

УДК 631.531.027.2:633.11«324»

UDC 631.531.027.2:633.11«324»

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)

4.1.3. Agrochemistry, agrosoil science, plant protection and quarantine (agricultural sciences)

**ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕДЬСОДЕРЖАЩЕГО УДОБРЕНИЯ ПРИ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ**

**EVALUATION OF THE IMPACT OF COPPER-CONTAINING FERTILIZER IN PRE-SOWING TREATMENT OF WINTER WHEAT SEEDS**

Шалапин Владимир Владимирович  
аспирант  
РИНЦ SPIN-код: 8559-8874  
shalyapin-v95@yandex.ru  
*Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия*

Shalyapin Vladimir Vladimirovich  
postgraduate student  
RSCI SPIN-code: 8559-8874  
shalyapin-v95@yandex.ru  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

Онищенко Людмила Михайловна  
доктор с.-х. н., профессор  
РИНЦ SPIN-код: 5640-8133  
dekanatxp@mail.ru  
*Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия*

Onishchenko Lyudmila Mikhailovna  
Dr.Sci.Agr., professor  
RSCI SPIN-code: 5640-8133  
dekanatxp@mail.ru  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

Тарасенко Татьяна Евгеньевна  
магистрант  
*Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия*

Tarasenko Tatiana Evgenevna  
postgraduate student  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

Полищук Анна Сергеевна  
магистрант  
*Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия*

Polishyk Anna Sergeevna  
postgraduate student  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

Изучено влияние сульфата меди на посевные качества семян пшеницы озимой. Растворы меди в концентрациях  $10^{-4}$  и  $10^{-5}$  и без протравителя повысили энергию прорастания на 4,0 и 6,7 % (абс.), лабораторную всхожесть – 2,7 и 4,0 % (абс.) и дружность прорастания семян на 2,1 и 2,4 шт./сут. Относительно контроля при этих концентрациях увеличивалась средняя высота проростков на 26,0 и 27,6 %, а средняя длина корешков на 15,4 и 29,7 %. На протравленных семенах в концентрации  $10^{-5}$  водного раствора меди показатели качества: энергия прорастания – 56,0 %, лабораторная всхожесть – 96,0 %, скорость прорастания – 3,4 сут. и дружность прорастания – 3,4 %

The effect of copper sulfate on the sowing qualities of winter wheat seeds has been studied. Copper solutions at concentrations of  $10^{-4}$  and  $10^{-5}$  and without a mordant increased germination energy by 4.0 and 6.7 % (abs.), laboratory germination – 2.7 and 4.0 % (abs.) and the germination rate of seeds by 2.1 and 2.4 pcs. / day. Relative to the control, the average height of the sprouts increased by 26.0 and 27.6 %, and the average root length increased by 15.4 and 29.7 %. On etched seeds in a concentration of  $10^{-5}$  aqueous copper solution, quality indicators are: germination energy - 56.0 %, laboratory germination – 96.0 %, germination rate – 3.4 days and germination rate – 3.4 %

Ключевые слова: МЕДЬ, КАЧЕСТВО СЕМЯН, ПШЕНИЦА ОЗИМАЯ, МИКРОЭЛЕМЕНТ, СЕМЕНА

Keywords: COPPER, SEED QUALITY, WINTER WHEAT, TRACE ELEMENT, SEEDS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-206-031>

Микроэлементы – незаменимые и необходимые элементы питания для всех сельскохозяйственных культур. Среди микроэлементов значи-

<http://ej.kubagro.ru/2025/02/pdf/31.pdf>

тельную роль в жизни растений играет медь. Низкое ее содержание в почве и/или слабая ее доступность выражается в нарушении физиологических процессов, что в конечном итоге приводит формированию низкой продуктивности агроценоза.

Выращивание высокоурожайных сортов с интенсивным применением азотных, фосфорных и калийных удобрений приводит к возникновению дефицита микроэлемента. Одной из важных стратегий в повышении урожайности зерна пшеницы озимой является сбалансированное минеральное питание за счет внесения удобрений в почву или проведения внекорневой подкормки. Однако восполнить дефицит меди в питании культуры не всегда просто с помощью медьсодержащих удобрений, ионы которой способны прочно удерживаться в обменном состоянии как на неорганических, так и на органических веществах и становится недоступным растениям. Другая причина – снижение подвижности элемента в почве с образованием нерастворимых соединений – карбонатов, гидрокарбонатов и фосфатов. Таким образом, устранение хлороза с дефицита меди в питании растений с помощью удобрений является дорогостоящим и отнимающим много времени мероприятием (Шеуджен А. Х., 2003; Шаляпин В. В., Онищенко Л. М., Репко Н. В., 2023).

Поглощение меди растениями осуществляется с участием белков из семейства *Recombinant Copper Transporter 1* и *Zinc Regulated Transporter/Iron Regulated Transporter* и связана с работой редуктазы, а в транспорте через плазмалемму участвуют белки *Recombinant Copper Transporter 1*. Транспорт микроэлемента в надземные органы растений осуществляется восходящим током воды по ксилеме. В органы растений (почки, молодые листья, плоды, семена) со слабой транспирацией элемент поступает по флоэме. Поэтому уровень накопления микроэлемента в зерне происходит в период их формирования на материнском растении. Содер-

жание элементов в зерне определяют почвенно-климатические условия (Битюцкий Н. П., 2020).

Распределение меди в зерне неоднородно. Средняя концентрация микроэлемента в зерновках пшеницы для меди составляет  $4,99 \pm 0,29$  мг/кг сухой массы. Основным запасующим органом многих минеральных элементов у культуры служит эндосперм, который занимает около 83 % объема всего зерна. Однако, хотя для пшеницы мягкой озимой толщина семенной оболочки зависит от сорта культуры и в среднем составляет 55 мкм. Она способна концентрировать до  $(1 \pm 0,5) \times 10$  мкг/г сухой массы меди (Битюцкий Н. П., 2020). Поэтому обеспеченность культуры в начале ее роста и развития доступной медью может способствовать повышению продуктивности пшеницы мягкой озимой.

Предпосевная обработка семян пшеницы мягкой озимой медью является экономически выгодным приемом по обеспеченности культуры необходимым элементом питания. Этот прием позволяет улучшить состояние растений на ранних стадиях их развития, повысить силу роста, обеспечить более равномерное прорастание, устойчивость к фитопатогенам, усилить конкурентноспособность к сорнякам и, в итоге увеличить урожайность и качество зерна, за счет получения более дружных всходов культуры.

*Цель исследований.* Выявить качество семян пшеницы озимой при их обработке водными растворами меди. Определить скорость, дружность и энергию прорастания семян, а также всхожесть (лабораторную).

*Методика исследований.* Опыт был проведен в научной лаборатории кафедры агрохимии с семенами пшеницы озимой сорта Безостая 100. Определение показателей качества осуществляли в соответствии ГОСТ 12038-84 – «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести».

Более подробно методика проведения опыта описана в ранее опубликованных статьях «Действие медного ...» (2022), «Влияние меди....», 2023.

Настоящая работа является продолжением научных исследований. Необходимо более точно установить действие меди на посевные качества пшеницы озимой. Зерно данной культуры было выращено на черноземе выщелоченном в условиях полевого опыта кафедры агрономической химии Кубанского ГАУ.

*Результаты опыта.* Выявлено разнонаправленное влияние предпосевной обработки различными концентрациями меди сульфата (водные растворы) на показатели качества семян пшеницы озимой, которые были непротравленные и протравленные (таблица 1, 2).

Таблица 1 – Число проросших протравленных семян пшеницы мягкой озимой за каждые сутки

Вариант	Концентрация	Повторность	Сутки							Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Скорость прорастания семян, сут	Дружность прорастания семян, шт/сут
			1	2	3	4	5	6	7				
Контроль	-	I	2	5	6	11	0	0	1	52	100	3,2	3,6
		II	1	6	6	7	2	0	1	52	92	3,3	3,3
		III	4	5	4	4	2	2	2	52	92	3,4	3,3
Cu	10 <sup>-2</sup>	I	4	7	1	4	8	0	0	48	96	3,2	4,8
		II	4	4	7	5	3	1	0	60	96	3,1	4,0
		III	1	1	10	6	3	0	0	48	84	3,4	4,2
	10 <sup>-3</sup>	I	4	4	5	5	5	0	2	52	100	3,4	3,6
		II	3	4	7	7	0	0	3	56	96	3,4	3,4
		III	2	5	5	3	3	0	4	48	88	3,7	3,1
	10 <sup>-4</sup>	I	6	6	1	6	0	2	4	52	100	3,4	3,6
		II	1	9	5	4	4	0	2	60	100	3,4	3,6
		III	2	4	7	2	2	2	2	52	84	3,6	3,0
	10 <sup>-5</sup>	I	5	3	3	4	4	0	4	44	92	3,7	3,3
		II	3	5	6	4	4	0	2	56	96	3,4	3,4
		III	2	7	8	4	2	0	2	68	100	3,2	3,6
	10 <sup>-6</sup>	I	11	2	0	3	3	0	6	52	100	3,4	3,6
		II	2	7	5	2	4	1	2	56	92	3,4	3,3
		III	0	1	11	1	8	0	1	48	88	3,9	3,7
	10 <sup>-7</sup>	I	6	3	3	8	0	0	4	48	96	3,4	3,4
		II	6	5	4	3	2	0	4	60	96	3,3	3,4
		III	4	1	7	2	3	2	2	48	84	3,6	3,0

Таблица 2 – Число проросших непротравленных семян пшеницы мягкой озимой за каждые сутки

Вариант	Концентрация	Повторность	Сутки							Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Скорость прорастания семян, сут	Дружность прорастания семян, шт/сут
			1	2	3	4	5	6	7				
Контроль	-	I	8	10	3	1	0	1	0	84	92	2,0	3,8
		II	8	6	5	1	1	1	1	76	92	2,5	3,3
		III	6	9	6	2	0	0	1	84	96	2,4	3,4
Cu	10 <sup>-2</sup>	I	11	5	5	2	0	0	0	84	92	1,9	5,8
		II	12	1	7	2	0	1	0	80	92	2,1	3,8
		III	12	0	9	3	1	0	0	84	100	2,2	5,0
	10 <sup>-3</sup>	I	14	4	4	1	0	0	0	88	92	1,7	5,8
		II	11	4	5	2	0	1	0	80	92	2,1	3,8
		III	12	0	9	4	0	0	0	84	100	2,2	6,3
	10 <sup>-4</sup>	I	3	8	11	1	0	0	0	88	92	2,4	5,8
		II	9	2	10	3	0	0	0	84	96	2,3	6,0
		III	8	4	9	3	1	0	0	84	100	2,4	5,0
	10 <sup>-5</sup>	I	11	3	10	0	0	0	0	96	96	2,0	8,0
		II	9	3	9	2	1	0	0	84	96	2,3	4,8
		III	8	4	9	3	1	0	0	84	100	2,4	5,0
	10 <sup>-6</sup>	I	10	2	10	1	0	0	0	88	92	2,1	5,8
		II	9	3	9	3	0	0	0	84	96	2,3	6,0
		III	8	4	9	2	0	1	0	84	96	2,4	4,0
	10 <sup>-7</sup>	I	9	3	9	1	1	0	0	84	92	2,2	4,6
		II	5	7	9	2	0	0	1	84	96	2,5	3,4
		III	5	8	8	1	1	0	0	84	92	2,3	4,6

Учет проросших семян показал влияние на показатели качества на всех вариантах опыта различных концентраций водных растворов меди сульфата. Однако следует заметить более четкое действие микроэлемента на непротрав-

ленных семенах культуры по отношению к семенам обработанных инсекто-фунгицидным протравителем (рисунок 1, 2).

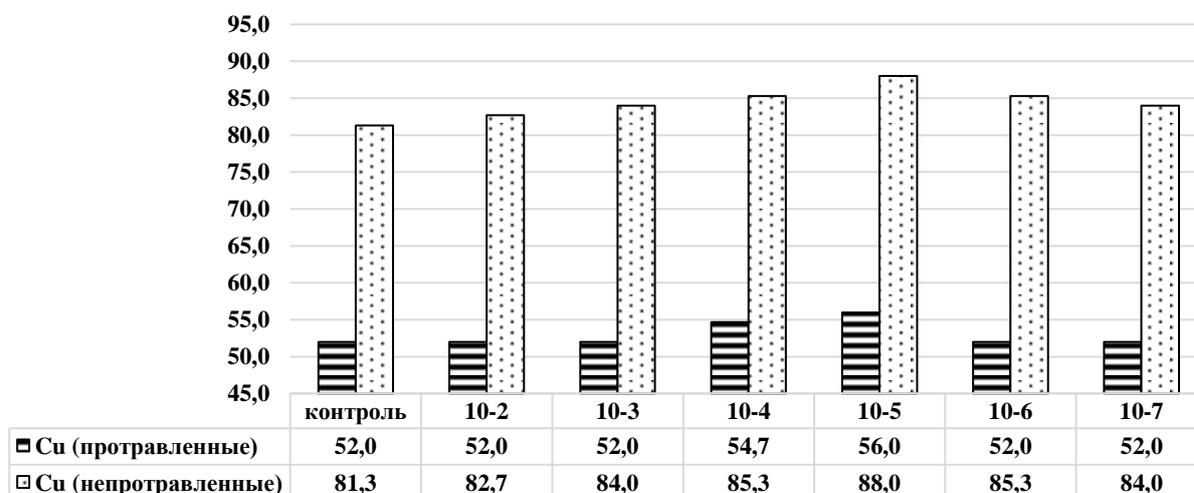


Рисунок 1 – Влияние водных растворов меди на энергию прорастания семян,  
%

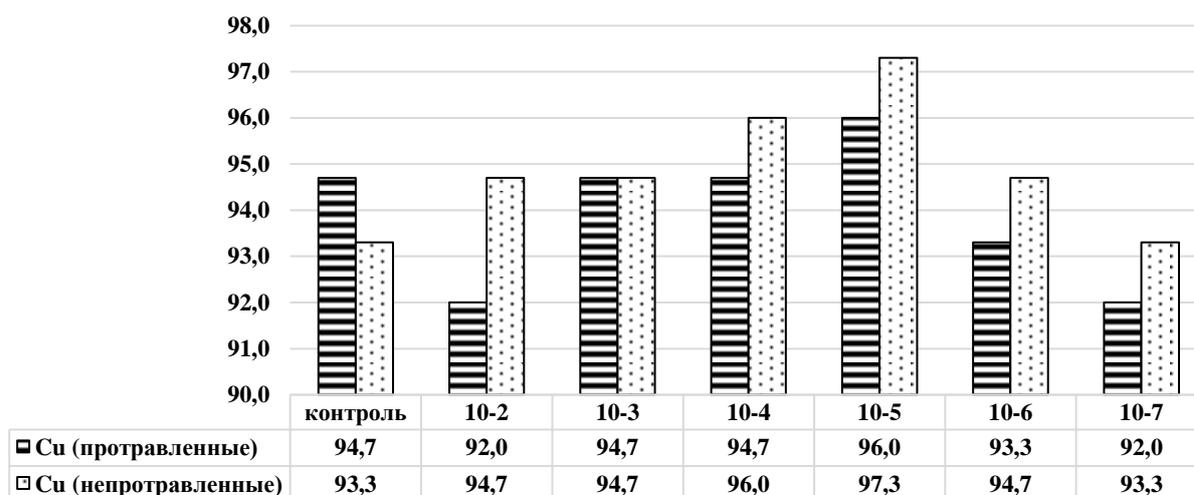


Рисунок 2 – Влияние водных растворов меди на лабораторную всхожесть семян,  
%

В опыте установлено, что на контроле без протравителя посевные качества были равны: скорость, дружность и энергия прорастания – 2,3 сут., 3,5 шт./сут., 81,3 % при высокой лабораторной всхожести 93,3 % соответственно. Показатели качества семян под воздействием водных растворов меди сульфата (в концентрации  $10^{-2}$  и  $10^{-7}$ ) изменялись разнонаправлено.

Скорость прорастания семян значительно ухудшились относительно концентраций  $10^{-3}$  и  $10^{-6}$  (рисунок 3, 4).

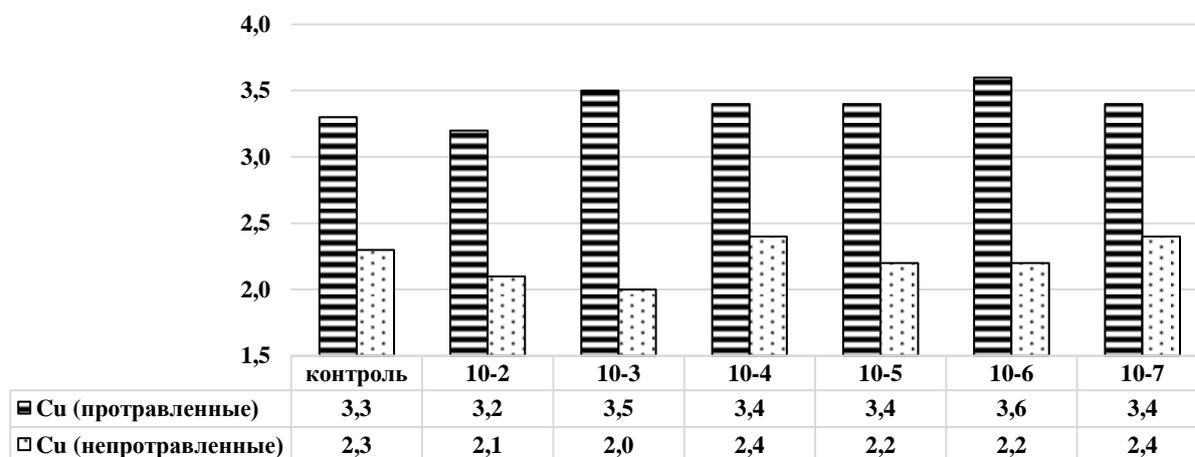


Рисунок 3 – Влияние водных растворов меди на скорость прорастания семян, сут.

Установлено повышение посевных качеств семян пшеницы озимой без применения протравителя от высоких к низким концентрациям микроэлемента ( $10^{-2}$ - $10^{-3}$  и  $10^{-6}$ - $10^{-7}$ ). На этих вариантах зафиксированы увеличения энергии прорастания (1,4-2,7 и 4,0-2,7 % абс.), лабораторной всхожести (1,4 и 1,4-0,1 % абс.) и дружности прорастания (40,0-51,4 и 51,4-20,0 % отн.).

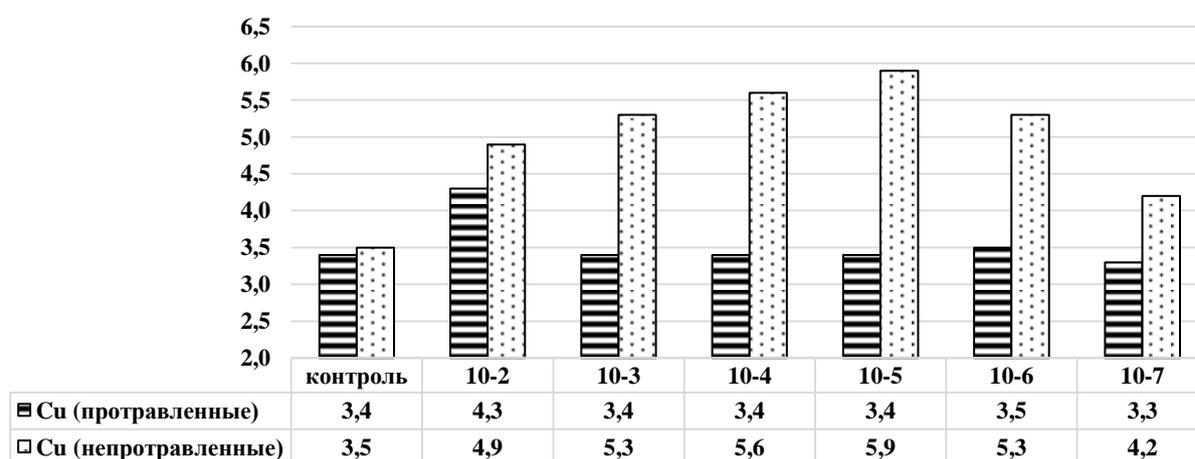


Рисунок 4 – Влияние растворов меди на дружность прорастания семян, шт./сут.

Водные растворы меди сульфата в концентрациях  $10^{-4}$  и  $10^{-5}$  при обработке семян обеспечили высокую скорость и дружность прорастания

семян пшеницы мягкой озимой – 2,4; 2,2 сут. и 5,6; 5,9 шт./сут., а также энергию прорастания – 85,3 и 88,0 % на фоне хорошей лабораторной всхожести – 96,0 и 97,3 %.

Средняя длина проростков и корешков культуры представлены в таблице 3. По полученным результатам целесообразно отметить, что наблюдаемая тенденция происходит и у семян без протравителя.

Таблица 3 – Длина проростков и корешков пшеницы мягкой озимой, см

Концентрация Cu	Наличие протравителя	Средняя длина проростков, см	Средняя длина корешков, см
Контроль	+	11,9	10,0
10 <sup>-2</sup>		11,0	9,0
10 <sup>-3</sup>		11,6	9,3
10 <sup>-4</sup>		15,0	10,8
10 <sup>-5</sup>		15,3	11,3
10 <sup>-6</sup>		14,4	10,5
10 <sup>-7</sup>		11,9	10,0
Контроль	–	12,3	9,1
10 <sup>-2</sup>		12,8	8,9
10 <sup>-3</sup>		14,1	10,0
10 <sup>-4</sup>		15,5	10,5
10 <sup>-5</sup>		15,7	11,8
10 <sup>-6</sup>		14,0	10,5
10 <sup>-7</sup>		11,3	10,8

Оценка действия меди сульфата (CuSO<sub>4</sub>) на показатели качества положительна при применении концентраций 10<sup>-4</sup> и 10<sup>-5</sup>. При этих концентрациях относительно контрольного варианта повысились средние значения длин проростков – 3,1 и 3,4 см (или 26,1 и 28,6 %) и корешков – 0,8 и 1,3 см (или 8,0 и 13,0 %).

На протравленных семенах пшеницы озимой действие водных растворов в различных концентрациях меди сульфата несколько отличается от непротравленных. Высокие концентрации микроэлемента показали тенденцию снижения лабораторной всхожести семян культуры: наблюдается отрицательное влияние меди сульфата (водный раствор с концентрацией  $10^{-2}$ ) на лабораторную всхожесть (снижение 2,9 % отн.). Энергия и скорость прорастания семян практически были равнозначны с контролем – 52,0 % и 3,2 сут. соответственно. Положительное влияние предпосевной обработки водным раствором меди сульфата определено на концентрациях  $10^{-4}$  и  $10^{-5}$ . Значения посевных качеств семян пшеницы озимой достоверны при использовании микроэлемента в концентрации  $10^{-5}$  водного раствора: скорость, дружность и энергия прорастания – 3,4 сут., 3,4 шт./сут., 56,0 % при лабораторной всхожести – 96,0 %,.

Протравленные и обработанные медью сульфатом семена сохранили направленность и закономерность влияния предпосевной обработки непротравленных семян при проращивании. Наибольшие концентрации меди оказывали ингибирующее влияние на средние значения длины корешка пророста 9,0-9,3 см. На контрольном варианте длина корешка была равна 10,0 см. Среднее значение длины проростка пшеницы озимой при предпосевной обработке семян медью сульфатом (концентрация  $10^{-2}$  и  $10^{-3}$ ) 11,0 и 11,6 см при очень близком значении показателя на контрольном варианте – 11,9 см.

*Заключение.* В условиях лабораторного опыта установлена воспроизводимость результатов ранее проведенных исследований по выявлению как ингибирующего, так и стимулирующего воздействия водных растворов меди различной концентрации на показатели качества семян пшеницы озимой при проведении предпосевной их обработки. Влияние положительно на непротравленных семенах пшеницы озимой в концентрации  $10^{-4}$  и  $10^{-5}$  водных растворов меди сульфата ( $\text{CuSO}_4$ ) на качество семян: скорость,

дружность и энергия прорастания – 2,4; 2,2 сут., 5,6; 5,9 шт./сут. и 85,3 и 88,0 %, всхожесть (лабораторная) – 96,0 и 97,3 %. При этих концентрациях относительно контроля увеличивалась средние длины проростков 3,1 и 3,4 см (или 26,1 и 28,6 %) и корешков – 0,8 и 1,3 см (или 8,0 и 13,0 %). Максимально достоверные значения показателей посевных качеств на протравленных семенах пшеницы озимой при концентрации  $10^{-5}$  водного раствора меди: скорость, дружность и энергия прорастания – 3,4 сут., 3,4 шт./сут. и 56,0 % соответственно. Лабораторная всхожесть семян довольно высокая – 96,0 %.

### Литература

1. Битюцкий, Н. П. Микроэлементы высших растений / Н. П. Битюцкий. – 2-е изд. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та. – 2020. – 368 с.
2. Шаляпин, В. В. Влияние меди и кобальта на посевные качества семян пшеницы мягкой озимой / В. В. Шаляпин, Л. М. Онищенко, Н. В. Репко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – № 190 (06). – 2023. – С. 137-147.
3. Шеуджен, А. Х. Биогеохимия. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея». – 2003. – 1028 с.

### References

1. Bitjuckij, N. P. Mikrojelementy vysshih rastenij / N. P. Bitjuckij. – 2-e izd. – SPB.: Izd-vo S.-Peterb. un-ta. – 2020. – 368 s.
2. Shaljapin, V. V. Vlijanie medi i kobal'ta na posevnye kachestva semjan pshenicy mjagkoj ozimoj / V. V. Shaljapin, L. M. Onishhenko, N. V. Repko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – № 190 (06). – 2023. – S. 137-147.
3. Sheudzhen, A. H. Biogeohimija. Majkop: GURIPP «Adygeja». – 2003. – 1028 s.