

УДК 633.11

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-355-1-72-77>

Оригинальное исследование/Original research

Куликова А.Х.,
Тойгильдин А.Л.,
Цаповская О.Н.

ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ», 432017, Ульяновская область, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, д. 1

Ключевые слова: биологическая активность почвы, питательный режим, диатомит, урожайность

Для цитирования: Куликова А.Х., Тойгильдин А.Л., Цаповская О.Н. Питательный режим и биологическая активность почвы в зависимости от загрязнения медью и роль диатомита как детоксиканта. Аграрная наука. 2022; 355 (1): 72–77.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-355-1-72-77>

Конфликт интересов отсутствует

Alevtina Kh. Kulikova,
Alexsander L. Toigildin,
Olga N. Tsapovskaya

Ulyanovsk State Agrarian University, 432017, Ulyanovsk region, Ulyanovsk, Novy Venets Boulevard, 1

Key words: biological activity of the soil, nutrient regime, diatomite, yield

For citation: Kulikova A.Kh., Toigildin A.L., Tsapovskaya O.N. Nutritional regime and biological activity of soil depending on copper contamination and the role of diatomite as a detoxifier. Agrarian Science. 2022; 355 (1): 72–77. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-355-1-72-77>

There is no conflict of interests

Питательный режим и биологическая активность почвы в зависимости от загрязнения медью и роль диатомита как детоксиканта

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Современное сельскохозяйственное производство отличается нарастанием антропогенного воздействия на агроценозы, что представляет угрозу получения экологически безопасной продукции растениеводства. Среди токсикантов особую опасность, наряду с пестицидами, представляют тяжелые металлы. Особое влияние в этом отношении заслуживают металлы, в том числе и медь, играющие двоякую роль в системе «почва — растение», являющиеся абсолютно необходимыми растениям и в то же время при поступлении в избыточных количествах — высокотоксичными.

Методы. Изучение токсичности меди проводили в микрополевых опытах с искусственным загрязнением почвы сернокислой медью ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) на уровне 2 ПДК, 4 ПДК и 10 ПДК. Почва опытного поля — чернозем выщелочный среднесуглинистый, в качестве детоксиканта меди применяли высококремнистую породу диатомит из расчета 5 т/га. Экспериментальной культурой являлась яровая пшеница сорта Маргарита селекции Ульяновского НИИСХ. Повторность опыта четырехкратная, расположение делянок рендомизированное, учетная площадь делянок — 1 м².

Результаты. Пороговым значением меди, за которым значительно снижается биологическая активность черноземов в условиях Среднего Поволжья, является уровень загрязнения в количестве более 4 ПДК. Внесение диатомита в почву в чистом виде сопровождалось повышением активности почвенных микроорганизмов, при совмещении его с сернокислой медью — относительным уменьшением. Искусственное загрязнение медью существенных изменений в содержании в пахотном слое гумуса, соединений фосфора и калия не вызвало. Показано, что содержание меди в почве на уровне 10 ПДК приводило к значительному подавлению деятельности почвенной биоты и снижению урожайности яровой пшеницы на 0,58 т/га, или на 29%.

Nutritional regime and biological activity of soil depending on copper contamination and the role of diatomite as a detoxifier

ABSTRACT

Relevance. Modern agricultural production is characterized by an increase in anthropogenic impact on agroecosystems, which poses a threat to obtaining environmentally safe crop production. Among the toxicants, heavy metals are particularly dangerous, along with pesticides. Metals, including copper, which play a dual role in the “soil — plant” system, are absolutely necessary for plants and at the same time highly toxic when received in excess quantities, deserve special influence in this regard.

Methods. The study of the amounts of copper was carried out in microfield experiments with artificial soil contamination with copper sulfate ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) at the level of 2 MPC, 4 MPC and 10 MPC. The soil of the experimental field is medium-loamy leached chernozem, high-siliceous rock diatomite was used as a copper detoxifier at the rate of 5 t/ha. The experimental crop was spring wheat of the Margarita variety selected by the Ulyanovsk Research Institute of Agricultural Sciences. The repetition of the experiment is fourfold, the location of the plots is randomized, the accounting area of the plots is 1 m².

Results. The threshold value of copper, beyond which the biological activity of chernozems significantly decreases in the conditions of the Middle Volga region, is the level of pollution in the amount of more than 4 MPC. The introduction of diatomite into the soil in its pure form was accompanied by an increase in the activity of soil microorganisms, when combined with copper sulfate — a relative decrease. Artificial contamination with copper did not cause significant changes in the content of humus, phosphorus and potassium compounds in

the arable layer. It is shown that the copper content in the soil at the level of 10 MPC led to a significant suppression of the activity of soil biota and a decrease in the yield of spring wheat by 0.58 t/ha, or by 29%.

Поступила: 14 сентября
Принята к публикации: 12 января

Received: 14 September
Accepted: 12 January

Введение

Производство экологически безопасной продукции растениеводства в условиях постоянного нарастания антропогенного воздействия на окружающую среду является одной из самых приоритетных задач современности. Установлено, что избыточное поступление биофильных макро- и микроэлементов в растения, прежде всего относящихся к тяжелым металлам (ТМ), сопровождается необратимыми физиологическими изменениями в организме и даже его гибелью. Поэтому крайне важно определение уровней содержания токсикантов в почвенном покрове, приводящих к загрязнению растительной продукции, и поиск надежных методов использования таких почв в сельскохозяйственном производстве.

Медь является важнейшим микроэлементом, необходимым растениям. Физиологическая и биохимическая роль ее определяется вхождением в состав ряда ферментов: полифенолоксидазы, лактазы, аскорбинатоксидазы и др., она играет важную роль в азотном и нуклеиновом обменах, участвует в защитных функциях растительного организма. Однако в повышенных концентрациях медь токсична и может вызвать отравление растений, приводящее к снижению активности ряда ферментов, а также к нарушению механизмов поглощения биофильных элементов. В конечном итоге это сопровождается потерей урожая и качества сельскохозяйственной продукции (Мотузова Г.В., 2000; Ильин В.Б., 2001; Троц Н.М., 2018).

Вышеизложенное определило цель наших исследований — установить токсичные уровни содержания меди в почвах и изучить возможность снижения ее негативного воздействия на растения и урожайность яровой пшеницы с использованием в качестве детоксиканта высококремнистой породы — диатомита.

Методика

Объектами исследования являлись: чернозем типичный среднесуглинистый с содержанием гумуса 4,7%, высокой обеспеченностью подвижным фосфором (196 мг/кг почвы по Чирикову), очень высокой — обменным калием (206 мг/кг), нейтральной реакцией почвенного раствора (6,5 ед. pH_{KCl}).

Медь в виде сернокислой соли $CuSO_4$. Выбор меди в качестве токсиканта обусловлен двояким ее поведением в системе «почва — растение»: как необходимого микроэлемента в питании растений и как металла с высокой токсичностью при повышенных концентрациях. Сульфат меди ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$, медный купорос) хорошо растворим в воде, в сельском хозяйстве его разбавленный раствор применяется для опрыскивания растений и протравливания семян для защиты от грибковых заболеваний.

Диатомит — высококремнистая порода, состоящая главным образом из мельчайших кремниевых скелетных частей древних диатомовых водорослей. Содержание диоксида кремния (SiO_2) в ней составляет до 85%, в том числе аморфного — до 42 % и более. Диатомит обладает уникальными адсорбционными, каталитическими и ионообменными свойствами. В силу характера пористости и присутствия подвижного кремния способствует переводу тяжелых металлов в малодоступную форму и удержанию их от поступления в растения, тем самым способствуя получению экологически безопасной продукции.

Яровая пшеница сорта Маргарита Ульяновского НИИСХ включена в Государственный реестр селекцион-

ных достижений в 2008 году. Выбор яровой пшеницы в качестве экспериментальной культуры обусловлен ее высокой требовательностью к условиям произрастания и, соответственно, выраженной чувствительностью к ним, в том числе загрязнению тяжелыми металлами.

Изучение влияния разных концентраций меди на состояние системы «почва — растение», в том числе на биологическую активность и питательный режим почвы, урожайность и качество продукции проводили в модельных микрополевых опытах на опытном поле кафедры почвоведения, агрохимии и агроэкологии Ульяновского ГАУ. Схема опыта состояла из 8 вариантов: 1 — контроль, 2 — внесение в почву сернокислой меди в концентрации 2 ПДК (2 ПДК Cu), 3 — 4 ПДК Cu , 4 — 10 ПДК Cu , 5 — диатомит из расчета 5 т/га, 6 — ПДК Cu + диатомит, 7 — 4 ПДК Cu + диатомит, 8 — 10 ПДК Cu + диатомит.

Площадь одной учетной делянки — 1 м², повторность четырехкратная (согласно рекомендациям Б.П. Доспехова, 2011). Все работы по внесению меди и диатомита проводили вручную. Уборку урожая осуществляли также вручную со всей делянки. Снопы обмолачивали на пучково-сноповой молотилке МСС-1. Урожайность пересчитывали на 100%-ю численность и 14%-ю влажность (ГОСТ 27548-97).

Все анализы почвенных и растительных образцов выполняли в аккредитованной лаборатории ФГБУ «САС Ульяновская» по соответствующим ГОСТам.

Результаты

Биологическая активность почвы и питательный режим. На современном этапе развития науки, техники и сельского хозяйства невозможно представить отрасль, где микробиологические процессы не имели бы значения. Современные технологические процессы в различных отраслях сельскохозяйственного производства в значительной степени основаны на свойствах и жизнедеятельности микроорганизмов. Микроорганизмы активно участвуют в круговороте веществ в природе, поэтому возникает необходимость глубокого анализа характера микробиологических процессов в почвах, занятых различными сельскохозяйственными культурами (Мишустин Е.Н., 1972; Минеев В.Г., 1981; Максютлов Н.А., 1996; Куликова А.Х., 1997).

В настоящее время доказано, что микроорганизмы в почвообразовании играют исключительно важную и своеобразную роль. Им принадлежит главная роль в процессах минерализации и гумификации растительных остатков, в разрушении и преобразовании почвенных минералов, они оказывают большое влияние на состав почвенного воздуха, регулируют в нем соотношение между O_2 и CO_2 . Выделяя гидролитические и окислительно-восстановительные ферменты (гидролазы, оксидоредуктазы, полифенолоксидазы и др.), микроорганизмы катализируют процессы расщепления белков, углеводов, лигнина, липидов, смол, дубильных веществ и других сложных органических соединений до простейших минеральных солей (Семионова Н.А., 2002).

Главная роль почвенных микроорганизмов в корневом питании растения заключается в их ферментативной и иных химических способностях постепенно переводить труднодоступные и малодоступные формы элементов питания в соединения, способные усваиваться корневой системой сельскохозяйственных культур. Предшествуют этому сугубо микробиологические почвенные процессы аммонификации растительных и животных

Таблица 1. Биологическая активность чернозема типичного в зависимости от уровня загрязнения медью, %

Table 1. Biological activity of typical chernozem depending on the level of copper contamination, %

Вариант	Степень разложения льняного полотна, %	Отклонение от контроля	
		в абсолютных цифрах	в относительных процентах
Контроль	44	–	–
2 ПДК Cu	47	+3	+7
4 ПДК Cu	51	+7	+16
10 ПДК Cu	40	–4	–9
Диатомит	49	+5	+11
2 ПДК Cu + диатомит	45	+1	+2
4 ПДК Cu + диатомит	43	–1	–2
10 ПДК Cu + диатомит	40	–4	–9

остатков, нитрификации промежуточных азотсодержащих продуктов, а также трансформации минеральной части почвы, органических и минеральных удобрений, а также иных соединений почвенной системы.

Антропогенное воздействие на почвенный покров нарушает нормальное течение микробной деструкции и трансформации различных органических веществ, протекание круговоротов важных для растений элементов минерального питания. Почвенная микробиота играет большую роль в детоксикации и снижении поступления опасных веществ в продукцию растениеводства (Марфенина О.Е., 1991).

Учет биологической активности почвы дает оперативную информацию о характере и скорости протекающих почвенных процессов, поскольку микробное сообщество незамедлительно реагирует на любые происходящие изменения (Звягинцев Д.Г., Бабьева И.Т., Зенова Г.М., 2005).

Анализ литературных источников свидетельствует об отсутствии интегрального показателя активности почвенных микроорганизмов и общей биологической активности почвы. О последней судят по таким биологическим тестам, как нитрифицирующая и аммонифицирующая активности, продуцирование CO_2 («дыхание почвы») и целлюлозоразлагающая способность почвы.

По мнению Сорокина Н.Д. (2009) наиболее адекватными показателями деятельности микроорганизмов являются скорость разложения целлюлозы, общая протеазная активность и биомасса микроорганизмов. Интенсивность разрушения клетчатки в почве характеризует энергию круговорота азота, а общая протеазная активность — азота почвенными микроорганизмами. Е.Н. Мишустин и В.Г. Емцев (1972) также считают, что метод аппликации может достаточно полно характеризовать общую направленность микробиологических процессов в почве.

Метод аппликации льняных полотен широко применяется при изучении эффективности различных агротехнических приемов в производстве растениеводческой продукции и позволяет судить о деятельности целлюлозоразлагающей микрофлоры по степени распада и убыли массы материала — источника клетчатки, выдержанного в почвенном слое. В отличие от других, метод позволяет наблюдать за особенностью функ-

ционирования живого компонента почвы в пространстве и во времени непосредственно в полевых условиях (Федорец Н.Г., 2009).

В таблице 1 приведены показатели степени разложения льняного полотна под посевами яровой пшеницы. Определение их проведено в конце вегетации культуры.

Как следует из приведенных данных, введение в почвенную среду меди на уровне до 4 ПДК способствует повышению деятельности целлюлозоразрушающих микроорганизмов до 16 относительных процентов. Дальнейшее повышение уровня загрязнения медью до 10 ПДК сопровождалось значительным подавлением деятельности почвенной биоты и активность ее по отношению к контролю заметно уменьшалась.

Следует особо отметить роль диатомита в регулировании жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, способствующего улучшению физического состояния почвы через его оструктурирующее действие (Куликова А.Х., 2013). В связи с этим создаются лучшие условия деятельности аэробных микроорганизмов, что приводит к повышению биологической активности, в данном случае на 11 относительных процентов. При совмещенном внесении в почву диатомита и сернокислой меди происходило относительное уменьшение активности целлюлозоразлагающих организмов.

Определенное количество меди необходимо для нормального протекания физиологических процессов как в микроорганизмах, так и растениях. Однако при повышении содержания его выше пороговых значений активность почвенной биоты резко снижается, блокируется нормальная работа ферментных систем. Так, по данным И.С. Коротченко (2012) при загрязнении почвы медью и кадмием активность ферментов уреазы, протеазы, каталазы, инвертазы при загрязнении с дозой от 1 до 5 ПДК снижалась от 6,2 до 50% в зависимости от концентрации поллютантов. Использование детоксикантов способствовало усилению ферментативной активности.

Таким образом, пороговым значением содержания меди, за которым значительно снижается биологическая активность черноземов в условиях Среднего Поволжья, является уровень загрязнения в количестве более 4 ПДК.

Деятельность почвенных микроорганизмов непосредственно определяет питательный режим почвы, усиливая или угнетая трансформацию элементов питания из недоступного состояния в доступные формы.

В таблице 2 представлены данные, показывающие влияние загрязнения почвы медью и диатомита, применяемого в качестве детоксиканта, на содержание гумуса и основных микроэлементов (подвижных форм фосфора и калия), а также реакцию почвенного раствора (pH_{KCl}).

Искусственное загрязнение пахотного слоя чернозема типичного среднесуглинистого сернокислой солью меди существенных изменений в содержании гумуса, подвижного фосфора, обменного калия и обменной кислотности не вызвало. Однако при внесении диатомита

наблюдали выраженную тенденцию увеличения в пахотном слое почвы доступных фосфора и калия, несмотря на активное потребление их растениями при формировании урожая экспериментальной культуры. Последнее, по-видимому, обусловлено способностью подвижных кремниевых соединений переводить труднодоступные фосфаты в доступные формы (Матыченков В.В., Аммосова Я.М., Бочарникова Е.Н., 2002). Что касается калия, содержание его в самом диатомите составляет 1,25% (Куликова А.Х., 2013).

Урожайность и ее структура. Одним из лимитирующих факторов формирования урожайности сельскохозяйственных культур, несомненно, является создание оптимальных условий для роста и развития не только с точки зрения режима питания, влагообеспеченности и т.д., но и отсутствия или присутствия негативных факторов, каковыми являются в том числе и тяжелые металлы. В таблице 3 приведены показатели урожайности яровой пшеницы по вариантам микрополевого опыта.

При анализе данных таблицы прежде всего обращает на себя внимание значительное повышение урожайности зерна яровой пшеницы при внесении в почву диатомита (на 0,23 т/га, или на 11%). Исследованиями, проведенными на кафедре почвоведения, агрохимии и агроэкологии Ульяновского ГАУ, а также в ряде других работ (Тойгильдина И.А., 2008; Сайдяшева Г.В., 2011; Куликова А.Х., 2013; Козлов А.В., и др., 2015) доказано, что диатомит (а также другие высококремнистые породы, такие как трепелы, цеолиты, бентонитовые глины) оказывает многостороннее положительное воздействие на систему «почва — растение»:

- оказывает оструктурирующее и разуплотняющее действие на почву при возделывании любых культур;
- благоприятно влияет на активность почвенных организмов (биогенность почвы может повышаться на 20–30%);
- способствует повышению водоудерживающей способности и улучшению питательного режима почвы (в том числе кремнием);
- обладает несомненными защитными свойствами в любых стрессовых ситуациях, вызванных как биогенными, так и абиогенными факторами;
- способствует получению экологически безопасной продукции.

Несмотря на то, что загрязнение медью на уровне до 4 ПДК даже стимулировало биологическую активность почвы и не привело к заметным изменениям в ее питательном режиме, оно сопровождалось резким снижением урожайности яровой пшеницы на 0,15–0,58 т/га, или на 8–29%. По-видимому, влияние меди на формирование урожайности культур регулируется сложными биохимическими механизмами в связи вхождением ее

Таблица 2. Влияние загрязнения медью и диатомита на основные агрохимические показатели почвы (в числителе до посева, знаменателе — в период уборки урожая)

Table 2. Effects of copper and diatomite contamination on the main agrochemical indicators of the soil (numerator — before sowing, denominator — during the harvest period)

Вариант	Гумус, %	pH _{KCl} , един.	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
Контроль	4,2/4,2	7,0/7,3	150/145	122/115
2 ПДК Cu	4,2/4,2	7,2/7,1	150/145	120/118
4 ПДК Cu	4,5/4,3	7,3/6,7	145/150	112/113
10 ПДК Cu	4,3/4,1	7,2/6,8	150/165	115/113
Диатомит	4,3/4,4	7,2/7,3	150/155	120/150
2 ПДК Cu + диатомит	4,2/4,3	7,0/6,8	150/186	112/144
4 ПДК Cu + диатомит	3,9/4,1	7,0/6,8	155/170	105/140
10 ПДК Cu + диатомит	3,9/4,1	7,1/6,8	155/190	110/120

Таблица 3. Урожайность яровой пшеницы в зависимости от уровня загрязнения медью и применения в качестве детоксиканта диатомита

Table 3. Yield of spring wheat depending on the level of copper contamination and use of diatomite as a detoxifier

Вариант	Урожайность, т/га	Отклонения от контроля	
		т/га, ±	%, ±
Контроль	2,01	–	–
2 ПДК Cu	1,86	–0,15	–8
4 ПДК Cu	1,52	–0,49	–24
10 ПДК Cu	1,43	–0,58	–29
Диатомит	2,24	+0,23	+11
2 ПДК Cu + диатомит	2,17	+0,16	+8
4 ПДК Cu + диатомит	2,08	+0,07	+4
10 ПДК Cu + диатомит	1,79	–0,22	–11
НСП ₀₅	0,07		

в состав медьсодержащих белков и ферментов, участием в окислительно-восстановительных процессах. Так, токсическое действие меди в повышенных концентрациях проявлялось в снижении накопления фитомассы, уменьшении оводненности тканей и содержания хлорофилла, ингибировании поглощения ионов некоторых других металлов и их транслокации по растению (Семенов И.Н., Сингизова Г.Ш., Зулкарнаев А.Б., Ильбулова Г.Ш., 2015). Высокие концентрации этого металла (Cu) приводят к развитию металлотоксикозов (хлорозы, некрозы), ингибированию роста корней и побегов, вплоть до полной гибели растения. Избыток меди понижает длину корня, число корневых волосков и вторичных корней. Развитие корневого чехлика становится ненормальным, его удлинение приостанавливается. В результате снижается способность поглощать питательные вещества и воду, что может привести к полной гибели растения. Аналогичные данные приводит Ю.С. Белоусова (2013). При загрязнении медью на уровне 5 ПДК снижалось поступление азота и фосфора в растения, очень высокое загрязнение в 25 ПДК привело к нарушению метаболических процессов в растении и резкому возрастанию количества фосфора (в 2–5 раз) и азота (в 1,5–1,6 раз), а также к нарушению накопления в биомассе данного растения микроэлементов — железа и марганца.

Использование диатомита в качестве детоксиканта в дозе 5 т/га при загрязнении почвы медью до 4 ПДК Cu полностью блокировало негативное воздействие ее на формирование урожайности яровой пшеницы, благодаря его высокой абсорбционной и ионообменной емкости. На возможность активного использования высококремнистых пород для получения экологически безопасной продукции сельскохозяйственных культур указывали У.Г. Дистанов (1989), В.В. Матыченков, Е.А. Бочарникова и Я.М. Аммосова (2002), А.Х. Куликова (2013) и др.

В наших опытах при загрязнении сульфатом меди чернозема типичного до 4 ПДК Cu благодаря внесению диатомита в дозе 5 т/га урожайность зерна яровой пшеницы повысилась на 0,16 т/га (2 ПДК Cu) и 0,07 т/га (4 ПДК Cu). Однако при более высоком загрязнении на

уровне 10 ПДК полностью блокировать токсическое воздействие меди на формирование урожайности не удалось и она снизилась на 0,22 т/га.

Выводы

Установлено, что загрязнение медью даже в количестве 2 ПДК Cu сопровождается потерей урожая яровой пшеницы в размере 0,15 т/га (8%). При более высоком уровне загрязнения (до 10 ПДК) потери урожая могут достигать 0,58 т/га (почти его треть). Диатомит в качестве детоксиканта способствует не только получению экологически безопасной продукции, но и повышению урожайности яровой пшеницы благодаря благоприятному воздействию его на свойства почвы и оптимизации почвенных условий произрастания растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусова, Ю.С. Состояние меди и цинка в системе «почва-растение» в условиях загрязнения: автореферат дис. канд. биол. наук: 06.01.04 / Белоусова Юлия Сергеевна. — Москва, 2013. — 25 с.
2. Дистанов, У.Г. Перспективы нетрадиционного минерального сырья / У.Г. Дистанов // Химизация сельского хозяйства. — 1989. — № 12. — С.37–41.
3. Звягинцев, Д.Г. Биология почв: учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению 510700 «Почвоведение» и специальности 013000 «Почвоведение» / Д.Г. Звягинцев, И.П. Бабьева, Г.М. Зенова. — 3-е изд., испр. и доп. — М.: Изд-во МГУ, 2005 (ООО Алмаз). — 445 с.
4. Ильин, В.Б. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области / В.Б. Ильин, А.И. Сысо. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. — 229 с.
5. Козлов, А.В. Роль и значение кремния и кремнийсодержащих веществ в агроэкосистемах / А.В. Козлов, А.Х. Куликова, Е.А. Яшин // Вестник Мининского университета. — 2015. — №2 (10). — С. 23
6. Коротченко, И.С. Детоксикация тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu) в системе «почва-растение» в лесостепной зоне Красноярского края / И.С. Коротченко, Н.Н. Кириенко // Краснояр. гос. аграр. ун-т. — Красноярск. — 2012. — 250 с.
7. Куликова, А.Х. Воспроизводство биогенных ресурсов в агроэкосистемах и регулирование плодородия чернозема лесостепи Поволжья: дис. ... д-ра. с.-х. наук: 06.01.01 / Куликова Алевтина Христофоровна // Ульяновск, 1997. — 365 с.
8. Куликова, А.Х. Кремний и высококремнистые породы в системе удобрения сельскохозяйственных культур: монография / А.Х. Куликова. — Ульяновск: УГСХА им. П.А.Столыпина, 2013. — 176 с.
9. Максютлов, Н. А. Научные основы повышения плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур в полевых севооборотах степной зоны Южного Урала: автореферат дис. ... д-ра сельскохозяйственных наук: 06.01.01 / Максютлов Николай Алексеевич. — Оренбург, 1996. — 108 с.
10. Марфенина, О. Е. Микробиологические аспекты охраны почв: Учеб. пособие для студентов биол.-почв. фак. и фак. почвоведения ун-тов / О. Е. Марфенина; МГУ им. М. В. Ломоносова, Фак. почвоведения. — М.: Изд-во МГУ, 1991. — 118 с.
11. Матыченков, В.В. Влияние кремниевых удобрений на растения и почву / В.В. Матыченков, Я. М. Аммосова, Е.А. Бочарникова // Агрохимия. — 2002. — № 2. — С. 86–93.

REFERENCES

1. Belousova, Yu. S. The state of copper and zinc in the "soil-plant" system under pollution conditions: abstract of the dissertation of the candidate. biol. sciences: 06.01.04 / Yulia Sergeevna Belousova. — Moscow, 2013. — 25 p.
2. Distanov, U. G. Prospects of unconventional mineral raw materials / U. G. Distanov // Chemization of agriculture. — 1989. — No. 12. — p. 37–41.
3. Zvyagintsev, D. G. Soil biology: textbook. for university students studying in the direction 510700 "Soil Science" and

12. Минеев, В. Г. Агрохимические основы повышения качества зерна пшеницы / В. Г. Минеев, А. Н. Павлов. — М.: Колос, 1981. — 288 с.

13. Мишустин, Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия / Е.Н. Мишустин. — Москва: Наука, 1972. — 343 с.

14. Мотузова, Г.В. Устойчивость почв к химическому воздействию / Г.В. Мотузова. — М.: МГУ, 2000. — 57 с.

15. Сайдышева, Г. В. Эффективность последствий органических и нетрадиционных удобрений при возделывании яровой пшеницы в Среднем Поволжье: диссертация ... канд. сельскохозяйственных наук: 06.01.04, 06.01.01 / Сайдышева Галина Владимировна. — Саранск, 2011. — 170 с.

16. Семенова И.Н., Сингизова Г.Ш., Зулкарнаев А.Б., Ильбулова Г.Ш. Влияние меди и свинца на рост и развитие растений на примере *anethum graveolens* L. / И. Н. Семенова, Г. Ш. Сингизова, А. Б. Зулкарнаев, Г. Ш. Ильбулова // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 3.; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19568>

17. Семионова, Н. А. Оценка функционального и таксономического разнообразия микробных комплексов генетических горизонтов почв: диссертация ... кандидата биологических наук: 03.00.07. — Москва, 2002. — 142 с.

18. Сорокин, Н. Д. Микробиологическая диагностика лесорастительного состояния почв Средней Сибири / Н. Д. Сорокин; отв. ред. С. Г. Прокушкин; Российской акад. наук, Сибирское отд-ние, Ин-т леса им. В. Н. Сукачева. — Новосибирск: Изд-во Сибирского отд-ния Российской акад. наук, 2009. — 219, [2] с.

19. Тойгильдина, И. А. Эффективность высококремнистых пород и минеральных удобрений при возделывании сахарной свеклы в условиях Среднего Поволжья: диссертация ... кандидата сельскохозяйственных наук: 06.01.04 / Тойгильдина Ирина Александровна. — Саранск, 2008. — 175 с.

20. Троц, Н.М. Транслокация тяжелых металлов в агроландшафтах Самарской области под влиянием природных и техногенных факторов: автореферат дис. ... доктора сельскохозяйственных наук: 06.01.04 / Троц Наталья Михайловна — Усть-Кинельский, 2018. — 44 с.

21. Федорец, Н.Г. Методика исследования почв урбанизированных территорий: (учебно-методическое пособие для студентов и аспирантов эколого-биологических специальностей) / Н. Г. Федорец, М. В. Меvedева. — Петрозаводск: Карельский науч. центр РАН, 2009. — 82, [1] с.

specialty 013000 "Soil Science" / D. G. Zvyagintsev, I. P. Babyeva, G. M. Zenova. — 3rd ed., ispr. and additional-M.: Publishing House of Moscow State University, 2005 (Almaz LLC). — 445 p.

4. Ilyin, V. B. Trace elements and heavy metals in soils and plants and plants of the Novosibirsk region / V. B. Ilyin, A. I. Syso. — Novosibirsk. Publishing House of the SB RAS, 2001. — 229 p.

5. Kozlov, A.V. The role and significance of silicon and silicon-containing substances in agroecosystems / A.V. Kozlov, A. H. Kulikova, E. A. Yashin // Bulletin of the Mininsky University. — 2015. — №2 (10). — p. 23

6. Korotchenko, I. S. Detoxification of heavy metals (Pb,

Cd, Cu) in the "soil-plant" system in the forest-steppe zone of the Krasnoyarsk Territory / I. S. Korotchenko, N. N. Kiriienko // Krasnoyarsk gos. agrar. un-T. — Krasnoyarsk. — 2012. — 250 p.

7. Kulikova, A. H. Reproduction of biogenic resources in agroecosystems and regulation of the fertility of chernozem of the Volga forest-steppe: dis. ... Dr. agricultural Sciences: 06.01.01 / Kulikova Alevtina Khristoforovna // Ulyanovsk, 1997. — 365 p.

8. Kulikova, A. H. Silicon and highly siliceous rocks in the fertilizer system of agricultural crops: a monograph / A. H. Kulikova. — Ulyanovsk: UGSHA named after P. A. Stolypin, 2013. — 176 p.

9. Maksyutov, N. A. Scientific bases of increasing soil fertility and crop yield in field crop rotations of the steppe zone of the Southern Urals: abstract of the dissertation of the Doctor of Agricultural Sciences: 06.01.01 / Maksyutov Nikolay Alekseevich. — Orenburg, 1996. — 108 p.

10. Marfenina, O. E. Microbiological aspects of soil protection : Textbook for students of Biol.- soil.fac. and fac. soil Science University / O. E. Marfenina; Lomonosov Moscow State University, Fac. soil science. — M.: Publishing house of Moscow State University, 1991. — 118 p.

11. Matychenkov, V. V. The influence of silicon fertilizers on plants and soil / V. V. Matychenkov, Ya. M. Amosova, E. A. Bocharnikova // Agrochemistry. — 2002. — No. 2. — pp. 86–93.

12. Mineev, V. G. Agrochemical bases of improving the quality of wheat grain / V. G. Mineev, A. N. Pavlov. — M.: Kolos, 1981. — 288 p.

13. Mishustin, E. N. Microorganisms and agricultural productivity / E. N. Mishustin. — Moscow: Nauka, 1972. — 343 p.

14. Motuzova, G. V. Soil resistance to chemical effects / G. V. Motuzova. — Moscow: MSU, 2000. — 57 p.

15. Saidasheva, G. V. The effectiveness of the aftereffect of organic and non-traditional fertilizers in the cultivation of spring wheat in the Middle Volga region: dissertation ... cand.

agricultural Sciences: 06.01.04, 06.01.01 / Saydyasheva Galina Vladimirovna. — Saransk, 2011. — 170 p.

16. Semenova I. N., Singizova G. Sh., Zulkaranaev A. B., Ilbulova G. Sh. The influence of copper and lead on plant growth and development on the example of anethum graveolens L. / I. N. Semenova, G. Sh. Singizova, A. B. Zulkaranaev, G. Sh. Ilbulova. // Modern problems of science and education. — 2015. — № 3; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19568>

17. Semionova, N. A. Assessment of the functional and taxonomic diversity of microbial complexes of soil genetic horizons : dissertation ... candidate of Biological Sciences: 03.00.07. — Moscow, 2002. — 142 p.

18. Sorokin, N. D. Microbiological diagnostics of the forest-growing state of the soils of Central Siberia / N. D. Sorokin; ed. by S. G. Prokushkin; Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, V. N. Sukachev Forest Institute. — Novosibirsk: Publishing house of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2009. — 219, [2] p.

19. Toigildina, I. A. Efficiency of highly siliceous rocks and mineral fertilizers in the cultivation of sugar beet in the conditions of the Middle Volga region: dissertation ... candidate of Agricultural Sciences: 06.01.04 / Toigildina Irina Aleksandrovna. — Saransk, 2008. — 175 p.

20. Trots, N. M. Translocation of heavy metals in the agricultural landscapes of the Samara region under the influence of natural and man-made factors: abstract of the dissertation.... doctors of Agricultural Sciences: 06.01.04 / Natalia Mikhailovna Trots-Ust-Kinelsky, 2018. — 44 p.

21. Fedorets, N. G. Methods of soil research in urbanized territories : (educational and methodological manual for students and postgraduates of ecological and biological specialties) / N. G. Fedorets, M. V. Mevedeva. — Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2009. — 82, [1] p.

ОБ АВТОРАХ:

Куликова Алевтина Христофоровна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой почвоведения, агрохимии и агроэкологии Ульяновского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина

Тойгильдин Александр Леонидович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства и селекции Ульяновского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина

Цаповская Ольга Николаевна, старший преподаватель кафедры землеустройства и кадастров Ульяновского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина

ABOUT THE AUTHORS:

Kulikova Alevtina Hristoforovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Soil Science, Agrochemistry and Agroecology of the Ulyanovsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin

Toigildin Alexander Leonidovich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Crop Production and Breeding of the Ulyanovsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin

Tsapovskaya Olga Nikolaevna, Senior Lecturer of the Department of Land Management and Cadastre of the Ulyanovsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin

НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ •

В 2022 году господдержка мероприятий по известкованию почв составит 461,2 млн рублей

В 2022 году из федерального бюджета планируется выделить 461,2 млн руб. субсидий на поддержку мероприятий по известкованию почв, сообщила пресс-служба Минсельхоза России. Эксперты отмечают, что известкование кислых почв улучшает их агрохимические и агрофизические свойства и повышает плодородие.

В рамках федерального проекта «Вовлечение в оборот и комплексная мелиорация земель сельскохозяйственного назначения», включенного в новую госпрограмму эффективного вовлечения в оборот земель сельхозназначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации, будут проведены работы на площади 174,5 тыс. га.

К концу 2030 года по новой госпрограмме планируется осуществить известкование на площади 2 271,2 тыс. га.

Разработка чувашских ученых поможет управлять продуктивностью посевов

Профилограф — прибор для точного наземного сканирования поверхности сельхозземель — разработан учеными Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова (ЧГУ). Об этом сообщает Министерство сельского хозяйства Чувашской Республики.

Для оценки качества вспашки прибор следует установить в борозду, образованную после прохода трактора, и цилиндрическим сканированием определить профиль поверхности необработанной земли и борозды, а также обработанный участок, после чего сравнить показатели. «По полученным данным определяют глубину вспашки и ее равномерность, величину глыбистости и гребнистости поверхности пашни, уклон дневной поверхности почвы участка поля и коэффициент вспушенности, — рассказал разработчик профилографа С. Васильев. — Только так можно обеспечить комплексный контроль качества обработки почвы одновременно по целому ряду агротехнических показателей».