
ПРИМЕНЕНИЕ НОВОГО ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОСТУПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРОДУКЦИЮ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Д.Г. Свириденко¹, О.Ю. Баланова¹, Г.А. Кулиева²,
А.Н. Прокипчина², Е.А. Савосина²

¹Государственное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт
сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии Россельхозакадемии»
Киевское шоссе, 109 км, Обнинск, Калужская область, Россия, 249032

²Экологический факультет
Российский университет дружбы народов
Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093

Проведен анализ данных по применению комплексного органо-минерального удобрения Супродит на серых лесных среднесуглинистых почвах для выращивания зерновых культур. Показано, что использование нового комплексного органо-минерального удобрения пролонгированного действия Супродит снижает поступление тяжелых металлов (Cd) в зерно и является наиболее эффективным удобрением для получения экологически чистой продукции растениеводства.

Ключевые слова: тяжелые металлы, Супродит, сельское хозяйство, кадмий, минеральные удобрения, урожайность.

Поступление тяжелых металлов в окружающую среду связано с активной деятельностью человека. Большие территории сельхозугодий загрязнены такими токсикантами, как пестициды, радионуклиды, тяжелые металлы и другие органические соединения. В России свыше 2 млн га загрязнено выбросами промышленных предприятий [6].

Приоритетными токсикантами в продукции растениеводства, которые обладают широким спектром негативного воздействия и представляют наибольшую опасность даже в незначительных концентрациях, являются такие тяжелые металлы, как свинец и кадмий [4]. Повышенные концентрации тяжелых металлов, как правило, выявляются на территории с развитым промышленным комплексом, вблизи крупных автомагистралей, а также на территории крупных городов, образуя техногенные аномалии [5]. Основными источниками поступления тяжелых металлов в агроэкосистему являются черная и цветная металлургия, автотранспорт, а также широкое применение различных удобрений в сельском хозяйстве [7].

Тяжелые металлы, мигрируя по компонентам окружающей среды, имеют способность накапливаться в продукции растениеводства и животноводства, что может привести к ее несоответствию санитарно-гигиеническим нормативам [5].

Учеными из ГНУ ВНИИСХРиАЭ совместно с ГНУ «Калужский НИИСХ» разработано новое удобрение Супродит, которое представляет собой сорбент-

удобрение пролонгированного действия на основе трепела, содержащего азот, фосфор, калий, магний, бор, молибден и органические вещества. Он обладает высокой сорбционной способностью по отношению к загрязняющим веществам, позволяя постепенно высвобождать в почвенный раствор вещества необходимые растениям, а также обладают пролонгированным действием [7].

Исследования влияния Cd и нового комплексного удобрения Супродит на продуктивность, накопление в растениях серой лесной среднесуглинистой почвы проводились на базе ГНУ ВНИИСХРиАЭ совместно с ГНУ «Калужский НИИСХ». Был поставлен вегетационный опыт. В сосудах, вмещающих 5 кг воздушно-сухой почвы, выращивали яровой ячмень. Cd вносили в почву в виде сернокислой соли в количестве 10 и 50 мг/кг почвы, что соответствует 5 и 25 ОДК для нейтральных суглинистых почв. Питательные элементы вносили в таком количестве: N — 0,15; P₂O₅ — 0,16; K₂O — 0,19 г/кг почвы. Промышленные минеральные удобрения были внесены в виде NH₄NO₃, KH₂PO₄ и KCl. Новое комплексное органо-минеральное удобрение Супродит содержит: N — 11%; P₂O₅ — 11,5%; K₂O — 13,5%. Супродит обладает высокой емкостью катионного обмена — 126 мг-экв/100 г почвы. Удобрение-сорбент вносили в почву в дозе 1,4 г/кг почвы. Повторность опыта — 4-кратная. Опыт проводили на яровом ячмене, сорт Нур.

Агрохимические показатели почвы определяли по общепринятой методике [4], (табл. 1).

Таблица 1

Агрохимические показатели серой лесной среднесуглинистой почвы до проведения вегетационного опыта

рН	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Hг	Емкость поглощения	Гумус, %
	мг/100 г почвы		мг-экв./100 г почвы				
6,1	44,0	21,6	11,9	1,18	0,66	28,5	3,09

Планирование вегетационного опыта осуществляли по методике [7]. Определение содержания Cd в растениях и почве проводили атомно-абсорбционным способом по методике ВНИИА [6] с использованием плазменного атомно-абсорбционного спектрометра ICP-AES, LibertII фирмы Varian (SpektrAA 250+). Показатели микробиологической активности почвы определяли по методике МГУ [4]. Математическую обработку результатов исследований, включавшую расчет статистических оценок, выполняли с использованием пакета прикладных программ в составе MicrosoftExcel 2007.

Как показали результаты исследований, загрязнение серой лесной среднесуглинистой почвы Cd в концентрации 50ДК привело к снижению урожая зерна ячменя от 25 до 57% в зависимости от агрофона по сравнению с почвой, в которую токсикант не был внесен. Наибольшее отрицательное влияние на рост, развитие и формирование продуктивности ячменя оказывало внесение в почву Cd в варианте без удобрений (рис. 1). Потери массы зерна в варианте без применения удоб-

рений при концентрации Cd 10 мг/кг почвы составили 57 и 74% при высоком уровне загрязнения — 50 мг/кг почвы.

Супродит и промышленные минеральные удобрения нивелируют отрицательное действие Cd на продуктивность ячменя. При внесении в серую лесную почву Cd в концентрации 10 мг/кг урожай зерна ячменя на фоне промышленных минеральных удобрений (NPK) на 27% ниже, чем на почве без ТМ. Урожайность ячменя при внесении Супродита в почву, загрязненную Cd₁₀, снижается на 25%. Эффективность Супродита в снижении фитотоксичности Cd при концентрации 50ДК на 17,5% выше, чем в варианте с N_{0,15}P_{0,16}K_{0,19} (рис. 1).

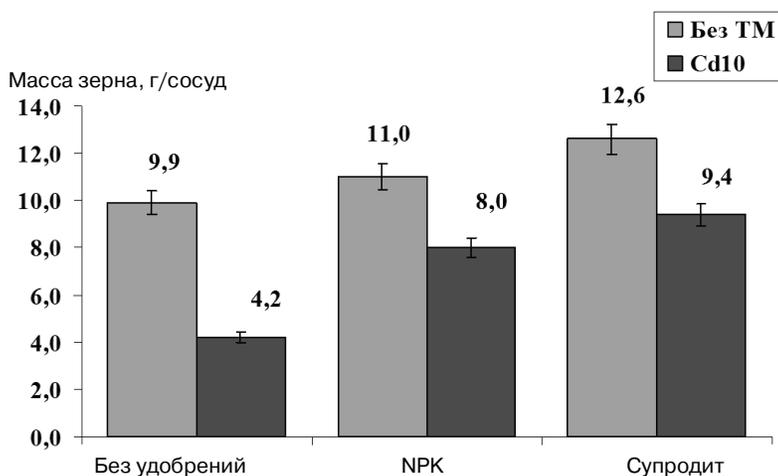


Рис. 1. Влияние Супродита и минеральных удобрений на массу зерна ячменя на серой лесной почве, загрязненной Cd в концентрации 10 мг/кг

Следует отметить, что применение Супродита при выращивании ячменя на серой лесной почве без содержания Cd повышает урожай зерна по сравнению с промышленными минеральными удобрениями на 14,5% (рис. 2).

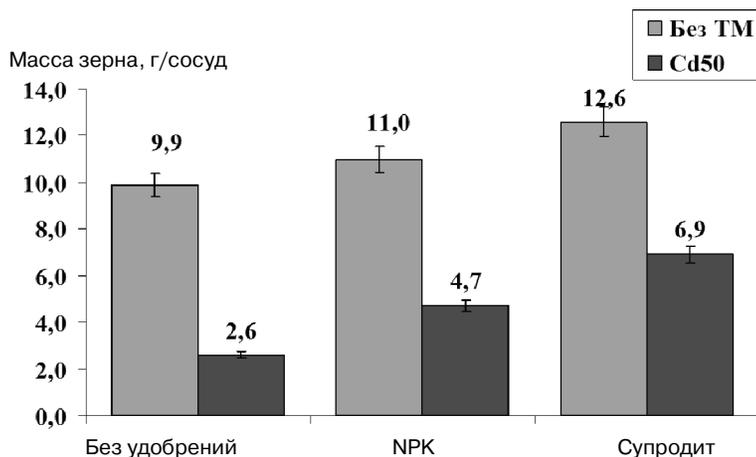


Рис. 2. Влияние Супродита и минеральных удобрений на массу зерна ячменя на серой лесной почве, загрязненной Cd в концентрации 50 мг/кг

Урожай ячменя при внесении промышленных минеральных удобрений в загрязненную Cd_{50} почву ниже на 57%, чем на почве без Cd. Потери урожая зерна при выращивании ячменя с применением Супродита на почве, содержащей Cd 50 мг/кг, составляли 45%.

При одинаковом уровне загрязнения серой лесной среднесуглинистой почвы в концентрации 50 мг/кг использование Супродита позволило уменьшить недобор урожая зерна на 46,8% по сравнению с $N_{0,15}P_{0,16}K_{0,19}$.

Повышение уровня плодородия почв и улучшение условий минерального питания растений, возделываемых на почвах, загрязненных тяжелыми металлами или радионуклидами, способствует получению продукции с наименьшим содержанием загрязнителей.

Результаты исследований показали, что максимальное накопление Cd в зерне ячменя на серой лесной среднесуглинистой почве без внесения удобрений — 1,77 мг/кг зерна при концентрации Cd 10 мг/кг и 4,27 мг/кг зерна при концентрации Cd 50 мг/кг (табл. 2).

Таблица 2

Влияние Супродита и минеральных удобрений на накопление Cd в зерне ячменя на серой лесной среднесуглинистой почве

Вариант	Масса зерна, г/сосуд	Содержание Cd в зерне, мг/кг	Вынос Cd с зерном, мг/сосуд
Без удобрений	9,9	$0,008 \pm 0,001$	следы
$N_{0,15}P_{0,16}K_{0,19}$	11,0	$0,012 \pm 0,002$	следы
Супродит	12,6	$0,014 \pm 0,001$	0,0001
Без удобрений + Cd_{10} мг/кг почвы	4,2	$1,772 \pm 0,147$	0,0074
Без удобрений + Cd_{50} мг/кг почвы	2,6	$4,268 \pm 0,205$	0,0111
$N_{0,15}P_{0,16}K_{0,19}$ + Cd_{10} мг/кг почвы	8,0	$1,147 \pm 0,105$	0,0092
$N_{0,15}P_{0,16}K_{0,19}$ + Cd_{50} мг/кг почвы	4,7	$2,738 \pm 0,219$	0,0129
Супродит + Cd_{10} мг/кг почвы	9,4	$0,622 \pm 0,091$	0,0058
Супродит + Cd_{50} мг/кг почвы	6,9	$1,611 \pm 0,158$	0,0111
НСР ₀₅	1,3		

Поступление Cd в растения из серой лесной почвы с концентрацией ТМ 10 мг/кг снижается при внесении промышленных минеральных удобрений в 1,5 раза по сравнению с вариантом без удобрений. Такой же эффект получен на фоне $N_{0,15}P_{0,16}K_{0,19}$ при высокой концентрации Cd (50 мг/кг) в почве (рис. 3).

Внесение Супродита, обладающего высокой емкостью поглощения, в почву, загрязненную Cd_{10} , способствует снижению содержания токсиканта в зерне в 2,8 раза. Накопление Cd в зерне ячменя при создании агрофона с применением Супродита на почве с концентрацией Cd 50 мг/кг в 2,6 раза ниже, чем в варианте без удобрений.

По результатам исследований не установлено прямой пропорциональной зависимости между концентрацией Cd в почве и накоплением в зерне ячменя во всех вариантах опыта. Содержание Cd в урожае ячменя на серой лесной почве без удобрений при концентрации 50 мг/кг в 2,4 раза выше, чем при концентрации 10 мг/кг, а при внесении промышленных минеральных удобрений и Супродита в 2,4—2,6 раза.

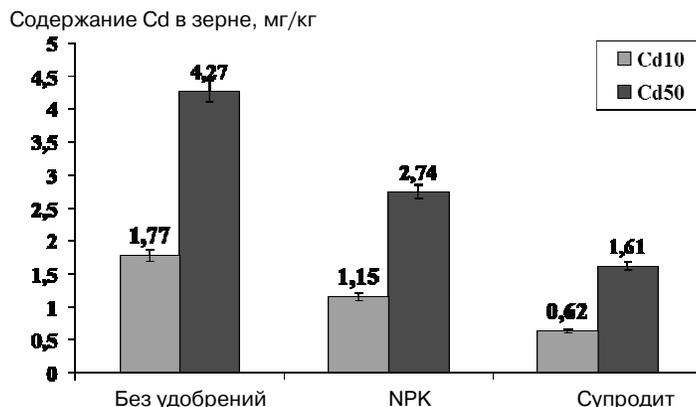


Рис. 3. Влияние Супродита и минеральных удобрений на накопление Cd в зерне ячменя на серой лесной среднесуглинистой почве

При загрязнении серой лесной почвы Cd в концентрации 10 мг/кг Супродит ограничивает поступление ТМ в 1,8 раза по сравнению с промышленными минеральными удобрениями. Содержание Cd в зерне при высокой концентрации элемента в почве — 50 мг/кг, при внесении Супродита в 1,7 раза ниже, чем в варианте $N_{0,15}P_{0,16}K_{0,19}$.

Внесение минеральных удобрений при выращивании ячменя на серой лесной почве приводит к увеличению выноса Cd с зерном (см. табл. 2). Наибольший вынос Cd с урожаем получен в варианте с внесением промышленных минеральных удобрений при высокой концентрации токсиканта (50 мг/кг) в почве. Применение Супродита на загрязненной Cd почве позволяет уменьшить вынос с урожаем по сравнению с неудобренной почвой в 1,3 раза.

С увеличением концентрации Cd в почве с 10 мг/кг до 50 мг/кг поток ТМ с зерном при внесении промышленных минеральных удобрений возрастает с 1,4 раза, а в вариантах с Супродитом — в 1,9 раза.

При одинаковом уровне загрязнения почвы вынос Cd зерном ячменя на фоне промышленных минеральных удобрений в 1,2—1,6 раза выше, чем в вариантах с Супродитом.

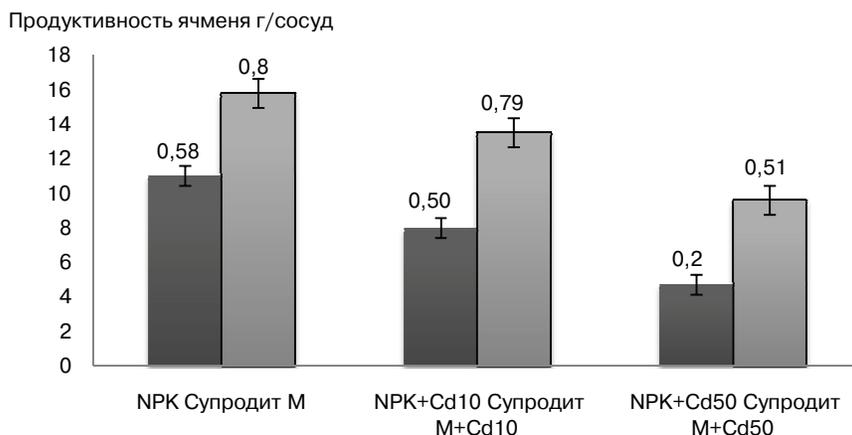


Рис. 4. Влияние Супродита на продуктивность ячменя на серой лесной почве загрязненной Cd

При применении Супродита с целью уменьшения перехода ТМ из почвы в растение в условиях техногенного загрязнения и с целью получения высоких урожаев отмечается повышение урожайности зерновых культур 15—40%, снижение подвижности загрязняющих веществ в почвах, снижение накопления кадмия, свинца в зерне 1,2—2,5 раза [7].

При этом в отличие от большинства известных на сегодняшний день мероприятий по снижению содержания тяжелых металлов, внесение препарата Супродит имеет продолжительный эффект, который сохраняется в течение 2—3 лет [7].

Таким образом, применение нового удобрения Супродит позволяет снижать концентрацию тяжелых металлов в продукции выращенной на загрязненных почвах и обеспечивает высокую урожайность сельхоз культур.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Дабахов М.В., Дабахова Е.В., Титова В.И.* Экотоксикология и проблемы нормирования. — Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005.
- [2] *Ильин В.Б.* Тяжелые металлы в системе «почва—растение». — Новосибирск: Наука, 1991.
- [3] *Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т.* Биологическое земледелие и минеральные удобрения / Под ред. В.Г. Минеева. — М.: Колос, 1993.
- [4] Новые перспективные комплексные удобрения для сельскохозяйственного производства (разработка, опыт применения, эффективность) // Материалы научно-практической конференции / Под ред. А.Н. Ратникова, В.Н. Мазурова. — Обнинск: ГНУ ВНИИСХРЭ Россельхозакадемии, 2013.
- [5] Применение комплексного удобрения «Супродит» при возделывании зерновых культур на различных типах почв / А.Н. Ратников, Н.И. Санжарова, Т.Л. Жигарева, Д.Г. Свириденко, Г.И. Попова, К.В. Петров, С.Н. Бочкарев. — Обнинск: ГНУ ВНИИСХРЭ Россельхозакадемии, 2011.
- [6] Разработка и применение экологических технологий, направленных на снижение негативного действия тяжелых металлов на агроценозы / М.Н. Картузова. — 2011.
- [7] Технология применения нового комплексного удобрения Супродит М при возделывании зерновых культур на различных типах почв / А.Н. Ратников, Н.И. Санжарова, Т.Л. Жигарева, Д.Г. Свириденко, Г.И. Попова, К.В. Петров, С.Н. Бочкарев. — Обнинск: ГНУ ВНИИСХРЭ Россельхозакадемии, 2012.

LITERATURA

- [1] *Dabahov M.V., Dabahova E.V., Titova V.I.* Jekotoksikologija i problemy normirovanija. — N. Novgorod: Izd-vo VVAGS, 2005.
- [2] *Il'in V.B.* Tjazhelye metally v sisteme pochva-rastenie. — Novosibirsk: Nauka, 1991.
- [3] *Mineev V.G., Debreceni B., Mazur T.* Biologicheskoe zemledelie i mineral'nye udobrenija / Pod red. V.G. Mineeva. — M.: Kolos, 1993.
- [4] Novye perspektivnye kompleksnye udobrenija dlja sel'skogo proizvodstva (razrabotka, opyt primeneniya, jeffektivnost') // Materialy nauchno-prakticheskoj konferencii / Pod red. A.N. Ratnikova, V.N. Mazurova. — Obninsk: GNU VNIISHRJe Rossel'hozakademii, 2013.
- [5] Primenenie kompleksnogo udobrenija «Suprodit» pri vzdelyvanii zernovyh kul'tur na razlichnyh tipah pochv / A.N. Ratnikov, N.I. Sanzharova, T.L. Zhigareva, D.G. Sviridenko, G.I. Popova, K.V. Petrov, S.N. Bochkarev. — Obninsk: GNU VNIISHRJe Rossel'hozakademii, 2011.
- [6] Razrabotka i primenenie jekologicheskikh tehnologij, napravlennyh na snizhenie negativnogo dejstvija tjazhelyh metallov na agrocenozy / M.N. Kartuzova. — 2011.

- [7] Tehnologija primenenija novogo kompleksnogo udobrenija Suprodit M pri vozdeľyvanii zernovyh kul'tur na razlichnyh tipah pochv / A.N. Ratnikov, N.I. Sanzharova, T.L. Zhigareva, D.G. Sviridenko, G.I. Popova, K.V. Petrov, S.N. Bochkarev. — Obninsk: GNU VNIISHRJe Rossel'hoz akademii, 2012.

THE SEWAGE SLUDGE IS A SOURCE OF METALS' TRANSLOCATION INTO AGRICULTURAL PLANTS

**D.G. Sviridenko¹, O.J. Balanova¹, G.A. Kulieva²,
A.N. Prokipchina², E.A. Savosina²**

¹State scientific establishment Russian Institute
of Agricultural Radiology and Agroecology
Kievskoe shosse, 109 km, Obninsk, Kalugskaja oblast, Russia, 249032

²Ecological Department
Peoples' Friendship University of Russia
Podolskoe shosse, 8/5, Moscow, Russia, 113093

It was analyzed the data of use of complex organic mineral fertilizer SUPRODIT on gray forest soils for growing crops. It is shown that the use of the new complex organic mineral fertilizer prolonged action SUPRODIT reduces the flow Cd in the grain and is the most effective fertilizer for green agriculture.

Key words: heavy metals, Suprodit, agriculture, cadmium, fertilizers, crop yields.