

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-4-192-200>

УДК 635.621:669.018.674:631.674.5

© 2022

Поступила 01.11.2022

Received 01.11.2022



Принята в печать 22.12.2022

Accepted 22.12.2022

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

СОДЕРЖАНИЕ В ВЕГЕТАТИВНОЙ МАССЕ ТЫКВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ НАНЕСЕНИИ ИХ СПОСОБОМ ДОЖДЕВАНИЯ

Александр В. Погорелов¹, Марзят М. Брантова^{2*}
Александр И. Мельченко¹, Татьяна В. Князева¹

¹ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»;
ул. Калинина, 13, г. Краснодар, 350044, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»;
ул. Первомайская, д. 191, г. Майкоп, 385000, Российская Федерация

Аннотация. Получение высоких урожаев сельскохозяйственных растений с надлежащим качеством на загрязненных тяжелыми металлами почвах приобретает актуальнейшее значение для современных аграриев Кубани. Цель исследований – изучить накопление тяжелых металлов в вегетативных органах тыквенных растений в зависимости от свойств почвы и физико-химических свойств загрязнителей. Задачи: определить влияние физико-химических свойств почвы на накопление тяжелых металлов в вегетативной части изучаемых растений; определить влияние химических свойств тяжелых металлов на накопление их в вегетативной части изучаемых растений. Методом полевых исследований изучено накопление в вегетативной массе тыквы (сорт Мраморная) тяжелых металлов при нанесении их способом дождевания в зависимости от физико-химических свойств почвы. Тяжелые металлы в растениях определены методом ААС. Установлено, что при выращивании изучаемого растения на богарном участке лугово-черноземной почвы в листе накопилось меди и кадмия меньше, чем в почве рисового чека, соответственно в 2,2 и 4,9 раз. Изучаемые тяжелые металлы оказали угнетающее влияние на биометрические показатели тыквы. На опытных участках лугово-черноземной почвы богарный участок и почве рисового чека произошло снижение изучаемых биометрических параметров по сравнению с контролем. Причем на лугово-черноземной почве рисового чека это снижение было более интенсивным. Под влиянием тяжелых металлов и свойств почвы произошло снижение урожайности изучаемого растения: для первого варианта она составила 24,0 т/га, для второго – 8,2 т/га. При выращивании тыквы сорта Мраморная на лугово-черноземной почве на богарном участке кадмия накопилось больше, чем меди в 16,0 раз, на лугово-черноземной почве рисового чека это различие составило в 47,0 раз. Одна из причин такого различия в накоплении тяжелых металлов – их физиологическая роль для изучаемого растения.

Ключевые слова: тыква, сорт Мраморная, вегетативная масса, почва, богара, полевые условия, миграция, тяжелые металлы, дождевание, угнетение растений, урожай, накопление

Для цитирования: Содержание в вегетативной массе тыквенных растений тяжелых металлов при нанесении их способом дождевания / Погорелов А.В. [и др.] // Новые технологии. 2022. Т. 18, № 4. С. 192-200. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-4-192-200>

THE CONTENT OF HEAVY METALS IN THE VEGETATIVE MASS OF PUMPKIN PLANTS WHEN APPLIED BY THE SPRINKLING METHOD

Alexander V. Pogorelov¹, Marzyat M. Brantova^{2*},
Alexander I. Melchenko¹, Tatiana V. Knyazeva¹

¹ FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»;
13 Kalinin str., Krasnodar, 350044, the Russian Federation

^{2*} FSBEI HE «Maikop State Technological University»;
191 Pervomayskaya str., Maikop, 385000, the Russian Federation

Abstract. Obtaining high yields of agricultural plants with their proper quality on soils contaminated with heavy metals is of the utmost importance for modern farmers of the Kuban. The purpose of the research is to study the accumulation of heavy metals in the vegetative organs of pumpkin plants, depending on the properties of the soil and the physical and chemical properties of pollutants. The tasks are to determine the influence of the physical and chemical properties of the soil on the accumulation of heavy metals in the vegetative part of the studied plants; to determine the influence of the chemical properties of heavy metals on their accumulation in the vegetative part of the studied plants. By the method of field research, the accumulation of heavy metals in the vegetative mass of pumpkin, Mramornaya variety, when applied by sprinkling method, depending on the physico-chemical properties of the soil, has been studied. Heavy metals in plants are determined by the AAS method. It has been found that when growing the studied plant on a rain-fed plot of meadow-chernozem soil, copper and cadmium accumulated in the foliage less than in the soil of rice check, respectively 2.2 and 4.9 times. The studied heavy metals had a depressing effect on the biometric parameters of the pumpkin. On the experimental plots of meadow-chernozem soil of the bogarny plot and the soil of the rice check, there was a decrease in the studied biometric parameters compared with the control. Moreover, on the meadow-chernozem soil of the rice check, this decrease was more intense. Under the influence of heavy metals and soil properties, the yield of the studied plant decreased: for the first variant it was 24.0 t/ha, for the second – 8.2 t/ha. When growing Mramornaya pumpkin variety on meadow-chernozem soil, a rain-fed area of cadmium accumulated more than copper by 16.0 times, on meadow-chernozem soil of rice check, this difference was 47.0 times. One of the reasons for this difference in the accumulation of heavy metals is their physiological role for the plant under study.

Keywords: pumpkin, «Mramornaya» variety, vegetative mass, soil, bogara, field conditions, migration, heavy metals, sprinkling, plant oppression, harvest, accumulation

For citation: The content of heavy metals in the vegetative mass of pumpkin plants when applied by the sprinkling method / Pogorelov A.V. [et al.] // New technologies. 2022. V. 18, No. 4. P. 192-200. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-4-192-200>

Одной из важнейших задач в развитии овощеводства на Кубани является получение высоких урожаев качественной продукции. Тыквенные растения издавна выращивают

на территории Краснодарского края, поэтому они занимают немалые площади в овощном севообороте. Плод тыквы – многосемянная ложная ягода (тыквина) отличается высокой энергетической емкостью, содержит в себе белки, углеводы (включая моно- и дисахариды), пектины, органические кислоты, витамины, макро- и микроэлементы, фермент уреазы, салициловую кислоту, фенольные гликозиды и т.д. Плоды тыквы используют в пищу. Однако при длительном использовании земли в сельскохозяйственном производстве и применении химических препаратов почва может загрязняться. Загрязняющие вещества могут вступать в биологические круговороты и по трофической цепи почва – растение накапливаться в вегетативной и генеративной части сельскохозяйственных растений. При этом падает урожайность выращиваемого растения, ухудшается качество плодов. Одним из таких загрязнителей, который может оказывать влияние на рост и развитие растения, качество его плодов – тяжелые металлы.

«Тяжелые металлы – группа химических элементов, имеющих плотность более 5 г/см³. Для биологической классификации правильнее руководствоваться не плотностью, а атомной массой, то есть относить к тяжелым все металлы с относительной атомной массой более 40» [3; 4; 8–10]. Приведенное выше определение подчеркивает свойства, по которым многие химические элементы группы металлов Периодической системы Менделеева могут быть отнесены к тяжелым металлам. Однако они же при определенных количественных показателях переходят в группу микроэлементов, причем многие из них просто необходимы для нормального роста и развития растений.

Количественные показатели, по которым микроэлементы переходят в группу тяжелых металлов, иными словами предельно допустимые концентрации, играют наиважнейшую роль при определении состояния почвы как субстрата

для выращивания сельскохозяйственных растений, так и для определения качества выращиваемой продукции.

Довольно большое количество тяжелых металлов находится в минеральных удобрениях. Сырье, которое используется при производстве химических препаратов, содержит загрязнители в различных концентрациях. Избавиться от примесей в сырье при производстве удобрений практически невозможно. Важно при применении химических препаратов знать не только о содержании этих загрязнителей в удобрениях, но и обязательно учитывать, что в различном сырье содержание тяжелых металлов может сильно различаться. А следовательно, и загрязнение почвы может идти в интенсивном режиме. Нередко в сельскохозяйственное производство поступают импортные удобрения. Содержание примесей в виде тяжелых металлов в иностранном сырье, из которого производят удобрения, различно. Поэтому и содержание тяжелых металлов в удобрениях, изготовленных из такого сырья, может сильно отличаться от отечественных. В связи с возможным высоким содержанием некоторых тяжелых металлов, а иногда и целой их группы в импортном сырье, удобрения содержат высокие концентрации загрязнителя. Применение таких удобрений гораздо быстрее приведет к загрязнению почвы. В химических препаратах в виде тяжелых металлов могут оказаться медь, кадмий, цинк, свинец, ртуть и т.д. Все они в конечном итоге могут оказаться в почве сельскохозяйственных угодий. То есть в почвах происходит накопление тяжелых металлов, а их влияние на сельскохозяйственные растения в основном носит отрицательный характер.

Однако растения могут загрязняться не только корневым путем – из почвы, но и аэральным – при выпадении загрязненных осадков. Как показал печальный опыт аварийных ситуаций на химических комбинатах в разных странах, загрязнители могут оказаться в атмосфере. При этом их перенос воздушным путем может исчисляться даже

не сотнями, а тысячами километров. В конечном итоге, осадки в различном их виде попадают в почву или растения. В осадках могут содержаться различные тяжелые металлы в различных концентрациях.

Объектами исследований являлись посеvy тыквы сорта Мраморная. В исследованиях по накоплению тяжелых металлов в вегетативных органах тыквенных растений использованы медь и кадмий, соответственно, в виде солей: CuSO_4 и CdSO_4 на лугово-черноземной почве. Повторность в опыте 4-кратная, концентрация изучаемых тяжелых металлов – 5 ПДК. Применено систематическое размещение вариантов в один ярус.

Место проведения опыта – селекционно-семеноводческий участок отдела овощеводства ФГБНУ «ФНЦ риса», г. Краснодар. Площадь учетной делянки 3×3 м (9 м^2). Исследования выполняли в полевых условиях с использованием методик С.С. Литвинова [6], которые наиболее подходят к данному варианту закладки опытных делянок и их изучению. Кроме того, нами применена для статистической обработки экспериментального материала методика полевого опыта Б.А. Доспехова [5]. Закладка опытных делянок и уход за ними выполнялись согласно агротехнике, разработанной в отделе овощекртофелеводства ФГБНУ «ФНЦ риса». Данная агротехника принята для выращивания тыквенных растений в условиях Краснодарского края.

Схема опыта включала следующие варианты:

1. Контроль (без обработки): лугово-черноземная почва, богарный участок;
2. Дождевание CuSO_4 , сорт тыквы Мраморная, лугово-черноземная почва, богарный участок;
3. Дождевание CdSO_4 , сорт тыквы Мраморная, лугово-черноземная почва, богарный участок;
4. Контроль (без обработки): лугово-черноземная почва рисового чека;

5. Дождевание CuSO_4 , сорт тыквы Мраморная, лугово-черноземная почва рисового чека;

6. Дождевание CdSO_4 , сорт тыквы Мраморная, лугово-черноземная почва рисового чека;

Расход рабочей жидкости: $2,5 \text{ л/м}^2$. Обработка вегетирующих тыквенных растений выполнена в фазу цветения.

Содержание тяжелых металлов определяли в ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Испытательная лаборатория «Центр качества пищевой продукции» НИИ Биотехнологии и сертификации пищевой продукции, спектрометр атомно-абсорбционный модификации МГА-915.

Тыква на Кубани возделывается уже несколько десятилетий. По питательным свойствам она занимает одно из ведущих мест среди овощных культур. На протяжении всех лет ее выращивания продолжается селекционная работа, разрабатываются новые приемы агротехники, изучается влияние атмосферных выпадений и почвы на накопление загрязнителей в вегетативной и генеративной ее части. Одним из таких загрязнителей, который в последние несколько лет особенно сильно проявляет свои негативные качества для овощных культур, являются тяжелые металлы. В настоящее время задачи по определению содержания тяжелых металлов в плодах и вегетативной части тыквы приобрели особенную актуальность.

Тыква дает съедобный плод, однако и листья этого растения могут быть использованы в пищу не только животными, но и человеком. В состав тыквенных листьев входят: витамины А, С, В₁, В₂, В₃, В₆, РР, калий, кальций, железо, магний, марганец, медь, селен, фосфор, цинк.

У листьев тыквы хорошие вкусовые качества. Их добавляют в салаты в сыром виде, фаршируют, маринуют, солят, варят супы, используют в качестве начинки для закрытых пирогов. Отвары из

тыквенных листьев приятные на вкус, пахнут шпинатом. Листья часто используют вегетарианцы, добавляя в каши, овощные котлеты, холодные супы.

Тыква – безотходный продукт. В пищу используют и мякоть, и зеленые листья, и цветки. Польза ботвы заключена в богатом химическом составе и лечебном эффекте. Зеленые побеги в свежем виде станут отличным дополнением к блюдам, настои и отвары помогут улучшить состояние при заболеваниях внутренних органов.

Однако все эти полезные свойства имеет силу в случае, когда растение тыквы не имеет химического загрязнения, которое может только навредить

потребителю. Поэтому одной из актуальных задач в настоящее время является исследование накопления тяжелых металлов в вегетативной части тыквы в зависимости от почвенной характеристики и химических свойств загрязнителей.

Одной из причин различий в накоплении изучаемых тяжелых металлов в вегетативных органах тыквы являются свойства почвы, на которой ее выращивали (см. табл. 1, 2).

В Краснодарском крае продолжает развиваться рисоводческое направление. Исследования процессов, происходящих с почвами, на которых выращивается рис, выполняются, однако до настоящего

Таблица 1

Свойства лугово-черноземной почвы богарного участка

Table 1

Properties of the meadow-chnozem soil of the rainfed area

Глубина, см	Гумус (по Тюрину), %	рН водный	Плотность твердой фазы почвы, г/см ³	Объемная плотность почвы, г/см ³	Пористость, %	Физический песок >0,01 мм	Физическая глина <0,01 мм	Ил <0,001 мм
0–25	3,6	6,7	2,70	1,30	51,3	36,3	63,7	31,4
30–40	3,5	6,7	2,70	1,31	51,1	36,8	63,2	34,9
50–60	3,4	6,7	2,70	1,34	50,3	37,0	63,0	36,1
70–80	2,6	6,9	2,70	1,35	50,0	37,0	63,0	36,2
100–120	1,9	7,0	2,73	1,41	48,0	37,6	62,4	35,6
140–150	1,5	7,0	2,75	1,42	47,9	37,6	62,4	35,0

Таблица 2

Свойства лугово-черноземной почвы рисового чека

Table 2

Properties of the meadow-chnozem soil of the rice field

Глубина, см	Гумус (по Тюрину), %	рН водный	Плотность твердой фазы почвы, г/см ³	Объемная плотность почвы, г/см ³	Пористость, %	Физический песок >0,01 мм	Физическая глина <0,01 мм	Ил <0,001 мм
0–25	3,4	6,5	2,68	1,30	50,6	35,4	64,6	38,4
30–40	3,1	6,5	2,69	1,38	48,9	35,1	64,9	37,9
50–60	3,1	6,5	2,72	1,38	48,8	36,8	63,2	37,9
70–80	2,9	6,7	2,73	1,40	48,5	36,3	63,7	38,2
100–120	2,5	6,8	2,73	1,43	47,6	37,2	62,8	31,6
140–150	1,2	6,9	2,73	1,43	47,5	37,6	62,4	33,0

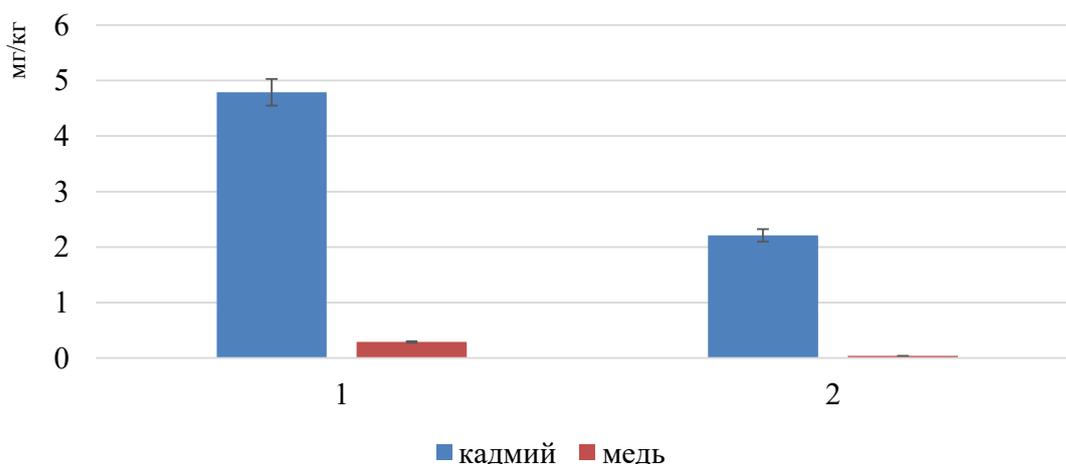


Рис. 1. Содержание изучаемых тяжелых металлов в вегетативной массе тыквы, сорт Мраморная (1 – лугово-черноземная почва рисового чека, 2 – лугово-черноземная почва, богарный участок)

Fig. 1. The content of the studied heavy metals in the vegetative mass of pumpkin, Mramornaya variety (1 – meadow-chernozem soil of the rice field, 2 – meadow-chernozem soil of the rain-fed area)

времени практически отсутствует информация об использовании этих почв для выращивания тыквенных культур. Недостаточно информации о выращивании этих сельскохозяйственных растений на лугово-черноземных почвах в условиях богары.

Для условий Северного Кавказа выделены подтипы рисовых почв: рисовые черноземные (черноземы обыкновенные, типичные, выщелоченные, южные, лугово- и луговато-черноземные); рисовые луговые; рисовые лугово-болотные и т.д. [2].

Данные таблиц 1 и 2 указывают на то, что при выращивании риса на лугово-черноземной почве происходят довольно значительные изменения водно-физических свойств, уменьшается пористость, увеличивается объемная масса. Кроме того, можно отметить постепенное изменение механического состава почвы в сторону его утяжеления, а также увеличение доли илистой фракции.

Проведенными исследованиями установлены существенные различия в накоплении меди и кадмия в листьях тыквы сорта Мраморная в зависимости от почвенных условий ее выращивания (см. рис. 1).

В результате исследований выявлено различие в накоплении в вегетативной массе тыквы меди и кадмия в зависимости

от варианта ее выращивания. При выращивании изучаемого растения на богарном участке в листе накопилось кадмия и меди меньше, чем в почве рисового чека, соответственно в 2,2 и 4,9 раз.

Почвы с высоким содержанием органического вещества и глины не отличаются высокими показателями по миграции тяжелых металлов. Подобная характеристика почв подходит и для миграции радионуклидов. То есть черноземные почвы отличаются довольно высокой способностью к снижению интенсивности передвижения изучаемого загрязнителя. Кроме указанных свойств почвы, большее значение в изменении скорости миграции тяжелых металлов в почве имеет показатель pH. Наибольшая мобильность загрязнителя определена для кислых и даже подкисленных почв, наименьшая – для нейтральных и щелочных.

В почвах легкого механического состава, а также кислых и обедненных гумусом процессы миграции кадмия усиливаются [7].

Для определения причины установленного накопления тяжелых металлов в изучаемом растении следует применить комплексный подход. С одной стороны, такие свойства почв, как

Таблица 3

Биометрия изучаемого сорта тыквы Мраморная после нанесения тяжелых металлов

Table 3

Biometrics of the studied Mramornaya pumpkin variety after the application of heavy metals

Вариант	Показатели				
	Длина черешка листа, см	Длина главной жилки листа, см	Количество листьев на главном стебле, шт.	Зеленое покрытие, %	Длина стебля, см
Лугово-черноземная почва богарный участок	39	17	28	92,5	380,5
Лугово-черноземная почва рисового чека	21	11,5	16	66	204,5
Лугово-черноземная почва богарный участок (контроль)	40	22	30	99,5	424,0
Лугово-черноземная почва рисового чека (контроль)	23	14	19	75	244,5

кислотность, содержание органических веществ, гранулометрический состав оказывают влияние на накопление тяжелых металлов в изучаемом растении, с другой – они же влияют и на его рост и развитие. То есть накопление будет зависеть и от биологического состояния растения (таблица 3).

Изучаемые тяжелые металлы оказали угнетающее влияние на биометрические параметры тыквы (таблица 3). На опытных делянках лугово-черноземной почвы, богарный участок произошло снижение изучаемых биометрических параметров по сравнению с контролем: длины черешка листа на 1 см, длины главной жилки листа на 5 см, количества листьев на главном стебле на 2 шт., зеленого покрытия на 7%, длины стебля на 43,5 см. Такая же тенденция отмечена и для делянок лугово-черноземной почвы рисового чека: уменьшилась длина черешка листа на 2 см, длина главной жилки листа на 2,5 см, количество листьев на главном стебле на 3 шт., зеленое покрытие на 9%, длина стебля на 40,0 см.

Кроме того, нами обнаружено влияние свойств почвы (таблицы 1 и 2) на биометрические показатели тыквы даже

на контрольных делянках (без внесения тяжелых металлов) (таблица 3). Различия по изучаемым параметрам тыквы между лугово-черноземной почвой, богарный участок (контроль) и лугово-черноземная почва рисового чека (контроль) составило: длина черешка листа на 17 см, длина главной жилки листа на 8 см, количество листьев на главном стебле на 11 шт., зеленое покрытие на 24,5%, длина стебля на 179,5 см. На почве изучаемых вариантов это различие составило: длина черешка листа на 18 см, длина главной жилки листа на 5,5 см, количество листьев на главном стебле на 12 шт., зеленое покрытие на 26,5%, длина стебля на 176,0 см.

Экспериментальные данные биометрии изучаемого сорта тыквы Мраморная позволили также отметить, что большее накопление изучаемых тяжелых металлов в вегетативной части растения во втором варианте опыта привело к сильному ее угнетению, что, конечно же, сказалось на урожае выращиваемых растений.

Комплексный подход к исследованию влияния загрязнителей и свойств почвы позволит сделать объективные выводы о

состоянии изучаемого растения, его урожайности и качестве урожая.

Влияние тяжелых металлов и свойств почвы не могло не сказаться на урожайности изучаемого растения: для первого варианта она составила 24,0 т/га, для второго – 8,2 т/га.

Поступление тяжелых металлов на поверхность почвы продолжается и будет продолжаться дальше. В свою очередь, это приводит не только к нарушению физико-химического равновесия почвенной экосистемы, но и к дальнейшей деградации кубанских черноземов.

Кроме того, в деградирующих почвах нарушаются микробиологические процессы, в результате разрушения структуры ухудшается водно-воздушный режим, деградирует почвенный гумус, и в конечном счете почва теряет плодородие [7].

В результате выполненных исследований можно констатировать факт, что больше в вегетативной массе тыквы накопилось кадмия, чем меди как в первом, так и во втором варианте опыта. На богарном участке лугово-черноземной почвы различие составило в 16,0 раз, а на лугово-черноземной почве рисового чека – в 47,0 раз.

Одной из причин такого различия в накоплении химических элементов в вегетативной массе тыквы может быть их физиологическая роль.

Разделение химических элементов на группы, в зависимости от биологической роли и содержания их в растениях, предложенная [11; 12], довольно хорошо подтверждает это предположение.

Заключение

1. Свойства почвы оказали влияние на накопление изучаемых тяжелых металлов в вегетативных органах тыквы. При выращивании изучаемого растения на богарном участке в листе накопилось кадмия и меди меньше, чем на почве рисового чека, соответственно в 2,2 и 4,9 раз.

2. На лугово-черноземной почве рисового чека определено наибольшее угнетающее влияние на биометрические параметры тыквы.

3. Больше в вегетативной массе тыквы накопилось кадмия, чем меди, как в первом, так и во втором варианте опыта. На богарном участке лугово-черноземной почвы различие составило в 16,0 раз, а на лугово-черноземной почве рисового чека – в 47,0 раз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд., 1987. 142 с.
2. Вальков В.Ф., Штомпель Ю.А., Тюльпанов В.И. Почвоведение (почвы Северного Кавказа): учебник. Краснодар, 2002. 723 с.
3. Водяницкий Ю.Н. Нормативы содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвах // Почвоведение. 2012. № 3. С. 368–375.
4. Водяницкий Ю.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами и их экологическая опасность (аналитический обзор) // Почвоведение. 2013. № 7. С. 872–881.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., 1968. 336 с.
6. Литвинов С.С. Методика опытного дела в овощеводстве. М., 2011. 648 с.
7. Медведев И.Ф., Деревягин С.С. Тяжелые металлы в экосистемах. Саратов, 2017. 178 с.
8. Тяжелые металлы в окружающей среде и их влияние на сельскохозяйственные растения / А.В. Погорелов [и др.] // Рисоводство. 2021. № 4 (53). С. 54–61.
9. Селюкова С.В. Тяжелые металлы в агроценозах // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 8. С. 85–93.
10. Титов А.Ф., Казнина Н.М., Таланова В.В. Тяжелые металлы и растения. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. 194 с.
11. Шеуджен А.Х. Биогеохимия. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2003. 1028 с.

12. Шеуджен А.Х. Агробиогеохимия. Краснодар: КубГАУ, 2010. 877 с.

REFERENCES:

1. Alexeev Yu.V. Heavy metals in soils and plants. Leningrad: Agropromizdat. Leningrad. Department, 1987. (In Russ.)
2. Valkov V.F., Shtompel Yu.A., Tyulpanov V.I. Soil science (soils of the North Caucasus): a textbook. Krasnodar, 2002. (In Russ.)
3. Vodyanitsky Yu.N. Standards for the content of heavy metals and metalloids in soils. Eurasian Soil Science. 2012; 3: 368–375. (In Russ.)
4. Vodyanitsky Yu.N. Pollution of soils with heavy metals and metalloids and their environmental hazard (analytical review). Eurasian Soil Science. 2013; 7: 872–881. (In Russ.)
5. Dospikhov B.A. Methods of field experience. Moscow, 1968. (In Russ.)
6. Litvinov S.S. Experimental technique in vegetable growing. Moscow, 2011. (In Russ.)
7. Medvedev I.F., Derevyagin S.S. Heavy metals in ecosystems. Saratov; 2017. (In Russ.)
8. Pogorelov A.V. [et al.] Heavy metals in the environment and their impact on agricultural plants. Rice breeding. 2021; 4(53): 54–61. (In Russ.)
9. Selyukova S.V. Heavy metals in agrocenoses. Achievements of Science and Technology of APK. 2020; 34(8): 85–93. (In Russ.)
10. Titov A.F., Kaznina N.M., Talanova V.V. Heavy metals and plants. Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 2014. (In Russ.)
11. Sheudzhen A.Kh. Biogeochemistry. Maikop: GURIPP “Adygeya”, 2003. (In Russ.)
12. Sheudzhen A.Kh. Aгробиогеохимия. Краснодар: КубСАУ, 2010. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Погорелов Александр Вячеславович, аспирант ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»

eternity1917@mail.ru
тел.: +7 (989) 262 52 65

Брантова Марзят Магомедовна, старший преподаватель ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»

marzyat.brantova@mail.ru
тел.: +7 (962) 765 25 03

Мельченко Александр Иванович, доктор биологических наук, профессор ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»

alexkuban59@mail.ru
тел.: +7 (918) 336 27 73

Князева Татьяна Викторовна, кандидат биологических наук, доцент ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»

snyazeva.tatjana2015@yandex.ru
тел.: +7 (918) 315 81 27

Alexander V. Pogorelov, a Post-graduate Student of FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»

eternity1917@mail.ru
tel.: +7 (989) 262 52 65

Marzyat M. Brantova, a Senior Lecturer of FSBEI HE «Maikop State Technological University»

marzyat.brantova@mail.ru
tel.: +7 (962) 765 25 03

Alexander I. Melchenko, Doctor of Biology, a Professor of FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»

alexkuban59@mail.ru
tel.: +7 (918) 336 27 73

Tatyana V. Knyazeva, Candidate of Biology, an Associate Professor of FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»

snyazeva.tatjana2015@yandex.ru
tel.: +7 (918) 315 81 27