

почвы, климатических особенностей вегетационного сезона, сорта сельскохозяйственной культуры. Суммируя вышеизложенное можно заключить, что проводимые исследования по созданию комплексных биоудобрений способствуют решению приоритетной задачи агроэкологии, а именно производству экологически безопасной сельскохозяйственной продукции.

#### Литература

1. Воронаев В.Н., Ханина О.Ю., Мирошниченко С.А. и др. О необходимости использования фосфоритной муки, тонине ее размола и грануляции // Экология ЦЧО РФ. – 2016. – №1 (35). – С. 10-14.
2. Глязнецова Ю.С. Вопросы экологического мониторинга и реабилитации нефтезагрязненных почв арктической зоны Якутии // Арктика и Север. – 2012. – № 5 (январь). – С. 1-12.
3. Григорьян Б.Р., Грачев А.Н., Кулагина В.И. и др. Влияние биоугля на рост растений, микробиологические и физико-химические показатели малогумусированной почвы в условиях вегетационного опыта // Вестник технологического университета. – 2016. – Т.19. – №11. – С. 185-189.
4. Дегтярева И.А., Ежкова А.М., Яппаров А.Х. и др. Получение наноразмерного бентонита и изучение его влияния на мутагенез у бактерий *Salmonella typhimurium* // Российские нанотехнологии. – 2016. – Т.11. – № 9-10. – С. 116-122.
5. Дегтярева И.А., Бабынин Э.В., Мотина Т.Ю. и др. Оценка мутагенных и антимутагенных свойств наноструктурного фосфорита – компонента комплексного удобрения // Агрохимический вестник. – 2019. – № 1. – С. 41-45.
6. Донец Е.В. Влияние нефтяного загрязнения на эколого-биологические особенности облиеши крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) в условиях вегетационного опыта // Омский научный вестник. – 2015. – №2(144). – С.256-258.

7. Ежков В.О., Яппаров А.Х., Нефедьев Е.С. Наноструктурные минералы: получение, химический и минеральный составы, структура и физико-химические свойства // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 11. – С. 41-45.
8. Желтобрюхов В.Ф., Колодницкая Н.В. Сравнительный анализ препаратов, предназначенных для восстановления нефтезагрязненных земель // Астраханский вестник экологического образования. – 2015. – № 1 (31). – С.185-187.
9. Игнатова Т.Д., Халиуллина Э.Р., Костин В.И. Применение природных ремедиантов для восстановления нефтезагрязненных почв // Вестник РАЕН Российской академии наук. – 2014. – Т.14. – № 6. – С. 58-61.
10. Ильин Ю.М., Семенова М.В., Гырылова Л.В. Дыхание и продуцирование CO<sub>2</sub>-потоков из почвы в условиях вегетационного опыта // Научное обеспечение развития АПК и сельских территорий Байкальского региона: Материалы научно-практической конференции. – Улан-Удэ, 2018. – С. 157-162.
11. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: МГУ, 1991. – 304 с.
12. Полякова Н.В., Кулагина Н.А., Лавринова М.Г. Влияние бактериальных препаратов на свойства аллювиальной осушенной почвы и урожай горчицы в вегетационном опыте // Агрохимикаты в XXI веке: теория и практика применения: Материалы международной научно-практической конференции. – Нижний Новгород, 2017 – С.102-105.
13. Сюбаева А.О., Титова В.И. Влияние совместного внесения минеральных удобрений и биоудобрения Азобактерин-АФ на урожайность, вкусовые качества и содержание макроэлементов в зеленых культурах // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2015. – № 2 (45). – С. 50-55.
14. Титова В.И., Малышева М.К. Влияние жидкого комплексного удобрения ЖКУ 11-37-0 на продуктивность гороха посевного в условиях вегетационного опыта // Пермский аграрный вестник. – 2017. – №1 (17). – С. 49-54.
15. Microbiological methods for assessing soil quality / ed. By J. Dloem, D.W. Hopkins, A. Benedetti // CABI Publishing. – 2006. – 307 p.

## NEW GENERATION FERTILIZERS: THEIR INFLUENCE ON BUCKWHEAT YIELD AND MICROBIOCENOSIS OF DIFFERENT SOIL TYPES

T.Yu. Motina<sup>1</sup>, I.A. Degtyareva<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Tatar Research Institute of Agricultural Chemistry and Soil Science, Orenburg tr. 20a, 420059 Kazan, Russia, e-mail: niiaxp2@mail.ru

<sup>2</sup>Kazan National Research Technological University, Karl Marx ul. 68, 420015 Kazan, Russia

The article presents a comparative analysis of buckwheat development under conditions of vegetation experiments on gray forest soil and leached chernozem. The positive effect of using complex fertilizers of a new generation based on a consortium of microorganisms (*Azotobacter chroococcum*, *Pseudomonas brassicacearum*, *Sphingobacterium multivorum*, *Achromobacter xylosoxidans*) and minerals in native and nanostructured form was confirmed. The density of the bacterial suspension is  $2.0 \times 10^9 - 8.0 \times 10^9$  CFU/cm<sup>3</sup>. Native agrominerals (phosphorite, zeolite, glauconite) were applied at a dose of 1.0 t/ha, their nanostructured analogs (nanostructured water-phosphorite, zeolite and glauconite suspensions) – at a dose of 0.1 t/ha. It was discovered that the use of fertilizers based on autochthonous nitrogen-fixing and phosphate-stabilizing bacteria and agrominerals significantly increases the yield of buckwheat and increases the biological activity of the soil. Among the created complex fertilizers, the most effective additives to the consortium of microorganisms are nanostructured water-phosphorous and zeolite suspensions.

Keywords: biofertilizer, microorganisms, buckwheat, yield, microbiocenosis, soil types, chernozem, gray forest soil.

УДК 57.045:581.1:631.81:633

## ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Т.Л. Курносова<sup>1</sup>, к.б.н., Л.В. Осипова<sup>1</sup>, д.б.н., И.В. Верниченко<sup>2</sup>, д.б.н., И.А. Быковская<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова 127550, Москва, ул. Прянишникова, 31а, kurnosova\_t@mail.ru

<sup>2</sup>Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева 127550, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49

Работа выполнена по госзаданию № 0572-2019-0014

Оценено в вегетационном опыте формирование продуктивности растений ячменя по характеру донорно-акцепторных отношений в период от цветения до восковой спелости зерна в условиях двух уровней минерального питания. Выявлена положительная роль биогенных элементов селена и кремния при предпосевной обработке семян ими.

Урожайность зерновых культур и качество зерна в значительной степени зависят от обеспечения растений элементами минерального питания. Для нормального развития растительного организма внесение только минеральных и органических удобрений недостаточно. Высокий урожай сельскохозяйственных культур возможен лишь при условии полноценного и достаточного питания. В этой связи комплексное использование макро- и микроэлементов под зерновые культуры позволяет получать более высокие урожаи. Наряду с тем, что микроэлементы принимают активное участие в процессах роста, развития и плодоношения растений, они могут стимулировать или угнетать эти процессы.

Кремний и селен, как биогенные элементы, постоянно присутствуют в растениях и играют важную биологическую роль: положительно влияют на продуктивность растений. На разных видах растений, в частности на злаковых, установлено, что улучшение питания кремнием позволило увеличить количество вторичных и третичных корней, повышая тем самым адсорбирующую поверхность и массу корней. Кремний способствует формированию листового аппарата, росту числа продуктивных стеблей, ускоряет развитие растений [1], повышает содержание хлорофилла, площадь листьев, накопление сухих веществ, чистую продуктивность фотосинтеза [2]. Он участвует в механизме стабилизации продукционного процесса через индукцию активности антиоксидантных ферментов каталазы и пероксидазы [3]. Селен способствует увеличению урожая зерновых при применении доз минеральных удобрений (NPK) 100 – 150 мг д.в./кг почвы. При избытке минерального питания (200 мг д.в./кг почвы), селен усиливает отток азота из стебля и листьев в зерно, увеличивая урожай. Под влиянием селена поступление азота и калия в растение увеличивается и улучшается их транспорт в зерно. Селен входит в состав фермента глутатионпероксидазы, который защищает клетки от окислительного повреждения [4].

Продукционный процесс – это сложная система, которая объединяет фотосинтез, дыхание, транспорт и распределение продуктов первичного и вторичного метаболизма, рост растений и их морфогенез, генеративное развитие и старение [5]. Организация продукционного процесса возможна только при наличии донорных и акцепторных элементов [6-8]. Благодаря донорно-акцепторным отношениям в процессе онтогенеза происходит перераспределение пластических веществ между органами растений. У зерновых культур мощной аттрагирующей зоной является колос.

Цель наших исследований – изучить влияние селена и кремния на донорно-акцепторные отношения растений ячменя для поиска способа регуляции продукционного процесса. Этот вопрос мало изучен.

**Методика.** Вегетационный опыт был проведен в 2019 г. Объект исследований – яровой ячмень сорта Надежный. Вегетационный опыт проводили в почвенной культуре. Опыт закладывали по методике Журбицкого. Растения выращивали в сосудах Митчерлиха с массой абсолютно сухой почвы 5 кг. В вегетационном опыте использовали дерново-подзолистую среднесуг-

линистую почву со следующей агрохимической характеристикой:  $N_{\text{мин.}} = 16$  мг/кг,  $P_2O_5$  93 мг/кг,  $K_2O$  82 мг/кг;  $H_r = 4,2$  мг-экв/100 г почвы;  $S = 12,0$  мг-экв/100 г почвы. Изучали два уровня обеспеченности растений минеральными элементами: Почва I – внесение 300 мг N/кг почвы и по 200 мг/кг почвы P и K; Почва II – внесение 150 мг N/кг почвы и по 100 мг/кг почвы P и K. При набивке сосудов вносили растворы солей  $NH_4NO_3$ ,  $KH_2PO_4$  и  $NH_4H_2PO_4$ . Почву известковали в полной дозе по гидролитической кислотности с внесением CaO.

Предпосевную обработку семян (ПОС) ячменя осуществляли с помощью смачивания их растворами солей  $Na_2SeO_3$  (0,01%) и  $Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$  (0,15%), а также суммой солей  $Na_2SeO_3$  и  $Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$  (0,01% + 0,15%) в количестве 5% от массы семян. На контроле семена обрабатывали дистиллированной водой. Повторность опыта 4-кратная. Влажность почвы поддерживали на уровне 70% ПВ.

В период вегетации определяли биометрические показатели, структуру и продуктивность растений. Для оценки донорно-акцепторных отношений между вегетативными органами и колосом отбор проб растений происходил на IX этапе органогенеза в фазе цветения. Использовали показатели: отношение массы колоса в период цветения к массе листьев и всех вегетативных органов главного побега и целого растения; коэффициент реализации колоса (КРК) за период налива зерна (отношение массы колоса в фазе полной спелости к его массе в фазе цветения) главного побега и целого растения; условную реутилизацию (%), которую определяли на основании расчета баланса сухого вещества за период цветения – полная спелость, показывающую долю убыли сухих веществ из вегетативных органов в зерно [9].

Данные по продуктивности зерна обработаны математически.

**Результаты и их обсуждение.** В условиях повышенной обеспеченности растений элементами минерального питания (Почва I) отмечен самый высокий урожай зерна в контрольном варианте, где семена растений не обрабатывали биогенными элементами (рис. 1, 2). Урожай зерна у растений ячменя, семена которых перед посевом обрабатывали селеном, кремнием и их суммой, в оптимальных условиях выращивания был ниже, чем в контрольном варианте на 20, 15 и 32% соответственно. Разница в продуктивности связана с изменениями донорно-акцепторных отношений. Биогенные элементы в условиях повышенного обеспечения минеральным питанием уменьшали отток ассимилятов в колос из боковых побегов и продуктивность их была снижена, за счет чего урожай зерна в целом по растению был меньше, чем урожай на контроле.

В складывающихся условиях произрастания в контрольном варианте отмечена высокая реализация потенциальной возможности колоса (КРК) (табл. 1) и урожай формировался благодаря текущему фотосинтезу, что видно по показателям условной реутилизации по целому растению (табл. 2, рис. 1). В контрольном варианте на этапе цветения наблюдались менее напряженные отношения между донором и акцептором, чем в других вариантах.

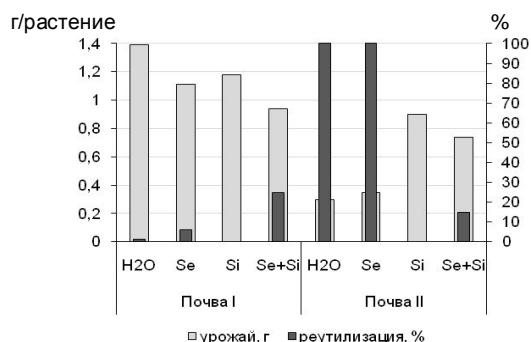


Рис. 1. Продуктивность растений ячменя и доля условной реутилизации в целом растении

Снижение обеспечения растений основными элементами минерального питания в 2 раза привело к уменьшению урожая зерна растений всех вариантов на 78,4; 68,4; 24,6; 21,3%. Из приведенных данных видно, что

сильнее от недостатка питания страдали растения контрольного варианта с ПОС H<sub>2</sub>O и ПОС Se. В этих же вариантах отмечены высокий процент условной реутилизации веществ и низкий коэффициент реализации колоса. Обработка семян перед посевом кремнием и суммой селена и кремния способствовала меньшему снижению урожая зерна.

При снижении питания растений в 2 раза (Почва II) проявилось положительное влияние биогенных элементов на растения. Так, прибавка урожая по сравнению с контрольным вариантом составила 14; 66 и 59% соответственно в варианте с ПОС Se, Si, Se + Si. Это происходило из-за усиления оттока ассимилятов в колос из вегетативных органов по сравнению с растениями, выращенными на почве с более высокой обеспеченностью минеральным питанием. Самая высокая прибавка отмечена от обработки семян перед посевом кремнием.

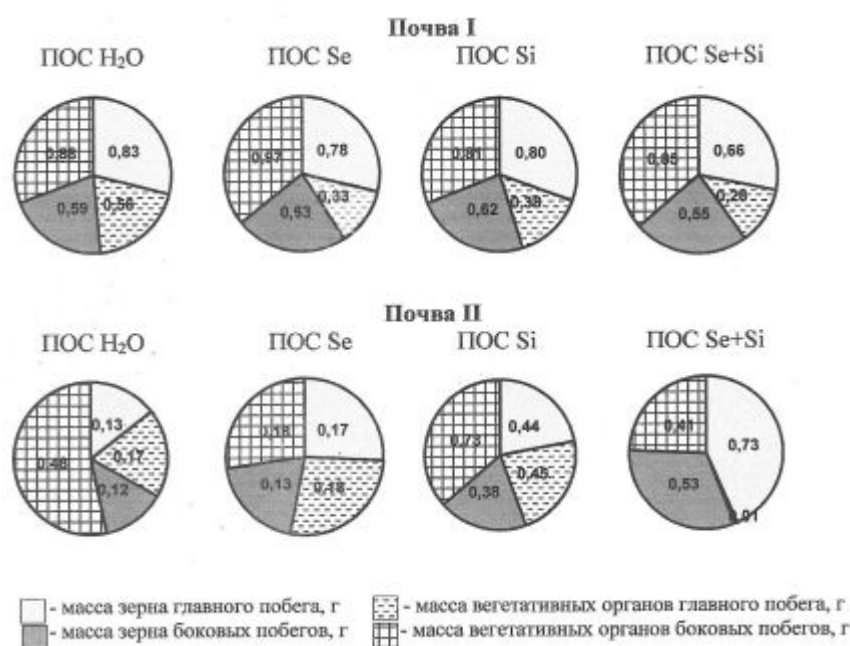


Рис. 2. Масса зерна и биомасса вегетативных органов целого растения ячменя на почве I и почве II

#### 1. Показатели напряженности донорно-акцепторных отношений на IX этапе органогенеза и реализации потенциальной возможности колоса

Вариант ПОС	Главный побег		Целое растение		КРК, $\frac{m_k}{m_{IX \text{ эт.}}}$	
	$\frac{m_k}{m_{л.}}$	$\frac{m_k}{m_{\text{вег.орг.}}}$	$\frac{m_k}{m_{л.}}$	$\frac{m_k}{m_{\text{вег.орг.}}}$	Главный побег	Целое растение
<b>Почва I – внесение N<sub>300</sub>P<sub>200</sub>K<sub>200</sub></b>						
H <sub>2</sub> O	0,79	0,37	0,53	0,22	3,41	6,00
Se	0,88	0,37	0,56	0,24	3,11	4,31
Si	1,18	0,46	0,83	0,32	2,70	4,21
Se+Si	0,83	0,39	0,71	0,33	3,13	2,95
<b>Почва II – внесение N<sub>150</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub></b>						
H <sub>2</sub> O	0,96	0,51	0,66	0,34	0,59	1,37
Se	0,73	0,38	0,53	0,25	0,70	1,33
Si	0,41	0,22	0,30	0,16	3,85	8,54
Se + Si	0,80	0,38	0,65	0,30	3,46	3,79

В условиях произрастания на почве с более низкой обеспеченностью растений элементами минерального питания (Почва II) лучший урожай был в варианте с ПОС Si за счет большей массы зерна с боковых побегов по сравнению с растениями других вариантов, и ПОС Se + Si за счет большей массы зерна с главного и боко-

вых побегов и массы вегетативных органов. Наибольший урожай в этих вариантах сформировался в результате более высокой системы саморегуляции у растений в данных условиях, что видно из таблиц 1 и 2. КРК был самым высоким под действием кремния. Как видно из таблицы 2, урожай зерна в варианте с ПОС кремнием сформировался при текущем фотосинтезе (УР = 0%), как и в варианте с повышенным обеспечением растений элементами минерального питания.

#### 2. Условная реутилизация, %

Вариант ПОС	Главный побег	Целое растение
<b>Почва I – внесение N<sub>300</sub>P<sub>200</sub>K<sub>200</sub></b>		
H <sub>2</sub> O	49,4	1,4
Se	51,3	6,3
Si	53,8	0
Se + Si	47,0	24,5
<b>Почва II – внесение N<sub>150</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub></b>		
H <sub>2</sub> O	100,0	100,6
Se	100,0	100,0
Si	75,0	0
Se + Si	48,0	14,9

**Выводы.** При повышенной обеспеченности ячменя элементами питания в оптимальных условиях выращивания для растений всех вариантов сложились благоприятные условия для налива зерна, благодаря хорошему оттоку ассимилятов в зерно.

Недостаток минеральных элементов в почве негативно сказался на наливе зерна растений контроля и с ПОС селеном, несмотря на высокий отток ассимилятов и реутилизацию питательных веществ. Благодаря использованию при ПОС кремния и суммарно селена с кремнием, стало возможным получение урожая зерна, близкого по абсолютному значению к урожаю на почве с достаточной обеспеченностью элементами минерального питания, за счет благоприятно складывающегося донорно-акцепторного отношения между вегетативными органами и колосом в этих условиях.

Определено, что обработка семян биогенными элементами более эффективна в условиях с пониженным обеспечением растений основными элементами минерального питания за счет лучшего оттока ассимилятов из вегетативных органов в зерно. Это подтверждается большим процентом реализации урожая зерна в этих условиях при высокой условной реутилизации питательных веществ в главном побеге, а в вариантах с ПОС кремнием и ПОС совместно с селеном и кремнием и по целому растению.

Следует отметить, что урожай в варианте с ПОС кремнием формировался за счет текущего фотосинтеза при обоих уровнях минерального питания. В условиях недостатка питательных веществ в почве кремний способствовал созданию более высокой системы саморегуляции растений в результате чего сложились благопри-

ятные донорно-акцепторные отношения между колосом и вегетативными органами. В связи с этим реализация потенциальной возможности колоса была наибольшей по сравнению с растениями других вариантов.

#### Литература

1. Самсонова Н.Е. Кремний в растительных и животных организмах //Агрохимия. – 2019. – №1. – С. 86-96.
2. Пашкевич Е.Б., Кирюшин Е.П. Роль кремния в питании растений и защите сельскохозяйственных культур от фитопатогенов // Проблемы агрохимии и экологии – 2008. – № 2. – С. 52–57.
3. Самсонова Н.Е., Капустина М.В., Зайцева З.Ф. Влияние соединений кремния и минеральных удобрений на урожайность яровых зерновых культур и содержание в них антиоксидантных ферментов //Агрохимия. – 2013. – № 10. – С. 66-74.
4. Племенков В.В. Природные соединения селена и здоровье человека //Вестник РГУ им. Канта. Сер. Естественные науки. – 2007. – № 1. – С. 51-63.
5. Мокроносов А.Т. Фотосинтетическая функция и целостность растительного организма //42-е Тимирязевское чтение. – М.: Наука, 1983. – 64 с.
6. Гамалей Ю.В. Фотосинтез и экспорт фотосинтатов. Развитие транспортной системы и донорно-акцепторных отношений //Физиология растений. – 1998. – Т. 45. – № 4. – С. 614.
7. Курносова Т.Л., Осипова Л.В., Верниченко И.В., Ромодина Л.В., Быковская И.А. Влияние биогенных элементов на донорно-акцепторные отношения в растениях ячменя (*Hordeum vulgare* L.) в различных условиях выращивания //Проблемы агрохимии и экологии. – 2019. – №1. – С. 14-20.
8. Осипова Л.В., Остапенко Н.В., Курносова Т.Л., Быковская И.А. Физиологические особенности формирования продуктивности озимой пшеницы при возрастающих дозах азотных удобрений /Сборник статей (к 100-летию со дня рождения Тамары Никандровны Кулаковой). Под ред. В.Г. Сычева. – М., 2019. – С. 128-138.
9. Кумаков В.А., Кузьмина К.М., Алешин А.Ф., Андреева А.Ф. Роль кушени в формировании урожая яровой пшеницы в степном Поволжье //С.-х. биол. Сер. биол. растений. – 1982. – Т. 17. – № 2. – С. 218-225.

#### INFLUENCE OF VARIOUS MINERAL NUTRIENTS ON THE PRODUCTIVITY FORMATION OF BARLEY PLANT

T.L. Kurnosova<sup>1</sup>, L.V. Osipova<sup>1</sup>, I.V. Vernichenko<sup>2</sup>, I.A. Bykovskaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127434 Moscow, Russia, e-mail:

<sup>2</sup>RSAU-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya ul 49, 127550 Moscow, Russia

*In a greenhouse trial was evaluated the formation of barley plant productivity using the character of donor-acceptance relationships during the period from flowering to wax ripeness of grain under conditions of two levels of mineral nutrition as an indicator. The positive role of biogenic elements of selenium and silicon in the pre-seed treatment of seeds with them has been assessed.*

*Key words: spring barley, productivity, selenium, silicon, donor-acceptance relationship, recycling.*

УДК [631.82 : 661.183.123.6] : 633.11 (571.1)

## ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ХЕЛАТАМИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Н.В. Гоман<sup>1</sup>, к.с.-х.н., И.А. Бобренко<sup>1</sup>, д.с.-х.н., В.М. Красницкий<sup>2</sup>, д.с.-х.н., В.В. Попова<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 644008, г Омск, Институтская площадь, 1,

<sup>2</sup>ФГБУ «ЦАС «Омский», 644012, г. Омск, пр. Королева, 34

E-mail: [nv.goman@omgau.org](mailto:nv.goman@omgau.org), [bobrenko67@mail.ru](mailto:bobrenko67@mail.ru), [vv.popova@omgau.org](mailto:vv.popova@omgau.org)

Представлены результаты исследований по изучению влияния предпосевной обработки семян хелатами цинка и меди на качество, структуру и урожайность зерна яровой пшеницы при возделывании на лугово-черноземной почве южной лесостепи Западной Сибири. Показано, что применяемые цинковые и медные хелатные удобрения положительно влияли на урожайность и качество зерна яровой пшеницы. Лучшая доза хелатов цинка и меди при предпосевной обработке семян – 20 г/100 кг. Использование цинковых удобрений в дозе 20 г/100 кг позволило сформировать прибавку урожая зерна яровой пшеницы 0,20 т/га, медных – 0,14 т/га (в контрольном варианте урожайность 2,20 т/га). Сбор белка при этом увеличился с 298 кг/га в контрольном варианте до 307-335 кг/га при применении хелатов. Лучшим по массе 1000 зерен (31,26 г) был вариант Cu<sub>30</sub>.

Ключевые слова: цинк, медь, удобрения, хелат, яровая пшеница, урожайность.