

Научная статья/Research Article

УДК 633:631.81.095.337:631.816

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-2-40-48

Наталья Александровна Кодочилова<sup>1✉</sup>, Татьяна Сергеевна Бузынина<sup>2</sup>,  
Владимир Викторович Семенов<sup>3</sup>, Борис Иванович Петров<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Нижегородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Федерального аграрного научного центра Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого, с.п. Селекционной станции, Кстовский р-н, Нижегородская область, Россия

<sup>3,4</sup>Институт металлоорганической химии им. Г.А. Разуваева Российской академии наук, Нижний Новгород, Россия

<sup>1</sup>korchenkina.natalia@yandex.ru

## ВЛИЯНИЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ И ХЕЛАТНЫХ ФОРМ ЦИНК- И МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ<sup>5</sup>

*В статье представлены результаты экспериментов по оценке эффективности применения хелатов цинка и меди с оксиэтилендифосфоновой кислотой на фоне сравнения их с традиционными (сульфатными) формами микроэлементов при возделывании мягкой озимой (сорт Московская 56) и яровой пшеницы (сорт Злата). В полевых опытах, проводимых в 2018–2020 гг. на территории Нижегородской области, применялись хелаты цинка и меди в дозе действующего вещества 100 г/га. Установлено, что хелатная форма цинка способствовала увеличению урожая зерна озимой пшеницы на 0,37 т/га (3,13 т/га на контрольном варианте). На яровой пшенице наибольший выход зерна отмечен при использовании сульфатной формы цинка (2,13 т/га зерна), что превысило контрольное значение на 1,01 т/га. Лучшим по массе 1000 зерен (58,65 г) на озимой пшенице был вариант с сульфатом цинка, где зафиксировано максимальное значение данного показателя (54,56 г). На массу 1000 семян яровой пшеницы положительное влияние оказали оба микроэлемента: вариация составила от 41,80–42,70 г на фоне медьсодержащих удобрений до 42,40–44,97 г на фоне цинковых форм удобрений, при этом доказано, что хелаты проявили себя наилучшим образом по сравнению с контролем (39,13 г). Максимальным содержанием сырой клейковины характеризовалось зерно озимой (21,0 %) и яровой (24,7 %) пшеницы на варианте с некорневой подкормкой сульфатом цинка, где прибавка к контролю составила 3,2 и 3,5 % соответственно. Индекс деформации клейковины варьировал от 52 ед. на яровой пшенице до 80 ед. на озимой пшенице, что характеризовало ее как хорошую и удовлетворительно слабую соответственно. При использовании сульфатной формы цинка отмечена тенденция к повышению концентрации сырого (11,87 %) и переваримого (9,50 %) протеина в зерне озимой пшеницы. Хелатная форма цинка показала близкие значения, но все же уступала варианту с сульфатом металла. На яровой пшенице лучшим по содержанию сырого (10,61 %) и переваримого (8,49 %) протеина был вариант с использованием сульфата цинка, обеспечивший прибавку к контролю в 0,23 и 0,18 % соответственно.*

**Ключевые слова:** микроэлементы, медь, цинк, хелаты, озимая пшеница, яровая пшеница, урожайность, клейковина, протеин

**Для цитирования:** Влияние неорганических и хелатных форм цинк- и медьсодержащих удобрений на продуктивность и качественные характеристики зерна пшеницы / Н.А. Кодочилова [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 2. С. 40–48. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-2-40-48.

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (тема FNWE-2022-0005).

Natalia Alexandrovna Kodochilova<sup>1✉</sup>, Tatyana Sergeevna Buzynina<sup>2</sup>,  
Vladimir Viktorovich Semenov<sup>3</sup>, Boris Ivanovich Petrov<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Nizhny Novgorod Research Institute of Agriculture – branch of the Federal Agrarian Research Center of the North-East named after N.V. Rudnitsky, s.p. Breeding station, Kstovsky District, Nizhny Novgorod Region, Russia

<sup>3,4</sup>Institute of Organometallic Chemistry named after G.A. Razuvaev of the Russian Academy of Sciences, Nizhny Novgorod, Russia

<sup>1</sup>korchenkina.natalia@yandex.ru

## EFFECT OF INORGANIC AND CHELATE FORMS OF ZINC- AND COPPER-CONTAINING FERTILIZERS ON WHEAT GRAIN PRODUCTIVITY AND QUALITY CHARACTERISTICS

*The paper presents the results of experiments on evaluating the effectiveness of the use of zinc and copper chelates with oxyethylenediphosphonic acid against the background of their comparison with traditional (sulfate) forms of microelements in the cultivation of soft winter (Moskovskaya 56 variety) and spring wheat (Zlata variety). In field experiments conducted in 2018–2020 on the territory of the Nizhny Novgorod Region, zinc and copper chelates were used at an active ingredient dose of 100 g/ha. It was found that the chelate form of zinc contributed to an increase in the yield of winter wheat grain by 0.37 t/ha (3.13 t/ha in the control variant). On spring wheat, the highest grain yield was noted when using the sulfate form of zinc (2.13 t/ha of grain), which exceeded the control value by 1.01 t/ha. The best in terms of weight of 1000 grains (58.65 g) on winter wheat was the variant with zinc sulfate, where the maximum value of this indicator (54.56 g) was recorded. Both trace elements had a positive effect on the mass of 1000 seeds of spring wheat: the variation ranged from 41.80–42.70 g against the background of copper-containing fertilizers to 42.40–44.97 g against the background of zinc forms of fertilizers, while it was proved that chelates showed themselves in the best way compared to the control (39.13 g). The maximum content of crude gluten was characterized by the grain of winter (21.0 %) and spring (24.7 %) wheat on the variant with foliar feeding with zinc sulfate, where the increase to the control was 3.2 and 3.5 %, respectively. The gluten deformation index ranged from 52 units on spring wheat up to 80 units on winter wheat, which characterized it as good and satisfactorily weak, respectively. When using the sulfate form of zinc, there was a tendency to increase the concentration of crude (11.87 %) and digestible (9.50 %) protein in winter wheat grain. The chelate form of zinc showed close values, but still yielded to the variant with metal sulfate. On spring wheat, the best in terms of the content of crude (10.61 %) and digestible (8.49 %) protein was the variant with the use of zinc sulfate, which provided an increase to the control of 0.23 and 0.18 %, respectively.*

**Keywords:** trace elements, copper, zinc, chelates, winter wheat, spring wheat, productivity, gluten, protein

**For citation:** Effect of inorganic and chelate forms of zinc- and copper-containing fertilizers on wheat grain productivity and quality characteristics / N.A. Kodochilova [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(2): 40–48. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-2-40-48.

**Acknowledgments:** the work has been supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State Assignment of the Federal State Budgetary Scientific Institution FARC of the North-East (subject FNWE-2022-0005).

**Введение.** Увеличение производства зерна пшеницы высокого качества является одной из важнейших задач, стоящих перед современным аграрным производством страны. Успешное ее решение неразрывно связано с научно обоснованным применением агрохимических средств в системах и технологиях, обеспечивающих их высокую агрономическую эффективность и агроэкологическую целесообразность.

При современной степени химизации земледелия и при дальнейшей его интенсификации наряду с применением органических и мине-

ральных удобрений, содержащих азот, фосфор и калий, требуется применение микроудобрений. Входя в состав многих физиологических соединений, микроэлементы участвуют в жизненно важных процессах растений, таких как синтез белков, жиров, углеводов, витаминов, способствуют повышению хлорофилла в листьях, ускоряют процесс фотосинтеза. Весомая роль микроэлементов заключается в повышении устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды и многим заболеваниям, вызванным как их недостатком, так и патогенами [1–4].

Традиционно микроудобрения используются в форме минеральных солей. Однако микроэлементы в данной форме не всегда усваиваются растениями в полной мере, поэтому необходимо искать новые, более результативные и эффективные формы микроэлементов [5]. Все большее внимание в настоящее время отводится сравнительно новым в применении формам микроэлементов – хелатам, которые входят в состав комплексных удобрений. Данная форма микроэлемента характеризуется большей усваивающей способностью благодаря тому, что в их состав входят органические соединения, которые легко доступны растениям. Кроме этого, комплексоны металлов обладают хорошей растворимостью в воде, что является ценным показателем для использования их в качестве микроудобрений для возделывания сельскохозяйственных культур [6].

**Цель исследования** – оценка влияния применения хелатных форм цинк- и медьсодержащих микроудобрений, разработанных Институтом металлорганической химии имени Г.А. Разуваева РАН, на продуктивность и качественные характеристики зерна озимой и яровой пшеницы по сравнению с сульфатными формами микроэлементов.

**Задачи:** изучить влияние различных форм микроэлементных препаратов на формирование элементов структуры урожая и урожайность озимой и яровой пшеницы; выявить влияние хелатных форм на качественные показатели зерна опытных культур.

**Объекты и методы.** Полевые опыты по оценке эффективности применения хелатных форм микроэлементов для некорневой подкормки растений были заложены на опытном

поле отдела земледелия и кормопроизводства Нижегородского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2018–2020 гг.

Объектами исследования являлись озимая пшеница сорт Московская 56 и яровая пшеница сорт Злата.

Почва опытного участка светло-серая лесная среднесуглинистая со следующей агрохимической характеристикой пахотного слоя: обменная кислотность – 5,8 ед. рН (близкая к нейтральной); гидролитическая кислотность – 1,10 мг-экв/100 г почвы; сумма обменных оснований – 15,40 мг-экв/100 г почвы; содержание подвижного фосфора – 162 мг/кг (высокое); подвижного калия – 123 мг/кг (повышенное); гумуса – 1,43 % (очень низкое).

В качестве микроэлементов для исследования были выбраны медь и цинк (традиционные формы – сульфаты металлов и хелатные – растворы комплексонов оксиэтилендифосфоновой кислоты – ОЭДФ). Повторность опытов четырехкратная, общая площадь делянки – 60 м<sup>2</sup>, учетная – 26,5 м<sup>2</sup>. Расположение вариантов в опыте – систематическое.

Минеральные удобрения под озимую пшеницу в 2018 г. вносились в почву общим фоном: осенью в виде диаммофоски (в дозе N<sub>20</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> кг/га д.в.), весной (2019 г.) – в виде аммиачной селитры в дозе 30 кг/га д.в. В 2020 г. перед посевом яровой пшеницы почву удобряли диаммофоской (в дозе N<sub>20</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> кг/га д.в.).

Микроудобрения применяли исходя из норм, рекомендуемых для данных культур. Некорневую подкормку растений проводили цинком – 100 г/га и медью – 50 г/га (табл. 1).

Таблица 1

**Общая краткая характеристика опытных вариантов с применением различных форм цинка и меди**

Вариант опыта	Содержание опытного варианта
1	2
Контроль (фон)	Внесение минерального удобрения – диаммофоски из расчета 200 кг физической массы на гектар. С данной дозой в почву поступило 20 кг д.в. азота и по 52 кг д.в/га – фосфора и калия
Фон + ZnSO <sub>4</sub>	Некорневую подкормку растений осуществляли с использованием 10,6 г сульфата цинка, в котором содержалось 25 мг элемента, что соответствует поступлению 100 г цинка на гектар с 200 л воды
Фон + ZnO в (ОЭДФ+МЭА)	Некорневую подкормку растений осуществляли с использованием 120 мл раствора Zn смеси с моноэтаноламином и оксиэтилендифосфоновой кислотой, содержащими 2400 мг элемента, что соответствует поступлению 100 г цинка на гектар с 200 л воды

1	2
Фон + CuSO <sub>4</sub>	Некорневую подкормку растений осуществляли с использованием 3 г сульфата меди, в котором содержалось 1200 мг элемента, что соответствует поступлению 50 г меди на гектар с 200 л воды
Фон + Cu (ОЭДФ)	Некорневую подкормку растений осуществляли с использованием 60 мл раствора Cu в ОЭДФ, содержащем 1200 мг элемента, что соответствует поступлению 50 г меди на гектар с 200 л воды

Норму высева семян пшеницы определяли из расчета потребности на гектар с последующим пересчетом на делянку. Также учитывалась всхожесть семян и энергия прорастания.

Опытное поле Нижегородского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока расположено в Кстовском районе Нижнего Новгорода в лесостепной зоне. По климатическим условиям Кстовский район относится к четвертому агроклиматическому району – умеренно теплому, влажному, который занимает значительную часть Правобережья. Погодно-климатические условия в годы проведения исследований различались как по величине среднемесячной температуры воздуха, так и по количеству осадков. В 2018–2019 гг. в осенне-зимний и весенний периоды развития озимой пшеницы сложились в целом благоприятные метеоусловия, с достаточным количеством осадков. Вегетационный сезон 2019 г. характеризовался практически оптимальными температурными условиями для данной культуры, с некоторым превышением суммы осадков в мае (1,5 нормы) и июле (на 20 % выше среднемноголетних значений). Развитие яровой пшеницы в 2020 г. проходило в температурных условиях выше нормативных значений. По сумме выпавших осадков май 2020 г. был на уровне среднемноголетних данных с небольшим превышением их (111 % к норме), июнь был сухим (78 % к норме), июль – очень влажный (212 % к норме), а август – сухой (89 % к норме).

Учет урожая зерновых культур проводили сплошным методом, поделочно, с пересчетом на 100 % чистоту и 14 % влажность. Показатели структуры урожая определяли по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989 г.), количество клейковины в зерне пшеницы – по ГОСТ Р 54478-2011, протеина – расчетным методом в соответствии

с ГОСТ Р ИСО 16634-1-2011 с использованием коэффициента пересчета, для зерновых культур равного 6,25. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по методике Б.А. Доспехова (1985 г.) с использованием компьютерной программы MS Excel.

**Результаты и их обсуждение.** Совершенствование технологии возделывания зерновых культур, способствующей повышению урожайности и качества продовольственного зерна, возможно на базе разработки новых хелатных форм микроудобрений, содержащих биологически значимые для растений элементы в доступной форме. Многочисленными исследованиями [7–10] подтверждается положительная роль хелатных форм микроудобрений в процессе оптимизации питания зерновых культур.

Результаты наших опытов свидетельствуют, что некорневая подкормка цинк- и медьсодержащими препаратами способствовала увеличению продуктивности опытных культур: все опытные варианты обеспечили получение прибавок урожая от 1,6 (подкормка озимой пшеницы медным купоросом) до 90,2 % (подкормка яровой пшеницы традиционной формой цинка) к контрольному варианту (табл. 2).

Анализируя данные, приведенные в таблице 2, можно сделать вывод, что использование для некорневой подкормки как минеральной, так и хелатной форм изучаемых микроудобрений способствовало увеличению урожайности зерна озимой пшеницы. Если сравнивать формы применяемых препаратов между собой, следует отметить, что преимущество остается за вариантами, где для обработки растений применялись хелаты цинка и меди: по данному показателю они были эффективнее соответствующих вариантов с использованием традиционных форм на 2,8 и 11,5 % (оксиэтилендифосфонат меди и цинка соответственно).

## Урожайность и масса 1000 семян озимой пшеницы на фоне использования цинка и меди

Вариант опыта	Цинк				Медь			
	Урожайность, т/га	Отклонение от фона, т/га	Масса 1000 семян, г	Отклонение от фона, г	Урожайность, т/га	Отклонение от фона, т/га	Масса 1000 семян, г	Отклонение от фона, г
Озимая пшеница								
1. Контроль (фон)	3,13	-	54,56	-	3,13	-	54,56	-
2. Фон + ZnSO <sub>4</sub>	3,21	+0,08	58,65	4,09	3,18	+0,05	54,09	-0,47
3. Фон + ZnO в (ОЭДФ + МЭА)	3,50	+0,37	51,00	-3,56	3,22	+0,09	53,70	-0,86
НСР <sub>05</sub>	0,66		5,58		0,28		2,00	
Яровая пшеница								
1. Контроль (фон)	1,12	-	39,13	-	1,12	-	39,13	-
2. Фон + CuSO <sub>4</sub>	2,13	+1,01	44,97	5,84	1,97	+0,85	42,70	3,57
3. Фон + Cu (ОЭДФ)	1,75	+0,63	42,40	3,27	1,65	+0,53	41,80	2,67
НСР <sub>05</sub>	0,57		3,15		0,45		2,64	

Примечание: тр.ф. – традиционная форма; хел. ф. – хелатная форма.

Урожайность яровой пшеницы, полученная в опыте, была ниже средних значений данного показателя (согласно сортовым характеристикам), что во многом объясняется неблагоприятными погодными условиями. Сумма осадков, превышающая среднееголетние значения во второй половине вегетации культуры, и температурные условия выше нормативных значений осложнили ход роста и развития растений, что в последующем повлияло на формирование зерна и, как результат, – на урожайность. Однако даже в сложных погодно-климатических условиях вегетационного периода 2020 г. влияние некорневой подкормки яровой пшеницы в фазу кущения микроудобрениями прослеживается достаточно четко (табл. 2).

Так, использование цинксодержащих микроудобрений для некорневой подкормки яровой пшеницы позволило увеличить массу зерна на 56,3–90,2 % относительно фона. Следует отметить, что наиболее значимую роль в повышении урожайности культуры играл раствор сульфата цинка (традиционная форма микроэлемента), при использовании которого отмечена наи-

большая прибавка (+1,01 т/га к фону соответственно).

Анализируя влияние меди на урожайность яровой пшеницы, можно отметить, что использование купороса (традиционная форма микроэлемента) привело к существенному увеличению урожая – до 1,97 т/га, что на 0,85 т/га выше фонового варианта. При использовании хелатной формы меди для некорневой обработки культуры урожайность достигает 1,65 т/га, однако в данном случае разница между вариантами лежит в пределах ошибки опыта.

При оценке массы 1000 семян установлено, что при использовании цинксодержащих препаратов на озимой пшенице наибольшей эффективностью характеризовался вариант с традиционной формой металла: прибавка к контрольному варианту составила 7,5 %. На яровой пшенице тенденция к росту показателя обнаружилась на всех вариантах. При использовании для некорневой подкормки цинка вариация массы составила 8,4–14,9 %, меди – 6,8–9,1 %, с преимуществом сульфатных форм микрометаллов.

Оптимизация питания зерновых культуры хелатами микроэлементов не только повышает их продуктивность, но и способствует улучшению качественных показателей растительной продукции, что неоднократно отмечено многими учеными [2, 8, 9].

Наиболее важными технологическими показателями качества зерна озимой и яровой пше-

ницы являются содержание клейковины в зерне, а также индекс ее деформации, который показывает величину ее деформации под воздействием нагрузки определенной величины в течение заданного интервала времени. Процентное содержание клейковины в зерне и характеристика его качества приведены на рисунке 1.

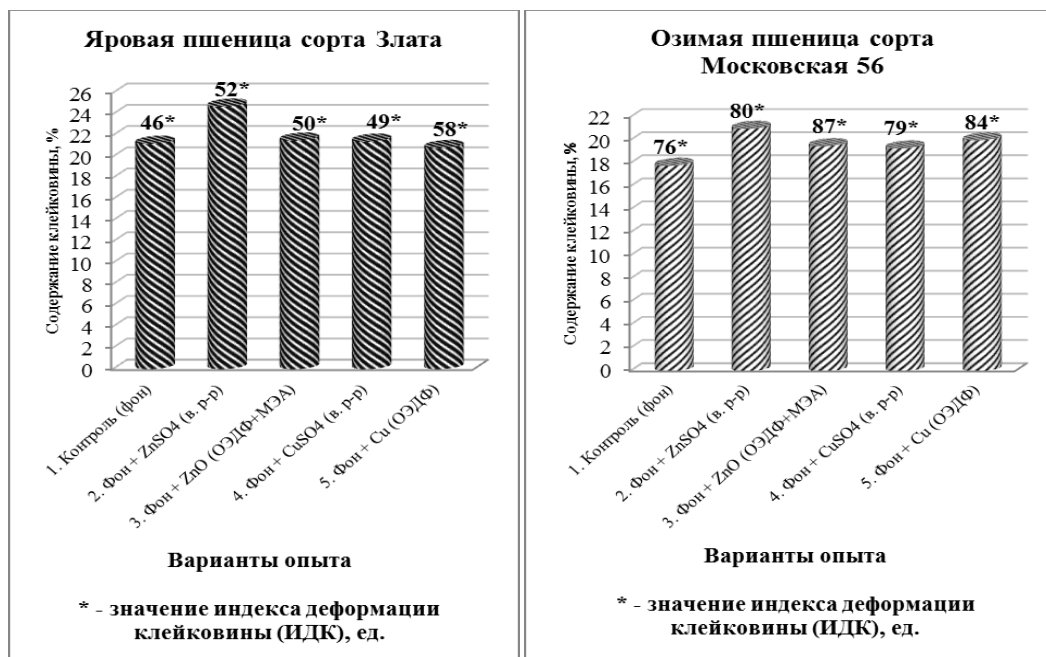


Рис. 1. Качество зерна озимой и яровой пшеницы и содержание клейковины в нем на фоне использования меди и цинка

Установлено, что при использовании цинка количество клейковины в зерне яровой пшеницы колеблется от 21,5 – хелатная форма микроэлемента (4-й класс качества зерна) до 24,7 % – традиционная форма (3-й класс), что на 0,3–3,5 % выше фонового аналога (21,2 %). На фоне применения медьсодержащих препаратов зерно соответствует 4-му классу качества (20,8–21,4 % содержания клейковины).

Оценивая ИДК в соответствии с требованиями ГОСТ 54478-2011, можно сказать, что к I группе качества (хорошая клейковина) относятся все опытные варианты с использованием микроэлементсодержащих препаратов. Вариация составляет от 49 до 58 ед. на вариантах с некорневой подкормкой медным купоросом и хелатом меди соответственно, что превышает контрольный вариант (46 ед.) в 1,06–1,26 раза.

При оценке данных по содержанию сырого (СП) и переваримого протеина (ПП) в зерне озимой (рис. 2) и яровой пшеницы (рис. 3) на соответствие нормативным требованиям видно,

что во всех вариантах опыта значение показателя ниже норматива (13,00 %). Наиболее близким к требуемому содержанию сырого протеина в зерне злаковых культур является вариант с подкормкой растений сульфатной формой цинка (11,87 %). Аналогично сырому протеину выросло и содержание переваримого (9,50 %). Данные значения на 0,53–0,66 % превысили контрольный вариант (8,97 и 11,21 %).

На фоне подкормки растений медьсодержащими препаратами показатель сырого протеина варьировал от 10,25 (медный купорос) до 11,09 % (хелат меди). Аналогично ему колебались результаты переваримого протеина (8,20–8,87 %).

На фоне использования цинксодержащих препаратов содержание сырого протеина в зерне яровой пшеницы не превышает 10,61 %, а переваримого – 8,49 % на варианте с традиционной формой микроэлемента, что на 0,23 и 0,18 % соответственно превышает фоновый вариант (рис. 3).

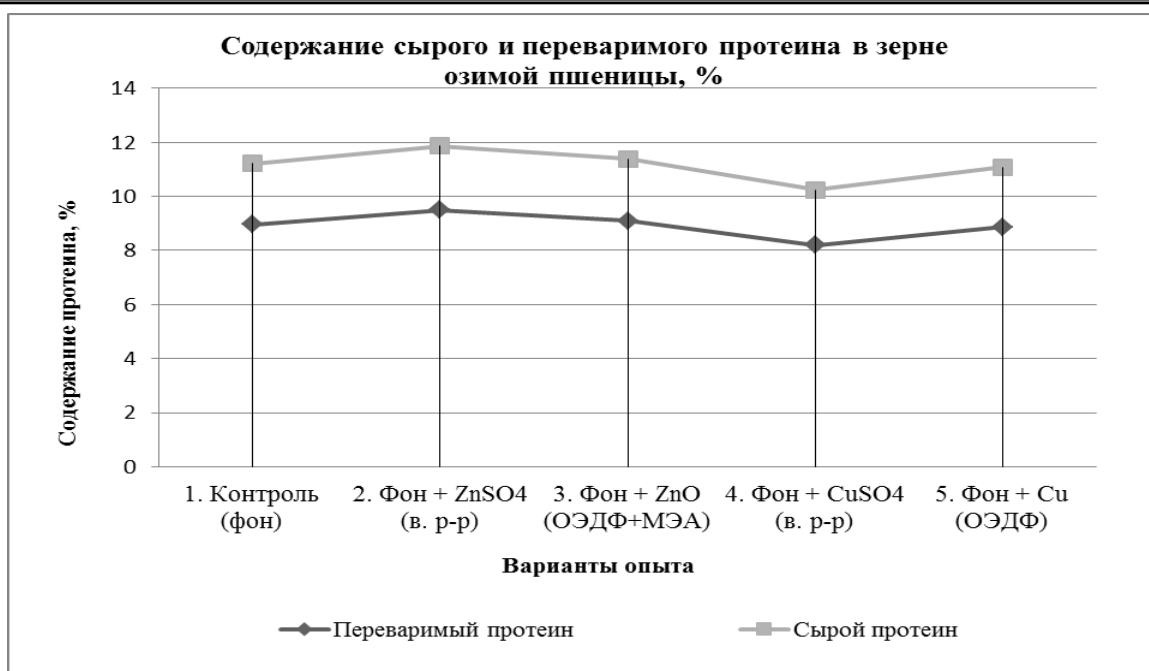


Рис. 2. Содержание сырого и переваримого протеина в зерне озимой пшеницы сорт Московская 56

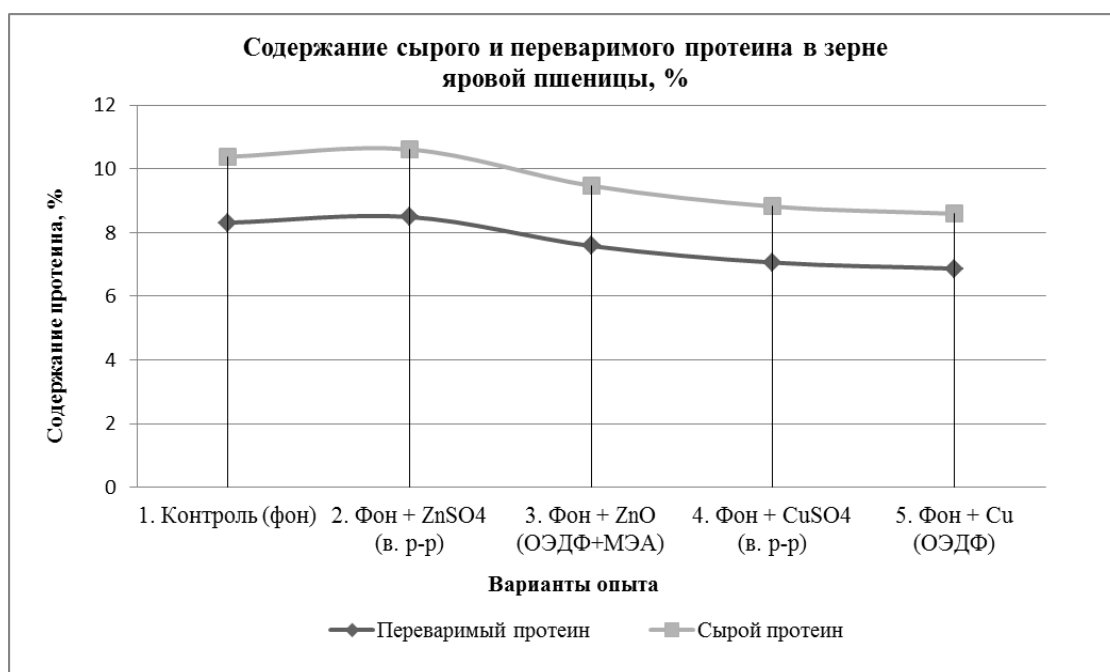


Рис. 3. Содержание сырого и переваримого протеина в зерне яровой пшеницы сорт Злата

Использование меди для некорневой подкормки растений также повлияло на питательную ценность зерна яровой пшеницы. При этом традиционная форма микроэлемента (8,82 % сырого и 7,16 % переваримого протеина) проявила себя лучше по сравнению с хелатной (8,59 % сырого протеина и 6,87 % переваримого), однако значения показателей оказались ниже, чем на фоновом варианте.

**Заключение.** На основании полученных результатов можно заключить, что применение микроудобрений для некорневой подкормки растений в условиях светло-серых лесных почв Нижегородской области положительно повлияло на урожайность и продовольственные качества зерновых культур. Наибольшая урожайность зерна озимой пшеницы (3,50 т/га) получена в варианте с некорневой подкормкой хелат-

ной формой цинка, превысившая контрольное значение на 0,37 т/га. На яровой пшенице выделилась традиционная форма цинковых микроудобрений, использование которой позволило сформировать урожай опытной культуры на 1,01 т/га выше, чем на контроле. Самыми высокими значениями массы 1000 семян отличалось зерно озимой пшеницы на фоне подкормки растений сульфатом цинка (58,65 г) и зерно яровой пшеницы на фоне сульфатных форм цинк- и медьсодержащих препаратов (42,70 и 44,97 г соответственно). Максимальное содержание сырой клейковины в зерне озимой (21,0 %) и яровой (24,7 %) пшеницы установлено в вариантах с использованием сульфата цинка, что превышает показатели контроля на 3,2 и 3,5 % соответственно. Наиболее высокими показателями сырого (СП) и переваримого протеина (ПП) отличалось зерно, полученное на фоне использования сульфатной формы цинка: прибавка к контролю составила 0,53–0,66 % (ПП и СП) в зерне озимой пшеницы и 0,18–0,23 % (ПП и СП) в зерне яровой пшеницы.

#### Список источников

1. Improving Competitiveness of the Wheat Production within the Siberian Region (in Terms of the Omsk region) / I.A. Bobrenko [et al.] // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2017; VIII; 2 (24); 426–436. DOI: 10.2991/assehr.k.200113.175.
2. Влияние некорневой подкормки хелатами микроэлементов на урожайность яровой пшеницы при возделывании на лугово-черноземной почве / В.В. Попова [et al.] // Вестник КрасГАУ. 2020. № 8. С. 57–64. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-8-57-64.
3. Гоман Н.В., Бобренко И.А., Попова В.В. Влияние микроудобрений на выживаемость растений и структуру урожая яровой пшеницы // Агрохимический вестник. 2021. № 5. С. 60–65. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-5-011.
4. Использование растворов борной кислоты в моноэтанолаmine, глицерине и этиленгликоле в качестве борсодержащих микроудобрений. Влияние некорневой обработки на урожайность и химический состав клевера лугового / Н.А. Кодочилова [и др.] // Международный сельскохозяйственный

- журнал. 2020. № 1 (373). С. 72–75. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-11017.
5. Кайнова А.Н. Микроудобрения с максимальной пользой // АгроФорум. 2019. № 8. С. 56–60.
6. Дятлова Н.М., Темкина В.Я., Попов К.И. Комплексоны и комплексонаты металлов. М.: Химия, 1988. 544 с.
7. Морфофункциональная характеристика и урожайность яровой пшеницы при некорневой обработке хелатными микроудобрениями / В.М. Пахомова [и др.] // Агрохимический вестник. 2009. № 5. С. 10–12.
8. Исайчев В.А., Андреев Н.Н., Мударисов Ф.А. Влияние регуляторов роста и хелатных микроудобрений на урожайность и показатели качества гороха и озимой пшеницы // Вестник Ульяновской ГСХА. 2012. № 1 (17). С. 12–16.
9. Гайсин И.А., Муртазин М.Г. Хелатные микроудобрения препараты (ЖУСС) на посевах яровой пшеницы // Агрохимический вестник. 2006. № 4. С. 2–4.
10. Микроудобрения на хелатной основе: опыт и перспективы использования / Е.Ю. Гейгер [и др.] // Агрохимический вестник. 2017. № 2. С. 29–32.

#### References

1. Improving Competitiveness of the Wheat Production within the Siberian Region (in Terms of the Omsk region) / I.A. Bobrenko [et al.] // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2017; VIII; 2 (24); 426–436. DOI: 10.2991/assehr.k.200113.175.
2. Vliyanie nekornevoj podkormki helatami mikro`elementov na urozhajnost' yarovoj pshenicy pri vozdelevanii na lugovochernozemnoj pochve / V.V. Popova [et al.] // Vestnik KrasGAU. 2020. № 8. S. 57–64. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-8-57-64.
3. Goman N.V., Bobrenko I.A., Popova V.V. Vliyanie mikroudobrenij na vyzhivaemost' rastenij i strukturu urozhaya yarovoj pshenicy // Agrohicheskij vestnik. 2021. № 5. S. 60–65. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-5-011.
4. Ispol'zovanie rastvorov bornoj kisloty v mono`etanolamine, glicerine i `etilenglikole v kachestve borsoderzhaschih mikroudobrenij. Vliyanie nekornevoj obrabotki na urozhajnost' i himicheskij sostav klevera lugovogo / N.A. Kodochilova [i dr.] // Mezhdunarodnyj sel'skoho-



- zyajstvennyj zhurnal. 2020. № 1 (373). S. 72–75. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-11017.
5. *Kajnova A.N.* Mikroudobreniya s maksipol'zoy // AgroForum. 2019. № 8. S. 56–60.
  6. *Dyatlova N.M., Temkina V.Ya., Popov K.I.* Kompleksony i kompleksonaty metallov. M.: Himiya, 1988. 544 s.
  7. Morfofunkcional'naya harakteristika i urozhajnost' yarovoj pshenicy pri nekornevoj obrabotke helatnymi mikroudobreniyami / *V.M. Pahomova* [i dr.] // Agrohimicheskij vestnik. 2009. № 5. S. 10–12.
  8. *Isajchev V.A., Andreev N.N., Mudarisov F.A.* Vliyanie regulyatorov rosta i helatnyh mikroudobrenij na urozhajnost' i pokazateli kachestva goroha i ozimoy pshenicy // Vestnik Ul'yanovskoj GSHA. 2012. № 1 (17). S. 12–16.
  9. *Gajsin I.A., Murtazin M.G.* Helatnye mikroudobreniya preparaty (ZhUSS) na posevah yarovoj pshenicy // Agrohimicheskij vestnik. 2006; № 4. S. 2–4.
  10. Mikroudobreniya na helatnoj osnove: opyt i perspektivy ispol'zovaniya / *E.Yu. Gejger* [i dr.] // Agrohimicheskij vestnik. 2017. № 2. S. 29–32.

Статья принята к публикации 09.11.2022 / The article accepted for publication 09.11.2022.

Информация об авторах:

**Наталья Александровна Кодочилова**<sup>1</sup>, заместитель директора по научной работе, кандидат биологических наук

**Татьяна Сергеевна Бузынина**<sup>2</sup>, младший научный сотрудник отдела земледелия и кормопроизводства

**Владимир Викторович Семенов**<sup>3</sup>, ведущий научный сотрудник группы термохимических исследований, доктор химических наук

**Борис Иванович Петров**<sup>4</sup>, ведущий научный сотрудник группы термохимических исследований, доктор технических наук

Information about the authors:

**Natalia Alexandrovna Kodochilova**<sup>1</sup>, Deputy Director for Research, Candidate of Biological Sciences

**Tatyana Sergeevna Buzynina**<sup>2</sup>, Junior Researcher, Department of Agriculture and Forage Production

**Vladimir Viktorovich Semenov**<sup>3</sup>, Leading Researcher of the Thermochemical Research Group, Doctor of Chemical Sciences

**Boris Ivanovich Petrov**<sup>4</sup>, Leading Researcher of the Thermochemical Research Group, Doctor of Technical Sciences

