

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАГНИЕВОГО СЕРОСОДЕРЖАЩЕГО УДОБРЕНИЯ УЛЬТРА СИ В ПОСЕВАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Н.И. Аканова<sup>1</sup>, д.б.н., Н.М. Троц<sup>2</sup>, В.Б. Троц<sup>2</sup>, А.А. Литвинов<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГБНУ «ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова», 127434, Москва, ул. Прянишникова, 31а

<sup>2</sup> ФГБОУВО «Самарский государственный аграрный университет», 446442, Самарская обл.,  
пгт. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 1

<sup>3</sup> ООО «Горно-химическая компания "Ультра Си", 624261, Свердловская область,  
г. Асбест, ул. Промышленная, стр. 2/7

Показана эффективность магниевого серосодержащего удобрения с микроэлементами Ультра Си, получаемого в качестве побочного продукта при переработке природного минерала серпентинит. Удобрение универсально для всех типов почв, обладает мелиорирующим эффектом, создает оптимальные условия для питания растений магнием, серой и рядом микроэлементов. Применение удобрения на посевах сои и яровой пшеницы обеспечивает достаточную прибавку урожая зерна. Внесение  $N_{100}P_{100}K_{100}$  в сочетании с Ультра Си в дозе 150 кг/га увеличивало сбор зерна сои до 2,02 т/га, прибавка урожая составила 24,6%.

Ключевые слова: соя, пшеница, урожайность, кислотность почвы, магниевое удобрение, качество зерна, магний, сера.

Для цитирования: Аканова Н.И., Троц Н.М., Троц В.Б., Литвинов А.А. Эффективность магниевого серосодержащего удобрения Ультра Си в посевах сельскохозяйственных культур// Плодородие. – 2023. – №4. – С. 12-17. DOI: 10.25680/S19948603.2023.133.03.

Недостаток магния в почве заметно сдерживает рост и развитие растений на дерново-подзолистых почвах, особенно при переходе к интенсивным технологиям возделывания сельскохозяйственных культур [1]. В связи с этим для поддержания необходимого уровня плодородия дерново-подзолистых почв и получения высокого уровня урожайности внесение магнийсодержащих удобрений – обязательный агроприем [2].

Магний играет одну из ведущих ролей в обеспечении роста и развития растений и не может быть заменен в этом никаким другим химическим элементом [3]. По содержанию в растениях магний занимает четвертое место после калия, азота и кальция. В расчете на сухую массу содержание магния (Mg) составляет 0,02-3,1%. Много Mg в молодых клетках и растущих тканях растений короткого дня: кукурузе, картофеле, бобовых [4].

Прибавки урожайности зерновых культур на фоне применения магниевых удобрений составляют 0,2-0,6 т/га, клубней картофеля – 1,5-3,0, корнеплодов сахарной свёклы – 2-4, зеленой массы кукурузы – 2-6, сена многолетних трав – 0,4-0,7, чайного листа – 0,5-1,0 т/га [5].

Потребность растений в Mg зависит также от культуры и величины урожая. При увеличении доли в структуре посевных площадей зернобобовых, овощных, картофеля и пропашных культур потребность в Mg возрастает [6].

Применение высоких доз минеральных удобрений приводит к усилению напряженности магниевого баланса, прежде всего на легких дерново-подзолистых и торфяно-болотных почвах, в результате выноса и вымывания Mg. В почвы легкого гранулометрического состава со средним содержанием Mg рекомендуется вносить не менее 30-40 кг MgO/га под зерновые культуры и 60-70 кг/га под картофель, кукурузу и корнеплоды. На почвах с низкой обеспеченностью дозы Mg увеличивают, при повышенной и высокой обеспеченности – уменьшают на 15-25% [7].

Чем меньше содержание Mg и выше кислотность почвы, тем больше доза магниевых удобрений. Одним

из преимуществ использования магниевых удобрений является полное исключение передозировки ими. Даже при избыточном внесении растения усваивают только необходимое количество Mg, а излишек остается в почве, благодаря чему хорошая урожайность сохраняется в последствии [8].

**Методика.** Одним из источников для производства магниевых удобрений являются природные магниесодержащие соединения и минералы, в том числе серпентинит. При взаимодействии серпентинита с кислотой почвой в почвенный раствор выделяется доступный для растений Mg. При обработке серпентинита растворами сильных минеральных кислот степень выщелачивания Mg в раствор достигает 95 мас. %.

Исследования с целью агроэкологической оценки и установления биологической эффективности применения магниесеросодержащего удобрения с микроэлементами Ультра Си – побочного продукта гидрометаллургической переработки серпентинита, производства ООО «Горно-химической компании Ультра Си» – были проведены в 2020-2022 г. в полевых условиях в Самарской области в посевах сои и в регулируемых климатических условиях на дерново-подзолистой почве в посевах мягкой яровой пшеницы сорта Агата во ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова.

Химические свойства Ультра Си приведены ниже.

Массовая доля, %	Норма по ТУ 20.59.59-007-50721851-2020
Оксида магния	15,0-23,0
Оксида серы (VI)	12,0-22,0
Оксида кремния (IV)	5,0-16,6
Оксида кальция	0,8-2,5

В составе Ультра Си в незначительных количествах содержатся также оксиды марганца, титана, кобальта, цинка, калия и меди.

Проведение исследований в контролируемых условиях в двух вегетационных опытах с яровой пшеницей.

#### Опыт №1. Схема опыта

1. Контроль (почва без удобрений);
2. N<sub>70</sub>P<sub>70</sub>K<sub>70</sub> – Фон (Ф);
3. Ф + Ультра Си – 100 кг/га в физ. массе;
4. Ф + Ультра Си – 150 кг/га в физ. массе;
5. Ф + Ультра Си – 200 кг/га в физ. массе;
6. Ф + Сульфат магния – 100 кг/га в физ. массе;
7. Ф + Сульфат магния – 150 кг/га в физ. массе;
8. Ф + Сульфат магния – 200 кг/га в физ. массе.

По содержанию магния Ультра Си и Сульфат магния близки, поэтому их вносили по действующему веществу из расчета 20, 30 и 40 кг/га. Такая доза магния может быть и подкормкой посева, и основным периодическим внесением магниевого удобрения.

#### Опыт №2. Схема опыта

1. Контроль – без удобрений;
2. Фон (Ф) – N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>;
3. Ф + Ультра Си – 300 кг/га в физ. массе;
4. Ф + Ультра Си – 500 кг/га в физ. массе;
5. Ф + Ультра Си – 300 кг/га в физ. массе + сапропель, 150 кг/га;
6. Ф + Ультра Си – 300 кг/га в физ. массе + торф, 150 кг/га.

В задачи исследований в опыте №2 входило: выявить влияние удобрения Ультра Си в дозах 300 и 500 кг/га, как отдельно, так в сочетании с сапропелем и торфом на

полевую всхожесть и сохранность растений мягкой яровой пшеницы, особенности роста и развития растений, формирование структуры урожая; установить влияние возрастающих доз Ультра Си на формирование качества зерна яровой пшеницы, изменения основных агрохимических параметров дерново-подзолистой почвы при внесении в почву Ультра Си в дозах 300 и 500 кг/га.

Почва в вегетационных опытах дерново-подзолистая среднесуглинистая; содержание гумуса – 2,00%, рН<sub>KCl</sub> – 5,1, содержание (мг/кг) подвижного фосфора – 138, обменного калия – 108, нитратного азота (NO<sub>3</sub>) – 3,0, серы – 3,45, кальция – 3,8 мг-экв/100 г, магния – 1,09 мг-экв/100 г почвы, гидротитическая кислотность – 2,62 мг-экв/100 г почвы.

Для опыта №2 был выбран сапропель озера Неро Ярославской области. По рН<sub>сол.</sub>, общему содержанию азота и фосфора сапропель удовлетворяет требованиям ГО-СТа. По содержанию тяжелых металлов он относится к 1-му классу пригодности. Химический состав сапропеля приведен в таблице 1.

Торф использовали из ВНИИ органических удобрений и торфа – Филиал ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр» (Владимирская область). Химический состав торфа: рН<sub>сол.</sub> 4,6; содержание (% на абс. сух. вещество) – N 1,2; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,09; K<sub>2</sub>O 0,12; CaO 1,4; органич. в-во 89,0; зольность 7,0 %.

1. Химический состав сапропеля (на сухое вещество)

Образец	рН <sub>KCl</sub>	Орг. в-во, %	Элементы питания, %					Тяжелые металлы, мг/кг					
			N <sub>общ</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr
Факт	5,45	41,0	1,4	0,25	0,16	16,0	1,3	<1,0	21,2	30,5	28,5	37,3	<20
ГОСТ*	≥5,0	≥30	≥1,0	≥0,3	≥0,3	20,0		<3	<50	<300	<100	<50	<100

\*ГОСТ Р 54000-2010 «Удобрения органические. Сапропели. Общие технические условия».

В качестве экспериментальной базы для проведения вегетационных опытов использовали лабораторную климатическую камеру. Камера создана для проведения эксперимента полного цикла жизни растения (от посадки до урожая). Габаритные размеры камеры 1500×1500×2000 мм. Камера изготовлена из светоотражающего материала по всему объёму установки, рассчитана на габариты растений для полного цикла высотой 2,2 м. Оснащена световым блоком, системой автоматического полива, системой контроля за температурными условиями.

Световая установка состоит из светодиодных светильников полного спектра свечения (Т св. = 6400К) и светодиодных ламп красного и синего спектров свечения. Потребляемая мощность световой установки 360 + 150 = 510 Вт. Освещенность поверхности составляет 1000 лк. Фотопериод – 16 часов.

Система полива состоит из водорозеток с регулируемым расходом воды, существует возможность создания и полива питательными растворами.

Система контроля за климатическими условиями состоит из датчиков температуры и влажности, таймера для установки световых режимов. Система создания климата по заданным параметрам с помощью изменения температуры, влажности, длины светового дня, с возможностью изменения освещенности и спектра светового излучения.

Путём периодической вентиляции наружным воздухом температура воздушной среды экспериментального объема камеры поддерживалась на уровне 24-25°C днем и 18-19°C ночью, при колебаниях влажности в пределах

50-70% отн. В камеру устанавливали вегетационные сосуды объемом 2,5 дм<sup>3</sup>.

**Опыт с компостами.** Для проведения опыта с почвенными образцами по исследованию изменения агрохимических свойств почв при внесении различных доз Ультра Си была сконструирована установка для длительного компостирования почв. Процесс компостирования заключался в создании контролируемых условий на протяжении трех месяцев: температура и влажность воздуха и почвы. Поддержание заданных условий внешней среды достигалось путем подогрева (охлаждения) и увлажнения почв в специально смонтированном изотермическом коробе, защищенном от воздействий внешней среды, площадью, необходимой для 70 вегетационных сосудов емкостью 2-2,5 л.

Короб изготовлен из влагостойкого материала с низкими коэффициентами теплопроводности и светопропускания. В установке возможно создание различных температурно-влажностных условий. Контроль температуры воздуха и почвы осуществляли с помощью специально предназначенных для этих целей приборов с возможностью вывода на ПК. При необходимости изучения процессов выделения CO<sub>2</sub> из почв (дыхания почв) предусмотрена возможность подключения к установке газоанализаторов.

**Опыт №3.** Цель полевых исследований в условиях Самарской области состояла в выявлении агроэкологической эффективности применения магниевого серосодержащего удобрения с микроэлементами Ультра Си марки А, В, С в посевах сои.

Задачи исследований: выявить влияние различных доз Ультра Си (100, 150 и 200 кг/га) на полевую

всхожесть, сохранность растений сои, особенности роста и развития, а также формирование урожая; установить степень влияния различных доз Ультра Си на симбиотическую активность почвенной микрофлоры в посевах сои; выявить влияние различных доз Ультра Си на накопление белка в зерне сои.

Поглотительная способность чернозёма обыкновенного слабосолонцеватого среднесуглинистого – высокая, сумма поглощенных оснований составляет 40 мг-экв/100 г почвы. В составе поглощенных оснований преобладает катион кальция (92%). Реакция почвенной среды pH 7,2-7,4. При этом доминируют сульфатно-содовый и содово-сульфатный типы засоления. Содержание гумуса 5,0%, подвижного фосфора – 18,5, а обменного калия – 24,45 мг/100 г почвы.

Схема опыта

Вариант опыта	Доза внесения, кг д.в./га
1. Контроль (б/у)	-
2. NPK – Фон (Ф)	N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>
3. Ф+ Ультра Си	N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + 100 кг/га
4. Ф+ Ультра Си	N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + 150 кг/га
5. Ф+ Ультра Си	N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + 200 кг/га
6. Ф+ MgSO <sub>4</sub>	N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + 100 кг/га
7. Ф+ MgSO <sub>4</sub>	N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + 150 кг/га
8. Ф+ MgSO <sub>4</sub>	N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + 200 кг/га

Для сравнительной оценки препарата Ультра Си в опытах, в тех же дозах вносили Сульфат магния (MgSO<sub>4</sub>). Орошение проводили методом дождевания фронтальной оросительной машиной BAUER. Влажность почвы на орошаемом участке в течении вегетации поддерживали в пределах 70-75% НВ. Оросительная вода поступала из р. Волга по системе открытых каналов. Объектом исследований была соя сорта Кордоба, норма высева всхожих семян 700 тыс/га. Уборка урожая проводилась комбайном TERRION-2010. Симбиотическую активность сои определяли по методике Г.С. Посыпанова (1983). Статистическую обработку результатов опыта осуществляли при помощи программ STRAZ и MS Excel.

**Результаты и их обсуждение. Опыт №1.** Высота растений варьировала в незначительных пределах в повторениях как внутри вариантов, так и в средних значениях показателя между вариантами. Отмечено стимулирующее влияние Ультра Си и Сульфата магния. Точность вегетационного опыта в соответствии с НСР<sub>05</sub>= 28,6 мг составляла 10,5%. Выполненный расчет показал, что с вероятностью 95% в полученных данных имеются статистически достоверные различия по эффективности действия Ультра Си на продуктивность пшеницы.

Внесение в почву N<sub>70</sub>P<sub>70</sub>K<sub>70</sub> увеличивало вегетативную массу растений на 22%. Дополнительное увеличение на 12,7-14,3% происходило после добавления к N<sub>70</sub>P<sub>70</sub>K<sub>70</sub> удобрения Ультра Си в дозе 100 -150 кг/га, при внесении дозы 200 кг/га прирост сухой массы пшеницы был 28,1%. Аналогичная закономерность выявлена при внесении Сульфата магния, прирост сухой массы с возрастанием дозы агрохимиката составил 14,5, 20,5 и 26,0% соответственно. Максимально эффективным в увеличении на 28,1% сухой массы растений пшеницы было удобрение Ультра Си в дозе 200 кг/га.

При внесении 100-150 кг/га Ультра Си, уровень pH<sub>KCl</sub> почвы составил 5,51-5,58, в среднем по вариантам, pH<sub>KCl</sub> 5,54, достоверного изменения уровня кислотности не выявлено. Однако, при внесении 200 кг/га Ультра Си pH<sub>KCl</sub> почвы достоверно увеличился на 0,15 ед. в

среднем с 5,51 до 5,66. В случае применения Сульфата магния в дозе 200 кг/га выявлено подкисление почвенного раствора с 5,51 до 5,43.

Слабая обеспеченность растений магнием обнаруживается, как правило, на почвах легкого гранулометрического состава — песчаных и супесчаных, бедных поглощенными основаниями. Содержание магния на этих почвах очень часто бывает ниже критического уровня (0,5 мг-экв/100 г почвы) и во многих случаях не превышает 2,0 мг-экв/100 г почвы. Внесение в данных условиях магнийсодержащих удобрений необходимо, так как этот прием повышает урожайность сельскохозяйственных культур на 15-25%.

При внесении 200 кг/га Ультра Си содержание обменного магния увеличилось с 1,09 до 1,18 мг-экв/100 г почвы, достоверной разницы между вариантами с Сульфатом магния не выявлено.

**Опыт №2.** Как показывают полученные результаты, растения не испытывали дефицита магния и поэтому влияние на их рост оказали различные дозы и формы удобрений (НСР<sub>05</sub>= 2,3 см) (табл. 2).

2. Влияние Ультра Си на формирование продуктивности пшеницы

Вариант опыта	Высота растений, см	Длина колоса, мм	Число		Масса, г	
			колосков в колосе	зерновок в колосе	зерна с 1 колоса	1000 зерен
1. Контроль (б/у)	51,0	64,2	12	21	0,77	20,2
2. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> – фон (Ф)	59,3	72,5	13	27	1,05	21,5
3. Ф + Ультра Си в дозе 300 кг/га	62,4	73,8	13	28	1,07	21,9
4. Ф+ Ультра Си в дозе 500 кг/га	69,5	74,4	14	29	1,12	22,6
5. Ф+ Ультра Си в дозе 300 кг/га + сапропель, 150 кг/га	65,0	73,5	13	28	1,08	22,2
6. Ф+ Ультра Си в дозе 300 кг/га + торф, 150 кг/га	62,3	72,9	13	28	1,06	21,8
НСР <sub>05</sub>	2,3	1,7			0,6	0,4

Достоверные различия обусловлены увеличением дозы Ультра Си с 300 до 500 кг/га (вар. 3, 4), высота растений увеличилась в сравнении с фоновым вариантом на 3,3 и 10,2 см, или на 5,2 и 17,7%. Разница между вариантом с внесением Ультра Си в сочетании с сапропелем (вар.5) и фоновым вариантом (вар. 2) также достоверна, увеличение высоты растений в этом варианте составило 5,7%. Какого-либо преимущества Ультра Си в сравнении с его сочетанием с торфом не обнаружено. По-видимому, действие удобрений на основе Ультра Си с торфом и сапропелем имеет более продолжительный срок и носит пролонгированный характер.

Анализ результатов определения длины колоса выявил аналогичные закономерности, лучшими были варианты с внесением Ультра Си в возрастающих дозах (вар.3, 4). При его внесении для растений были созданы благоприятные условия, способствующие формированию большей массы зерна с одного колоса и массы 1000 зерен: на фоне дозы 500 кг/га получена прибавка 3,2% по массе 1000 зерен. Сочетание Ультра Си с сапропелем и торфом не имело преимущества перед отдельным внесением Ультра Си (табл. 3).

### 3. Урожайность яровой пшеницы (2021 г.)

Вариант опыта	Урожай зерна, ц/га	Прибавка урожая, ц/га		
		общая	+/- к фону	%, к фону
1. Контроль (б/у)	31,9	-	-	-
2. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> - Фон (Ф)	46,9	15,0	-	-
3. Ф + Ультра Си в дозе 300 кг/га	50,2	18,3	3,3	7,1
4. Ф + Ультра Си в дозе 500 кг/га	53,2	21,3	6,3	13,4
5. Ф + Ультра Си в дозе 300 кг/га + сапропель, 150 кг/га	51,1	19,2	4,2	8,9
6. Ф + Ультра Си в дозе 300 кг/га + торф, 150 кг/га	49,8	17,9	2,9	6,6
НСР <sub>05</sub>	2,4			

Выявлено, что на образование и налив зерна Ультра Си оказывает положительное влияние, в наибольшей степени это относится к максимальной дозе. Увеличение массы 1000 зерен и массы зерна с одного колоса обусловило рост урожайности пшеницы.

Для более реальной оценки действия препаратов и более понятной сравнительной характеристики, полученные результаты урожая зерна (г/сосуд) были пересчитаны в ц/га. Полученные результаты учета урожая выявили эффективность действия всех доз и сочетаний с Ультра Си. Введение в систему питания яровой пшеницы магниевого серосодержащего удобрения Ультра Си обеспечило получение дополнительного урожая в сравнении с фоном 2,9-6,3 ц/га, или 6,6-13,4%. Различия по урожайности между вариантами с применением Ультра Си как отдельно, так и в сочетании с торфом и сапропелем достоверны.

В опыте получено зерно яровой пшеницы, которое содержит белка 13,5-14,5%, выявлено достоверное увеличение белковости зерна при воздействии Ультра Си. Учитывая увеличение урожайности пшеницы, также получены значимые различия по сбору белка с 1 га (табл. 4).

### 4. Влияние Ультра Си на формирование качества зерна яровой пшеницы (2021 г.)

Вариант опыта	Содержание, %		Показатели ИДК, ед.	Сбор белка, кг/га
	белка	клейковины		
1. Контроль (б/у)	13,1	26,7	81	417,9
2. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> – Фон (Ф)	13,5	25,9	86	633,2
3. Ф + Ультра Си в дозе 300 кг/га	13,8	26,4	85	692,8
4. Ф + Ультра Си в дозе 500 кг/га	14,5	26,3	91	771,4
5. Ф + Ультра Си в дозе 300 кг/га + сапропель, 150 кг/га	14,1	26,5	87	720,5
6. Ф + Ультра Си в дозе 300 кг/га + торф, 150 кг/га	13,6	26,8	81	677,3
НСР <sub>05</sub>	0,5	1,2		

Наилучшие показатели получены в вариантах с внесением Ультра Си: содержание белка 13,8 и 14,5% соответственно. Это обеспечило увеличение сбора белка с 1 га на 9,4 и 21,8%. Применение Ультра Си в сочетании с сапропелем было также эффективно и обусловило увеличение сбора белка по сравнению с фоновым вариантом на 13,8%, а в сочетании с торфом на 6,0%.

Содержание клейковины в зерне определялось на уровне 26,1-26,8%, по качеству – III группа, 81-91 ед. ИДК – удовлетворительная. Аналогично содержанию белка по количеству клейковины достоверных различий не получено, Ультра Си не уступает по эффективности широко применяемому Сульфату магния.

Анализ результатов агрохимических параметров дерново-подзолистой почвы после 3 месяцев компостирования показал, что внесение Ультра Си в возрастающих дозах от 300 до 500 кг/га проявляет мелиорирующие свойства и способствует снижению излишней кислотности, величина pH увеличивается на 0,2-0,5 ед. в зависимости от дозы (табл. 5).

### 5. Агрохимическая характеристика дерново-подзолистой почвы после 3 месяцев компостирования (2021 г.)

№ варианта опыта	pH <sub>KCl</sub>	Содержание, мг/кг		Нг, мг-экв/100 г	СаО, мг/кг почвы	MgO
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O			
1.	5,3	85,2±4,1	125,5±3,7	2,7	40,1	10,6
2.	5,1	90,3±3,2	137,2±3,9	2,8	41,4	9,9
3.	5,5	92,1±2,7	135,7±3,3	2,5	42,3	12,4
4.	5,7	95,3±2,1	137,3±2,4	2,1	42,0	14,3
5.	5,6	93,7±2,3	140,8±3,1	2,1	44,9	12,6
6.	5,5	92,0±2,3	140,9±3,1	2,5	41,0	12,0
НСР <sub>05</sub>	0,2	8,7	11,3	0,2	2,4	1,1

Внесение Ультра Си в почву после 3 месяцев компостирования и в отсутствие растений обеспечивает достоверное увеличение содержания обменного магния в почве в зависимости от дозы на 2,0-4,5 мг/кг почвы. Следует отметить, что увеличивается и содержание фосфора, возможно, вследствие того, что Ультра Си содержит в своем составе кремний.

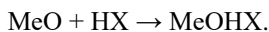
В настоящее время, как показывают результаты агрохимического обследования почв пахотных угодий, в Российской Федерации усугубляется дефицит серы, по состоянию на 01.01. 2021 г. из обследованных площадей 54,8% имеют низкое содержание серы, 34,5 – среднее. Следовательно, 89,3% площади обследованной пашни, нуждаются во внесении серосодержащих удобрений для повышения содержания этого элемента в почве [9]. Низкая обеспеченность почвы серой связана с активным её выносом с урожаями сельскохозяйственных культур (25-50 кг/га в год) и миграцией из корнеобитаемого слоя почвы с инфильтрационными водами (20-45 кг/га). Это обусловило снижение обеспеченности почв серой, причем существенно более низкой, чем фосфором и калием. Показатель средневзвешенного содержания серы в почве снизился до 6,3-6,4 кг/га [10].

В вариантах с использованием Ультра Си в дозах от 300 до 500 кг/га содержание подвижной серы возрастало в соответствии с дозами Ультра Си на 3,2 и 6,2 мг/кг соответственно. Сравнение результатов анализа с исходной почвой показало, что Ультра Си является полноценным серным удобрением и обеспечивает значимое улучшение серного режима питания.

Использование Ультра Си может найти широкое применение в практике сельскохозяйственного производства с целью повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и улучшения качества растениеводческой продукции. Применение Ультра Си может быть экономически, экологически и агрономически высокоэффективным приемом на различных типах почв в посевах различных сельскохозяйственных культур.

С большой долей вероятности Ультра Си в почве будет эффективно работать в качестве магниевого серосодержащего удобрения и в кислых почвах более активно по сравнению с нейтральными и щелочными почвами. Помимо поступления магния и серы в почвенный раствор, Ультра Си будет оказывать мелиорирующее свойство, улучшая кислотно-основные параметры почв.

Снижение кислотности будет происходить по типу образования основных солей:



Следует обратить внимание на то, что содержание оксида магния существенно превышает таковое оксида кремния и суммарное содержание кислотных оксидов. Вследствие этого возможно при внесении больших доз Ультра Си в почву с низкой кислотностью смещение pH почвенного раствора в нейтральную область (pH 6,0-6,5). Внесение Ультра Си в почву будет оказывать более стабильное и длительное по времени снижение кислотности почвы по сравнению с известкованием. Содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в Ультра Си 7,9%, при дозе внесения до 2 т/га с учетом коэффициента разбавления (1500), вклад внесенного железа с удобрением в общее содержание железа в почве будет незначителен. В связи с этим безопасно применение Ультра Си до 2,5 т/га.

Содержание в Ультра Си оксида магния значительно больше, чем кислотных оксидов. Часть магния находится в виде гидрооксида  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ . Наличие гидроксида магния обуславливает присутствие кристаллогидрата  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  и (или) основной соли  $(\text{MgOH})_2\text{SO}_4$ . Этот факт положительно характеризует удобрение, как эффективное для повышения плодородия почв и формирования урожайности и качества зерна зерновых культур.

**Опыт №3.** Исследованиями в полевом опыте с соей установлено, что в контрольном варианте на корнях растений формируется около 1617 шт/м<sup>2</sup> клубеньков со средней сырой массой 2021,3 мг. При этом средняя масса одного клубенька была равна 1,3 мг. На фоне  $\text{N}_{100}\text{P}_{100}\text{K}_{100}$  общее число клубеньков находилось в пределах 780 на 1 м<sup>2</sup>, при их суммарной массе 1794 мг/м<sup>2</sup> средняя масса одного клубенька оказалась почти в 1,7 раз больше контроля (табл. 6).

#### 6. Развитие симбиотического аппарата в фазе бутонизации сои (2022 г.)

Вариант опыта	Число клубеньков на 1 м <sup>2</sup>	Средняя сырая масса	
		клубеньков, мг/м <sup>2</sup>	одного клубенька, мг
Без орошения			
Контроль (б/у)	1617,0	2021,3	1,3
N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> – Фон (Ф)	780,0	1794,0	2,3
Ф + Ультра Си, 100 кг/га	300,0	1850,0	6,1
Ф + Ультра Си, 150 кг/га	255,0	2295,0	9,0
Ф+ Ультра Си, 200 кг/га	500,0	6300,0	12,6
Ф+ MgSO <sub>4</sub> , 100 кг/га	522,0	2679,6	5,1
Ф + MgSO <sub>4</sub> , 150 кг/га	721,6	4437,9	6,2
Ф + MgSO <sub>4</sub> , 200 кг/га	537,0	5750,0	10,7
На орошении			
Контроль (б/у)	537,0	912,9	1,7
N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> – Фон (Ф)	208,0	946,4	4,6
Ф + Ультра Си, 100 кг/га	641,3	4405,6	6,9
Ф + Ультра Си, 150 кг/га	325,0	3750,0	11,5
Ф+ Ультра Си, 200 кг/га	550,0	8000,0	14,5
Ф+ MgSO <sub>4</sub> , 100 кг/га	807,3	4105,4	5,1
Ф + MgSO <sub>4</sub> , 150 кг/га	908,3	9902,2	10,9
Ф + MgSO <sub>4</sub> , 200 кг/га	600,0	7750,0	12,9

Внесение Ультра Си существенно повлияло на мощность симбиотического аппарата, увеличивая среднюю массу клубеньков с 1794 мг/м<sup>2</sup> в фоновом варианте до 6300 мг/м<sup>2</sup> в варианте с дозой Ультра Си – 200 кг/га. Изменялась и средняя масса одного клубенька – с 2,3 до 12,6 мг. В целом, внесение Ультра Си в дозе 100 и 150 кг/га увеличивало среднюю сырую массу клубеньков, по сравнению с фоновым вариантом, на 3,1 и 27,9%, в варианте с дозой 200 кг/га в 3,5 раз. При этом средняя масса

изменялась, соответственно, с 2,3 до 6,1 мг, с 9,0 до 12,6 мг, или повышалась в 2,6-5,5 раз.

Исследования в посеве орошаемой сои подтвердили выявленные закономерности стимулирующего эффекта Ультра-Си и Сульфата магния, по мере увеличения доз внесения повышалась средняя масса клубеньков и средняя масса одного клубенька, достигая своих максимальных значений при дозе 200 кг/га, соответственно, 8000 и 7750 мг/м<sup>2</sup> и 14,5 и 12,9 мг.

Таким образом, внесение в почву  $\text{N}_{100}\text{P}_{100}\text{K}_{100}$  и магнийсесоросодержащего Ультра Си и Сульфата магния, стимулирует функционирование клубеньковых бактерий на корнях сои, повышая их среднюю сырую массу и среднюю массу одного клубенька. Максимальные значения параметров 6300-8000; 5750-7750 мг/м<sup>2</sup> и 12,6-14,5 и 10,7-12,9 мг отмечались в вариантах с внесением 200 кг/га Ультра Си и Сульфата магния, что в среднем в 1,3-2,8 и в 3,9-8,2 раза больше контрольного значения.

Внесение  $\text{N}_{100}\text{P}_{100}\text{K}_{100}$  увеличивало сбор зерна до 1,85 т/га, или на 14,2%, обеспечивая дополнительное получение 0,23 т/га зерна. Добавление к фону Ультра Си в дозе 100 кг/га доводит сборы зерна до 1,92 т/га, что на 0,3 т/га, или 18,2% больше контрольного значения. Дальнейшее увеличение дозы применения Ультра Си – до 150 кг/га (вар.4) способствовало оптимизации минерального питания растений и росту урожая зерна на 6,4% – до 2,02 т/га, что на 24,6% больше контроля (табл. 7).

#### 7. Урожай зерна сои (2022 г.)

Вариант опыта	Без орошения			На орошении		
	сбор зерна, т/га	прибавка т/га	%	сбор зерна, т/га	прибавка т/га	%
Контроль (б/у)	1,62	-	-	1,74	-	-
$\text{N}_{100}\text{P}_{100}\text{K}_{100}$ – Фон (Ф)	1,85	0,23	14,2	2,03	0,29	16,6
Ф+Ультра Си, 100 кг/га	1,92	0,30	18,2	2,09	0,35	20,1
Ф+Ультра Си, 150 кг/га	2,02	0,40	24,6	2,18	0,44	25,2
Ф+Ультра Си, 200 кг/га	2,07	0,45	27,7	2,24	0,50	28,7
Ф+ $\text{MgSO}_4$ , 100 кг/га	1,89	0,27	16,6	2,05	0,31	17,8
Ф + $\text{MgSO}_4$ , 150 кг/га	1,97	0,35	21,6	2,14	0,40	22,9
Ф + $\text{MgSO}_4$ , 200 кг/га	2,03	0,41	25,3	2,20	0,46	26,4
НСП <sub>05</sub>	0,15	-	-	0,18	-	-

Выявленные биометрические особенности развития растений в варианте с Ультра Си в дозе 200 кг/га (вар.5) обуславливали максимальные сборы зерна 2,07 т/га, что на 3,1% выше значения предыдущего варианта. Прибавка к контролю составила 0,45 т/га, или 27,7%

Анализ урожайных данных в вариантах, где Ультра Си был заменен на Сульфат магния выявил, что урожайность оказалась в среднем на 1,5-2,5% меньше, чем в аналогичных вариантах с Ультра Си. При этом максимальная прибавка урожая при внесении сульфата магния в дозе 200 кг/га (вар. 8) равнялась только 0,41 т/га, или 25,3%.

Учет урожая зерна с орошаемых участков показал, что сборы в среднем на 7,4-8,4% больше, чем в вариантах неорошаемого участка, небольшую разницу в полученных урожаях можно объяснить нетипично влажными погодными условиями текущего года, которые нивелировали преимущества дополнительного увлажнения, и даже наоборот поливы растений могли нарушать оптимальный воздушный режим почвы. Однако и в условиях орошения внесение Ультра Си позволяет дополнительно получить около 0,06-0,21 т/га, прибавка урожая к контролю составила 20,1-28,7%, против 16,6% в фоновом варианте.



Таким образом, внесение в почву магнийсеросодержащего продукта Ультра Си на фоне N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub> достоверно обеспечивает прибавку урожая зерна сои в пределах 18,2-27,7%, или 0,30-0,45 т/га при его сборах на уровне 1,92-2,07 т/га.

В условиях орошения сборы зерна увеличиваются в среднем на 7,4-8,4%. При этом внесение в почву Ультра Си позволяет дополнительно получить около 0,06-0,21 т/га зерна. Прибавка урожая, по отношению к контролю, составляла 20,1-28,7%. В вариантах с внесением Сульфата магния получили дополнительно по отношению к контролю 0,31-0,46 т/га, или 17,8-26,4%.

Установлено, что содержание белка в зерне неорошаемых вариантов опыта варьировало в пределах 38,61-39,61%. В зерне орошаемых вариантов опыта показатель был несколько ниже – от 38,43 до 39,32%, однако разница небольшая и находилась в пределах статистической ошибки опыта (табл. 8).

8. Содержание белка в зерне сои (2022 г.)

Вариант опыта	Без орошения	На орошении
Контроль (б/у)	38,61	38,43
N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> – Фон (Ф)	38,90	38,65
Ф + Ультра Си, 100 кг/га	39,24	38,92
Ф + Ультра Си, 150 кг/га	39,46	39,10
Ф + Ультра Си, 200 кг/га	39,62	39,32
Ф + MgSO <sub>4</sub> , 100 кг/га	39,02	38,89
Ф + MgSO <sub>4</sub> , 150 кг/га	39,20	38,95
Ф + MgSO <sub>4</sub> , 200 кг/га	39,31	39,10
HCP <sub>05</sub>	0,20	0,26

С внесением N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub> (вар.2) белковость зерна повышалась в среднем на 0,5-0,7%. Добавление Ультра Си в дозе 100 кг/га (вар.3) обеспечило увеличение содержания белка по сравнению с контролем на 1,1-1,6%, а внесение Ультра Си в дозе 150 кг/га (вар.4) – на 1,7-2,2%. Максимальное содержание белка в зерне 39,32-39,62% получено при внесении полного минерального удобрения и Ультра Си в дозе 200 кг/га (вар.5), что на 2,3-2,6% больше показателя контроля и на 1,8-2,3% выше значений фоновых вариантов. Внесение Сульфата магния не имело существенных преимуществ по уровню накопления белка в зерне сои.

Таким образом, при совместном внесении N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub> и Ультра Си в дозе 100 и 150 и 200 кг/га содержание белка в зерне сои увеличивается в среднем на 1,1-2,6%, достигая максимального значения в 39,32-39,62% в варианте с внесением 200 кг/га Ультра Си.

**Заключение.** При формировании продуктивности пшеницы в контролируемых условиях достоверно доказано преимущество Магниевого серосодержащего удобрения Ультра Си в сравнении с Сульфатом магния. Повышенные дозы Ультра Си обладали некоторым фитонцидным действием, способствовали формированию более прочной соломины, что важно при применении высоких доз минеральных удобрений. Включение в систему питания яровой пшеницы Ультра Си в сочетании

с полным минеральным удобрением обеспечило получение дополнительного урожая зерна: при дозе внесения 300 кг/га – 3,3 ц/га, при дозе 500 кг/га – 6,3 ц/га, достоверная прибавка зерна в сравнении с традиционной технологией с использованием нитроаммофоски NPK 16-16-16 составила 7,1 и 13,4% соответственно, использование Ультра Си в сочетании с сапропелем или торфом также обеспечило повышение продуктивности, получена прибавка урожая зерна 8,9 и 6,6%.

В условиях полевого опыта выявлено, что внесение в почву N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub> в сочетании с магнийсеросодержащим удобрением Ультра Си стимулирует функционирование клубеньковых бактерий на корнях сои, повышая их среднюю сырую массу и среднюю массу одного клубенька. Максимальные значения параметров 6300-8000 мг/м<sup>2</sup> и 12,6-14,5 мг отмечались при внесении 200 кг/га Ультра Си, что в среднем в 1,3-2,8 раз больше контрольного варианта.

Внесение Ультра Си обеспечивает получение прибавки урожая зерна сои 18,2-27,7%, или 0,30-0,45 т/га при его сборах на уровне 1,92-2,07 т/га. В условиях орошения сборы зерна увеличиваются в среднем на 7,4-8,4%. При этом внесение в почву Ультра Си позволяет дополнительно получить 0,06-0,21 т/га. Прибавка урожая к контролю составила 20,1-28,7%.

При совместном внесении N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub> с магнийсеросодержащим Ультра Си в дозе 100, 150 и 200 кг/га содержание белка в зерне сои увеличивается в среднем на 1,1-2,6%, достигая максимального значения в 39,32-39,62% в варианте с внесением 200 кг/га Ультра Си. Замена препарата Ультра Си на Сульфат магния не дает существенной прибавки белка в зерне сои.

#### Литература

1. Магницкий К.П. Магниево-удобрения. – М.: Колос, 1967. – 200 с.
2. Овчаренко М. М., Некрасов Р. В., и др. Приемы повышения плодородия почв (известкование, фосфоритование, гипсование): науч.-метод. реком. – М.: ФГБНУ «Росинформаротех», 2021. – 116 с.
3. Cakmak I, Yazici AM Magnesium: a forgotten Element in Crop production. Better Crops/Vol.94.- 2010. № 2.- P. 23-25,
4. Аристархов А.Н. Агрохимическое обоснование применения магниевых удобрений // Плодородие. – 2002. – № 3. – С.15–17.,
5. Шильников И.А., Сычев В.Г., Шеуджен А.Х., Аканова Н.И. Потери питательных элементов растений. Монография. Изд-во: Lambert Academic Publishing, OmniScriptum GmbH & Co.KG, Deutschland – 2015.- 502 с.
6. Агрохимия/В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, Г.П. Гамзиков и др./ Под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. – 857 с.
7. Аканова Н.И., Козлова А.В., Мухина М.Т. Роль магния в системе питания растений//Агрохимический вестник. – 2021.- №6.- С. 66-73.
8. Кирюшин В.И., Кирюшин С.В. Агротехнологии. – М.: Лань, 2015. – 464 с.
9. Аканова Н.И., Гребенникова Т.В., Визирская М.М. Агроэкологическое значение серы и **потребность** в серосодержащих удобрениях в земледелии России// Плодородие. – 2022. – №4. – С. 83-87.
10. Аристархов А.Н., Яковлева Т. А. Методика определения ассортимента и потребности в Mg – удобрениях для их рационального использования в комплексных технологиях применения агрохимических средств. – М.: ВНИИА, 2018.- 42 с.
11. Посыпанов Г.С. Методические аспекты изучения симбиотического аппарата бобовых культур в полевых условиях // Изв. ТСХА, 1983. Вып. 5.- С. 42.

#### THE EFFECTIVENESS OF MAGNESIUM SULFUR-CONTAINING FERTILIZER "ULTRA C" IN CROPS OF VARIOUS CROPS

Akanova N.I. FGBNU "VNI Agrochemistry". 127550, Moscow, Pryanishnikova st., 31A.;

Trots N.M., Trots V.B., Samara GAU, 446442, Samara region, village. Ust-Kinelsky, Uchebnaya str., 1

Litvinov A.A. LLC "Mining and Chemical Company "Ultra Si", 624261, Sverdlovsk region, Asbestos, Promyshlennaya str., p. 2/7

The effectiveness of magnesium sulfur-containing fertilizer with trace elements Ultra C, obtained as a by-product in the processing of the natural mineral serpentinite, is shown. The fertilizer is universal for all types of soils, has a reclamation effect, creates optimal conditions for plant nutrition with magnesium, sulfur and a number of trace elements. The use of fertilizer on soybean and spring wheat crops provides a reliable increase in grain yield. Application of N100P100K100 in combination with Ultra C at a dose of 150 kg/ha increased the harvest of soybeans to 2.02 t/ha, which is 24.6% more than the control.

Keywords: soybeans, yield, soil acidity, magnesium fertilizer, grain quality, magnesium, sulfur.