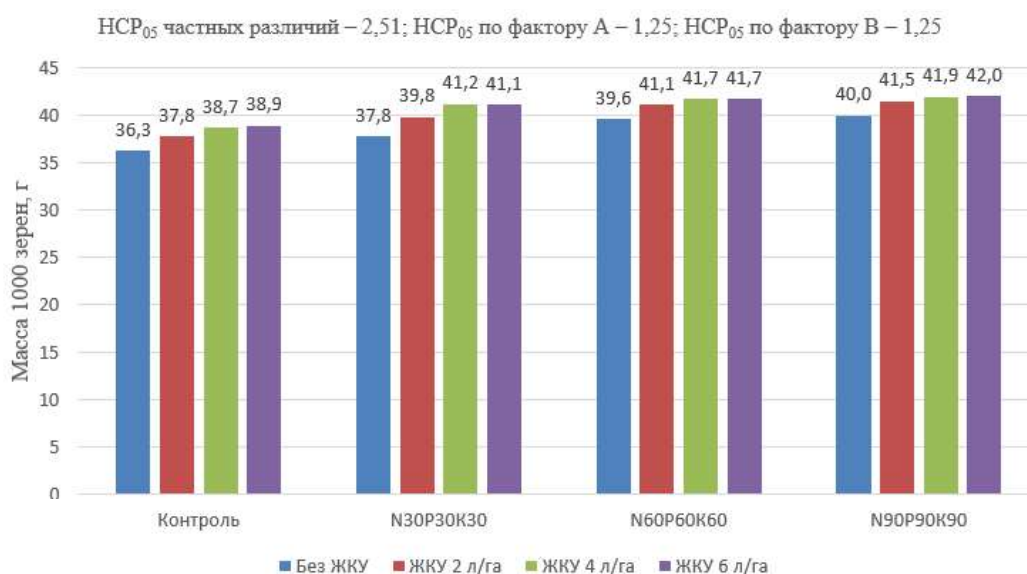


Рисунок 5 – Масса 1000 зерен, г

Figure 5 – Weight of 1000 grains, g



Оптимальные условия для формирования урожая ячменя сложились при комбинации минерального питания в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  и некорневой подкормки ЖКУ «Агрис» (марка «АзотКалий») в норме 4 л/га, что обеспечило максимальную урожайность на уровне 3,92 т/га (рисунок 6). Данный результат подтверждается положительной динамикой ключевых биометрических показателей растений на этом варианте опыта.

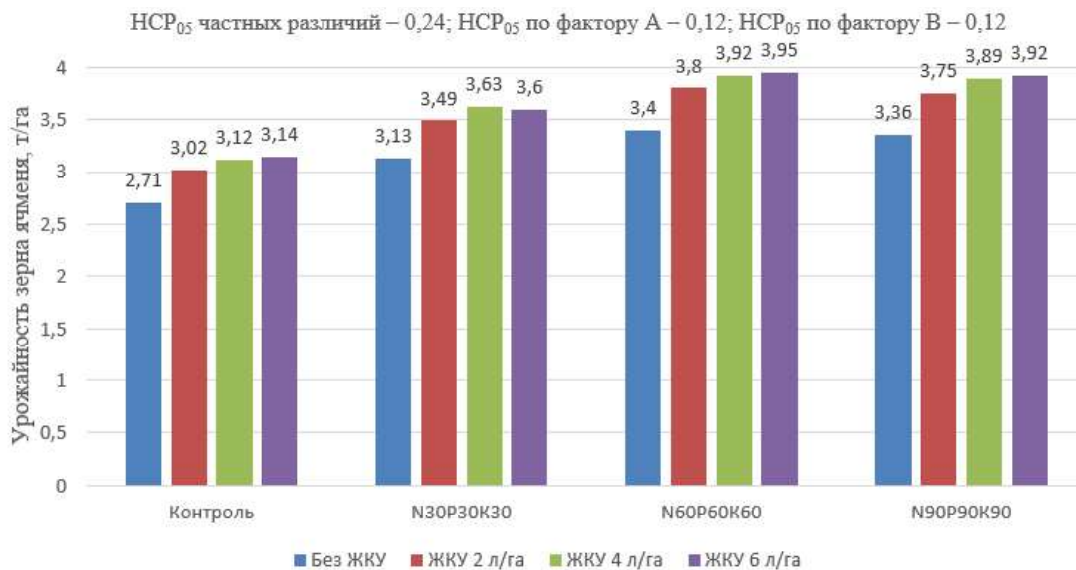


Рисунок 6 – Урожайность зерна ячменя, т/га

Figure 6 – Barley grain yield, t/ha

**Заключение.** Комплексное применение умеренных доз минеральных удобрений ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) обеспечивает оптимальное развитие ячменя по большинству структурных показателей и урожайности зерна. Жидкие комплексные удобрения демонстрируют выраженный эффект преимущественно на низком агрофоне, что подчеркивает их роль как средства коррекции питания, а не замены основного удобрения. Повышение дозы минеральных удобрений сверх оптимального уровня не приводит к существенному приросту продуктивности, а в ряде случаев может снижать эффективность дополнительных подкормок. Эти данные подтверждают необходимость сбалансированного подхода к удобрению, учитывающего как биологические особенности культуры, так и экономические и экологические аспекты земледелия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрофизические, водно-физические факторы и погодные условия, определяющие урожайность зерна ячменя на темно-каштановой почве Заволжья / А. П. Солодовников [и др.] // Аграрный научный журнал. 2022. № 8. С. 29–32.
2. Борисоник З. Б. Яровой ячмень. М.: Колос, 1974. 256 с.
3. Вельмисева Л. Е., Кривобочек В. Г. Формирование урожая зерна яровой мягкой пшеницы в зависимости от приемов возделывания в условиях Среднего Поволжья // Сборник научных трудов: к 100-летию Пензенского научно-исследовательского института сельского хозяйства. в 2 т. Т. 2. Пенза: РИО ПГСХА, 2009. С. 219–228.
4. Влияние удобрений на урожайность и качество зерна озимого ячменя, выращиваемого в условиях южной зоны Ростовской области / Е. В. Хронюк [и др.] // Аграрный научный журнал. 2021. № 4. С. 30–33.
5. Воронин А. Н., Соловиченко В. Д., Уваров Г. И. Приемы регулирования урожайности и качества зерна ячменя в Белгородской области // Земледелие. 2010. № 6. С. 11–13.
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
7. Камалихин В. Е., Иванова Н. Н., Каргин В. И. Влияние сроков внесения био- и гуминовых препаратов на продуктивность ярового многорядного ячменя // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2 (50). С. 36–41.
8. Левакова О. В. Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на продуктивность и структурные показатели нового сорта ячменя ярового Рафаэль // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. Т. 24. № 1. С. 77–85.

9. Применение биопрепаратов с ассоциативными азотфиксаторами при выращивании озимого ячменя в условиях Нижнего Дона / А. А. Цыкора // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (45). С. 39–45.

10. Солодовников А. П., Левкина А. Ю. Влияние способов обработки почвы и агрохимикатов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в Саратовском Заволжье // Аграрный научный журнал. 2020. № 3. С. 29–35.

#### REFERENCES

1. Agrophysical, water-physical factors and weather conditions determining the yield of barley grain on dark chestnut soil of the Trans-Volga region / A. P. Solodovnikov et al. *Agrarian Scientific Journal*. 2022;(8):29–32. (In Russ.).

2. Borisonik Z. B. Spring barley. Moscow: Kolos, 1974. 256 p. (In Russ.).

3. Velmiseva L. E., Krivobochechek V. G. Formation of the grain yield of spring soft wheat depending on cultivation methods in the conditions of the Middle Volga region. *Collection of scientific papers: for the 100th anniversary of the Penza Research Institute of Agriculture*. Vol. 2. Penza, 2009:219–228. (In Russ.).

4. The influence of fertilizers on the yield and grain quality of winter barley grown in the southern zone of the Rostov region / E. V. Khronyuk et al. *Agrarian Scientific Journal*. 2021;(4):30–33. (In Russ.).

5. Voronin A. N., Solovichenko V. D., Uvarov G. I. Methods of regulating the yield and quality of barley grain in the Belgorod region. *Agriculture*. 2010;(6):11–13. (In Russ.).

6. Dospikhov B. A. Field experiment methodology. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.).

7. Kamalikhin V. E., Ivanova N. N., Kargin V. I. Effect of timing of application of bio- and humic preparations on the productivity of spring multi-row barley. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2020;2(50):36–41. (In Russ.).

8. Levakova O. V. Effect of increasing doses of mineral fertilizers on the productivity and structural indicators of the new spring barley variety Rafael. *Agrarian Science of the Euro-North-East*. 2023;24(1):77–85. (In Russ.).

9. Use of biopreparations with associative nitrogen fixers in growing winter barley in the conditions of the Lower Don / A. A. Tsykora. *Bulletin of the Don State Agrarian University*. 2022;3(45):39–45. (In Russ.).

10. Solodovnikov A. P., Levkina A. Yu. The influence of soil cultivation methods and agrochemicals on the yield and grain quality of winter wheat in the Saratov Trans-Volga region. *Agrarian Scientific Journal*. 2020;(3):29–35. (In Russ.).

*Статья поступила в редакцию 26.05.2025; одобрена после рецензирования 19.08.2025; принята к публикации 14.09.2025.*

*The article was submitted 26.05.2025; approved after reviewing 19.08.2025; accepted for publication 14.09.2025.*

