

**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 кушения 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.*

Черноземные почвы Западной Сибири часто содержат недостаточное количество доступных форм цинка и меди для растений [1-4]. Ряд исследователей выявили положительное действие соответствующих микроудобрений при возделывании зерновых культур в регионе [5-8].

В начальный период жизни растений при небольшом потреблении питательных веществ недостаток какого-либо элемента существенно ухудшает их рост и развитие, что негативно сказывается на урожайности. Последующее достаточное обеспечение растений этим элементом не может полностью исправить ситуацию. Критический период часто совпадает с понижением температуры и низкой физиологической активностью растительного организма и микроорганизмов, минерализующих органическое вещество почвы. Корневая система молодых растений в этот период развита слабо и охватывает малый объем почвы. В результате дополнительное внесение питательных веществ с удобрениями при посеве приобретает особо важное значение. Предпосевная обработка семян пшеницы микроудобрениями – эффективный прием [9-11], но применение для этой цели хелатных форм при возделывании яровой пшеницы недостаточно изучено в Западной Сибири.

Цель исследований – изучить влияние предпосевной обработки семян хелатами цинка и меди на качество, структуру и величину урожая зерна яровой пшеницы при возделывании на лугово-черноземной почве южной лесостепи Западной Сибири.

**Методика.** Полевые исследования проводили в 2017–2019 гг. на полях ФГБНУ «Омский аграрный научный центр». Сорт мягкой яровой пшеницы – Памяти Азиева. Исследования проводили в полевом опыте по схеме: без микроэлементов (контроль), Zn<sub>10</sub>, Zn<sub>20</sub>, Zn<sub>30</sub>, Cu<sub>10</sub>, Cu<sub>20</sub>, Cu<sub>30</sub>.

Схема опыта построена по методу организованных повторений, повторность 4-кратная, размещение делянок в опыте трехярусное, вариантов внутри повторения – систематическое со смещением. Площадь делянки 16 м<sup>2</sup>. Дозы микроэлементов – в граммах действующего вещества на 100 кг семян в форме хелатов. Почва – лугово-черноземная среднемошная среднегумусовая тяжелосуглинистая. Перед закладкой опыта содержание в слое почвы 0-40 см нитратного азота (по Грандваль-Ляжу) составляло 15,5±1,9 мг/кг, подвижного фосфора и калия, соответственно, 228±17 и 338±12 мг/кг (по Чирикову), содержание в почве подвижного цинка и меди – 0,54±0,08 и 0,11±0,03 (слой 0-20 см). Исследования проводили на пшенице по пару в трехпольном семеноводческом севообороте: 1 – пар; 2 – пшеница; 3 – пшеница. Агротехника общепринятая для зоны: осенью основная обработка – зяблевая вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 20-22 см; ранневесеннее боронование зубковыми боронами в два следа при достижении почвой состояния физической спелости и предпосевная культивация КПС-4 на глубину посева семян. Посев проводили 25-27 мая сеялкой ССФК-7, норма высева 5,5 млн всхожих семян на 1 га, после посева почву прикатывали кольчатыми катками ЗКК-6А. Уборку пшеницы осуществляли в первой декаде сентября прямым комбайнированием с помощью Нега-125.

Химические анализы проводили на кафедре агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО Омский ГАУ и в лабори

тории первичного семеноводства ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» по стандартным методикам.

**Результаты и их обсуждение.** По годам исследований эффективность обработки семян цинковыми и медными удобрениями в форме хелатов была неодинаковой (табл. 1).

1. Урожайность зерна яровой пшеницы при предпосевной обработке семян хелатными микроудобрениями, г/100 кг

Вариант	Урожайность зерна, т/га				Прибавка	
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	средняя	т/га	%
Контроль	2,45	1,73	2,41	2,20	-	-
Zn <sub>10</sub>	2,53	1,75	2,57	2,28	0,08	3,64
Zn <sub>20</sub>	2,73	1,87	2,62	2,40	0,20	9,09
Zn <sub>30</sub>	2,54	1,81	2,69	2,35	0,15	6,82
Cu <sub>10</sub>	2,51	1,75	2,5	2,25	0,05	2,27
Cu <sub>20</sub>	2,62	1,86	2,54	2,34	0,14	6,36
Cu <sub>30</sub>	2,62	1,90	2,52	2,35	0,15	6,82
НСР <sub>05</sub> , т/га	0,11	0,08	0,10			

Следует отметить значительные различия урожайности зерна по годам исследований: в 2017 г. и 2019 г. урожайность яровой пшеницы в среднем была в 1,4 раза выше, чем в 2018 г. Это объясняется неблагоприятными метеорологическими условиями. Обильные осадки в начале вегетации 2018 г. (конец мая – июнь) и низкие температуры негативно повлияли на развитие яровой пшеницы, что в дальнейшем отразилось на формировании зерна и урожайности.

Исследования выявили положительное действие хелата цинка при предпосевной обработке семян на урожайность зерна яровой пшеницы. Применение цинковых удобрений в дозе 20 г/100 кг позволило сформировать наибольшую прибавку урожая – 0,20 т/га. При этом Zn<sub>10</sub> и Zn<sub>30</sub> увеличивали урожайность на 0,08 и 0,15 т/га соответственно. Использование медных удобрений в дозах 20 и 30 г/100 кг позволило сформировать практически одинаковые прибавки урожая 0,14 и 0,15 т/га соответственно, а обработка Cu<sub>10</sub> не привела к достоверному увеличению урожайности (0,05 т/га).

Результаты исследований свидетельствуют, что применение хелатов цинка и меди при возделывании яровой пшеницы в условиях лесостепи Омской области эффективно. Лучшей дозой цинка и меди при предпосевной обработке является 20 г/100 кг семян.

Качество урожая – комплексный показатель, формирующийся в процессе выращивания сельскохозяйственных культур на пищевые и кормовые цели [12, 13]. Генетика культуры, условия минерального питания, метеорологические условия и агротехника оказывают влияние на качество зерна, как и применение микроудобрений [9, 14, 15]. В зерне пшеницы содержатся полноценные белки, углеводы, жиры, незаменимые аминокислоты и витамины, весьма важные для жизнедеятельности человека. Наибольшее содержание белка в опыте получено в вариантах с обработкой семян Zn<sub>20</sub> и Cu<sub>20</sub> (табл. 2). Сбор белка увеличился при применении хелатов.

При исследовании действия микроудобрений на качественные характеристики белка пшеницы выявлено, что сумма аминокислот повышается при обработке семян хелатными формами цинка в дозе Zn<sub>30</sub> и при Cu<sub>10</sub>. В целом влияние хелатных форм микроэлементов носит разнонаправленный характер. При внесении этих доз

микроудобрений наблюдалось наибольшее накопление незаменимых аминокислот (табл. 3).

### 2. Качество зерна яровой пшеницы при предпосевной обработке семян хелатными микроудобрениями (среднее за 2017-2019 гг.)

Вариант	Белок, %	Сбор белка, кг/га	Жир	Клетчатка	Зола
			%		
Контроль	13,56	298	1,57	2,98	1,79
Zn <sub>10</sub>	13,48	307	1,65	3,21	1,76
Zn <sub>20</sub>	13,95	335	1,62	3,10	1,66
Zn <sub>30</sub>	13,48	317	1,61	3,19	1,66
Cu <sub>10</sub>	13,73	309	1,59	3,20	1,74
Cu <sub>20</sub>	13,76	322	1,61	3,13	1,77
Cu <sub>30</sub>	13,67	321	1,73	3,28	1,64
HCP <sub>05</sub>	0,16		0,12	0,22	0,14

### 3. Аминокислотный состав белка яровой пшеницы при предпосевной обработке семян хелатными микроудобрениями, % (среднее за 2017-2019 гг.)

Показатель	Вариант						
	Контроль	Zn <sub>10</sub>	Zn <sub>20</sub>	Zn <sub>30</sub>	Cu <sub>10</sub>	Cu <sub>20</sub>	Cu <sub>30</sub>
Содержание белка, %	13,56	13,48	13,95	13,48	13,73	13,76	13,67
Аминокислоты:							
аргинин	0,72	0,71	0,69	0,72	0,69	0,70	0,67
лизин	0,35	0,35	0,35	0,35	0,34	0,36	0,34
тирозин	0,26	0,27	0,26	0,27	0,27	0,25	0,26
фенилаланин	0,52	0,52	0,49	0,54	0,49	0,52	0,50
гистидин	0,28	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,27
лейцин + изолейцин	1,23	1,24	1,23	1,25	1,22	1,24	1,21
метионин	0,22	0,20	0,23	0,20	0,20	0,23	0,20
валин	0,53	0,53	0,53	0,52	0,50	0,52	0,51
пролин	1,30	1,30	1,30	1,36	1,33	1,31	1,29
треонин	0,40	0,39	0,41	0,40	0,40	0,38	0,39
серин	0,70	0,64	0,66	0,68	0,64	0,64	0,64
аланин	0,45	0,42	0,42	0,47	0,45	0,43	0,42
глицин	0,48	0,47	0,49	0,49	0,48	0,48	0,46
Сумма аминокислот	7,40	7,32	7,33	7,53	7,30	7,32	7,16
Сумма незаменимых аминокислот	3,24	3,26	3,24	3,26	3,16	3,24	3,15
Сумма критических аминокислот	0,97	0,94	0,99	0,95	0,94	0,93	0,93

Основными составляющими урожайности являются продуктивная кустистость, число зерен в колосе, масса зерна колоса и масса 1000 зерен. Наибольшая высота была у растений яровой пшеницы при внесении Zn<sub>30</sub> – в лучшем варианте с точки зрения эффективности удобрения (табл. 4). В вариантах Zn<sub>10</sub> и Zn<sub>20</sub> показатели структуры урожая также были высокими.

**Выводы.** Используемые цинковые и медные удобрения на лугово-черноземной почве южной лесостепи Западной Сибири положительно повлияли 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 этой дозе позволило сформировать прибавку урожая зерна яровой пшеницы 0,20 т/га, медных – 0,15 (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.

### 4. Высота растений и показатели структуры урожая яровой пшеницы при предпосевной обработке семян хелатными микроудобрениями при возделывании на лугово-черноземной почве (среднее за 2017-2019 гг.)

Вариант	Высота растений, см	Кустистость		Главный колос			Масса 1000 зерен, г
		общая	продуктивная	число зерен	масса, г		
					колоса	зерна	
Контроль	105,2	3,23	2,83	41,90	1,79	1,38	29,92
Zn <sub>10</sub>	107,5	3,50	3,13	41,65	1,85	1,44	30,58
Zn <sub>20</sub>	108,2	3,53	3,22	44,38	1,77	1,44	29,93
Zn <sub>30</sub>	109,0	3,87	3,20	40,18	1,77	1,36	30,69
Cu <sub>10</sub>	111,3	3,37	2,92	41,13	1,81	1,39	30,51
Cu <sub>20</sub>	108,2	3,15	2,90	44,08	1,68	1,46	30,38
Cu <sub>30</sub>	104,3	3,50	3,05	40,42	1,76	1,34	31,26

### Литература

1. *Агроэкологический мониторинг в Омской области: учеб. пособие* / В.М. Красницкий, И.А. Бобренко, В.И. Попова, И.В. Цыплёнова. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2016. – 52 с.
2. *Азаренко Ю.А.* Закономерности содержания, распределения, взаимосвязей микроэлементов в системе почва-растение в условиях юга Западной Сибири: монография / Ю. А. Азаренко. – Омск: Вариант-Омск, 2013. – 232 с.
3. *Красницкий В.М.* Содержание цинка в почвах Омской области / В.М. Красницкий, А.Г. Шмидт, А.А. Цырк // Плодородие. – 2014. – №4(79). – С. 36-37.
4. *Болдышева Е.П.* Методологические аспекты исследования оптимизации применения микроудобрений под зерновые культуры / Е.П. Болдышева, В.И. Попова // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2017. – №3 (10). – С.2.
5. *Азаренко Ю.А.* Цинк в почвах агроценозов Омского Прииртышья и эффективность применения цинковых удобрений / Ю.А. Азаренко, Ю.И. Ермохин, Ю.В. Аксенова // Земледелие. – 2019. – № 2. – С.13-17.
6. *Increasing Economic Efficiency of Producing Wheat in the West Siberia and South Ural as a Factor of Developing Import Substitution* / D.S. Nardin, I.A. Bobrenko, N.V. Goman, E.A. Vakalova, S.A. Nardina // International Review of Management and Marketing. – 2016. – 6(4). – P. 772-778.
7. *Improving Competitiveness of the Wheat Production within the Siberian Region (in Terms of the Omsk region)* / I.A. Bobrenko, O.V. Shumakova, N.V. Goman, Y.I. Novikov, V.I. Popova, O.A. Blinov // Journal of Advanced Research in Law and Economics. – 2017. – V. VIII. – Is. 2(24). – P.426-436.
8. *Ермохин Ю.И.* Агроэкологическая оценка действия кадмия, никеля, цинка в системе почва-растение-животное: монография / Ю.И. Ермохин, Н.К. Трубина, А.В. Синдирёва. – Омск: ОмГАУ, 2002. – 117 с.
9. *Аристархов А.Н.* Приоритеты применения различных видов, способов и доз микроудобрений под озимые и яровые сорта пшеницы в основных природно-сельскохозяйственных зонах России / А.Н. Аристархов, Н.Н. Бушуев, К.Г. Сафонова // Агрохимия. – 2012. – №9. – С. 26-40.
10. *Гайсин И.А.* Хелатные микроудобрения: практика применения и механизм действия: монография / И.А. Гайсин, В.М. Пахомова. – Йошкар-Ола: Казанский ГАУ, 2014. – 344 с.
11. *Бобренко И.А.* Биозенергетическая эффективность опудривания семян микроэлементами (Zn, Cu, Mn) при возделывании яровой пшеницы в условиях лесостепи Западной Сибири / И.А. Бобренко, Е.А. Вакалова, Н.В. Гоман // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2016. – №1 (21). – С. 70-76.
12. *Качество кормовых культур региона (на примере Омской области): учебно-справочное издание* / В.М. Красницкий, И.А. Бобренко, Е.Г. Пыктарева, В.И. Попова. – Омск: ЛИТЕРА, 2017. – 72 с.
13. *Мукомольные свойства зерна сортов озимой мягкой пшеницы* / Н.Г. Игнатьева, Е.В. Ионова, Н.Б. Васюшкина, Е.К. Кувшинова // Зерновое хозяйство России. – 2017. – № 1. – С. 3-7.
14. *Интенсификация продукционного процесса растений микроэлементами. Приемы управления* / Сычев В.Г. [и др.]. – М., 2009. – 520 с.
15. *Гамзикова О.И.* Состояние исследований в области генетики минерального питания / О.И. Гамзикова // Агрохимия. – 1992. – № 4. – С. 139-150.

## INFLUENCE OF PRE-SOWING TREATMENT OF SEEDS WITH CHELATES OF MICROELEMENTS ON THE PRODUCTIVITY OF SPRING WHEAT

N.V. Goman<sup>1</sup>, I.A. Bobrenko<sup>1</sup>, V.M. Krasnickiy<sup>2</sup>, V.V. Popova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Omsk SAU, Institutskaya pl. 1, 644008 Omsk, Russia, e-mail: nv.goman@omgau.org, bobrenko67@mail.ru, vv.popova@omgau.org;

<sup>2</sup>CAS Omskiy, Koroleva pr. 34, 644012 Omsk, Russia

The paper presents the results of studies on the effect of pre-sowing seed treatment with zinc and copper chelates on the quality, structure and yield of spring wheat when cultivated on meadow-chernozem soil in the southern forest-steppe of Western Siberia. As was discovered an application of zinc and copper chelated fertilizers positively influenced the yield and grain quality of spring wheat. The best dose of zinc and copper chelates for pre-sowing seed treatment is 20 g/100 kg. The application of zinc fertilizers at a dose of 20 g/100 kg made it possible to form an increase in the grain yield of spring wheat of 0.20 t/ha, copper – 0.14 (in the control variant, the yield was 2.20 t/ha). At the same time, the collection of protein increased from 298 kg/ha in the control variant to 307-335 kg/ha under usage chelates. The Cu<sub>30</sub> variant had the best mass of 1000 grains (31.26 g).  
Key words: zinc, copper, fertilizers, chelate, spring wheat, yield.

#### Literatura

1. Agroekologicheskij monitoring v Omskoj oblasti: ucheb. posobie / V.M. Krasnickij, I.A. Bobrenko, V.I. Popova, I.V. Cyplyonkova. – Omsk: Izd-vo FGBOU VO Omskij GAU, 2016. – 52 s.
2. Azarenko YU.A. Zakonomnosti soderzhaniya, raspredeleniya, vzaimosvyazey mikroelementov v sisteme pochva-rastenie v usloviyah yuga Zapadnoj Sibiri: monografiya / YU. A. Azarenko. – Omsk: Variant-Omsk, 2013. – 232 s.
3. Krasnickij V.M. Soderzhanie cinka v pochvah Omskoj oblasti / V.M. Krasnickij, A.G. SHmidt, A.A. Cyrk // Plodorodie. – 2014. – №4(79). – S. 36-37.
4. Boldysheva E.P. Metodologicheskie aspekty issledovaniya optimizacii primeneniya mikroudobrenij pod zernovye kul'tury / E.P. Boldysheva, V.I. Popova // Elektronnyj nauchno-metodicheskij zhurnal Omskogo GAU. – 2017. – №3 (10). – S.2.
5. Azarenko YU.A. Cink v pochvah agrocenozov Omskogo Priirytsh'ya i effektivnost' primeneniya cinkovyh udobrenij / YU.A. Azarenko, YU.I. Ermohin, YU.V. Aksenova // Zemledelie. – 2019. – № 2. – S.13-17.
6. Increasing Economic Efficiency of Producing Wheat in the West Siberia and South Ural as a Factor of Developing Import Substitution / D.S. Nardin, I.A. Bobrenko, N.V. Goman, E.A. Vakalova, S.A. Nardina // International Review of Management and Marketing. – 2016. – 6(4). – P. 772-778.
7. Improving Competitiveness of the Wheat Production within the Siberian Region (in Terms of the Omsk region) / I.A. Bobrenko, O.V. Shumakova, N.V. Goman, Y.I. Novikov, V.I. Popova, O.A. Blinov // Journal of Advanced Research in Law and Economics. – 2017. – V. VIII. – Is. 2(24). – P.426-436.
8. Ermohin YU.I. Agroekologicheskaya ocenka dejstviya kadmiya, nikelya, cinka v sisteme pochva-rastenie-zhivotnoe: monografiya / YU.I. Ermohin, N.K. Trubina, A.V. Sindiryova. – Omsk: OmGAU, 2002. – 117 s.
9. Aristarhov A.N. Priority primeneniya razlichnyh vidov, sposobov i doz mikroudobrenij pod ozimye i yarovye sorta pshenicy v osnovnyh prirodno-sel'skohozyajstvennyh zonah Rossii / A.N. Aristarhov, N.N. Bushuev, K.G. Safonova // Agrohimiya. – 2012. – №9. – S. 26-40.
10. Gajsin I.A. Helatnye mikroudobreniya: praktika primeneniya i mekhanizm dejstviya: monografiya / I.A. Gajsin, V.M. Pahomova. – Kazanskij GAU. – Joshkar-Ola, 2014. – 344 s.
11. Bobrenko I.A. Bioenergeticheskaya effektivnost' opudriviyanii semyan mikroelementami (Zn, Cu, Mn) pri vozdeleyvanii yarovoj pshenicy v usloviyah lesostepi Zapadnoj Sibiri / I.A. Bobrenko, E.A. Vakalova, N.V. Goman // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – №1 (21). – S. 70-76.
12. Kachestvo kormovyh kul'tur regiona (na primere Omskoj oblasti): uchebno-spravochnoe izdanie / V.M. Krasnickij, I.A. Bobrenko, E.G. Pyhtareva, V.I. Popova. – Omsk: LITERA, 2017. – 72 s.
13. Mukomol'nye svoystva zerna sortov ozimoy myagkoj pshenicy / N.G. Ignat'eva, E.V. Ionova, N.B. Vasyushkina, E.K. Kuvshinova // Zernovoe hozyajstvo Rossii. – 2017. – № 1. – S. 3-7.
14. Intensifikaciya produkcionnogo processa rastenij mikroelementami. Priemy upravleniya / Sychev V.G. [i dr.]. – M., 2009. – 520 s.
15. Gamzikova O.I. Sostoyanie issledovaniy v oblasti genetiki mineral'nogo pitaniya / O.I. Gamzikova // Agrohimiya, 1992. – № 4. – S. 139-150.

## ДИСТАНЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА АЗОТНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

*Р.А. Афанасьев, д.с.-х.н.,*

*Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова*

*Работа выполнена по госзаданию № 0572-2019-0011*

*Рассматриваются результаты исследований по дистанционной диагностике и оптимизации азотного питания сельскохозяйственных культур в полевых опытах по удобрению озимой пшеницы на дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почвах в условиях европейской части Нечерноземной зоны РФ. Как показали результаты исследований, дистанционная диагностика позволяет с достаточно высокой степенью достоверности определять потребность посевов сельскохозяйственных культур, в частности озимой пшеницы, в азотных подкормках, которые можно проводить по общепринятым технологиям в отдельные (критические) периоды вегетации растений: кущение, трубкование, а также колошение-цветение, налив зерна. При этом для дистанционной диагностики могут использоваться не только дроны со специальной многоспектральной аппаратурой, но и обычные квадрокоптеры с цифровыми фотокамерами.*

*Ключевые слова: дистанционная диагностика, азотное питание, озимая пшеница, фотометр, вегетационный индекс.*

DOI: 10.25680/S19948603.2020.117.08

Целесообразность оптимизации минерального, в том числе азотного, питания сельскохозяйственных культур известна с глубокой древности. Однако научные основы регулирования минерального питания растений были разработаны, начиная преимущественно с 19-го века, такими выдающимися учеными, как Ж.Б. Буссенго, Ю. Либих, К.А. Тимирязев, Д.Н. Прянишников, а также другими известными агрономами и биологами [1, 2]. В 20 в. к одному из способов повышения урожайности и

качества сельскохозяйственных культур, основанных в то время на химических анализах почв и растений, относилась разработка методов оперативной почвенно-растительной диагностики [3]. Недостатком таких методов являлось использование химических препаратов, включая крепкие кислоты и щелочи, небезопасных для здоровья исполнителей. В 21 в. для обследования сельскохозяйственных полей стало все шире применяться дистанционное обследование с космических спутников,