



# Питание растений

Вестник Международного института питания растений

Восточная Европа и Центральная Азия

№3, 2012

## СОДЕРЖАНИЕ

Влияние комплексных удобрений на рост, развитие и урожайность озимой пшеницы на черноземе обыкновенном карбонатном Ростовской области.....	2
Влияние разных приемов внесения цинка под озимую тритикале в условиях южной лесостепи Западной Сибири.....	5
Эффективность некорневых подкормок озимой пшеницы микроэлементами в условиях Западного Предкавказья.....	8
Влияние селеновых удобрений на рост и развитие ярового ячменя.....	11
Победители Scholar Award-2012.....	14

## Международный Институт Питания Растений

**Иванова С.Е.**, вице-президент программы по Восточной Европе, Центральной Азии и Ближнему Востоку  
*e-mail: sivanova@ipni.net*

**Носов В.В.**, директор программы на Юге и Востоке России  
*e-mail: vnosov@ipni.net*

Бесплатная подписка: [ipni-eeca@ipni.net](mailto:ipni-eeca@ipni.net)

125466 Россия, Москва,  
ул. Ландышева, д. 12, вл. 17  
тел./факс: +7 (495) 580 64 14

сайт: <http://www.ipni.net>  
<http://eeca-ru.ipni.net>

*e-mail: [ipni-eeca@ipni.net](mailto:ipni-eeca@ipni.net)*

Перепечатка и любое воспроизведение материалов, опубликованных в Вестнике, возможны только с письменного разрешения Международного института питания растений



Уважаемый читатель, перед Вами необычный выпуск вестника. В этом номере мы публикуем статьи, подготовленные победителями международного конкурса научных работ аспирантов и студентов (IPNI Scholar Award) в 2011 и 2012 годах из Восточной Европы и Центральной Азии. Этот конкурс уже много лет проводит Международный Институт Питания Растений (IPNI) во всех основных сельскохозяйственных регионах мира. Подробную информацию о конкурсе можно посмотреть на нашем региональном русскоязычном сайте <http://eeca-ru.ipni.net>.

В 2012 году в конкурсе приняли участие 120 студентов и аспирантов со всего мира, а 24 лучших из них получили эту престижную премию. Победителями из Восточной Европы и Центральной Азии стали 3 студента из России: Аргинбаева Алина из Башкирского государственного аграрного университета, Долгодворова Анастасия из Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова и Яковлева Елена из Кубанского государственного аграрного университета. Подробные биографии победителей представлены на стр. 19.

Начиная с 2012 года победа в конкурсе будет гарантировать не только получение престижной премии, но и возможность опубликовать свою статью в нашем вестнике. Наиболее удачные статьи мы будем рекомендовать для публикации в журнале Better Crops with Plant Food.

Мы поздравляем победителей международного конкурса и желаем им успехов в учебе! Мы искренне надеемся, что эта награда станет для них первым шагом в большую науку, которая теперь не знает границ.

С уважением  
Светлана Иванова

Вице президент по Восточной Европе, Центральной Азии и Ближнему Востоку



В Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых «Молодежная наука и АПК: проблемы и перспективы», Башкирский ГАУ, 27 ноября 2012 г. (слева направо): Ф.Я. Багаутдинов, профессор кафедры агрохимии, защиты растений и агроэкологии; И.Г. Асылбаев, проректор по научной и инновационной деятельности; А.А. Аргинбаева, студентка 5-го курса кафедры агрохимии, защиты растений и агроэкологии; В.В. Носов, региональный директор МИПР по Югу и Востоку РФ; Р.Р. Гайфуллин, заведующий кафедрой агрохимии, защиты растений и агроэкологии.

125466 Москва ул.Ландышева, д.12, вл.17

<http://www.ipni.net>

<http://eeca-ru.ipni.net>



# Влияние комплексных удобрений на рост, развитие и урожайность озимой пшеницы на черноземе обыкновенном карбонатном Ростовской области

Божков Д.В., Бирюкова О.А.

*В однолетнем полевом опыте показана сравнительная эффективность двух видов комплексных удобрений – нитроаммофоски и комплексного удобрения, содержащего также серу и микроэлементы. Проанализировано влияние данных удобрений на рост и развитие растений озимой пшеницы, а также на урожай зерна и его качество. Кроме того, выявлены взаимосвязи между морфобиометрическими показателями озимой пшеницы и показателями почвенного плодородия.*

Пшеница – наиболее ценная и распространенная зерновая культура. Ее значение как мировой продовольственной культуры будет постоянно возрастать, поскольку она представляет собой питательную и экономически выгодную сельскохозяйственную культуру, которую можно выращивать в очень широких и разнообразных условиях (Долгополова и др., 2009). Озимая пшеница обладает большими потенциальными возможностями по сравнению с яровыми зерновыми культурами, поскольку может использоваться для роста и развития два наиболее благоприятных по увлажнению периода – осень и весну (Найденов и др., 1994). Озимая пшеница требовательна к плодородию почвы. При урожае в 4 т/га зерна и 6 т/га соломы озимая пшеница выносит из почвы 153 кг N, 56 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 96 кг K<sub>2</sub>O (Губашиев, 2000; Хачидзе и др., 2010). Поскольку большая часть питательных веществ даже в черноземах находится в недоступной для растений форме, без внесения удобрений нельзя рассчитывать на повышение урожайности озимой пшеницы.

В настоящее время туковая промышленность выпускает широкий ряд комплексных минеральных удобрений, однако изучению их эффективности, особенно с учетом географических особенностей

различных регионов, уделяется недостаточно внимания. Целью настоящей работы было изучение эффективности применения комплексного удобрения, которое выпускалось компанией «Кемира», в сравнении с таким традиционно используемым сложным удобрением, как нитроаммофоска (НАФК) марки 16:16:16. В учхозе «Недвиговка» Южного федерального университета (Мясниковского района Ростовской области) в 2008-2009 гг. был проведен полевой опыт согласно следующей схеме: 1) Контроль, 2) N30P30K30 - НАФК, 3) N60P60K60 - НАФК, 4) N30P30K30 - «Кемира», 5) N60P60K60 - «Кемира». Состав изучавшегося в опыте комплексного удобрения «Кемира» представлен в **табл. 1**.

Общая площадь опыта – 1750 м<sup>2</sup>, площадь делянки – 50 м<sup>2</sup>, повторность – четырехкратная. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднеспособный карбонатный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках. Исходная агрохимическая характеристика пахотного горизонта почвы дана в **табл. 2**. Удобрения вносились под основную обработку почвы (вспашка на глубину 25-27 см). Высевался районированный в Ростовской области сорт озимой пшеницы Зерноградка 11 по чистому пару. Агротехника возделывания озимой пшеницы была общепринятой для зоны.

Данные по химическому составу растений обработаны с помощью интегрированной системы оперативной диагностики – ИСОД (Бирюкова, 2011). Результаты морфобиометрической диагностики необходимы при анализе данных химической диагностики, поскольку зависимость концентрации питательного элемента в растении от массы растения, так называемое «разбавление массой», имеет важное значение. Только сопоставление результатов этих двух видов растительной диагностики позволяет выявить роль минерального питания

Элемент	Содержание, %	Элемент	Содержание, %
Азот аммонийный (N-NH <sub>4</sub> )	3.6	Бор (В)	0.030
Азот нитратный (N-NO <sub>3</sub> )	5.3	Цинк (Zn)	0.010
Азот амидный	9.1	Медь (Cu)	0.010
Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	18.0	Железо (Fe)	0.015
Калий (K <sub>2</sub> O)	18.0	Марганец (Mn)	0.014
Сера (S)	1.8	Молибден (Mo)	0.003

\* В опыте для внесения в почву применялась марка удобрения «Кемира листовое».

Гумус	CaCO <sub>3</sub>	pH <sub>KCl</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	Подвижный P (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Подвижный K (K <sub>2</sub> O)
%			мг/кг почвы			
2.90	1.77	7.48	18.04	15.1	11.7	387

Примечание: подвижные формы фосфора и калия определялись по методу Мачигина.

**Таблица 3.** Высота озимой пшеницы по фазам развития и надземная масса 1 растения в фазу кущения.

Вариант опыта	Высота растений, см		Надземная масса 1 растения в фазу кущения, г	
	Фаза кущения	Фаза полной спелости	Сырая масса	Абсолютно сухая масса
Контроль	16.8	84.2	2.74	0.91
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> - НАФК	17.1	73.5	2.98	0.96
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> - НАФК	19.5	87.3	2.78	0.94
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> - «Кемира»	18.4	78.7	3.45	0.94
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> - «Кемира»	19.7	81.9	3.19	0.94
НСР <sub>0.05</sub>	0.3	1.1	0.03	0.03

**Таблица 4.** Структура урожая озимой пшеницы.

Вариант опыта	Продуктивная кустистость	Число колосков в колосе	Число зерен в колоске
		шт.	
Контроль	2.80	14.89	2.17
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> - НАФК	2.50	15.84	2.29
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> - НАФК	2.64	14.83	2.36
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> - «Кемира»	4.00	16.43	2.49
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> - «Кемира»	3.80	16.24	2.29
НСР <sub>0.05</sub>	0.65	0.85	0.13

или другого изучаемого фактора в формировании урожая (Шафран, 2000).

Для статистической обработки полученных данных проведены дисперсионный и корреляционный анализы при помощи программ EXCEL и STATISTIKA.

Применение удобрений оказало положительное влияние на рост растений озимой пшеницы в фазу кущения (табл. 3). При этом не выявлено достоверных различий в эффективности сравниваемых видов комплексных удобрений, внесенных в увеличенной дозе, а при внесении низкой дозы преимущество было у удобрения «Кемира», содержащего кроме трех основных макроэлементов также серу и микроэлементы. В фазу полной спелости практически на всех вариантах опыта с применением удобрений (по сравнению с контролем) наблюдалось уменьшение размера соломины, за исключением варианта с внесением нитроаммофоски в дозе 60 кг д.в./га.

Сырая масса одного растения озимой пшеницы в фазу кущения достоверно повышалась во всех вариантах опыта с внесением удобрений по сравнению с контролем (табл. 3). Максимальная прибавка сырой массы (0.71 г) наблюдалась в варианте с внесением N30P30K30 – «Кемира». Было установлено, что величина сырой биомассы растений в фазу кущения слабо коррелировала с содержанием аммиачного азота в почве ( $r = 0.30$ ). Кроме того, в указанную фазу развития наблюдалась прямая зависимость между сырой биомассой растений и их высотой ( $r = 0.69$ ). Применение удобрений в целом оказывало слабый положительный эффект на прирост абсолютно сухой массы растений (по сравнению с контролем), за исключением варианта с внесением N30P30K30 – НАФК, где различия были достоверными.

Анализ структуры урожая озимой пшеницы по-

казал, что внесение НАФК не оказывало статистически значимого влияния на количество продуктивных стеблей на одно растение в отличие от удобрения «Кемира», применение которого способствовало росту продуктивной кустистости растений (табл. 4). Внесение удобрений в основном положительно повлияло на количество колосков в колосе (при большем эффекте от «Кемиры») и на количество зерен в колоске. Последний показатель коррелировал с содержанием аммиачного азота в почве ( $r = 0.39$ ). Кроме того, такие показатели, как озерненность колоса и общая кустистость находились в обратной зависимости друг от друга ( $r = -0.38$ ). Это можно объяснить тем, что на создание вегетативной массы растения затрачивают большое

количество элементов питания, и к моменту формирования колоса их содержание в наиболее раскустившихся растениях становится недостаточным для нормального формирования урожая. Ситуация может усугубляться и при низких запасах продуктивной влаги в почве, поскольку чем больше растение, тем большее количество воды ему необходимо. Территория учхоза «Недвиговка» относится к очень засушливому агроклиматическому району ( $ГТК < 0.7$ ), что к тому же осложняется засухами и суховеями в летнее время. Вегетация озимой пшеницы от фазы цветения до полной спелости в 2009 г. проходила в условиях сильной засухи.

Урожайность озимой пшеницы и качество зерна зависят от обеспеченности растений элементами минерального питания в течение всей вегетации. В табл. 5 представлены результаты химической диагностики растений. Выявлено, что для формирования урожая зерна озимой пшеницы на уровне 4.24 т/га достаточное содержание азота в надземной части растений в фазу кущения составило 2.72%. Максимальное содержание азота в надземной части (солома + зерно) озимой пшеницы в фазу полной спелости отмечено в контрольном варианте. Вероятно, это обусловлено пониженной скоростью перехода азота из вегетативной в генеративную часть, на что указывает более низкое содержание белка в зерне в этом варианте, по сравнению с удобренными вариантами. Получена зависимость между урожайностью соломы и содержанием азота в растениях в указанную фазу ( $r = 0.49$ ). Кроме того, урожайность соломы коррелировала с содержанием подвижного калия в почве ( $r = 0.37$ ).

Внесение удобрений положительно повлияло и на содержание фосфора и калия в растениях. Статистический анализ показал, что содержание фос-



**Таблица 5.** Содержание общего азота, фосфора и калия в надземной части растений озимой пшеницы, %.

Вариант опыта	Фаза кущения			Фаза полной спелости		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль	0.83	0.47	3.15	2.44	0.64	1.93
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> - НАФК	1.18	0.52	3.61	2.01	0.75	2.11
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> - НАФК	2.66	0.85	5.12	2.41	0.81	2.51
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> - «Кемира»	1.09	0.52	3.76	2.13	0.77	2.10
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> - «Кемира»	2.72	0.92	5.21	2.25	0.82	2.62
НСР <sub>0.05</sub>	0.70	0.26	0.63	0.19	0.04	0.20

**Таблица 6.** Урожайность озимой пшеницы.

Вариант опыта	Урожай зерна	Прибавка к контролю	Урожай соломы	Разница с контролем	Отношение массы соломы к массе зерна
	т/га				
Контроль	3.20	-	8.18	-	2.56
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> - НАФК	3.32	0.12	5.84	-2.34	1.76
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> - НАФК	3.44	0.24	7.80	-0.38	2.27
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> - «Кемира»	4.04	0.84	5.26	-2.92	1.30
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> - «Кемира»	4.24	1.04	5.68	-2.50	1.34
НСР <sub>0.05</sub>	0.20		1.01		

**Таблица 7.** Качество зерна озимой пшеницы.

Вариант опыта	Белок, %	Клейковина, %	ИДК	Масса 1000 зерен, г	Влажность, %
Контроль	12.3	23.3	74	36.6	14.2
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> - НАФК	15.5	24.3	78	39.3	11.1
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> - НАФК	15.1	28.9	79	37.3	16.0
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> - «Кемира»	13.3	27.3	82	36.7	11.6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> - «Кемира»	14.0	26.8	80	37.6	12.0
НСР <sub>0.05</sub>	0.77	1.44	2.21	0.86	1.44

фора в растениях коррелировало как с содержанием подвижного фосфора в почве, так и с содержанием аммиачного азота в почве ( $r = 0.61$  в обоих случаях). Содержание калия в растениях озимой пшеницы также зависело от содержания подвижного калия в почве ( $r = 0.50$ ).

Расчет соотношений элементов питания в надземной части растений озимой пшеницы в фазу полной спелости показывает, что соотношение N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O на контрольном варианте составило 1.0:0.3:0.8, а при внесении удобрений в пониженной дозе, например, нитроаммофоски (30 кг д.в./га), оно изменяется до 1.0:0.4:1.0. Следует отметить, что соотношение элементов питания в растениях озимой пшеницы в фазу полной спелости в варианте с максимальным урожаем (N60P60K60 «Кемира») составило 1.0:0.4:1.2.

Проанализировав индексы разбалансированности, рассчитанные по системе ИСОД, следует отметить, что уже в начальной стадии развития растения озимой пшеницы испытывали недостаток азота, фосфора и калия, особенно на контрольном варианте и при внесении удобрений в низких дозах. В дальнейшем на тех же вариантах установлен острый дефицит азота и пониженное содержание фосфора и калия в надземной массе растений.

Применение минеральных удобрений достоверно повысило урожайность зерна озимой пшеницы во

всех вариантах опыта, кроме варианта с внесением НАФК в дозе 30 кг д.в./га (табл. 6). В целом, следует отметить низкую эффективность применения НАФК в год проведения опыта. Сравнивая между собой эффективность НАФК и «Кемиры», необходимо отметить положительное влияние микроэлементов, входящих в состав второго удобрения, как при внесении 60, так и 30 кг д.в./га (прибавка по сравнению с НАФК составила 0.80 и 0.72 т/га соответственно).

С применением удобрений уменьшилось отношение массы соломы к массе зерна. Это позволило на удобренных вариантах сформировать больший урожай основной продукции. Между указанными показателями отмечена обратная зависимость ( $r = -0.54$ ). На удобренных вариантах максимальная масса соломы получена в варианте с внесением N60P60K60 - НАФК, в котором также была самая большая высота растений в фазу полной спелости. Соответственно, и отношение массы соломы к массе зерна в этом варианте уменьшилось не сильно по сравнению с контролем.

Изучаемые удобрения оказали положительное влияние не только на урожай, но и на его качество (табл. 7). По количеству клейковины полученное зерно относится к третьему классу, а в варианте с внесением N60P60K60 - НАФК – ко второму классу. Содержание белка в зерне было выше при внесении нитроаммофоски. Установлено, что содержание белка в зерне определялось обеспеченностью почвы элементами питания. Наибольшая корреляция выявлена между количеством белка в зерне и содержанием подвижного калия в почве ( $r = 0.67$ ). Кроме того, отмечена прямая зависимость между содержанием белка и количеством стеблей на одно растение в фазу кущения озимой пшеницы ( $r = 0.59$ ).

Таким образом, результаты сезона 2008-09 гг. свидетельствуют о том, что внесение с осени комплексных минеральных удобрений, содержащих микроэлементы (а также небольшое количество серы),

позволяет существенно увеличить урожайность озимой пшеницы по сравнению с традиционно применяемой нитроаммофоской (16:16:16). Тем не менее, максимальное содержание клейковины и белка в зерне в нашем опыте достигалось при применении нитроаммофоски.

Божков Д.В. – аспирант; e-mail: bozhkov-dmitrii@mail.ru.

Бирюкова О.А. – доцент, доктор сельскохозяйственных наук; e-mail: olga\_alexan@mail.ru.

Кафедра почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета (г. Ростов-на-Дону).

Авторы признательны региональному директору Международного института питания растений по Югу и Востоку России В.В. Носову за ряд комментариев при подготовке статьи.

## Литература

- Долгополова Н.В., Скрипни В.А., Шеринёва О.М. и Алябьева Ю.В. 2009. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии, 5: 52-56.
- Найденов А.С., Захаров Б.А. и Леплявченко Л.И. 1994. Агротехника, 2: 13-20.
- Губашиев Б.Х. 2000. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от почвенно-климатических условий и уровня минерального питания в Кабардино-Балкарской Республике. Автореф. дис. ... к. с.-х. наук. Нальчик.
- Хачидзе А.С., Волощенко В.С., Гогмачадзе Г.Д. 2010. АгроЭкоИнфо, 2: 3-8.
- Бирюкова О.А. 2011. Интегрированная диагностика плодородия чернозема обыкновенного Нижнего Дона: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Ростов-на-Дону.
- Шафран С.А. 2000. Диагностика азотного питания зерновых культур и определение потребности в азотных удобрениях. РАСХН, Москва. 66 с.

# Влияние разных приемов внесения цинка под озимую тритикале в условиях южной лесостепи Западной Сибири

Павлова Е.Ю., Бобренко И.А., Гоман Н.В.

*В полевых опытах, проведенных на лугово-чернозёмной почве в Омской области, установлено, что растения озимой тритикале положительно отзываются на применение цинковых удобрений. В статье показано и проанализировано изменение урожайности и качества зерна данной культуры в зависимости от способа и дозы внесения цинковых удобрений в условиях недостаточного содержания подвижного цинка в почве.*

Поиск новых источников получения продуктов питания, а также способов повышения продуктивности сельскохозяйственных культур в настоящее время имеет большое практическое значение. Важнейшей задачей сельского хозяйства страны является увеличение производства растительного белка и улучшение качества продукции зерновых культур. При этом ключевая роль принадлежит минеральным удобрениям, в том числе и микроудобрениям, применение которых, по многочисленным данным (Бобренко и др., 2011а, 2011б), является эффективным приемом повышения урожайности и качества зерна возделываемых зерновых культур. Трудность использования микроудобрений состоит в том, что их дозы гораздо ниже, чем макроудобрений, а требования к равномерности внесения – выше.

Озимая тритикале (Triticale) – перспективная зерновая культура. По сравнению с зерном озимой пшеницы в зерне тритикале содержится больше такой важнейшей незаменимой аминокислоты, как лизин, которой в белке чаще всего не хватает. По хлебопекарным качествам тритикале уступает мягкой пшенице, однако, благодаря своим особенностям, тритикале может с успехом использоваться для производства так называемого «белого» ржаного хлеба, кондитерских и кулинарных изделий из пресного теста, где важна питательная ценность, а качество

клейковины не играет роли (Сечняк, 1984).

По данным агрохимического обследования пахотных почв Омской области, в первом минимуме часто находится цинк. Низкое содержание подвижного цинка выявлено на 2.9 млн. га, что составляет 99% обследованной площади пашни в регионе. Как правило, лугово-черноземные почвы недостаточно обеспечены и подвижными формами фосфора. Однако при внесении фосфорных удобрений в почву подвижность цинка снижается, и коэффициент его использования из почвы уменьшается. Таким образом, сбалансированное применение цинковых удобрений под зерновые культуры очень важно для оптимизации минерального питания растений с целью получения высокого урожая зерна с высокими показателями качества (Красницкий, 2002). Повышение эффективности внесения цинковых удобрений непосредственно под озимую тритикале является одним из актуальных вопросов увеличения продуктивности этой культуры на лугово-черноземных почвах южной лесостепи Западной Сибири (Красницкий, 1999; Орлова, 2007).

Цель нашего исследования – установление наиболее эффективных способов и доз внесения цинковых удобрений под озимую тритикале в условиях подзоны южной лесостепи Омской области. Данная подзона характеризуется среднегодовым количеством осадков

**Таблица 1.** Влияние основного внесения цинковых удобрений (кг Zn/га) на урожайность и качество зерна озимой тритикале на лугово-черноземной почве.

Вариант опыта	Урожайность зерна, т/га					Прибавка		Натура, г/л	Стекло-видность, %	Белок, %	Число падения, сек.
	2008	2009	2010	2011	Среднее	т/га	%				
N <sub>30</sub>	2.58	1.30	2.03	3.15	2.27	-	-	604	50	16.3	63
+ Zn <sub>4</sub>	2.71	1.47	2.41	3.75	2.59	0.32	14	637	50	16.5	63
+ Zn <sub>8</sub>	2.79	1.37	2.70	3.86	2.68	0.41	18	639	50	16.9	63
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub>	2.94	2.29	2.13	4.28	2.91	-	-	635	50	16.4	64
+ Zn <sub>4</sub>	3.23	2.38	2.59	4.33	3.13	0.22	8	638	50	16.6	63
+ Zn <sub>8</sub>	3.05	2.87	2.93	4.33	3.30	0.39	13	641	49	16.8	63
HCP <sub>0.05</sub>	0.16	0.13	0.13	0.11							

Примечание: для качественных показателей зерна даны средние значения за 4 года.

за вегетационный период в 135 мм. Исследования проводились в 2007-2011 гг. на опытных полях Сибирского НИИ сельского хозяйства на лугово-черноземной среднемошной среднегумусовой тяжелосуглинистой почве. В среднем по годам исследований в 30-сантиметровом слое почвы опытных участков исходное содержание нитратного азота и подвижного фосфора в вытяжке 2% CH<sub>3</sub>COOH (Ермохин, 1995) было средним (соответственно 8.0 мг N-NO<sub>3</sub>/кг почвы и 9.1 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/кг почвы), подвижного калия в той же вытяжке – высоким (59.0 мг K<sub>2</sub>O/кг почвы), подвижного цинка (вытяжка CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> с pH 4.8) – низким (0.6 мг Zn/кг почвы). Возделывали озимую тритикале сорта «Сибирский». Площадь делянки – 16 м<sup>2</sup>, повторность – 3-х кратная. Предшественник – чистый пар. Азотные и калийные удобрения (аммиачная селитра и хлористый калий) вносились под основную обработку почвы, фосфорные удобрения (двойной суперфосфат) вносились в рядки с семенами при посеве. Изучалось два способа внесения сульфата цинка – внесение под основную обработку почвы и опудривание семян перед посевом.

За годы исследований урожайность зерна в варианте опыта с внесением только азотных удобрений варьировала от 1.30 до 3.15 т/га и в среднем составила 2.27 т/га (табл. 1). Действие цинковых удобрений на продуктивность озимой тритикале во многом зависело от метеорологических условий года и дозы микроудобрений. Возрастающие дозы цинковых удобрений при внесении в почву на фоне приме-

нения азотных удобрений положительно повлияли на продуктивность озимой тритикале – во все годы исследований были получены достоверные прибавки урожая зерна. При внесении цинковых удобрений в дозах 4 и 8 кг Zn/га прибавки урожая зерна в среднем за 4 года составили соответственно 0.32 т/га (14%) и 0.41 т/га (18%).

При средней обеспеченности лугово-черноземной почвы подвижным фосфором было установлено значительное увеличение урожайности озимой тритикале при улучшении условий фосфорного питания. При внесении в почву фосфорных удобрений в дозе 60 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/га на фоне применения азотных удобрений прибавка урожая зерна в среднем за годы исследований составила 0.64 т/га или 28% (табл. 1). Важно отметить, что в условиях вегетационного периода 2008-2009 гг., который отличался недостаточной теплообеспеченностью и избыточным количеством выпадающих осадков, применение фосфорных удобрений было наиболее эффективно – прибавка урожая зерна составила 0.99 т/га или 76%.

На фоне применения азотных и фосфорных удобрений (вариант N30P60) цинковые удобрения, внесенные в почву в дозах 4 и 8 кг Zn/га, повышали урожай зерна в среднем за 4 года соответственно на 0.22 и 0.39 т/га или на 8 и 13% (табл. 1). В наших опытах максимальная средняя урожайность озимой тритикале (3.30 т/га) была получена в варианте с внесением в почву минеральных удобрений в дозе

**Таблица 2.** Влияние обработки семян цинковыми удобрениями (г ZnSO<sub>4</sub>/ц семян) на урожайность и качество зерна озимой тритикале на лугово-черноземной почве.

Вариант опыта	Урожайность зерна, т/га					Прибавка		Натура, г/л	Стекло-видность, %	Белок, %	Число падения, сек.
	2008	2009	2010	2011	Среднее	т/га	%				
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub>	2.94	2.29	2.13	4.28	2.91	-	-	635	50	16.6	64
+ Zn <sub>50</sub>	2.99	2.48	2.19	4.26	2.98	0.07	2	640	49	16.6	63
+ Zn <sub>100</sub>	3.64	2.60	2.31	4.10	3.16	0.25	9	641	50	17.0	63
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3.04	2.33	2.04	4.30	2.93	-	-	638	50	16.7	63
+ Zn <sub>50</sub>	3.14	2.71	2.25	4.32	3.11	0.18	6	640	50	16.7	63
+ Zn <sub>100</sub>	2.94	2.88	2.47	4.36	3.16	0.23	8	641	50	17.1	63
HCP <sub>0.05</sub>	0.14	0.13	0.11	0.13							

Примечание: для качественных показателей зерна даны средние значения за 4 года.

N30P60Zn8. Следовательно, высокая урожайность зерна в изученных почвенно-климатических условиях достигается при сбалансированном питании растений азотом, фосфором и цинком.

В последние два года мы ввели в схему опытов варианты с внесением в почву повышенной дозы цинковых удобрений, равной 12 кг Zn/га (на обоих фонах – N30 и N30P60), но это не привело к дальнейшему росту урожайности озимой тритикале по сравнению с вариантами, где цинк вносился в почву в дозе 8 кг Zn/га (данные не представлены). Таким образом, оптимальной дозой цинковых удобрений при почвенном внесении является доза в 8 кг Zn/га.

Опудривание семян сульфатом цинка в дозах 50 и 100 г ZnSO<sub>4</sub>/ц семян в целом было менее эффективно по сравнению с почвенным внесением данной формы цинкового удобрения. Так, на фоне применения N30P60 обработка семян сульфатом цинка в среднем за годы исследований повышала урожайность на 2-9% (табл. 2).

Анализ данных по урожайности озимой тритикале в вариантах опыта с внесением полного минерального удобрения (N30P60K60) позволяет сделать вывод о том, что применение калийных удобрений на лугово-черноземной почве неэффективно (табл. 2). Однако тенденция к положительному действию калийных удобрений на урожайность зерна проявилась в условиях сезона 2007-2008 гг., который характеризовался малоснежной зимой и недобором осадков по многим месяцам.

Важно отметить, что эффективность обработки семян цинком на фоне внесения полного минерального удобрения (N30P60K60) была максимальной в условиях сезона 2008-2009 гг. (табл. 2), когда, как уже отмечалось, были недостаточная обеспеченность теплом и избыточное количество осадков. Прибавка урожая зерна при внесении минимальной дозы цинка (50 г ZnSO<sub>4</sub>/ц семян) в указанный сезон составила 0.38 т/га или 16%, а при внесении максимальной дозы цинка (100 г ZnSO<sub>4</sub>/ц семян) – 0.55 т/га или 24%. В среднем за годы исследований обработка семян цинком на фоне внесения N30P60K60 повышала урожайность зерна на 6-8%.

В последние два года мы ввели в схему опытов варианты с обработкой семян повышенной дозой цинковых удобрений в 150 г ZnSO<sub>4</sub>/ц семян (на обоих фонах – N30P60 и N30P60K60), но это не привело к росту урожайности зерна по сравнению с дозой в 100 г ZnSO<sub>4</sub>/ц семян (данные не представлены). Следовательно, оптимальной дозой цинковых удобрений при опудривании семян является доза, равная 100 г ZnSO<sub>4</sub>/ц семян.

Цинковые удобрения оказали наиболее сильное положительное влияние на качественные показатели зерна озимой тритикале при основном внесении в почву на азотном фоне (табл. 1). При этом повысилась натура зерна – с 604 до 639 г/л и увеличилось содержание белка в зерне – с 16.3 до 16.9% (в среднем за 4 года при внесении в почву 8 кг Zn/га). При улучшении условий фосфорного питания указанное положительное влияние почвенного внесения цинковых удобрений на качество зерна уменьшалось.

Опудривание семян цинком оказало небольшое положительное влияние на качественные характеристики зерна на фоне внесения азотно-фосфорных удобрений и полного минерального удобрения (табл. 2). Тем не менее, необходимо отметить, что максимальное количество белка в зерне озимой тритикале (17.1%) накапливалось в варианте с внесением N30P60K60 и опудриванием семян из расчета 100 г ZnSO<sub>4</sub>/ц семян.

В целом низкие значения показателя «число падения» (63-64 сек.) свидетельствует о высокой активности фермента альфа-амилазы и накоплении продуктов расщепления крахмала в зерне озимой тритикале сорта «Сибирский», что придает липкость хлебному мякишу.

Таким образом, полученные нами данные свидетельствуют о том, что цинковые удобрения оказывают существенное положительное влияние на урожайность и качество зерна озимой тритикале, возделываемой на лугово-черноземной почве в условиях южной лесостепи Западной Сибири. В изученных почвенно-климатических условиях было установлено, что внесение цинка в почву в целом является более эффективным способом повышения урожайности озимой тритикале по сравнению с опудриванием семян. Оптимальная доза цинка при внесении в почву составила 8 кг Zn/га, а при опудривании семян – 100 г ZnSO<sub>4</sub>/ц семян.

*Павлова Е.Ю. – студентка магистратуры, кафедра агрохимии; e-mail: www.elena.ru.09@mail.ru.*

*Бобренко И.А. – декан факультета агрохимии, почвоведения и экологии, доктор сельскохозяйственных наук; e-mail: bobrenko67@mail.ru.*

*Гоман Н.В. – заведующая кафедрой агрохимии, кандидат сельскохозяйственных наук; e-mail: nera@mail.ru.*

*Омский государственный аграрный университет.*

*Авторы признательны региональному директору Международного института питания растений по Югу и Востоку России В.В. Носову за ряд комментариев при подготовке статьи.*

## Литература

- Бобренко И.А., Гоман Н.В., Попова В.И. и Болдышева Е.П. 2011а. Омский научный вестник, 1 (104): 246-250.*
- Бобренко И.А., Красницкий В.М., Гоман Н.В. и Попова В.И. 2011б. Плодородие, 4: 18-19.*
- Сечняк Л.К. и Сулима Ю.Г. 1984. Тритикале. М.: Колос. 317 с.*
- Красницкий В. М. 2002. Агрохимическая и экологическая характеристики почв Западной Сибири, Омск: Изд-во ОмГАУ. 144 с.*
- Красницкий В.М. 1999. Агрохимическая характеристика и плодородие почв Омской области. Омск. 51 с.*
- Орлова Э.Д. 2007. Микроэлементы в почвах и растениях Омской области и применение микроудобрений. Омск: Изд-во ОмГАУ. 76 с.*
- Ермохин Ю.И. 1995. Диагностика питания растений. Омск: Изд-во ОмГАУ. 208 с.*



# Эффективность некорневых подкормок озимой пшеницы микроэлементами в условиях Западного Предкавказья

Яковлева Е.А., Лебедовский И.А.

*В статье приводятся результаты исследований по изучению некорневых подкормок озимой пшеницы хелатными комплексами цинка, меди, марганца, кобальта и минеральными формами бора и лития. Установлено, что проведение некорневой подкормки микроудобрениями в фазу весеннего кущения способствует повышению урожайности и качества зерна озимой пшеницы в результате более эффективного использования растениями азота, фосфора и калия из почвы.*

В условиях оптимизации минерального питания растений возрастает значимость не только макроудобрений, но и удобрений, содержащих мезо- и микроэлементы (Шеуджен, 2003). Во многих исследованиях, проведенных на разных сельскохозяйственных культурах и в разных почвенно-климатических условиях, было показано, что использование для некорневых подкормок хелатных комплексов микроэлементов с органическими лигандами наиболее эффективно по сравнению с неорганическими солями микроэлементов (Гайсин, Хисамеева, 2007).

Для изучения эффективности удобрения, содержащего хелатные комплексы микроэлементов, мы провели в 2010-2011 гг. полевой опыт в учхозе «Кубань» Кубанского госагроуниверситета (г. Краснодар). Почва опытного участка – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках. Площадь опытной делянки – 44 м<sup>2</sup> (27.5 м × 1.6 м), повторность опыта – трехкратная. Выращивался сорт озимой пшеницы Краснодарская 99. Обработка полученных данных выполнялась методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985). Погодные условия за время проведения опыта были достаточно благоприятными.

Исходное содержание подвижных форм микроэлементов в почве, извлекаемых ацетатно-аммонийным буферным раствором (рН 4.8), было следующим (мг/кг почвы): Zn – 1.5, Cu – 0.1, Mn – 45.3 и Co – 0.04. Таким образом, почва была в основном низко обеспечена подвижными формами цинка, меди и кобальта и достаточно обеспечена подвижными соединениями марганца. Содержание нитратного азота в почве перед закладкой опыта составило 18.7 мг N-NO<sub>3</sub>/кг, а содержание подвижных форм фосфора и калия (по Чирикову) – 110 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/кг и 175 мг K<sub>2</sub>O/кг соответственно.

Схема опыта представлена в **табл. 1**, где также приведены используемые сокращения для вариантов опыта. Осенью перед посевом вносили основное удобрение в дозе N40P30K20. Азотную подкормку аммиачной селитрой в дозе N40 проводили в фазу весеннего кущения. Некорневые подкормки микроэлементами (Zn, Cu, Mn, Co, B и Li) с хелатирующим агентом проводили в фазы весеннего кущения и выхода в трубку – колошения из расчета 1 и 2 л/га рас-

створа хелатирующего агента и также 1 и 2 л/га раствора микроэлементов. В качестве хелатирующего агента был использован разработанный в Кубанском госагроуниверситете препарат (опытный образец), который представляет собой смесь физиологически активных органических кислот, образующих координационные связи с микроэлементами (Zn, Cu, Mn и Co) при определенных значениях рН раствора. В качестве минеральных солей использовали сульфаты цинка (II), меди (II), марганца (II), кобальта (II) и лития (I); бор применяли в виде борной кислоты. Концентрация хелатирующего соединения в растворе была эквивалентна содержанию вышеуказанных хелатообразующих микроэлементов. Объем рабочего раствора – 200 л/га. Обработку проводили ранцевым опрыскивателем.

Результаты проведенных исследований показали высокую эффективность азотной подкормки на посевах озимой пшеницы (**табл. 2**). Так, применение только основного удобрения в дозе N40P35K30 обеспечило получение урожайности зерна на уровне 4.40 т/га. Азотная подкормка в фазу кущения способствовала повышению урожайности на 0.58 т/га или на 13%, что объясняется низкой нитрифицирующей активностью чернозема выщелоченного (Шеуджен и др., 2007).

Внесение хелатирующего агента в фазу кущения в дозе 1 л/га немного увеличило урожайность озимой пшеницы по сравнению с фоном – на 0.13 т/га или на 3%, однако данное увеличение не было статистически значимым. Применение одного хелатирующего соединения в фазу выхода в трубку оказалось неэффективным.

Результаты опыта в целом свидетельствуют о высокой эффективности некорневых подкормок хелатными комплексами микроэлементов (Zn, Cu, Mn и Co) и минеральными соединениями бора и лития. При этом прибавка урожая зерна озимой пшеницы по сравнению с фоном составила от 0.27 до 1.25 т/га или от 5 до 25%. Низкая обеспеченность чернозема выщелоченного подвижными формами микроэлементов во многом объясняет положительное действие некорневых подкормок микроэлементами на урожайность озимой пшеницы. Следует отметить, что максимальная эффективность некорневой подкормки хелатными комплексами микроэлементов (с добавлением соединений B и Li) была отмечена



Варианты опыта		Сокращения
N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub> (с осени)		N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>
N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub> (с осени) + N <sub>40</sub> (весной в фазу кушения) – фон		N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub> + N <sub>40</sub> – фон
+ хелатирующий агент в фазу кушения в дозе 1 л/га		+ ХА 1 л/га (кушение)
+ хелатирующий агент в фазу выхода в трубку – колошения в дозе 1 л/га		+ ХА 1 л/га (выход в трубку)
+ хелатирующий агент + микроэлементы в фазу кушения в дозе 1 л/га		+ ХА + МЭ 1 л/га (кушение)
+ хелатирующий агент + микроэлементы в фазу выхода в трубку – колошения в дозе 1 л/га		+ ХА + МЭ 1 л/га (выход в трубку)
+ хелатирующий агент + микроэлементы: 2 подкормки в фазы кушения и выхода в трубку – колошения в дозе 1 л/га		+ ХА + МЭ 1 л/га (кушение + выход в трубку)
+ хелатирующий агент + микроэлементы в фазу кушения в дозе 2 л/га		+ ХА + МЭ 2 л/га (кушение)
+ хелатирующий агент + микроэлементы в фазу выхода в трубку – колошения в дозе 2 л/га		+ ХА + МЭ 2 л/га (выход в трубку)

при обработке двойной дозой (2 л/га) в фазу кушения озимой пшеницы, поскольку в этой фазе увеличивается потребление элементов питания из почвы растениями. Другие приемы использования микроэлементов были менее эффективны по сравнению с подкормкой двойной дозой в фазу кушения. Однако все они достоверно повышали урожайность озимой пшеницы по сравнению с фоном, за исключением обработки в фазу выхода в трубку – колошения в дозе 1 л/га.

В проведенном опыте были также изучены показатели качества зерна озимой пшеницы. Испытуемое микроудобрение оказало положительное влияние на содержания клейковины и белка в зерне (табл. 2). Так, в контрольном и фоновом вариантах опыта количество клейковины в зерне составило 18.0 и 18.5%, а белка – 11.8 и 11.9% соответственно, что значительно уступает вариантам опыта, где проводились некорневые подкормки разработанным нами поликомпонентным микроудобрением. Особенно сильно эффективность данного микроудобрения проявилась при обработке растений в

фазу кушения в дозе 1 л/га. При этом сформировалось зерно с максимальным количеством клейковины и белка – 23.0 и 13.7% соответственно. Все остальные приемы некорневых обработок хелатными комплексами микроэлементов (с добавлением соединений В и Li) также оказали достоверное влияние на содержание клейковины в зерне озимой пшеницы по сравнению с фоном, но содержание белка достоверно увеличивалось только при использовании дозировки в 1 л/га. В целом, внесение двойной дозы изученного микроудобрения (2 л/га) как в фазу весеннего кушения, так и в фазы выхода в трубку – колошения оказывало меньшее влияние на качество зерна по сравнению с обработкой одинарной дозой.

Содержание азота, фосфора и калия в зерне озимой пшеницы достоверно повышалось практически во всех вариантах с применением микроэлементов (табл. 3). Следовательно, при использовании разработанных нами микроудобрений обеспечивается сбалансированное питание растений, которое позволяет им более эффективно использовать азот,

**Таблица 2.** Урожайность и качество зерна озимой пшеницы при некорневых подкормках микроэлементами.

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка урожайности к фону		Клейковина	Прибавка клейковины к фону	Белок	Прибавка белка к фону
		т/га	%				
N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	4.40	-	-	18.0	-	11.8	-
N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub> + N <sub>40</sub> – фон	4.98	-	-	18.5	-	11.9	-
+ ХА 1 л/га (кушение)	5.11	0.13	3	20.6	2.1	12.7	0.8
+ ХА 1 л/га (выход в трубку)	4.97	-0.01	0	19.7	1.2	12.6	0.7
+ ХА + МЭ 1 л/га (кушение)	5.57	0.59	12	23.0	4.5	13.7	1.8
+ ХА + МЭ 1 л/га (выход в трубку)	5.25	0.27	5	21.6	3.1	13.2	1.3
+ ХА + МЭ 1 л/га (кушение + выход в трубку)	5.48	0.50	10	21.1	2.6	13.2	1.3
+ ХА + МЭ 2 л/га (кушение)	6.23	1.25	25	20.7	2.2	12.8	0.9
+ ХА + МЭ 2 л/га (выход в трубку)	5.39	0.41	8	20.5	2.0	12.9	1.0
НСР <sub>0.05</sub>	0.39			1.8		1.2	

**Таблица 3.** Содержание и вынос макроэлементов с урожаем зерна озимой пшеницы Краснодарская 99.

Вариант	Содержание в зерне, %*			Вынос с урожаем зерна, кг/га		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	2.07	1.02	1.30	91	45	57
N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub> + N <sub>40</sub> – фон	2.08	1.00	1.20	104	50	60
+ ХА 1 л/га (кущение)	2.39	1.10	1.60	122	56	82
+ ХА 1 л/га (выход в трубку)	2.40	1.05	1.50	119	52	75
+ ХА + МЭ 1 л/га (кущение)	2.40	1.30	1.50	134	72	84
+ ХА + МЭ 1 л/га (выход в трубку)	2.31	1.15	1.70	121	60	89
+ ХА + МЭ 1 л/га (кущение + выход в трубку)	2.33	1.21	1.30	128	66	71
+ ХА + МЭ 2 л/га (кущение)	2.14	1.30	1.95	133	81	121
+ ХА + МЭ 2 л/га (выход в трубку)	2.26	1.25	1.50	122	67	81
HCP <sub>0.05</sub>	0.15	0.10	0.12	-	-	-

\* При стандартной влажности зерна (14%)

фосфор и калий из почвы. Важно отметить, что содержание азота в зерне в ряде вариантов опыта с подкормкой микроэлементами увеличивалось в 1.2 раза, что, безусловно, положительно отразилось на формировании белка.

На основании полученных данных по содержанию основных макроэлементов в зерне и урожайности озимой пшеницы был рассчитан вынос азота, фосфора и калия с урожаем зерна. Как видно из табл. 3, вынос азота с урожаем зерна в проведенном опыте достигал 134 кг N/га, фосфора – 81 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/га, а калия – 121 кг K<sub>2</sub>O/га. Установлено, что высокая обеспеченность почвы подвижными соединениями фосфора и калия повышает белковость зерна озимой пшеницы и содержание клейковины (Подколзин, 2000), поэтому необходимо обеспечивать сбалансированное питание растений всеми элементами минерального питания. При одностороннем использовании только азотных удобрений дефицит фосфора и калия в почве увеличивается.

Таким образом, изучение эффективности разработанного нами микроэлементного состава, который представляет собой хелатный комплекс цинка, меди, марганца и кобальта с органиче-

скими лигандами с добавлением минеральных соединений бора и лития, позволяет сделать два основных вывода. Во-первых, для повышения урожайности озимой пшеницы некорневую подкормку растений данным микроудобрением необходимо проводить в фазу весеннего кушения в дозе 2 л/га. Во-вторых, для максимального улучшения качества зерна озимой пшеницы – повышения содержания белка и клейковины изученное микроудобрение эффективнее всего применять также в фазу весеннего кушения, но уже в одинарной дозе – 1 л/га.

Яковлева Е.А. – аспирантка;  
e-mail: alyona\_alexs@mail.ru.

Лебедовский И.А. – доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: ivanagro@mail.ru.

Кафедра агрохимии, Кубанский государственный аграрный университет (г. Краснодар).

Авторы благодарны региональному директору Международного института питания растений по Югу и Востоку России Носову В.В. за помощь в подготовке статьи.

## Литература

- Шеуджен А.Х. 2003. Биогеохимия. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея». 1028 с.
- Гайсин И.А., Хисамеева Ф.А. 2007. Полифункциональные хелатные микроудобрения. Казань: ИД «Меддок». 230 с.
- Доспехов Б.А. 1985. Методика проведения полевого опыта. М.: Агропромиздат. 416 с.
- Шеуджен А.Х., Куркаев В.Т. и Онищенко Л.М. 2007. Региональная агрохимия. Северный Кавказ. Краснодар: КубГАУ. 502 с.
- Подколзин А.И. 2000. Удобрение и продуктивность озимой пшеницы. М.: Изд-во МГУ. 193 с.



Экспериментальные делянки полевого опыта с озимой пшеницей.

# Влияние селеновых удобрений на рост и развитие ярового ячменя

Долгодворова А.П., Воронина Л.П.

*Обогащение селеном продуктов питания становится все более актуальным при выращивании продукции растениеводства в условиях недостатка или отсутствия селена в почве. Данный микроэлемент крайне необходим для здоровья человека в малых количествах. Помимо этого, селен положительно влияет на рост и развитие зерновых культур, а также нивелирует действия неблагоприятных факторов среды. В данной статье приведены результаты исследования действия разных концентраций селена на рост, развитие ярового ячменя в зависимости от уровня содержания элементов минерального питания в почве.*

Селен играет в метаболизме человека заметную роль (Голубкина, Папазян, 2005; Ермаков, Ковальский, 1974; Golubkina, 2007). Он входит в состав специфических селенопротеинов: глутатионпероксидазы, селенопротеина Р, 5-йодотирониндейодиназы, тиоредоксинредуктазы, поэтому он отвечает за каталитическую реакцию распада перекиси водорода в клетке, нейтрализует токсическое действие тяжелых металлов (свинца и ртути), поддерживает окислительно-восстановительный гомеостаз в клетке, влияет на метаболизм йода (Лябушева, 2004). Рекомендованная суточная норма селена по данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) для взрослого мужчины составляет 40 мкг, а для женщины – 30 мкг/кг в сутки. Безопасный уровень потребления с пищей достигает 400 мкг/день (Department of Health, 1991).

Показано, что прогрессирующий дефицит данного элемента в растительных кормах и пище человека во многих странах мира и отдельных регионах Российской Федерации - одна из причин нескольких десятков тяжелых заболеваний, включая сердечно-сосудистые и онкологические, а также инфаркт миокарда, инсульт, диабет, тяжелые поражения печени и расстройства половой системы, иммунодефицит, болезнь Кашина-Бека (Вихрева, 2011; Yang, Zhu, 1987).

Дефицит селена в сельскохозяйственной продукции связан с его низким содержанием или отсутствием в почве (Постников, Илларионова, 1991; Лябушева, 2004). Наиболее селенодефицитные почвы в России распространены в Центральном и Северо-Западном округах (Golubkina, 2007). Содержание селена в растениях зависит в первую очередь от его аккумуляции в почве и наличия доступных форм для растений. В России в пшеничной муке, идущей на приготовление хлеба, среднее содержание селена составляет 117 мкг/кг, при этом средний уровень потребления данного элемента человеком с крупяными изделиями составляет 35 мкг/кг в день. Содержание селена в зерне пшеницы, выращенной в России колеблется в пределах от 10 до 240 мкг/кг (Golubkina, 2007). Результаты наших полевых исследований, выполненных на опытных полях Подмосковья, свидетельствуют о том, что в зерне яровой пшеницы, содержание селена составляет 80-85 мкг/кг, а в зерне ячменя – 100-115 мкг/кг. Для оптимального суточного поступления селена в организм человека

при потреблении продуктов питания из этих культур, содержание этого элемента в зерне должно составлять 200-600 мкг/кг (Golubkina, 2007). Поэтому для некоторых культур и регионов рекомендовано применение и установлены дозы селеносодержащих удобрений для поддержания его максимально допустимого уровня (МДУ) в растении. Например, для овса, МДУ составляет 500 мкг/кг, и доза удобрения при внесении в почву не должна превышать 480 г/га (селенит натрия) или 240 г/га (селенат натрия). Для гороха доза удобрения селената натрия составляет 90 г/га, чтобы обеспечить содержание селена в растении 600 мкг/кг (Ковалевич, Головатый, 2010).

Обогащение селеном продуктов питания - одна из важных задач сельского хозяйства. Однако применение данного микроэлемента необходимо не только для обеспечения селеном растений, животных и человека, но и для повышения устойчивости сельскохозяйственных культур к неблагоприятным факторам, а также для увеличения урожайности (Вихрева, Лебедева, 2009). В лабораторных и полевых исследованиях выявлено положительное действие селеносодержащих соединений на стрессоустойчивость зерновых культур к неблагоприятным факторам среды – засухе, недостатку влаги, дефициту воды в воздухе, засоленности почвы, гипертермии, кислой реакции почвенного раствора (Вихрева, 2011; Серегина, 2007; Скрыпник, 2009; Prasad, 1994; Alseber, 1989), а также положительное влияние селеносодержащих удобрений на продуктивность зерновых культур (Нимажалова, Абашеева, 2009; Денисенко, 2007; Ревенский и др., 2007; Щукин, Громов, 2005). Воздействие селена на рост и развитие растений зависит от используемых форм селеносодержащих удобрений и способов их внесения. Роль селена в регуляции жизнедеятельности растений остается недостаточно изученной.

Для оценки действия разных форм селенового удобрения мы использовали метод фитотестирования на чашках Петри. Семена маша (*Vigna radiata* L.) замачивали на сутки в растворе селенита и селената натрия в интервале концентраций 0.0001% - 0.001%. Эффективность действия удобрений оценивалась по снижению или увеличению длины корней и coleoptилей проростков (табл. 1).

В наших опытах наиболее активной формой удобрения был селенит натрия, что подтверждается данными и других исследователей (Голубкина, Папазян,



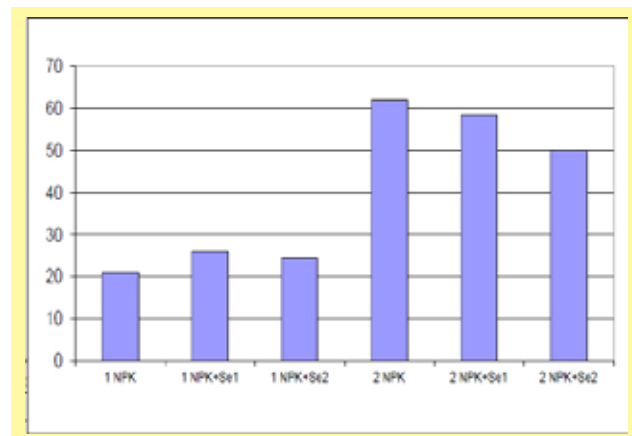
**Таблица 1.** Усреднённые данные по фитотестированию различных форм и концентраций селена (тест-культура - *Vigna radiata* L.)

Вариант	Длина корня. см	Длина колеоптиля. см
Контроль	6.1	3.8
Селенит Se 0.0001 %	6.3	4.5
Селенит Se 0.0005 %	5.3	3.6
Селенит Se 0.001 %	4.9	3.5
Селенат Se 0.0001%	6.6	3.8
Селенат Se 0.0005%	6.0	3.5
Селенат Se 0.001%	6.0	3.9
НСР <sub>0.20</sub>	0.91	0.45

2005). Это связано с тем, что в ходе метаболического пути селена в растении на первом этапе селенаты переходят в селениты с затратами энергии. Селениты включаются в состав селеносодержащих аминокислот, которые активно участвуют в белковом обмене клетки. Растению нужно затратить дополнительную энергию на превращения селенатов, поэтому селениты, в данном случае, являются более активной формой и сразу включаются в цепочку химических превращений. Раствор селенита в низкой концентрации 0.0001% достоверно стимулирует формирование колеоптиля, а в более высоких концентрациях угнетает рост корня.

В дальнейшем в вегетационных и полевых опытах селенит натрия использовался для изучения влияния селена на урожай и качество ярового ячменя сорта Раушан (*Hordeum vulgare* L.). Был применен способ поверхностной обработки растений (некорневая подкормка) в фазу кущения. Нужно отметить, что для поверхностной обработки растений предусмотрены более высокие концентрации, чем в условиях замачивания семян в растворе. Это объясняется повышенной чувствительностью семян к действию селена, как стимулирующего или угнетающего элемента роста, а также большим объемом растительного тела.

Для проведения вегетационного опыта использовались сосуды с дерново-подзолистой почвой массой 2 кг. Агрохимические показатели почвы следующие: содержание гумуса 2.3%, гидролитическая кислотность 2.8 мг-экв/100г, сумма обменных осно-



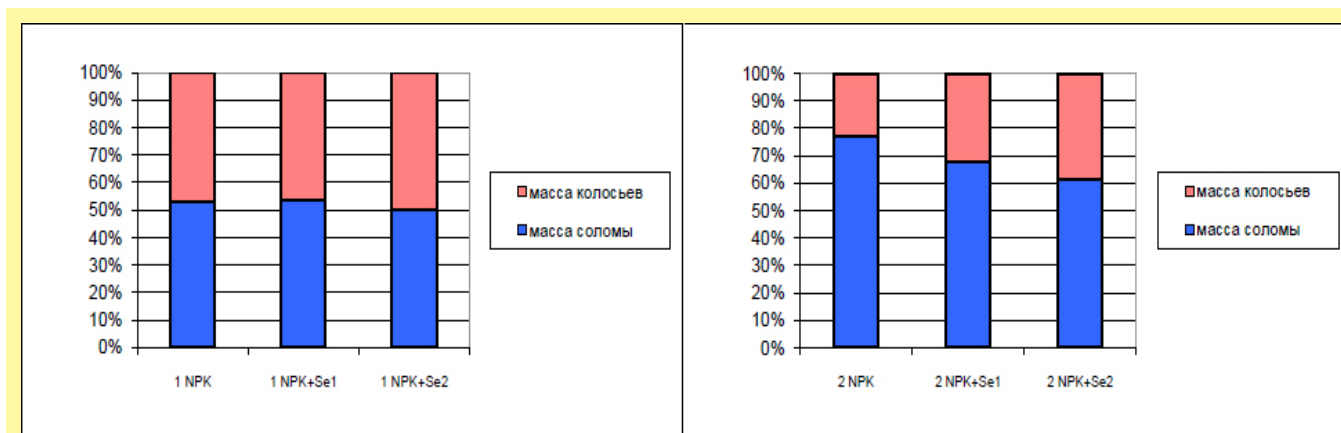
**Рис. 1.** Процентное содержание подгона у ярового ячменя по вариантам опыта (Se1 – 0.01%; Se2 – 0.05%).

ваний 22.8 мг-экв/100г, обменная кислотность 0.4 мг-экв/100г, рН<sub>Н<sub>2</sub>O</sub> – 5.54, содержание подвижных форм фосфора и калия составляло 197.3 мг /кг и 151.7 мг/кг почвы (по Кирсанову), что соответствовало высокому уровню обеспеченности почвы фосфором и повышенному – калием.

Варианты опыта следующие: 1) 1NPK (N100P100K100); 2) 1NPK + 0.01%Se; 3) 1NPK + 0.05%Se; 4) 2NPK (N200P200K200); 5) 2NPK + 0.01%Se; 6) 2NPK + 0.05%Se.

В ходе вегетационного опыта установлено влияние разных концентраций селена на рост, развитие и массу зерна ячменя в зависимости от содержания основных элементов минерального питания в почве.

Замечено, что избыток азота активно используется на рост и развитие вегетативной части растения, способствуя обильному кущению и подавлению формирования генеративных органов. Поэтому наливание и вызревание зерна в вариантах с высокой обеспеченностью основными элементами питания (2NPK) наступили позже. На рис. 1 представлены результаты по процентному содержанию подгона, образовавшегося позднее основных побегов в результате обильного кущения. Данные свидетельствуют о высоком проценте подгона на фоне 2NPK (50 – 60%), тогда как на фоне 1NPK масса подгона от общей массы составляет 20%. Однако, при обработке селеном происходит снижение этого показателя в опытных вариантах на фоне 2NPK, причем более существенное – при более высоких дозах



**Рис. 2.** Процентные соотношения массы соломы к массе колосьев на разных уровнях обеспеченности элементами питания при обработке селеном. (Se1 – 0.01%; Se2 – 0.05%).

**Таблица 2.** Результаты вегетационного опыта на яровом ячмене (усреднённые данные из расчета на сосуд).

Вариант	Количество, шт.			Масса, г			
	колос	побег	зерно	солома	колосья	зерно	1000 зерен
1NPK	9	19	149	8.4	7.4	6.2	41.6
1NPK+0.01%Se	9	18	140	8.8	7.6	5.9	42.1
1NPK+0.05%Se	10	18	142	7.6	7.6	6.0	42.3
HCP <sub>0.10</sub>	3.1	2.9	43.7	1.96	1.22	0.98	
2 NPK	9	32	72	11.6	3.45	3.1	43.1
2 NPK+0.01%Se	9	28	84	10.3	4.97	3.6	42.9
2 NPK+0.05%Se	8	25	102	8.6	5.42	4.3	42.2
HCP <sub>0.10</sub>	3.4	2.6	21.1	1.72	1.491	0.83	

Соотношение массы колосьев и соломы также выравнивается при обработке селеном и стремится к 1:1. Особенно ярко это выражено на фоне 2NPK, где изначально соотношение сильно сдвинуто в сторону массы соломы. Процентное содержание соломы в этом варианте от общей массы составляет около 80%, а в варианте 2NPK+ Se 0.05% оно снижается до 60% (рис. 2). Подобное наблюдалось в опытах И.И. Серegiной с яровой пшеницей сорта Иволга в варианте с увеличенной дозой основных элементов питания (NPK) (Серегина и др. 2001).

Такого рода изменения в структуре растений ячменя в ходе вегетации на фоне 2NPK привели к снижению не только массы колосьев, но и массы зерна в вариантах на высоком уровне минерального питания. При этом масса соломы выше, чем в вариантах на фоне 1NPK (табл. 2). Стимулирующее действие селена на массу колосьев и зерна установлено в условиях высокой обеспеченности элементами минерального питания почвы (или в условиях отклонения от оптимума), причем применение более высоких доз селена ведет к более выраженному положительному эффекту – масса зерна повышается на 39% (с 3.1 до 4.3 г). На фоне 1NPK отмечается тенденция к увеличению массы 1000 зёрен, что свидетельствует о повышении степени выполненности зерна, а на фоне 2NPK была противоположная тенденция по этому показателю.

Оптимальная обеспеченность почвы основными питательными элементами способствует повышению эффективности селенита натрия при выращивании ячменя как по результатам полевых, так и вегетационных опытов. Подобные наблюдения на зерновых культурах встречаются и у других авторов (Серегина, 2007; Вихрева и др., 2009). Эти данные подтверждают, что селен активно участвует в

**Таблица 3.** Влияние селенита натрия на количество и массу зерна ячменя *Hordeum vulgare* L (в расчете на учетный сноп - 25 растений).

Вариант	Количество, шт.		Масса, г		
	колос	зерно	сноп	колосья	зерно
NPK	26	282	66.3	18.0	12.5
NPK+0.01%Se	28	377	61.3	20.0	15.6
NPK+0.05%Se	36	469	96.3	33.3	22.5
HCP <sub>0.05</sub>	7.9	103.7	19.64	6.48	6.06

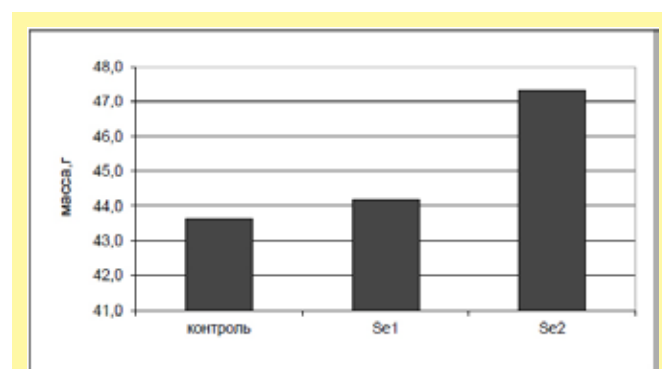
белковом обмене растений, а его присутствие в оптимальных количествах повышает эффективность использования азота растениями.

Полевой опыт с яровым ячменем сорта Раушан проводился на опытном участке УОПЕЦ «Чашниково» Солнечногорского района Московской обл.

Почва данной территории – окультуренная дерново-подзолистая среднесуглинистая. Агрохимическая характеристика почвы во время закладки опыта была следующей: рН<sub>н.о</sub> – 6.8; гумус –3.5%; содержание подвижных форм фосфора (по Кирсанову) – 31 мг/кг (низкий уровень обеспеченности) и подвижного калия (по Кирсанову) – 108 мг/кг почвы (средний уровень обеспеченности). Посев ячменя проведен сеялкой СЗ-3.6. Глубина заделки семян была 3 – 5 см. Комплексные минеральные удобрения внесены разбрасывателем РУМ-5 в дозе N30P40K40 перед посевом ячменя.

Результаты полевого опыта, представленные в табл. 3, свидетельствуют о положительном действии некорневой подкормки ярового ячменя селенитом натрия. Концентрация Se 0.05% привела к увеличению числа колосьев на 37%. Количество зерен увеличилось как при применении селена в концентрации 0.01% (на 34%), так и при концентрации селена 0.05% (на 66%). Установлен рост массы учетного снопа и зерна при некорневых подкормках селеном в более высокой концентрации – 0.05% (табл. 3).

Таким образом, некорневое применение селеносодержащего удобрения в фазу кущения ярового ячменя в концентрации 0.05% на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах увеличивает вегетативную массу растений, массу зерна в учетном снопе и массу 1000 зерен. Эффективность действия селеносодержащих удобрений зависит от уровня обеспеченности почвы основными элементами минерального питания. Необходимо подчеркнуть, что обогащение зерна селеном при использовании селеносодержащих



**Рис. 3.** Изменение массы 1000 зерен ячменя в полевом опыте (Se1 – 0.01%; Se2 – 0.05%)

удобрений позволяет улучшить здоровье населения в регионах страны, где наблюдается дефицит селена в почве.

Долгодворова А.П. – студентка 5 курса ;  
e-mail: Emildelfin@mail.ru

Воронина Л.П. – доктор биологических наук,  
ведущий научный сотрудник;  
e-mail: luydmila.voronina@gmail.com

Кафедра агрохимии и биохимии растений факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова;  
Авторы признательны региональному директору Международного института питания растений в Центральной России С.Е. Ивановой за помощь при подготовке статьи.

## Литература:

- Alseber R.G.: Biosynthesis and antioxidant function of glutathione in plants // *Physiol Plant.* – 1989.- Vol. 77.- pp. 457-464.  
Department of Health. Dietary reference values for food energy and nutrients for the United Kingdom. Report on Health and social subjects, N 41-HNSO. L., 1991.
- N. A. Golubkina: Selenium Accumulation by Cereals in Russia // *RUSSIAN AGRICULTURAL SCIENCES.* - 2007, Vol. 33, No. 5, pp. 288–291.
- Prasad T.K.: Evidence for chilling – induced oxidative stress in maize seedlings and a regulatory role for hydrogen peroxide // *Plant cell.*- 1994.- Vol.6.- pp. 65-74.
- Yang G.Q., Zhu L.Z., Liu J. Human selenium requirements in China// in Combs G.F., Spallholz J.E., Levander O.A., Oldfield J.E. eds. *Selenium in biology and medicine.*N.Y.-Van Nostrand Reinhold Co.-1987-P.589-607
- Вихрева В. А.: Эколого-агрохимические аспекты применения селена под зерновые культуры и козлятник на черноземах лесостепи среднего Поволжья: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук/ Владимир: 2011
- Вихрева В.А., Лебедева Т. Б., Клейменова Т.В.: Влияние селена на активность компонентов антиоксидантной системы растений // *Агрономия: Нива Поволжья.*- 2009.- №1.- с. 1-3.
- Голубкина Н.А., Папазян Т.Т.: Селен в России: растения, животные, человек / Москва: 2005.
- Денисенко Д.В.: Агроэкологическая эффективность применения селенового удобрения под рис: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук/ Краснодар: 2007.
- Ермаков В.В., Ковальский В.В.: Биологическое значение селена / Москва: Наука.- 1974.- с.298.
- Ковалевич З.С., Головатый С.Е. Накопление селена в зерне крупяных культур с использованием разных форм селеновых удобрений / *Весцінацыянальнай Акадэміі Навук Беларусі. Серыя Аграрных Навук.* -№3.- 2010.- с. 49-55.
- Лябушева О. А. Накопление элементов (В, Мо, Se, Zn) клетками цианобактерий: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук/ Москва: 2004.
- Нимажалова Т.Б., Абашеева Н.Е.: Влияние селена на продуктивность и качество сельскохозяйственных культур // *Растениеводство, селекция и семеноводство.*- 2009.- № 1(14).- с. 67-71.
- Постников А.В., Илларионова Э.С.: Новое в использовании селена в земледелии: обзорная информация/ Москва: 1991.
- Ревенский В.А. [и др.]: Влияние комплексного селен-цеолитового минерального удобрения пролонгирующего действия на урожай и качество зерна яровой пшеницы // *Агрохимия.* – 2007. – № 7. – С. 41–48.
- Серегина И.И., ВНИИА: Влияние селена на продуктивность яровой пшеницы в зависимости от азотного питания и водообеспечения // *Плодородие.* – 2007. – №5. – с. 15-17.
- Серегина И.И., Ниловская Н.Т., Остапенко Н.В.: Роль селена в формировании урожая зерна яровой пшеницы // *Агрохимия.*- 2001.- №1.- с. 44-50.
- Скрытник Л.Н.: Эколого-биохимические аспекты протекторной функции селена в растениях при окислительном стрессе: диссертация кандидата биологических наук / Калининград: 2009.
- Шукин В.Б., Громов А.А., Шукина Н.В.: Селен как экзогенный стимулирующий фактор в начальный период роста и развития растений озимой пшеницы // *Известия.*- 2005.- №7-1.- с. 107-110.

## Победители конкурса Scholar Award-2012

### Аргинбаева Алина Ахатовна



Алина Аргинбаева – студентка последнего курса факультета агротехнологий и агробизнеса Башкирского государственного аграрного университета.

На конкурс Алиной была представлена работа «Влияние способов основной обработки почвы и удобрений на показатели плодородия чернозема выщелоченного в южной лесостепи Республики Башкортостан». В 2013 году, после окончания обучения, она планирует поступать в магистратуру для продолжения работы по изучению влияния ресурсосберегающих приемов основной обработки почвы, включая прямой посев (No-Till), на показатели плодородия почвы и урожайность сельскохозяйственных культур.

Алина является обладательницей диплома за лучший доклад на IV Всероссийской студенческой конференции «Студент и аграрная наука» и благодарственного письма за отличную работу от ректора.



### Долгодворова Анастасия Павловна



Анастасия Долгодворова учится на 5 курсе факультета почвоведения Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова. Свою будущую профессию Анастасия намерена связать с сельскохозяйственными проектами страны, направленными на восстановление и поддержание плодородия почвы путем разумного применения минеральных и органических удобрений.

Тема ее научной работы, представленной на конкурс - «Влияние селена на биохимические показатели зерновых культур». Продолжение своей научной деятельности Анастасия видит в поиске путей улучшения обеспеченности почв селеном, а также другими микроэлементами, содержание которых в продуктах питания напрямую определяет здоровье человека.

Анастасия – обладательница почетных дипломов за участие в III Межвузовской конференции и участница XIX Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов – 2012».

### Яковлева Елена Александровна



Елена Яковлева в 2012 году закончила Кубанский государственный аграрный университет по специальности «Агрохимия и почвоведение» и поступила в аспирантуру на кафедру агрохимии.

Тема ее конкурсной работы «Оптимизация питания озимой пшеницы, выращиваемой на черноземе выщелоченном Северо-Западного Кавказа, путем применения инновационных хелатных комплексов микроэлементов».

Елена с первого курса участвует в научно-исследовательской работе, является соавтором трех публикаций и лауреатом трех конкурсов на лучшую студенческую научную работу.