

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЧЕРНОЗЕМЕ

С.В. Жиленко, к.с.-х.н., Кубанский ГАУ, В.Г. Сычёв, акад. РАН, ВНИИА

*Представлены результаты исследований по эффективности применения различных доз минеральных удобрений и предпосевной обработки семян озимого ячменя микроэлементами. Предпосевная обработка семян микроэлементами улучшает их посевные качества, увеличивает энергию прорастания, всхожесть семян, число и высоту ростков, что обуславливает существенное повышение урожайности.*

**Ключевые слова:** озимый ячмень, урожай зерна, почва, плодородие, минеральные удобрения, предпосевная обработка семян, микроэлементы.

В Краснодарском крае озимый ячмень – одна из наиболее урожайных зерновых культур. Он менее требователен чем другие зерновые к условиям возделывания, а по продуктивности конкурирует с основной зерновой культурой края – озимой пшеницей. Получение стабильно высоких урожаев зерна ячменя возможно только в условиях оптимизации системы удобрения, обеспечивающей сбалансированное питание и наиболее полную реализацию потенциала продуктивности культуры [1]. В сложившихся экономических условиях уровень применения удобрений в большинстве хозяйств Краснодарского края снизился, что привело к падению урожайности сельскохозяйственных культур. В связи с этим актуальны исследования по совершенствованию системы удобрения, в том числе под озимый ячмень [2, 3].

Озимый ячмень более урожайный, чем яровой. В годы благоприятные для перезимовки, урожай зерна в Краснодарском крае достигает 50-55 ц/га, а на сортоучастках 84, средняя урожайность – 28-30 ц/га.

В полевом опыте в 2006-2007 гг. на черноземе выщелоченном слабогумусном сверхмощном легкоглинистом на лессовидных тяжелых суглинках проводили исследования по разработке оптимальных доз минеральных удобрений и выявлению эффективности предпосевной обработки семян озимого ячменя медью. Агрохимическая характеристика почвы: содержание гумуса 2,77%, общего азота 2,05, общего фосфора 1,86%, подвижного фосфора 18,2 мг/100 г; обменного калия 31,8 мг/100 г, рН<sub>KCl</sub> 6,0, Нг – 44 ммоль-экв/кг почвы, сумма поглощенных оснований 329 ммоль-экв/кг почвы; степень насыщенности основаниями 88,2%. Валовое содержание меди в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья 19,0-21,7 мг/кг, доля водорастворимой меди в среднем около 1,0% от ее валового содержания, количество обменной меди в среднем 0,46-0,54 мг/кг. Обследование экспериментальных полей за пятилетний период показало, что содержание подвижной формы меди в пахотном слое чернозема выщелоченного составляет в среднем 3,82 мг/кг, что на 6,4% ниже в сравнении с исходным количеством. Наблюдается тенденция к снижению содержания подвижной формы меди.

Климат территории размещения экспериментального поля – умеренно континентальный степной, с неустойчивым увлажнением, мягкой непродолжительной зимой,

длительным безморозным периодом, большой суммой положительных температур за вегетационный период. Погодные условия в годы проведения эксперимента практически не различались как по влагообеспеченности, так и по температурному режиму.

Посевная площадь делянки 150 м<sup>2</sup>, учетная – 104 м<sup>2</sup>. Повторность опыта 3-кратная, предшественник – озимая пшеница. Объектом исследования был озимый ячмень сорта Добрыня 3. Минеральные удобрения применяли в форме Рсд, Кх и Наа. Предпосевную обработку семян проводили 0,5%-ным раствором микроэлементов методом смачивания из расчета 10 л рабочего раствора на 1 т посевного материала. Уборку урожая проводили в фазе полной спелости зерна. Полученные данные подвергали математической обработке методом дисперсионного анализа. Семена ячменя перед посевом обрабатывали микроэлементами для создания более благоприятных условий сохранения влаги в посевном и пахотном слоях.

Выявлена степень влияния факторов на урожайность ячменя: срок посева – 60%, сортовые особенности – 17-18, норма высева – 10-11%. Предпосевная обработка семян озимого ячменя микроэлементами по-разному влияет на их посевные качества (табл. 1). Микроэлементы достоверно повышают как энергию прорастания, так и всхожесть семян ячменя [5]. Марганец, цинк и молибден увеличивают энергию прорастания на 11,0-11,7%, медь более чем на 12,0%. Наибольшее влияние на всхожесть семян (94,2 и 95,0%) оказали цинк и медь, что выше контроля, соответственно, на 3,9 и 4,7%. При их обработке медью и цинком практически в 2 раза увеличилась дружность прорастания семян.

**1. Посевные качества семян озимого ячменя в зависимости от предпосевной обработки микроэлементами**

предельной обработки микроэлементами				
Микроэлемент	Энергия прорастания	Всхожесть	Дружность прорастания, шт/сут	Скорость прорастания одного семени, сут
	%			
Контроль (вода)	78,0	90,7	9,2	2,8
B	78,5	91,3	14,3	2,8
Co	83,6	93,9	14,7	2,9
Mn	87,1	92,7	14,2	2,8
Zn	86,6	94,2	17,0	2,8
Mo	87,2	93,1	12,6	2,8
Cu	87,5	95,0	17,5	2,9
HCP <sub>05</sub>	1,8	2,8	4,9	0,1

При обработке микроэлементами семян озимого ячменя скорость их прорастания изменялась незначительно, однако достоверно увеличивались число и высота ростков. Так, бор, кобальт, марганец, цинк увеличивали число ростков в среднем на 17-19%, молибден – на 19,8, медь – на 21,9%. Максимальное увеличение числа (85,6 шт/100 семян) и высоты (8,0 см) проростков наблюдалось при обработке семян медью. На контроле эти показатели составляли, соответственно, 70,2 шт/100 семян и 6,8 см. Установлено, что предпосевная обра-

ботка семян озимого ячменя медью улучшает их посевные качества, обеспечивая значительный стартовый эффект, способствует сокращению сроков прорастания и более дружному появлению всходов. Медь положительно влияет на формирование корневой системы: при обработке семян элементом длина корешка увеличилась более чем на 2 см, что на 30% выше контроля.

Содержание аммонийного азота в почве в значительной степени зависело от дозы вносимых удобрений. Так, в фазе всходов на посевах озимого ячменя при естественном уровне плодородия почвы содержание аммонийного азота составляло 0,54-0,78 мг/кг почвы. При внесении низких ( $N_{30}P_{30}K_{20}$ ;  $N_{30}P_{30}K_{20}+Cu$ ), средних ( $N_{60}P_{60}K_{40}$ ;  $N_{60}P_{60}K_{40}+Cu$ ) и повышенных ( $N_{90}P_{90}K_{60}$ ;  $N_{90}P_{90}K_{60}+Cu$ ) доз минеральных удобрений содержание аммонийного азота в почве увеличилось по сравнению с контролем на 1,8; 2,4-2,5 и 2,8-2,9 мг/кг соответственно. Максимальное его содержание (4,08 мг/кг) в среднем за три года в фазе всходов установлено при внесении под озимый ячмень высоких доз удобрений ( $N_{120}P_{120}K_{80}$ ;  $N_{120}P_{120}K_{80}+Cu$ ). Зависимость между содержанием аммонийного азота в почве от доз вносимых удобрений сохранялась на протяжении всей вегетации культуры.

Минеральные удобрения существенно изменяли нитратный режим почвы. Содержание в почве нитратного азота в фазе всходов озимого ячменя при удобрении в низких, средних, повышенных и высоких дозах за все годы исследований увеличивалось, соответственно, до 20,8-22,5; 30,1-31,0; 33,6-33,9 и 36,9-38,1 мг/кг, тогда как на контроле оно составляло только 8,4 мг/кг.

Содержание нитратного азота в почве заметно возрастает к фазе кущения растений озимого ячменя. Максимальное оно в удобренных вариантах. Причем, чем выше доза внесенного азотного удобрения, тем больше нитратов содержится в почве. Минимум нитратов в почве наблюдался к концу вегетации озимого ячменя.

Характер динамики содержания подвижного фосфора в почве по годам исследования не изменялся, в фазе всходов растений в слое 0-40 см выщелоченного чернозема содержалось 62,6 мг/кг подвижного фосфора. В период кущения его количество возрастало до 80,3 мг/кг, но в последующие фазы вегетации растений: колошение и полную спелость, содержание подвижного фосфора снижалось, соответственно, до 38,2 и 42,6 мг/кг почвы.

Предпосевная обработка семян медью и внесение удобрений не изменяли характер динамики содержания подвижного фосфора в почве. Однако при внесении минеральных удобрений в течение всего периода вегетации ячменя наблюдалось повышенное его содержание по сравнению с контролем.

Удобрения увеличивали содержание обменного калия в слое 0-40 см во всех вариантах опыта в соответствии с дозами вносимых удобрений, в фазе всходов с предпосевной обработкой семян медью и без нее на контроле было 101,5-102,7 мг/кг почвы. При внесении низких доз удобрений увеличение элемента в почве составляло 19,8-18,7%, средних – 44,0-46,6, повышенных – 65,9-71,9%. Благоприятные погодные условия в фазе кущения растений способствовали максимальному его накоплению в почве. Содержание обменного калия в фазе кущения повышалось на контроле до 129,5 мг/кг почвы; при низких дозах – 144,4-149,5, средних – 207,5-203,8, повышенных – 241,4-235,2 и высоких – 256,7-

260,3 мг/кг. В период колошения ячменя в почве обменного калия было меньше по сравнению с предыдущей фазой развития растений. В фазе полной спелости зерна количество обменного калия в почве во всех вариантах опыта снижалось.

В вариантах  $N_{60}P_{60}K_{40}$  и  $N_{60}P_{60}K_{40} + Cu$  содержание азота в зерне ячменя увеличивалось на 0,54-0,80 %, фосфора – на 0,06-0,08 и калия – на 0,07-0,08 % соответственно. Предпосевная обработка семян медью положительно влияет на потребление растениями азота, фосфора, калия и их накопление. Видимо, поглощенные семенами ионы меди в процессе их смачивания, активизируя метаболические процессы, способствуют потреблению макроэлементов. Содержание меди в растениях изменялось в зависимости от уровня минерального питания и предпосевной обработки семян этим элементом. При низких ( $N_{30}P_{30}K_{20}$ ), средних ( $N_{60}P_{60}K_{40}$ ), повышенных ( $N_{90}P_{90}K_{60}$ ) и высоких ( $N_{120}P_{120}K_{80}$ ) дозах минеральных удобрений содержание меди в зерне было примерно одинаковое – 4,71-4,75 мг/кг. Предпосевная обработка семян медью, активизируя физиолого-биохимические процессы в растениях, повышает его содержание в растениях, усиливает потребность ячменя в элементах минерального питания. Максимальное содержание меди обнаружено в варианте с внесением повышенной дозы удобрений – 5,82 мг/кг меди, что выше контроля на 21,1 %.

В среднем за три года исследований сухая масса растений ячменя интенсивно нарастала с фазы кущения до полной спелости зерна. Большое значение в увеличении этого показателя принадлежит минеральным удобрениям. Так, в вариантах  $N_{60}P_{60}K_{40}$  и  $N_{90}P_{90}K_{60}+Cu$  сухая масса растений превышала контроль в фазе кущения озимого ячменя, соответственно, на 62,5 и 69,7%, колошения – на 21,3 и 31,6, молочной спелости зерна – на 52,2 и 55,1, полной спелости зерна – на 94,3 и 133,9%.

Вынос из почвы азота, фосфора и калия зависел от доз удобрений и предпосевной обработки семян медью. Его наибольшая величина отмечалась в варианте  $N_{60}P_{60}K_{40}$ . Предпосевная обработка семян медью на фоне повышенной дозы удобрений  $N_{90}P_{90}K_{60}+Cu$  увеличивала вынос азота на 38,1%, фосфора – на 33,7 и калия – на 30,6% по сравнению с вариантом  $N_{90}P_{90}K_{60}$ .

Наблюдения за продолжительностью вегетационного периода показали, что минеральные удобрения существенно повлияли на наступление фаз развития. Всходы на естественном уровне плодородия и при внесении низких ( $N_{30}P_{30}K_{20}$ ) и средних ( $N_{60}P_{60}K_{40}+Cu$ ) доз удобрений появлялись на 11-й день. Несколько позже, на 12-й день, появлялись всходы при внесении повышенных ( $N_{90}P_{90}K_{60}$ ) и высоких ( $N_{120}P_{120}K_{80}$ ) доз удобрений. Предпосевная обработка семян медью способствовала появлению дружных всходов на 9-й день после посева, независимо от доз удобрений. В начальный период роста предпосевная обработка семян медью приводила к сокращению продолжительности их прорастания и более дружному появлению здоровых всходов. В конце вегетации она, наоборот, увеличивая продолжительность генеративного периода растений, способствовала повышению продуктивности посевов культуры.

В среднем за годы исследований дифференцированные дозы удобрений и предпосевная обработка семян медью оказывали положительное действие на урожай зерна ячменя (табл. 2).

## 2. Урожайность озимого ячменя в зависимости от минеральных удобрений и предпосевной обработки семян медью, ц/га

Вариант опыта	Урожай- ность, ц/га	Прибавка			
		об- щая, ц/га	%	от меди	
				ц/га	%
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	27,8	-	-	-	-
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> +Cu	28,8	1,0	4,0	-	-
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	43,3	15,5	55,8	-	-
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	52,7	24,9	89,6	-	-
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	50,6	22,8	82,0	-	-
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>	47,0	19,2	69,1	-	-
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	+Cu	44,9	17,1	61,5	3,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>		54,0	26,2	94,2	2,5
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>		56,6	28,8	103,6	11,9
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>		50,1	22,3	80,2	3,1
HCP <sub>05</sub> , ц/га		5,2			

Предпосевная обработка семян медью без применения удобрений почв увеличивала урожай в среднем на 0,4-1,5 т/га. Низкие дозы (N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>20</sub>) увеличивали урожай на 15,5 ц/га, средние (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub>) – на 24,9, повышенные (N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>) – на 22,8 и высокие (N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>80</sub>) несколько ниже – 19,2 ц/га.

Предпосевная обработка семян повышала эффективность вносимых минеральных удобрений. Так, во всех вариантах опыта с внесением меди независимо от дозы NPK прибавка урожая по сравнению с одноименными вариантами, не содержащими медь, составила соответственно 1,6; 1,3; 6,0 и 3,1 ц/га. Повышение урожая происходило в основном за счет увеличения массы 1000 зерен, числа продуктивных побегов на одно растение, количества колосков и зерен в колосе и снижения пустозерности зерна озимого ячменя. Наибольшая выполненность зерна озимого ячменя (40,5 г), число зерен в колосе (48,5), масса зерна с одного колоса (1,9 г) выявлены при внесении N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub>. Возрастание массы зерна с одного колоса происходило за счет большего числа зерен и лучшего их налива.

В среднем за годы исследований наибольшее содержание белка в зерне 14% отмечено в варианте N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>+Cu, что на 4,4 % выше, чем на контроле. На посевах семенами без предпосевной обработки внесение N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub> обеспечило содержание белка в зерне 12,7%.

Данные по аминокислотному анализу показывают, что минеральные удобрения повышали содержание незаменимых аминокислот, а также положительно влияли на аминокислотный состав зерна озимого ячменя. Они увеличивали содержание незаменимых аминокислот: лизина 4,05-4,49 г/кг сухого вещества, аргинина – 5,03-5,83, аспарагина – 4,01-4,53, глутамина –

23,02-27,05, пролина – 10,34-12,87 г/кг. Максимальное увеличение по всему аминокислотному составу отмечено при внесении N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>+Cu – 2,6; 3,63; 2,82; 14,03 и 7,15 г/кг.

Анализ экономических показателей выявил высокую эффективность применения макро- и микроудобрений на посевах озимого ячменя. Условно чистый доход в вариантах N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub> и N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>+Cu составил, соответственно, 11205 и 12960 руб/га, окупаемость 1 руб. затрат 2,10 и 2,14 руб., уровень рентабельности 108,3 и 114,4 %.

Таким образом, минеральные удобрения положительно влияли на содержание аммонийного, нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия в выщелоченном черноземе. Предпосевная обработка семян медью положительно влияла на содержание одноименного элемента в зерне.

Максимальный урожай зерна получен при внесении N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub> и N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>+Cu, прибавки в этих вариантах составляли, соответственно, 24,9 и 28,8 ц/га. Наиболее эффективно с точки зрения экономики внесение минеральных удобрений в дозе N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub>. Однако, агрохимически обоснованная система удобрения озимого ячменя N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>+Cu обеспечивает более полную реализацию генетического потенциала растений.

### Литература

1. Сергеева, М.Е. Удобрение ячменя на дерново-подзолистых почвах Ивановской области. Автореф. дисс.... к.с.-х.н. – Казань, 1970. – 22 с.
2. Корсун, В.А. Продуктивность новых сортов озимого и ярового ячменя при разных дозах азотной подкормки в ранневесенний период на черноземе Западного Предкавказья. – Краснодар, 2001. – 21 с.
3. Андрияш, С.В., Гожинецкая, О.И. Влияние минеральных удобрений на обмен веществ и продуктивность озимого ячменя на обыкновенном черноземе // Агрохимия. – 1976. – №9. – С. 59-65.
4. Жиленко, С.В. Агрохимические показатели почвы и продуктивность культур при внесении удобрений // Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенных преобразовательных систем. Материалы науч.-практич. конф. – Изд-во ИркутскГУ, 2006. – С. 531-534.
5. Харитонов, Е.М., Шеуджен, А.Х., Жиленко, С.В. Рекомендации по применению микроудобрений и воздушно-тепловому обогреву семян риса. – Майкоп: Афиша, 2006. – 20 с.

## EFFICIENCY OF FERTILIZING SYSTEM FOR WINTER CEREAL CROPS ON LEACHED CHERNOZEM

S.V. Zhilenko<sup>1</sup>, V.G. Sychev<sup>2</sup>  
Kuban State Agrarian University  
ul. Kalinina 13, Krasnodar, 350044 Russia

*The efficiency of different rates of mineral fertilizers and the preplant treatment of winter barley seeds with microelements has been studied. The preplant treatment of seeds with microelements improves their sowing qualities, increases the energy of germination, the germination capacity of seeds, and the number and height of sprouts, which significantly increases the crop yield.*

*Keywords: winter barley, grain yield, soil, fertility, mineral fertilizers, preplant treatment of seeds, microelements.*