

Вариабельность урожайности и качества пшеницы при обработке ее органов микроэлементами в Приамурье

С. А. Фокин[✉], В. В. Епифанцев, А. А. Артеменко

Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

[✉]E-mail: fok.s.a@mail.ru

Аннотация. Целью исследования было обосновать эффективность обработки семян молибдатом аммония, затем вегетирующих растений яровой пшеницы молибденом или медью на фоне азотно-фосфорных удобрений в условиях южной сельскохозяйственной зоны Амурской области. **Методы.** Для обработки полученных полевых данных за многолетний период проведения опыта дисперсионный анализ данных выполнен по методике Б. А. Доспехова в Microsoft Excel. Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 2.8.8 (разработчик – ООО «Статтех», Россия). **Результаты.** Достигнуты высокая продуктивность и качество зерна яровой пшеницы сорта ДальГАУ-1 на фоне 30 кг д. в. на 1 га азотно-фосфорных удобрений при предпосевной обработке семян, затем вегетирующих растений молибдатом аммония. Прибавка урожайности от такой технологии применения молибдата аммония относительно фона удобрений составила 13,6 %, относительно неудобренных делянок – 27,3 %. В различные по метеорологическим условиям годы в варианте установлены средняя изменчивость $V = 10,7 \%$ и наименьший размах варьирования урожайности. При средней изменчивости и размахе варьирования масса 1000 зерен увеличилась по сравнению с фоном удобрений на 13,3 %, с контролем – на 21,4 %. Натурная масса зерна при незначительной изменчивости была больше, чем на фоне удобрений, на 9,9 %, чем в контроле – на 10,6 %. Общая стекловидность зерна, несмотря на большой размах варьирования и сильную изменчивость, превысила контрольный вариант на 18,4 % и фон удобрений на 13,7 %. Между массой 1000 зерен и урожайностью $r = 0,346$, натурной массой и урожайностью $r = 0,521$ – положительная средняя, между стекловидностью и урожайностью $r = 0,271$ – прямая слабая связь. **Научная новизна** исследования состоит в том, что впервые доказана эффективность комплексной технологии: предпосевная обработка семян молибдатом аммония в сочетании с внесением молибдата аммония и хелата меди в вегетационный период в виде подкормки на фоне азотно-фосфорных удобрений способствует повышению урожайности и формированию семян яровой мягкой пшеницы с улучшенными технологическими свойствами.

Ключевые слова: пшеница, зерно, фон, удобрения, обработка, семена, вегетирующие растения, урожайность, качество

Для цитирования: Фокин С. А., Епифанцев В. В., Артеменко А. А. Вариабельность урожайности и качества пшеницы при обработке ее органов микроэлементами в Приамурье // Аграрный вестник Урала. 2026. Т. 26, № 06. С. 1031–1043. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-06-1031-1043>.

Дата поступления статьи: 17.07.2025, **дата рецензирования:** 22.11.2025, **дата принятия:** 13.01.2026.

Variability of wheat yield and quality when its organs are treated with microelements in the Amur region

S. A. Fokin[✉], V. V. Epifantsev, A. A. Artemenko

Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

[✉]E-mail: fok.s.a@mail.ru

Abstract. The purpose of the study was to substantiate the efficiency of seed treatment with ammonium molybdate, and then vegetative plants of spring wheat with molybdenum or copper against the background of nitrogen-phosphorus fertilizers in the conditions of the southern agricultural zone of the Amur Region. **Methods.** To process the obtained field data for a long-term period of the experiment, the dispersion analysis of the data was performed according to the method of B. A. Dospekhov in Microsoft Excel. Statistical analysis was carried out using the StatTech v. 2.8.8 program (developer – StatTech LLC, Russia). **Results.** High productivity and grain quality of the spring wheat variety DalGAU-1 were obtained against the background of 30 kg of active ingredient per 1 ha of nitrogen-phosphorus fertilizers during pre-sowing seed treatment, and then vegetative plants with ammonium molybdate. The yield increase from this technology of ammonium molybdate application, relative to the background of fertilizers, was 13.6%, relative to unfertilized plots 27.3 %. In years with different meteorological conditions, the variant showed an average variability of $V = 10.7\%$ and the smallest yield variation range. With average variability and variation range, the 1000-grain weight increased by 13.3 % compared to the fertilizer background and by 21.4 % compared to the control. The natural weight of grain with insignificant variability was 9.9 % greater than against the fertilizer background and 10.6 % greater than in the control. The total vitreousness of grain, despite the large variation range and strong variability, exceeded the control variant by 18.4 % and the fertilizer background by 13.7 %. The positive average relationship between the 1000-grain weight and yield $r = 0.346$, the positive average relationship between the natural weight and yield $r = 0.521$, and the weak direct relationship between vitreousness and yield $r = 0.271$. **The scientific novelty** of the study lies in the fact that for the first time the effectiveness of a complex technology has been proven: presowing seed treatment with ammonium molybdate in combination with the application of ammonium molybdate and copper chelate during the growing season as a top dressing against the background of nitrogen-phosphorus fertilizers contributes to an increase in yield and the formation of spring soft wheat seeds with improved technological properties.

Keywords: wheat, grain, background, fertilizers, processing, seeds, vegetative plants, yield, quality

For citation: Fokin S. A., Epifantsev V. V., Artemenko A. A. Variability of wheat yield and quality when its organs are treated with microelements in the Amur region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2026; 26 (06): 1031–1043. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-06-1031-1043>. (In Russ.)

Date of paper submission: 17.07.2025, **date of review:** 22.11.2025, **date of acceptance:** 13.01.2026.

Постановка проблемы (Introduction)

Продовольственная безопасность, суверенитет страны и региона послужили основанием для проведения исследований. Актуальность проблемы в современных условиях возрастает на фоне экономической войны и санкций стран Запада. Сопутствует этому процесс потепления климата на планете, который ведет к изменению факторов среды, определяющих существование и развитие живых организмов, влияет он и на продуктивность культурных растений. Научно-технический прогресс и хозяйственная деятельность людей вносят свою лепту в изменение экологической ситуации и развитие аграрного производства территорий.

Сейчас развитие систем земледелия в стране и регионе идет по пути минимизации обработки почвы и проведения прямого посева, которые имеет

свои достоинства и недостатки. Коммерческое отношение аграриев к плодородным землям привело к нарушению научно обоснованной системы севооборотов и монокультуре. Соя в структуре посевных площадей хозяйств области стала занимать 75–100 % пашни. На фоне интенсивного применения гербицидов усугубляется фитосанитарное состояние агроценозов. В таких условиях необходимо искать новые подходы к сортам, предшественникам, системе удобрений, обработки почвы, посеву, уходу за растениями и т. д.

Яровая пшеница очень требовательна к легкодоступным питательным веществам почвы [1–3]. Для формирования 1 ц зерна и такой же массы соломы ей необходимо 4 кг азота, 1,5 фосфора и 2,5 кг калия. Наибольшая нуждаемость культуры (50–60 % от общей потребности) в N и P наблюдается в пери-

од от начала кущения до выхода в трубку. В последние годы под посевы яровой пшеницы рекомендуют вносить $N_{30-45}P_{30-60}K_{30-40}$ кг д. в. на 1 га в зависимости от региона [4–8]. Стали обращать внимание на систему применения удобрений с учетом биологических требований культур, роль микроэлементов в формировании величины и качества продукции. В торговых сетях значительно расширился предлагаемый ассортимент, появились новые формы удобрений, в том числе хелатные, которые практически не изучены [9–15]. В связи с этим необходимо изучение реакции новых отечественных сортов на удобрения и систему их применения, что является актуальным и обладает элементом новизны.

Понимание факторов, влияющих на урожайность и качество пшеницы, является важной задачей для повышения эффективности сельскохозяйственного производства и обеспечения продовольственной безопасности региона. В условиях изменения климатических условий и усиления экологических нагрузок, а также при использовании новых технологий и агротехнических приемов возникает необходимость поиска оптимальных методов повышения продуктивности зерновых культур. В частности, особое значение приобретает изучение роли микроэлементов, таких как молибден и медь, в формировании урожая и его качественных характеристик. Эти элементы участвуют в ключевых биохимических процессах, обеспечивая нормальное развитие растений и повышая их устойчивость к стрессам [16–18].

Научные исследования многих ученых доказывают, что применение удобрений и микроэлементов существенно повышает урожайность зерновых культур, улучшает качество продукции и способствует устойчивости агроэкосистем в условиях техногенных нагрузок. Однако в стрессовых ситуациях их воздействие на урожайность и качество зерна может варьировать [19]. В работе Д. И. Иванова анализируется влияние микроудобрений (марганец, медь, молибден, «Ультрамаг комби») и сортовых особенностей на урожайность и посевные характеристики семян сортов яровой пшеницы. Результаты показали, что максимальная продуктивность достигается при внекорневой обработке комбинацией меди и молибдена на азотном фоне. Оптимальными для улучшения посевных качеств семян оказались сочетания обработки марганца с медью, марганца с молибденом, а также применение препарата «Ультрамаг комби» [20].

В исследованиях, проведенных с озимой пшеницей в 2011–2014 годах на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА», было установлено, что некорневая подкормка микроудобрениями «Адоб медь», «МикроСил Медь», «МикроСтим – Медь Л» на фоне $N_{30}P_{64}K_{140}$ способствовала повышению урожайности зерна озимой пшеницы. Использование

медных удобрений также положительно сказывалось на качестве семян. В частности, применение препарата «МикроСтим Медь» на фоне $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}$ приводило к увеличению в зерне озимой пшеницы содержания сырой клейковины на 2,3 % [21]. В 2017–2020 годах на опытных полях Казанского ГАУ проводились полевые исследования с жидкими комплексными удобрениями серии «Металлоцен», включавшие марки А (с медью), В (с цинком), С (с молибденом и бором) и «Универсал» (с несколькими микроэлементами). Максимальный урожай озимой пшеницы получали при использовании удобрения марки «Универсал», при этом средний прирост урожая по сравнению с контролем составил 0,44 т/га [22].

В исследованиях 2017–2019 годов, проведенных на черноземных почвах Курской области, установлена значительная эффективность и экологическая целесообразность для посевов яровой мягкой пшеницы применения комплексных удобрений с микроэлементами «Аквадон-Микро», «МикроФид Комплекс» и «Новоферт». Обработка семян этими удобрениями, а также двукратное применение по листу вегетирующих растений яровой пшеницы в фазах «кущение» и «начало выхода в трубку» способствовали повышению урожайности на 0,57–0,75 т/га (14,7–19,4 %) и повышению содержания сырой клейковины в зерне на 1,8–2,0 % по сравнению с контролем [23].

Многолетние исследования подтверждают эффективность использования микроудобрений при естественном плодородии и экстенсивном возделывании озимой пшеницы, а также при применении интенсивных технологий с высокими дозами макроудобрений. Внесение микроудобрений совместно с семенами в почву и листовые подкормки способствует повышению урожайности пшеницы на 9,3 %. Совместное применение макро- и микроэлементов позволяет увеличить урожайность до 122,4 %. Выступая в роли лимитирующего фактора, микроэлементы на высоком уровне агрофона улучшают использование макроэлементов, что ведет к росту урожайности и улучшению качества семян. При совместном внесении макроэлементов ($N_{130}P_{90}K_{170}$) и микроэлементов (тензо коктейль 1 л/га) в два этапа урожайность достигает 7,14 т/га, содержание клейковины – 27,4 %, общая стекловидность – 60,1 %, масса 1000 зерен – 45,8 г, а натура зерна – 801 г/л [24].

По данным О. В. Семенюк, Н. А. Галушко [25], применение на посевах озимой пшеницы листовой подкормки жидким медьсодержащим микроэлементным удобрением «Контролфит Си» позволяет повысить урожайность и качество зерна. Ранневесенние внекорневые подкормки микроудобрением «Контролфит Си» способствовали повышению урожайности зерна на 3,8–9,8 ц/га, что соответствует

ее росту на 4,7–12,0 % по сравнению с контролем без применения удобрений. При этом содержание сырой клейковины в зерне увеличилась до 2,0 %, а качество не ухудшилось.

В последнее время возрастает интерес к применению ультрадисперсных форм микроэлементов в качестве предпосевной обработки семян. В условиях резко континентального климата на опытном участке ФНЦ биологических систем и агротехнологий РАН в Центральной зоне Оренбургской области в 2023 году проведен полевой эксперимент, направленный на изучение влияния микроэлементов: марганца (Mn), меди (Cu), цинка (Zn), железа (Fe), кобальта (Co) и бора (B) – в ультрадисперсной форме на качество зерна яровой твердой пшеницы. Результаты показали положительное влияние предпосевной обработки семян микроэлементами в ультрадисперсной форме: обработка УДЧ кобальта повысила массу тысячи зерен на 13,4 % и уровень общей стекловидности на 9 %. Максимальное содержание сырой клейковины – 36 % – зафиксирован при обработке УДЧ с марганцем и бором, а показатель числа падения достиг 276 секунд в вариантах с УДЧ кобальта [26].

В последние годы в аграрной практике региона наблюдается рост интереса к использованию микроудобрений и новых форм удобрений, таких как хелатные соединения, которые позволяют более эффективно доставлять микроэлементы в растения. Однако научное обоснование их применения и оценка влияния на урожайность и качество пшеницы остаются недостаточно изученными. Особое значение имеет изучение реакции отечественных сортов яровой пшеницы на обработку семян и растений микроэлементами в условиях южной части Амурской области, где климатические и почвенные условия требуют адаптации технологий. Важным аспектом является также оценка влияния микроэлементов на показатели урожайности, зерновую и соломенную продуктивность, а также на качество зерна, его химический состав и технологические свойства. Полученные данные позволят разработать рекомендации по оптимизации агротехнологий, что в итоге повысит устойчивость и прибыльность сельскохозяйственного производства в регионе.

Таким образом, исследование вариабельности урожайности и качества пшеницы при обработке ее органов микроэлементами в условиях Приамурья является важным направлением современной аграрной науки, способствующим развитию эффективных и экологически безопасных методов земледелия. В рамках данной работы предполагается провести комплексный анализ влияния молибдена и меди на показатели урожайности, а также определить оптимальные схемы.

Цель исследования – обосновать эффективность обработки семян молибдатом аммония, а также по-

следующей подкормки вегетирующих растений яровой пшеницы молибденом или медью при использовании азотно-фосфорных удобрений в условиях южной сельскохозяйственной зоны Амурской области.

Методология и методы исследования (Methods)

Кафедрой экологии, почвоведения и агрохимии ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет» в 2017–2021 годах после предшественника (соя) заложен полевой опыт. Погодные условия различались по степени увлажнения. В период вегетации 2017, 2018 и 2021 годов гидротермический коэффициент (ГТК) составлял 1,6, 1,8 и 1,5 соответственно (удовлетворительное увлажнение). 2019 и 2020 годы по ГТК 2,4 и 3,1 были переувлажненными. На опытном поле исследовали влияние раздельной и совместной обработки семян и вегетирующих растений сорта яровой пшеницы ДальГАУ-1, включенного в Государственный реестр селекционных достижений по Дальневосточному региону (12). Обработку осуществляли с использованием молибдата аммония и хелата меди в форме ЭДТА на фоне внесения азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{30}P_{30}$, в то время как на контрольных делянках удобрения не применялись. Перед посевом вносили аммофос и аммиачную селитру под предпосевную обработку культиватором. Семена обрабатывали раствором молибдата аммония в дозе 0,03 кг/т. Посев осуществляли сплошным рядовым методом (через 15 см) с помощью сеялки СН-16 с нормой высева 6,5 млн всхожих семян на гектар в третьей декаде апреля. В период кущения – начала появления флагового листа вегетирующие растения обрабатывали молибдатом аммония в дозе 0,2 кг/га и хелатом меди в форме ЭДТА в дозе 0,3 кг/га, расход рабочего раствора составлял 200 л/га. Уборку урожая осуществляли прямым комбайнированием Samro-500. Почва участка – лугово-черноземовидная среднесиловатая тяжелосуглинистая с содержанием гумуса 4,1 %, минерального азота ($N-NO_3$) – 10,5–15,3 мг/кг почвы, подвижного фосфора (P_2O_5) – 52–79 мг/кг, калия (K_2O) – 120–171 мг/кг почвы (по методу А. Т. Кирсанова). Определяли показатели качества зерна: массу 1000 семян (ГОСТ 12042-1980), общую стекловидность на приборе ДСЗ-2 (ГОСТ 10987-1976) и натурную массу – пуркой (ГОСТ 10840-2017). Статистический анализ данных выполнен методом дисперсионного анализа по методике Б. А. Доспехова в Microsoft Excel. Общая площадь делянки – 126 м², учетная – 42 м² (2,1 × 20 м), повторность четырехкратная. Размещение делянок рендомизированное, их ориентация – с севера на юг.

Количественные показатели оценивали на соответствие нормальному распределению с помощью критерия Шапиро – Уилка при объеме менее 50 или критерия Колмогорова – Смирнова при объеме бо-

лее 50. Для сравнения трех и более групп по показателю, не подчиняющемуся нормальному распределению, применяли критерий Краскела – Уоллиса, а для последующих парных сравнений – критерий Данна с поправкой Холма. Направление и степень связи между двумя количественными переменными определяли с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена при ненормальном распределении. Прогностическая модель, описывающая зависимость количественной переменной от факторов, строилась методом линейной регрессии.

Результаты (Results)

Технология возделывания яровой пшеницы сорта ДальГАУ-1 с предпосевной обработкой семян раствором молибдата аммония, а также обработкой семян и вегетирующих растений молибдатов аммония на фоне 30 кг д. в. на 1 га азотно-фосфорных удобрений обеспечивала высокую урожайность зерна (рис. 1).

Наибольшая масса 1000 семян у пшеницы сформировалась во втором и шестом вариантах опыта, прибавка относительно контроля 21,4 %. Между вариантами были установлены статистически значимые различия ($p < 0,001$) (рис. 2).

Меньший размах варьирования массы 1000 зерен был в первом и втором вариантах – 3 г, на 1 г больше в шестом, на 2 г – в седьмом и на 3 г – в третьем и четвертом. Коэффициент вариации этой

последовательности – 10,5 и 9,8 %, 12,5 %, 15,4 %, 18,8 и 18,2 %. Незначительная ее изменчивость в третьем варианте, в других – средняя.

Наибольшая натурная масса получена в четвертом варианте – на 10,6 % больше, чем в контроле. По t -критерию (t) на 0,1 % уровне различия значимы (рис. 3).

Размах варьирования натурной массы во втором варианте составил 14 г/л, в третьем – 34, первом – 42, пятом и шестом – 56, четвертом – 58, седьмом – 64 г/л. Коэффициент вариации (V) этого ряда вариантов был 2,3 %, 5,3 %, 6,8 %, 8,6 % и 8,5 %, 8,6 % и 9,7 %. Во всех вариантах установлена незначительная ее изменчивость.

По величине общей стекловидности зерна первое место занимает четвертый вариант. По t -критерию (t) на 0,1 % уровне различия значимы (рис. 4).

Размах варьирования общей стекловидности в четвертом варианте составил 12 %, коэффициент вариации соответственно – 21,4 %, в нем установлена значительная изменчивость изучаемого показателя.

При проведении парного корреляционного анализа связи между урожайностью и массой 1000 семян выявлена умеренная прямая зависимость (таблица 1).

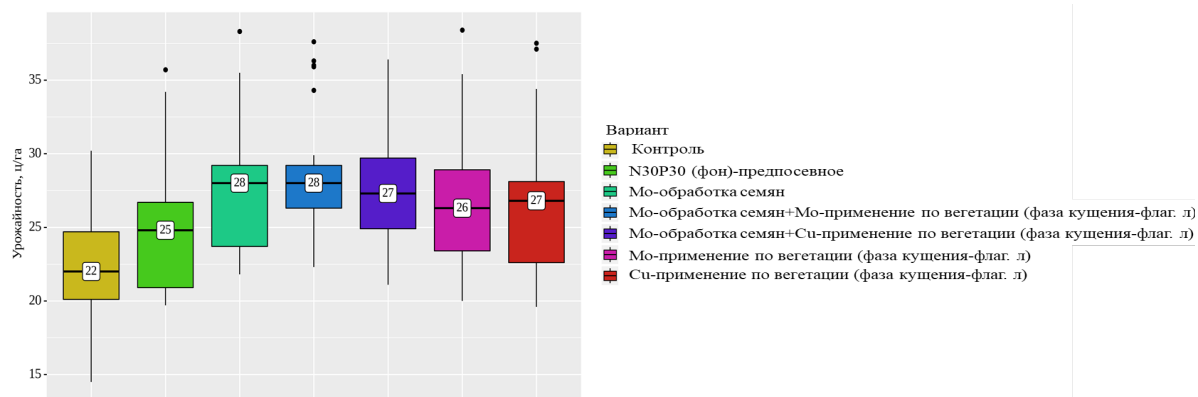


Рис. 1. Урожайность зерна пшеницы и ее вариация, ц/га (2017–2021 гг.)

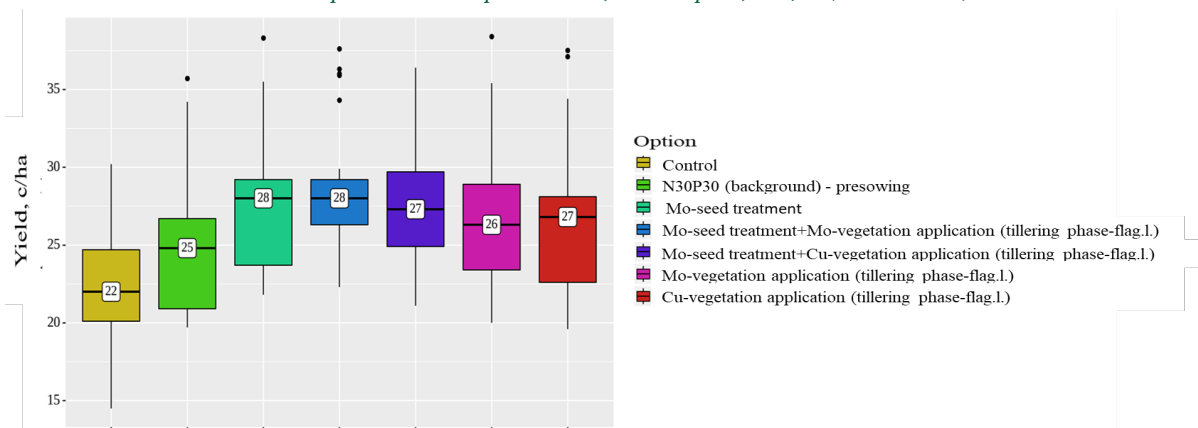


Fig. 1. Wheat grain yield and its variation, c/ha (2017–2021)

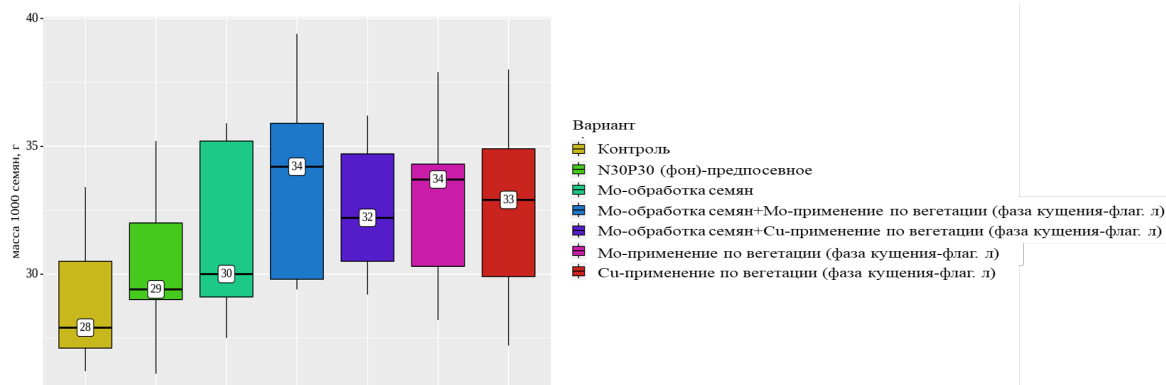


Рис. 2. Масса 1000 семян пшеницы и ее вариация, г (2017–2021 гг.)

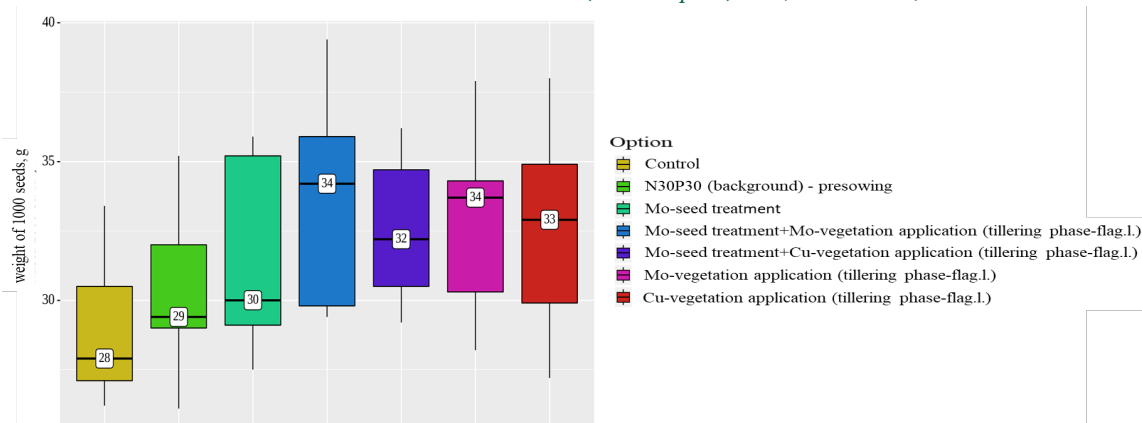


Fig. 2. Weight of 1000 seeds of wheat and its variation, g (2017–2021)

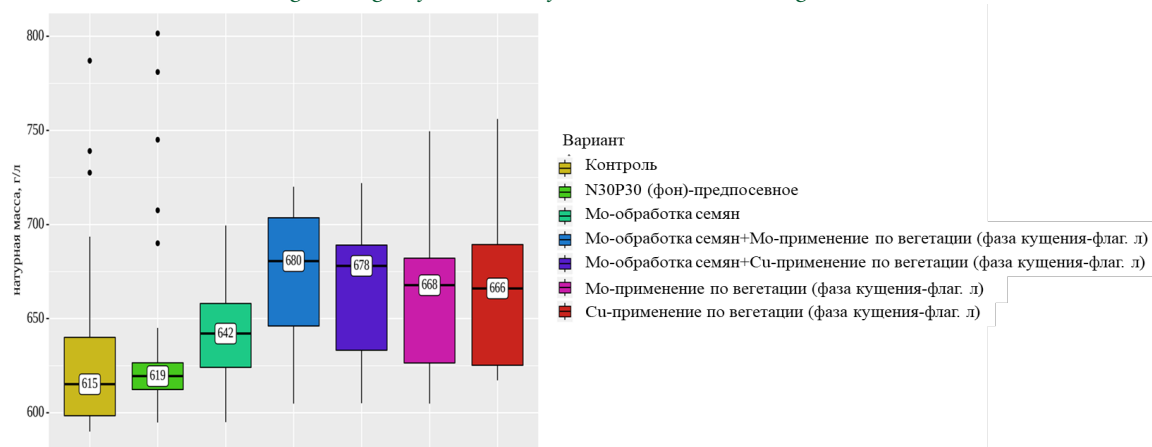


Рис. 3. Натурная масса зерна пшеницы и ее вариация, г/л (2017–2021 гг.)

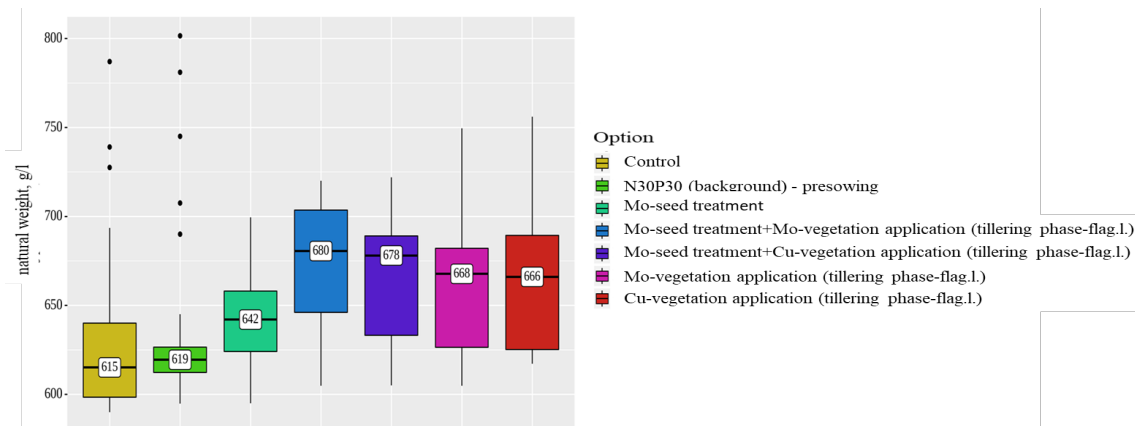


Fig. 3. Natural weight of wheat grain and its variation, g/l (2017–2021)

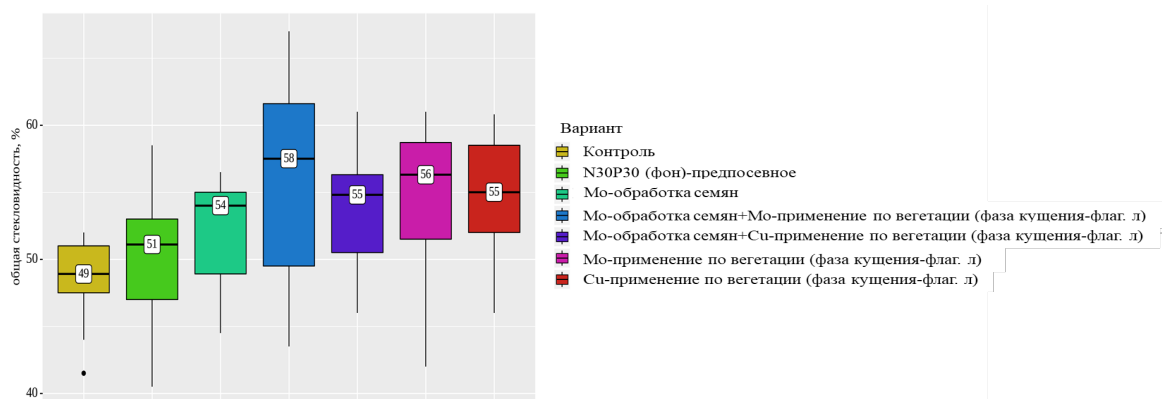


Рис. 4. Стекловидность зерна пшеницы и ее вариация, % (2017–2021 гг.)



Fig. 4. Vitreous content of wheat grain and its variation, % (2017–2021)

Таблица 1

Результаты корреляционного анализа взаимосвязи между урожайностью и массой 1000 семян

Показатель	Характеристика корреляционной связи		
	ρ	Теснота связи по шкале Чеддока	p
Урожайность, ц/га – масса 1000 семян, г	0,346	Умеренная	< 0,001*

Примечание. * Различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

Table 1

Correlation analysis results for the relationship between yield and 1000-seed weight

Indicator	Characteristics of the correlation relationship		
	ρ	Closeness of communication on the Cheddock scale	p
Yield, c/ha – weight of 1000 seeds, g	0.346	moderate	< 0.001*

Note. * The differences in indicators are statistically significant ($p < 0.05$).

Зависимость массы 1000 семян от урожайности описывается уравнением парной линейной регрессии (1):

$$Y_{\text{масса 1000 семян}} = 0,333 \times X_{\text{урожайность}} + 23,017. \quad [1]$$

Это уравнение показывает, что при увеличении урожайности на 1 единицу ожидается рост массы 1000 семян на 0,333. Эта модель объясняет 23,1 % вариации показателей массы 1000 семян (рис. 5).

Корреляционный анализ связи между урожайностью и натурной массой показал заметную прямую зависимость (таблица 2). Это означает, что с увеличением натурной массы семян наблюдается тенденция к росту урожайности. Статистические показатели, такие как коэффициент корреляции, подтверждают сильную положительную взаимос-

вязь между этими переменными, что свидетельствует о том, что увеличение массы семян способствует повышению урожайности.

Зависимость натурной массы от урожайности описывается уравнением парной линейной регрессии (2):

$$Y_{\text{натурная масса, г/л}} = 3,663 \times X_{\text{урожайность, ц/га}} + 558,412. \quad [2]$$

Это уравнение показывает, что при увеличении урожайности на 1 ц/га следует ожидать рост натурной массы на 3,663 г/л. Полученная модель объясняет 16,9 % вариации показателей натурной массы (рис. 6).

При оценке взаимосвязи общей стекловидности и урожайности была установлена слабая прямая связь (таблица 3).

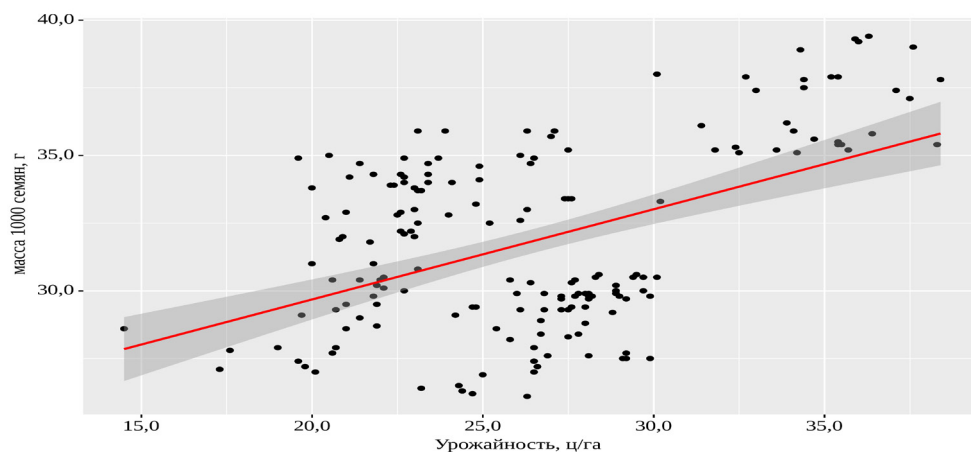


Рис. 5. График регрессионной функции, характеризующий зависимость массы 1000 семян от урожайности (2017–2021 гг.)

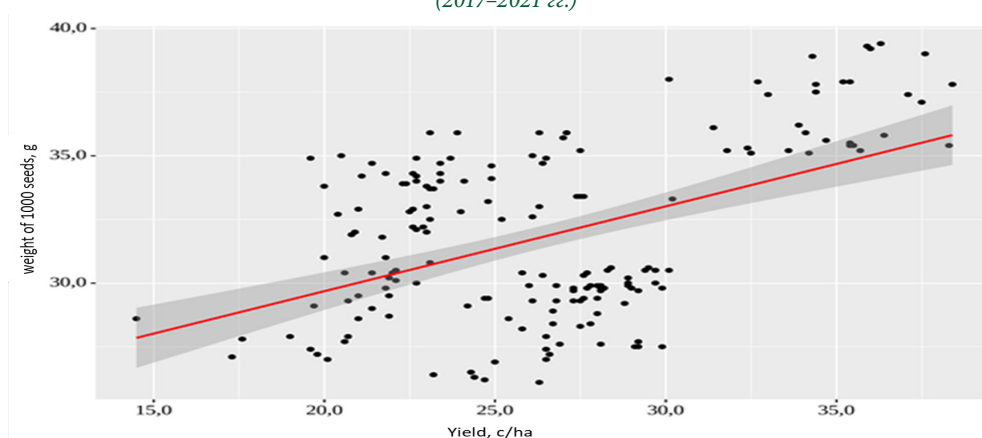


Fig. 5. The graph of the regression function characterizing the dependence of the mass of 1000 seeds on the yield (2017–2021)

Таблица 2

Результаты корреляционного анализа взаимосвязи урожайности и натурной массы

Показатель	Характеристика корреляционной связи		
	ρ	Теснота связи по шкале Чеддока	p
Урожайность, ц/га – натурная масса, г/л	0,521	Заметная	< 0,001*

Примечание. * Различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

Table 2

Results of the correlation analysis of the relationship between yield and natural weight

Indicator	Characteristics of the correlation relationship		
	ρ	Closeness of communication on the Cheddock scale	p
Yield, c/ha – natural weight, g/l	0.521	Notable	< 0.001*

Note. * The differences in indicators are statistically significant ($p < 0.05$).

Таблица 3

Результаты корреляционного анализа взаимосвязи урожайности и общей стекловидности

Показатель	Характеристика корреляционной связи		
	ρ	Теснота связи по шкале Чеддока	p
Урожайность, ц/га – общая стекловидность, %	0,271	Слабая	< 0,001*

Примечание. * Различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

Table 3

Results of the correlation analysis of the relationship between yield and total vitreousness

Indicator	Characteristics of the correlation relationship		
	ρ	Closeness of communication on the Cheddock scale	p
Yield, c/ha – total vitreous content, %	0.271	Weak	< 0.001*

Note. * The differences in indicators are statistically significant ($p < 0.05$).

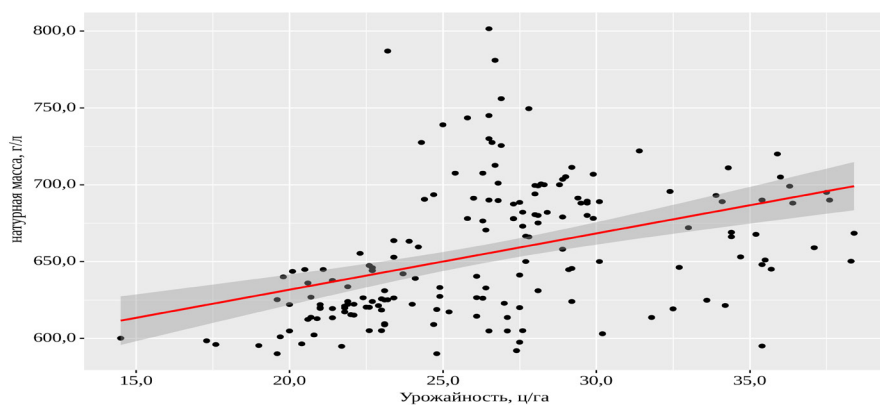


Рис. 6. График регрессионной функции, характеризующий зависимость натурной массы от урожайности (2017–2021 гг.)

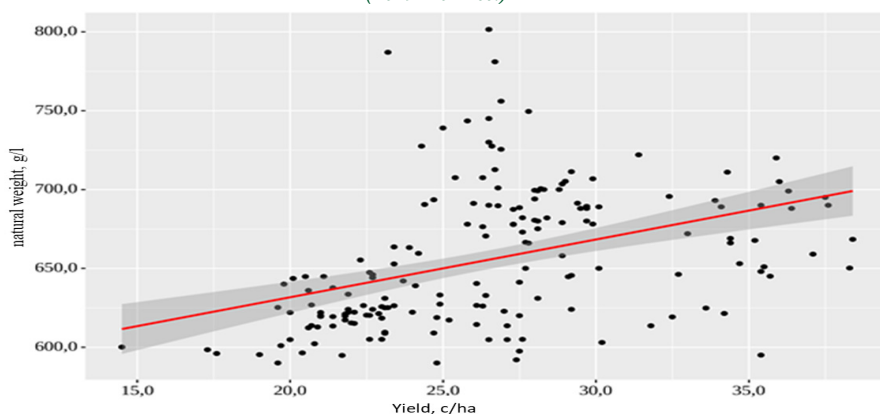


Fig. 6. The graph of the regression function characterizing the dependence of natural weight on yield (2017–2021)

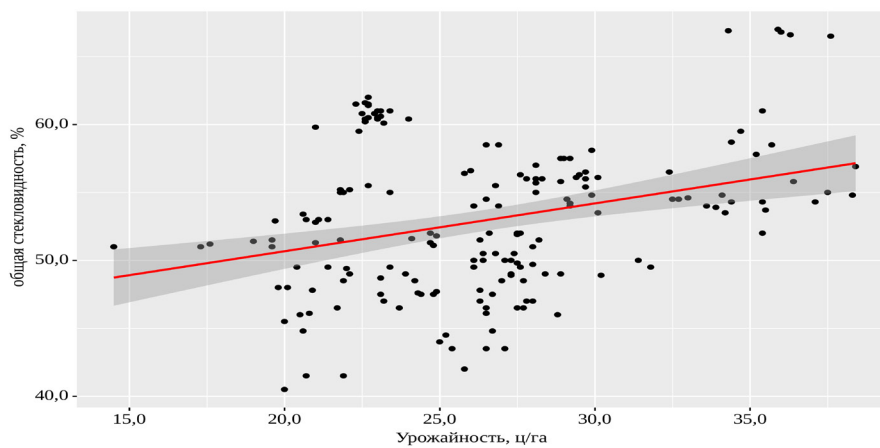


Рис. 7. График регрессионной функции, характеризующий зависимость общей стекловидности от урожайности (2017–2021 гг.)

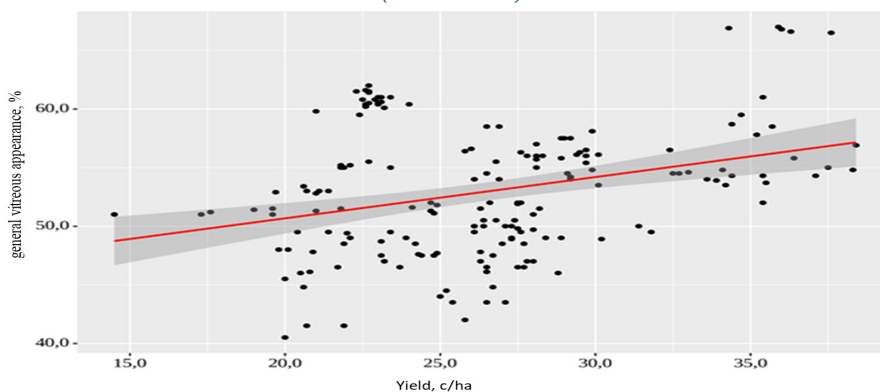


Fig. 7. The graph of the regression function characterizing the dependence of total vitreousness on yield (2017–2021)

Наблюдаемая взаимосвязь общей стекловидности от урожайности описывается уравнением парной линейной регрессии (3):

$$Y_{\text{общая стекловидность, \%}} = 0,352 \times X_{\text{урожайность, ц/га}} + 43,626. [3]$$

При росте урожайности на 1 ц/га ожидается увеличение общей стекловидности на 0,352 %. Полученная модель объясняет 9,8 % наблюдаемой дисперсии показателей общей стекловидности (рис. 7).

По t -критерию ($t_{\phi} > t_{0,5}$) и доверительным интервалам корреляция и регрессия значимы, нулевая гипотеза отвергается.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, технология возделывания яровой пшеницы сорта ДальГАУ-1 в условиях южной сельскохозяйственной зоны Амурской области с предпосевной обработкой семян раствором молибдата аммония из расчета 0,03 кг/т, затем вегетирующих растений в фазу кущения – начала формирования флагового листа молибдатом аммония в дозе 0,2 кг/га при расходе рабочего раствора 200 л/га на фоне $N_{30}P_{30}$ кг д. в. на 1 га, при средней изменчивости ($V = 10,7\%$) и наименьшем размахе варьирования в различные по метеорологическим условиям годы обеспечивала высокую урожайность и

качество зерна. С целью экономии микроудобрений и затрат на их применение можно отказаться от обработки вегетирующих растений и получить такую же урожайность, но тогда ее изменчивость увеличивается на 7,2 %, размах ее варьирования возрастает в 1,6 раза, снижается качество: на 13,3 % – масса 1000 семян, на 5,9 % – натурная масса, на 3,4 % – общая стекловидность зерна. С целью получения крупного зерна, экономии молибдата аммония и затрат на обработку семян можно обработать только вегетирующие растения пшеницы Мо на фоне удобрений, но это ведет к снижению урожайности на 7,7 %, натурной массы на 1,8 % и общей стекловидности на 3,6 %. При этом размах варьирования урожайности по годам возрастает в 2 раза, а ее изменчивость увеличивается на 12,4 %. Оценка связи массы 1000 зерен, натурной массы и урожайности положительная средняя, стекловидности и урожайности – прямая слабая. Следовательно, применение молибдата аммония для обработки семян, а затем и вегетирующих растений определяет перспективу его применения в современных хозяйственных условиях земледелия Приамурья.

Библиографический список

1. Гоман Н. В., Бобренко И. А., Попова В. В., Гайдар А. А. Урожайность и потребление элементов питания яровой пшеницей при применении микроудобрений // Агрохимический вестник. 2022. № 6. С. 32–37. DOI: 10.24412/1029-2551-2022-6-006.
2. Timofeev V. N. Efficiency of macro- and micronutrients in spring wheat protection system // Bio Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference “Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture” (FSRAABA 2021). Tyumen, 2021. Vol. 36. Article number 04004. DOI 10.1051/bioconf/20213604004.
3. Богомазов С. В., Лядебургская А. В., Левин А. А., Ткачук О. А., Ефремова Е. В. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от гуминового удобрения «Гумостим» и предшественников // Нива Поволжья. 2020. № 3 (56). С. 44–49. DOI: 10.36461/NP.2020.56.3.013.
4. Мимонов Р. В., Шаповалов В. Ф., Смольский Е. В., Нечаев М. М., Дьяченко В. В. Влияние удобрений на показатели качества зерна озимой пшеницы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 8. С. 6–12.
5. Клыков А. Г., Тимошинова О. А., Богдан П. М., Коновалова И. В., Тимошинов Р. В. Формирование продуктивности и качества зерна яровой мягкой пшеницы в условиях муссонного климата // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 1. С. 46–48. DOI: 10.30850/vrsn/2020/1/46-48.
6. Никифоров В. М., Никифоров М. И., Мамеев В. В. Урожайность и качество зерна сортов яровой пшеницы в условиях Брянской области // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 1 (77). С. 7–12.
7. Ханикаев Б. Р., Дзанганов С. Х., Лазаров Т. К. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от системы удобрения // Известия Горского государственного аграрного университета. 2020. Т. 57, № 4. С. 8–14.
8. Фокин С. А., Семенова Е. А., Крылова Н. П. Агрохимические свойства почвы и продуктивность яровой пшеницы в зависимости от способов применения микроудобрений // Вестник КрасГАУ. 2021. № 9 (174). С. 30–37. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-9-30-37.
9. Новикова А. А. Влияние листовой подкормки микроэлементами на качество зерна пшеницы яровой твердой // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке: материалы XXVIII Международной научно-производственной конференции в 4 томах. Майский, 2024. Т. 3. С. 94–95.
10. Битюцкий Н. П. Минеральное питание растений. Санкт-Петербург: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2020. 540 с.

11. Можарова И. П. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в Зависимости от применения удобрений на основе комплекса микроэлементов с аминокислотами // Плодородие. 2021. № 5 (122). С. 49–52. DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.12.
12. Bobrenko I. A., Goman N. V., Kormin V. P., et al. The efficiency of the use of biological products in cultivation of spring wheat in Western Siberia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 1043, No. 1. Article number 012046. DOI: 10.1088/1755-1315/1043/1/012046.
13. Абдуазимов А. М., Вафоева М. Б. Улучшение качественных показателей зерна озимой пшеницы благодаря листовой подкормке // Новости науки Казахстана. 2024. № 4 (163). С. 16–29. DOI: 10.53939/1560-5655_2024_4_16.
14. Гоман Н. В., Попова В. В., Бобренко И. А., Гайдар А. А. Влияние предпосевной обработки семян хелатами цинка и меди на урожайность и качество зерна яровой пшеницы при возделывании в условиях лесостепи Западной Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2019. № 4 (36). С. 6–12.
15. Goman N. V., Bobrenko I. A., Popova V. V., et al. Economic efficiency of the use of microelement chelates in cultivation of spring wheat on quasigleyic black soil // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Zernograd, 2021. Article number 012066. DOI: 10.1088/1755-1315/659/1/012066.
16. Серегина И. И., Ниловская Н. Т. Регулирование урожайности яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) при выращивании в условиях дефицита влаги в почве путем применения молибдена в зависимости от уровня азотного питания // Агрохимия. 2021. № 4. С. 70–78. DOI: 10.31857/S0002188121040141.
17. Вафин И. Х., Сафин Р. И., Миникаев Р. В. Особенности влияния некорневой подкормки жидкими удобрениями на минеральное питание, урожайность и качество семян озимой пшеницы // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 18, № 2. С. 13–18. DOI: 10.12737/2073-0462-2023-13-18.
18. Солонкин А. В., Гузенко А. Ю., Гузенко А. В., Семинченко Е. В. Проведение научных исследований по изучению влияния микроэлементов на жизнедеятельность озимой пшеницы в засушливых условиях РФ // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2024. Т. 16, № 1. С. 211–228. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-1-729.
19. Иванов Д. И., Иванова Н. Н., Прокина Л. Н., Рожнова Я. А. Влияние сорта и обработки микроудобрительными препаратами на качество клейковины яровой пшеницы // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 86-5. С. 140–142. DOI: 10.18411/trnio-06-2022-233.
20. Иванов Д. И., Иванова Н. Н., Прокина Л. Н. Урожайность и посевные качества яровой пшеницы в зависимости от сорта и внекорневой обработки марганцем, медью и молибденом // Аграрный вестник Верхневолжья. 2021. № 3 (36). С. 22–29.
21. Вильдфлуш И. Р., Мишура О. И. Влияние форм микроудобрений на урожайность и качество озимой пшеницы, ячменя и гороха на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4. С. 20–24.
22. Сафин Р. И., Низамов Р. М., Миннуллин Г. С., Вафин И. Х. Влияние некорневых подкормок различными жидкими удобрениями на развитие болезней и продуктивность озимой пшеницы // Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 2 (46). С. 42–48.
23. Лазарев В. И., Минченко Ж. Н., Башкатов А. Я. Агроэкологическое обоснование применения микроэлементных удобрений при возделывании яровой пшеницы // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 3. С. 154–160. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-3-154-160.
24. Пигорев И. Я., Иванова Е. М., Шитиков Н. В., Кудинов В. А., Гордеев А. Ю. Агробиологическая оценка комплексного применения макро и микроудобрений при интенсивной технологии возделывания озимой пшеницы на черноземе типичном лесостепи России // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 5. С. 38–45.
25. Семенюк О. В., Галушко А. Н. Влияние жидкого органоминерального удобрения Контролфит Си на продуктивность озимой пшеницы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 5 (85). С. 47–52. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-85-5-47-52.
26. Новикова А. А., Подласова Е. Ю., Глущенко Н. Н. Влияние предпосевной обработки семян микроэлементами в ультрадисперсной форме на качество зерна *Triticum durum* Desf L. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2025. Т. 1, № 79. С. 137–145. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-14.

Об авторах:

Сергей Алексеевич Фокин, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии, почвоведения и агрохимии, Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия; ORCID 0000-0002-3882-4211, AuthorID 707135. E-mail: fok.s.a@mail.ru

Виктор Владимирович Епифанцев, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской части, Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия; ORCID 0000-0002-7047-0134, AuthorID 705181. *E-mail: viktor.iepifantsiev.59@mail.ru*
Александра Андреевна Артеменко, преподаватель Агротехнологического колледжа, Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия; ORCID 0009-0004-5793-7520, AuthorID 1347558. *E-mail: asya.osad@mail.ru*

References

1. Goman N. V., Bobrenko I. A., Popova V. V., Gaydar A. A. Yield and nutrition consumption of spring wheat when applying microfertilizers. *Agrochemical Herald*. 2022; 6: 32–37. DOI: 10.24412/1029-2551-2022-6-006. (In Russ.)
2. Timofeev V. N. Efficiency of macro- and micronutrients in spring wheat protection system. *Bio Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference "Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture" (FSRAABA 2021)*. Tyumen, 2021. Article number 04004. DOI: 10.1051/bioconf/20213604004.
3. Bogomazov S. V., Lyadeburgskaya A. V., Levin A. A., Tkachuk O. A., Efremova E. V. Yield and quality of winter wheat grain depending on humic fertilizer "Gumostim" and forecrops. *Volga Region Farmland*. 2020; 3 (56): 44–49. DOI: 10.36461/NP.2020.56.3.013. (In Russ.)
4. Mimonov R. V., Shapovalov V. F., Smolskiy E. V., Nechaev M. M., Dyachenko V. V. Influence of fertilizers on quality indicators of winter wheat grain. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2020; 8: 6–12. (In Russ.)
5. Klykov A. G., Timoshinova O. A., Bogdan P. M., Konovalova I. V., Timoshinov R. V. Formation of productive and quality of spring soft wheat in monsoon climate condition. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2020; 1: 46–48. DOI: 10.30850/vrsn/2020/1/46-48. (In Russ.)
6. Nikiforov V. M., Nikiforov M. I., Mameev V. V. Yield and grain quality of spring wheat varieties in the Bryansk region *Bulletin of Bryansk State Agricultural Academy*. 2020; 1 (77): 7–12. (In Russ.)
7. Khanikaev B. R., Dzanganov S. Kh., Lazarov T. K. Winter wheat grain yield and quality depending on the fertilization system. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2020; 57 (4): 8–14. (In Russ.)
8. Fokin S. A., Semenova E. A., Krylova N. P. Soil agrochemical properties and spring wheat productivity depending on the fertilizers application methods. *Bulletin of KSAU*. 2021; 9 (174): 30–37. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-9-30-37. (In Russ.)
9. Novikova A. A. Influence of leaf feeding with trace elements on the quality of spring hard wheat grain. *Challenges and innovative solutions in agricultural science: Proceedings of the XXVIII International Scientific and Production Conference. In 4 volumes*. 2024; 3: 94–95. (In Russ.)
10. Bityutskiy N. P. *Plant mineral nutrition*. Saint Petersburg: Izd-vo S.-Peterb. un-ta. 2020. 540 p. (In Russ.)
11. Mozharova I. P. Yield and quality of winter wheat grain depending on the application of fertilizers based on a complex of trace elements with amino acids. *Plodorodie*. 2021; 5 (122): 49–52. DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.12. (In Russ.)
12. Bobrenko I. A., Goman N. V., Kormin V. P., et al. The efficiency of the use of biological products in cultivation of spring wheat in Western Siberia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 1043 (1): 012046. DOI: 10.1088/1755-1315/1043/1/012046.
13. Abduazimov A. M., Vafoeva M. B. Improvement of quality indicators of winter wheat grain due to leaf dressing. *Science News from Kazakhstan*. 2024; 4 (163): 16–29. DOI: 10.53939/1560-5655_2024_4_16.
14. Goman N. V., Popova V. V., Bobrenko I. A., Gaydar A. A. Influence of pre-sowing treatment of seeds with zinc and copper chelates on yield and grain quality of spring wheat cultivated in the forest-steppe of Western Siberia. *Vestnik of Omsk SAU*. 2019; 4 (36): 6–12. (In Russ.)
15. Goman N. V., Bobrenko I. A., Popova V. V., et al. Economic efficiency of the use of microelement chelates in cultivation of spring wheat on quasigleyic black soil. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Article number 012066. DOI: 10.1088/1755-1315/659/1/012066.
16. Seregina I. I., Nilovskaya N. T. Regulation of yield of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) when growing in conditions of moisture deficiency in the soil by using molybdenum, depending on the level of nitrogen nutrition. *Agrochemistry*. 2021; 4: 70–78. DOI: 10.31857/S0002188121040141. (In Russ.)
17. Vafin I. Kh., Safin R. I., Minikaev R. V. Features of the influence of leaf feeding with liquid fertilizers on mineral nutrition, productivity and quality of winter wheat seeds. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2023; 18 (2): 13–18. DOI: 10.12737/2073-0462-2023-13-18. (In Russ.)
18. Solonkin A. V., Guzenko A. Yu., Guzenko A. V., Semenchko E. V. Conducting scientific research on the influence of trace elements on the vital activity of winter wheat in arid conditions of the Russian Federation.

Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2024; 16 (1): 211–228. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-1-729. (In Russ.)

19. Ivanov D. I., Ivanova N. N., Prokina L. N., Rozhnova Ya. A. Influence of sorting and processing of microbiological preparations on the quality of spring wheat adhesion. *Trends in the Development of Science and Education*. 2022; 86-5: 140–142. DOI: 10.18411/trnio-06-2022-233. (In Russ.)

20. Ivanov D. I., Ivanova N. N., Prokina L. N. Yield and sowing qualities of spring wheat depending on variety and foliar treatment with manganese, copper and molybdenum. *Agrarian Journal of Upper Volga Region*. 2021; 3 (36): 22–29. (In Russ.)

21. Wildflush I. R., Mishura O. I. Influence of microfertilizer forms on the yield and quality of winter wheat, barley and peas on sod-podzolic light loamy soil. *Bulletin of the Belarusian state agricultural academy*. 2023; 4: 20–24.

22. Safin R. I., Nizamov R. M., Minnullin G. S., Vafin I. Kh. Influence of foliage application with various liquid fertilizers on disease development and productivity of winter wheat. *Vestnik Kurganskoj GSHA*. 2023; 2 (46): 42–48. (In Russ.)

23. Lazarev V. I., Minchenko J. N., Bashkatov A. Ya. Agroecological justification for the use of complex micronutrient-enriched fertilizers in the cultivation of spring soft wheat *Theoretical and Applied Ecology*. 2020; 3: 154–160. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-3-154-160. (In Russ.)

24. Pigorev I. Ya., Ivanova E. M., Shitikov N. V., Kudinov V. A., Gordeev A. Yu. Agrobiological assessment of the complex application of macro and micro fertilizers in intensive technology of winter wheat cultivation on chernozem typical of the forest steppe of Russia. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2021; 5: 38–45. (In Russ.)

25. Semenyuk O. V., Galushko A. N. Effect of liquid organomineral fertilizer Controlfit Cu on productivity of winter wheat/ *Bulletin of the Orenburg state agrarian university*. 2020; 5 (85): 47–52. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-85-5-47-52. (In Russ.)

26. Novikova A. A., Podlasova E. Yu., Glushchenko N. N. The effect of pre-sowing seed treatment with trace elements in ultrafine form on the grain quality of Triticum Durum Desf L. *Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*. 2025; 1 (79): 137–145. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-14. (In Russ.).

Authors' information:

Sergey A. Fokin, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of ecology, soil science and agrochemistry, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia; ORCID 0000-0002-3882-4211, AuthorID 707135. E-mail: fok.s.a@mail.ru

Viktor V. Epifantsev, doctor of agricultural sciences, leading researcher of the research unit, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia; ORCID 0000-0002-7047-0134, AuthorID 705181. E-mail: viktor.iepifantsiev.59

Aleksandra A. Artemenko, teacher of the Agrotechnological college, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia; ORCID 0009-0004-5793-7520, AuthorID 1347558. E-mail: asya.osad@mail.ru