


СОДЕРЖАНИЕ ЦИНКА И ЖЕЛЕЗА В ЯГОДАХ ЗЕМЛЯНИКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩЕЙ ПОРОДЫ

О.А. Ветрова , к.с.-х.н.

Т.А. Роева, к.с.-х.н.

ФГБНУ ВНИИ селекции плодовых культур, 302530, Россия, Орловская область, Орловский район, д. Жилина, ВНИИСПК, vetrova@vniispk.ru

Аннотация

Целью наших исследований было изучить эффективность цеолитсодержащей породы (ЦСП) Хотынецкого месторождения (Орловская область) для оптимизации поступления цинка и железа в ягоды земляники. В условиях техногенного загрязнения в полевом опыте для 4-х сортов земляники: Рубиновый кулон, Мамочка, Былинная и Богема было проведено сравнение эффективности применения цеолитсодержащей породы на разных агрофонах, как способа снижения поступления цинка и железа в ягоды. Изучаемые сорта проявили неодинаковую отзывчивость на используемые в опыте агроприемы. Эффективность цеолитсодержащей породы как инактиватора токсичных элементов существенно зависела от агрофона. Доза ЦСП 15 т/га на удобренном фоне способствовала достоверному уменьшению концентрации Zn в ягодах сортов Рубиновый кулон, Мамочка и Былинная. Содержание Fe в ягодах снижалось при внесении 15 т/га ЦСП без удобрений у сорта Рубиновый кулон и при использовании 15 т/га ЦСП на фоне N₉₀P₉₀K₉₀ у сорта Мамочка. Не выявлено достоверного влияния ЦСП на уменьшение содержания Zn и Fe у сорта Богема.

Ключевые слова: сорта земляники, цинк, железо, техногенное загрязнение, цеолитсодержащая порода, агроприёмы

THE CONTENT OF ZINC AND IRON IN STRAWBERRY BERRIES USING ZEOLITE-CONTAINING ROCK

O.A. Vetrova , cand. agr. sci.

T.A. Roeva, cand. agr. sci.

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, 302530, Russia, Orel region, Orel district, Zhilina, VNIISPK, vetrova@vniispk.ru

Abstract

The aim of our research was to study the efficiency of zeolite-containing rock of khotynetz deposit (Orel region) on different soil fertilities as a way of optimization of Zn and Fe uptake by berries. In conditions of the technogenic pollution in the field experiment for 4 strawberry varieties, the comparison of the efficiency of applying zeolite-containing rock (ZCR) of Khotynetz deposit was conducted at different soil fertility as a way to reduce zinc and iron supply to berries. The studied varieties showed different responsiveness to the agricultural practices used in the field experience. The efficiency of ZCR as an inactivator of

toxic elements significantly depended on the soil fertility. The ZCR dose 15 t/ha on the unfertilized soil contributed to a significant reduction in Zn concentration in the berries of RubinovyKulon, Mamochka and Bylinnaya, Bogema varieties. Fe content significantly reduced in berries of RubinovyKulon when applying ZCR 15 t/ha without fertilizers and when applying ZCR 15 t/ha at $N_{90}P_{90}K_{90}$ it was reduced in Mamochka. The significant ZCR impact on the reduction of the microelements in berries of Bogema was not revealed.

Key words: strawberry varieties, zinc, iron, technogenic pollution, zeolite-containing rocks, agricultural practices

Введение

Земляника садовая относится к основным ягодным культурам в России, благодаря раннему созреванию, быстрому вступлению в плодоношение, высокой урожайности, отличным вкусовым и лечебным свойствам. Ягоды земляники – ценный продукт питания, источник витаминов, минеральных и органических соединений, необходимых для человека биологически активных, легкоусвояемых веществ. Они бесценны и незаменимы в диетическом и лечебном питании для тяжелобольных людей, особенно, если учесть, что земляника – первая в сезоне свежая ягода для большей части территории России. В результате усиления антропогенной нагрузки на окружающую среду, в ягодах, наряду с полезными веществами, могут накапливаться тяжёлые металлы (ТМ) – одни из наиболее опасных для здоровья человека загрязнителей. Установлена возможность загрязнения плодов и ягод ТМ при повышенном их содержании в окружающей среде (Мотылёва, 2000; Сеновская, 2004). По сравнению с другими ягодными культурами, земляника наиболее чувствительна к загрязнению почв ТМ, поскольку имеет не глубокую корневую систему, а основное количество токсикантов накапливается в верхних слоях почвы. Садовые участки часто расположены вблизи шоссе дорог или в зоне влияния промышленных центров, где велик риск накопления ТМ в растительной продукции (Ветрова, 2013). В почве садово-огородных участков могут наблюдаться превышения фоновых показателей по Cu, Zn и Pb в 4...55 раз (Изерская, 1996). К настоящему времени выявлены значительные сортовые различия в накоплении ТМ плодовыми и ягодными культурами, в том числе земляникой (Ветрова, 2013; Baker, 1981). Поэтому изучение особенностей поступления ТМ в растения земляники садовой и разработка агротехнических приёмов для получения экологически чистой продукции является, несомненно, актуальной и имеет большое практическое и теоретическое значение.

В последнее время в системе мероприятий, способствующих получению экологически безопасной растительной продукции, немаловажную роль отводят применению природных цеолитов, обладающих уникальными сорбционными, ионообменными, каталитическими, селективными и пролонгирующими свойствами, что обуславливает их использование в земледелии в качестве высокопродуктивных сорбентов. Высокая эффективность использования цеолитсодержащих пород (ЦСП) для связывания ТМ в почвах и снижения их поступления в растения показана в исследованиях многих авторов, но эти сведения касаются преимущественно однолетних полевых и овощных культур, плодовые и ягодные культуры изучены в этом плане недостаточно (Белоусов, 2006; Кузнецов, 2010; Роева, 2008; Цилу, 1992; Леонтьева, 2008; Троц, 2017). При этом практические аспекты применения цеолитсодержащих пород при возделывании садовых культур в разных

почвенно-климатических условиях разработаны недостаточно.

Цель наших исследований – изучить эффективность ЦСП Хотынецкого месторождения (Орловская область) для оптимизации поступления ТМ (цинка и железа) в ягоды земляники в условиях техногенного загрязнения.

Мест, объекты и методика исследования

Объектом исследования является агроэкосистема полевого опыта с четырьмя сортами земляники: Рубиновый кулон, Богема, Былинная и Мамочка. Опыт заложен в 2006 году в 3-х кратной повторности. Площадь делянки – 1,6 м². Размещение делянок рендомизированное. Агротехника стандартная для данной культуры. Схема опыта включает внесение ЦСП Хотынецкого месторождения в дозах 15 и 25 т/га без удобрений и на фоне НРК. Минеральные удобрения вносили в дозах N₉₀P₉₀K₉₀ в виде аммиачной селитры, двойного суперфосфата и сульфата калия. Опытный участок расположен в населённом пункте Б. Думчино Мценского района Орловской области, вблизи (на расстоянии 800 м) от крупного отвала солевых шлаков, являющихся отходами предприятия по переработке лома цветных металлов.

Почва опытного участка светло-серая лесная, суглинистая, хорошо окультуренная: рН_{КСЛ} – 5,4; Н_{гидр} – 3,0 мг-экв/100 г почвы, содержание подвижного фосфора – 34,3 мг/100 г почвы, обменного калия – 49,9 мг/100 г почвы, гумус – 3,4 %.

Предварительное обследование опытного участка показало, что валовое содержание Zn в почве составило 0,6 ОДК_{вал} (Ориентировочно допустимые концентрации тяжёлых металлов..., 2009), среднее содержание подвижных соединений – около 0,2 ПДК_{подв} (Предельно допустимые концентрации..., 2006). Регионально-фоновое содержание Zn превышено в 5 раз (Регионально-фоновое содержание химических веществ в почвах, 1996). Содержание Zn в 1,5...2,0 раза выше фона уже свидетельствует об антропогенном влиянии на природный комплекс (Зырин, 1980).

Отбор проб ягод земляники проводили в период массового созревания плодов (Ермаков, 1987). Подготовка проб для определения ТМ в плодах проводилась в соответствии с методикой (Мотылёва, 2009). Содержание ТМ в растительных образцах определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в соответствии с МУК 4.1. 053-96. Математические данные обработаны методом трёхфакторного дисперсионного анализа с помощью программы TVA.

Результаты исследований

Цинк является важнейшим биогенным элементом и в микроколичествах необходим для нормальной жизнедеятельности растений, но с другой стороны, накапливаясь в растениях в избытке, может быть токсичным и представлять опасность для здоровья человека.

В нашем опыте ягоды земляники всех изучаемых сортов содержали Zn, не превышающий принятый в настоящее время максимально допустимый уровень (для Zn он равен 10 мг/кг сырой массы), единый для всех плодов и ягод (Беспамятнов, 1985). Однако, увеличение доли Zn по сравнению со средним фоновым уровнем (для Zn 0,097 мг/кг сырой массы) свидетельствует о влиянии на минеральный состав внешних техногенных и агрогенных факторов и необходимости контролировать содержание токсичных элементов. Проведённые нами ранее исследования показали, что внесение ЦСП уменьшило содержание доступных растениям форм Zn в почве (Ветрова, 2010). Эффективность использованных в опыте доз ЦСП зависела от вида металла и агрофона. На неудобренном фоне, достоверное снижение содержания Zn в почве отмечено только при внесении 25 т/га

ЦСП. В то же время на фоне удобрений эта доза была неэффективной, а достоверно снижало содержание Zn внесение 15 т/га. Содержание ТМ в ягодах земляники зависело от сортовой специфики, агрофона и дозы ЦСП.

В разных сортах содержание Zn в ягодах было неодинаковым (таблица 1). Сорт Рубиновый кулон отличался максимальным накоплением Zn (0,282), а у сортов Былинная и Богема этот показатель был достоверно ниже (0,199 и 0,102) мг/кг сырой массы соответственно (таблица 1, среднее по \bar{X}_B).

Таблица 1 – Содержание Zn и Fe в ягодах земляники садовой при внесении ЦСП, мг/кг сырой массы (2007...2008 гг.)

Фактор А сорт	Фактор В Дозы цеолита	Фактор С агрофон		\bar{X}_A НСР _{0,05} =0,06	\bar{X}_B НСР _{0,05} =0,05
		Без удобрений	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀		
Zn					
Рубиновый кулон	Без цеолита	0,332	0,231	0,232	0,282
	ЦСП 15 т/га	0,152	0,226		0,189
	ЦСП 25 т/га	0,280	0,168		0,224
Мамочка	Без цеолита	0,366	0,108	0,193	0,237
	ЦСП 15 т/га	0,131	0,160		0,146
	ЦСП 25 т/га	0,266	0,168		0,197
Былинная	Без цеолита	0,232	0,166	0,200	0,199
	ЦСП 15 т/га	0,019	0,157		0,088
	ЦСП 25 т/га	0,556	0,070		0,313
Богема	Без цеолита	0,167	0,036	0,145	0,102
	ЦСП 15 т/га	0,087	0,187		0,137
	ЦСП 25 т/га	0,234	0,161		0,198
\bar{X}_C НСР _{0,05} = 0,04		0,232	0,153		
НСР ВС _{0,05} = 0,07 НСР АС _{0,05} = 0,08 НСР АВС _{0,05} = 0,14					
Fe					
Рубиновый кулон	Без цеолита	0,589	0,283	0,284	0,436
	ЦСП 15 т/га	0,160	0,190		0,180
	ЦСП 25 т/га	0,264	0,219		0,242
Мамочка	Без цеолита	0,426	0,449	0,332	0,438
	ЦСП 15 т/га	0,314	0,117		0,216
	ЦСП 25 т/га	0,284	0,401		0,343
Былинная	Без цеолита	0,289	0,154	0,273	0,222
	ЦСП 15 т/га	0,215	0,302		0,259
	ЦСП 25 т/га	0,392	0,285		0,339
Богема	Без цеолита	0,340	0,290	0,302	0,315
	ЦСП 15 т/га	0,227	0,099		0,163
	ЦСП 25 т/га	0,386	0,470		0,428
\bar{X}_C НСР _{0,05} = 0,06		0,324	0,272		
НСР ВС _{0,05} = 0,10 НСР АС _{0,05} = 0,12 НСР АВС _{0,05} = 0,20					

Действие ЦСП как инактиватора Zn в системе «почва – растение» при выращивании земляники садовой существенно зависела от агрофона на котором она применялась. ЦСП оказала достоверное влияние на содержание Zn в ягодах преимущественно в вариантах, где мелиорант использовался без минеральных удобрений. Внесение одной ЦСП в дозе 15 т/га приводило к значимому снижению Zn в ягодах сортов Рубиновый кулон, Мамочка и Былинная (в 2,2...12,2 раз) и не оказывало влияния на содержание Zn в ягодах сорта Богема. Увеличение дозы ЦСП до 25 т/га было неэффективным для четырёх изучаемых сортов, а у сорта Былинная приводило к достоверному увеличению показателя (в 2,4 раза), по сравнению с вариантом без внесения ЦСП (таблица 1). Это может

свидетельствовать об активном метаболическом поглощении Zn растениями при снижении содержания его подвижных форм в почве.

Изучаемые сорта, в среднем по вариантам опыта, содержали достоверно меньше Zn, когда ЦСП использовалась на фоне N₉₀P₉₀K₉₀, что может быть связано с усилением защитных функций растений под влиянием удобрений (Соловьёва, 2002).

Fe занимает особое место среди биогенных микроэлементов, поскольку валовое содержание его в почвах велико и растения на почвах нечернозёмной зоны, как правило, не испытывают дефицита его доступных форм.

Несмотря на значительную физиологическую роль Fe в растениях, повышенное содержание этого элемента в продуктах питания нежелательно, поэтому содержание железа в растительной продукции нормируется.

Уровень содержания Fe в ягодах сорта Рубиновый кулон (0,436 мг/кг сырой массы) и Мамочка (0,438 мг/кг) был достоверно выше, чем у сортов Былинная и Богема (0,222 и 0,315 мг/кг сырой массы соответственно) (таблица 1, среднее по \bar{X}_B).

У сортов Былинная и Богема наблюдалась тенденция к уменьшению содержания Fe в ягодах на фоне N₉₀P₉₀K₉₀ по сравнению с неудобренным фоном, а у сорта Рубиновый кулон эти различия были достоверны. У сорта Мамочка содержание Fe в ягодах на удобренном и неудобренном фонах не различалось.

Накопление Fe в ягодах сорта Рубиновый кулон снижалось при внесении ЦСП в дозах 15 и 25 т/га на неудобренном фоне. При этом увеличение дозы цеолита до 25 т/га не приводило к пропорциональному снижению концентрации Fe в ягодах. Использование ЦСП не повлияло на содержание Fe в ягодах остальных изучаемых сортов, за исключением сорта Мамочка, где отмечено достоверное уменьшение содержания Fe, по сравнению с фоном N₉₀P₉₀K₉₀, в варианте с дозой ЦСП 15 т/га на фоне удобрений. Значительные сортовые различия в накоплении цинка и железа свидетельствуют о том, что поступление этих элементов определялось преимущественно потребностью самих растений.

Выводы

При техногенном загрязнении установлено влияние ЦСП Хотынецкого месторождения на содержание Zn и Fe в ягодах земляники. Эффективность ЦСП как инактиватора токсичных элементов существенно зависела от агрофона. Доза ЦСП 15 т/га на неудобренном фоне способствовала достоверному уменьшению концентрации Zn в ягодах сортов Рубиновый кулон, Мамочка и Былинная на 54, 64 и 91% соответственно. Содержание Fe в ягодах достоверно снижалось при внесении 15 т/га ЦСП без удобрений у сорта Рубиновый кулон на 73% и при использовании 15 т/га ЦСП на фоне N₉₀P₉₀K₉₀ у сорта Мамочка на 74%. Не выявлено достоверного влияния ЦСП на уменьшение содержания Zn и Fe в ягодах сорта Богема.

Литература

1. Белоусов В.С. Цеолитсодержащие породы Краснодарского края в качестве инактиватора тяжелых металлов в почве // *Агрохимия*. 2006. № 4. С. 78-83.
2. Беспаятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Л.: Химия, 1985. 528 с.
3. Ветрова О. А. К вопросу о получении экологически безопасной продукции земляники садовой в условиях техногенного загрязнения // *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2013. Т. 48. С.108-112.
4. Ветрова О.А., Мертвищева М.Е. Влияние цеолита на содержание тяжёлых металлов в почве при выращивании земляники в условиях техногенного загрязнения // *Комплексное*

- применение средств химизации в адаптивно-ландшафтном земледелии. М.: ВНИИА, 2010. С. 35-38.
5. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П., Перуанский Ю.В., Луковникова М.И., Иконникова М.И. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
 6. Зырин Н.Г., Горбатов В.С., Обухов А.И., Садовникова Л.К., Стасюк Н.В., Федоров К.Н., Малахов С.Г., Маханько Э.П., Ковнацкий Е.Ф. Система полевых и лабораторных исследований при контроле загрязнения почв тяжелыми металлами // Тяжелые металлы в окружающей среде. М.: Изд-во МГУ, 1980. С. 13-20.
 7. Изерская Л.А., Цыцарева Л.К., Воробьев С.Н., Воробьева Т.Е. Агроэкологический контроль почв садово-огородных участков как элемент мониторинга земель // Агрехимия. 1996. № 6. С. 87-88.
 8. Кузнецов М.Н., Роева Т.А., Леоничева Е.В., Мотылёва С.М. Влияние агрофона на эффективность цеолитосодержащей породы как инактиватора тяжёлых металлов в ягодном агроценозе // Современное садоводство. 2010. №1. С. 40-45.
 9. Леонтьева Л.И. Эффективность применения цеолита при выращивании малины и крыжовника: автореф. дисс. ... к. с.-х. наук. Орёл, 2008. 24 с.
 10. Мотылёва С.М., Соснина М.В., Браун Д.Д., Горячев Н.С., Беликов А.Б. Методические указания по определению тяжёлых металлов (Pb, Ni, Zn, Fe и Cu) в пищевых продуктах, пищевом сырье и в вытяжках модельных сред из тароупаковочных материалов. Орёл, 2009. 23 с.
 11. Мотылева С.М. Особенности содержания ТМ (Pb, Ni, Zn, Fe, Cu) в плодах, ягодах и атмосферных осадках в связи с оценкой сортов для использования в селекции: автореф. дисс. ... к. с.-х. наук. Орёл, 2000. 23 с.
 12. Русаков Н.В., Крятов И.А., Тонкопий Н.И., Гумарова Ж.Ж., Пиртахия Н.В., Перель С.С., Сенников С.В. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 10 с.
 13. Русаков Н.В., Крятов И.А., Тонкопий Н.И., Гумарова Ж.Ж., Пиртахия Н.В., Веселов А.П. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.
 14. Регионально-фоновое содержание химических веществ в почвах Орловской области. Орёл: Государственный комитет по охране окружающей среды Орловской обл., 1999. 26 с.
 15. Роева Т.А. Использование мелиорантов для снижения поступления тяжелых металлов в ягоды черной смородины: автореф. дисс. ... к. с.-х. наук. Орел, 2008. 23 с.
 16. Сенновская Т.В., Сергиенко А.А. Особенности накопления тяжёлых металлов в ягодах и листьях крыжовника // Плодоводство и ягодоводство России. 2004. № 11. С. 281–295.
 17. Соловьёва Ю.Б. Влияние разных систем удобрений на защитные физиологические функции растений на дерново-подзолистой почве, загрязнённой тяжёлыми металлами: автореф. дисс. ... к. б. наук. М., 2002. 23 с.
 18. Троц Н.М., Батманов А.В. Влияние природных адсорбентов на накопление тяжёлых металлов земляники садовой // Аграрная Россия. 2017. № 3. С. 10-16.
 19. Цилу Б.К. Эффективность использования природных цеолитов при возделывании земляники с целью повышения ее продуктивности и снижения уровня загрязнения тяжёлыми металлами: автореф. дисс. ... к. с.-х. наук. М., 1992. 24 с.

20. Baker A.J.M. Accumulators and excluders-strategies in the response of plants to heavy metals // Journal of Plant Nutrition. 1981.Vol. 3, №1-4. P.643-654. doi: 10.1080/01904168109362867

References

1. Belousov, V.S. (2006). Zeolite-bearing rocks of the Krasnodar krai as inactivators of heavy metals in the soil. *Agricultural chemistry*, 4, 78-83. (In Russian, English abstract).
2. Bepamiatnov, G.P., & Krotov, Yu.A. (1985). *Maximum permissible concentrations of chemical substances in the environment*. Leningrad: Khimiya. (In Russian).
3. Vetrova, O.A. (2013). Towards obtaining of ecologically safe production of strawberry (*Fragaria* × *Ananassa*) in conditions of technogenic pollution. *Subtropical and ornamental plants*, 48, 108-112. (In Russian, English abstract).
4. Vetrova, O.A., & Mertvisheva, M.E. Zeolite effect on heavy metal content in soil in strawberry cultivation under conditions of technogenic pollution. In *Complex application of chemicalization means in adaptive-landscape agriculture* (pp 35-38). Moscow: Pryanishnikov All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry. (In Russian).
5. Ermakov, A.I., Arasimovich, V.V., Yarosh, N.P., Peruanskii, Yu.V., Lukovnikova, G.A. & Ikonnikova, M.I. (1987). *Methods of biochemical research of plants*. A.I. Ermakov (Ed.). Leningrad: Agropromizdat. (In Russian).
6. Zyrin, N.G., Gorbatov, V.S., Obuhov, A.I., Sadovnikova, L.K., Stasyuk, N.V., Fedorov, K.N., Malahov, S.G., Mahanko, E.P., & Kovnackiy, E.F. (1980). System of field and laboratory studies in the control of soil pollution with heavy metals. In *Heavy metals in the environment* (pp 13-20). Moscow: Lomonosov Moscow State University. (In Russian).
7. Izerskaya, L.A., Tzytzareva, L.K., Vorobiov, S.N., & Vorobiova, T.E. (1996). Agroecological soil control of garden plots as an element of land monitoring. *Agricultural chemistry*, 6, 87-88. (In Russian, English abstract).
8. Kuznetsov, M.N., Roeva, T.A., Leonicheva, E.V., & Motyleva, S.M. (2010). Effect of soil medium fertility on the efficiency of zeolite contenting rock inactivator of heavy metals in berry agroecocenosis. *Contemporary horticulture*, 1, 40-45. (In Russian, English abstract).
9. Leontieva, L.I. (2008). *Efficiency of zeolite application in raspberry and gooseberry cultivation* (Agri. Sci. Cand. Thesis). Orel State Agrarian University, Orel, Russia. (In Russian).
10. Motyleva, S.M., Sosnina, M.V., Braun, D.D., Goryachev, N.S., & Belikov, A.B. (2009). *Methodical instructions for heavy metal (Pb, Ni, Zn, Fe and Cu) determination in food products, food raw material and extracts of modeling media from package materials*. Orel: VNIISPK. (In Russian).
11. Motyleva, S.M. (2000). *Features of heavy metal content Pb, Ni, Zn, Fe and Cu) in fruits, berries and rainfalls in connection with variety assessment for use in breeding*. (Agri. Sci. Cand. Thesis). N.I. Vavilov Institute of Plant Genetic Recourses (VIR), Saint Petersburg, Russia. (In Russian).
12. Rusakov, N.V., Kryatov, I.A., Tonkopiya, N.I., Gumarova, Zh.Zh., Pirtahiya, N.V., Perel, S.S., & Sennikov, S.V. (2009). GN 2.1.7.2511-09. *Tentative allowable concentrations (TAC) of chemical substances in soil. State sanitaryepidemiological rules and standards*. Moscow: Federal Hygienic and Epidemiological Center of Rospotrebnadzor. (In Russian).
13. Rusakov, N.V., Kryatov, I.A., Tonkopiya, N.I., Gumarova, Zh.Zh., Pirtahiya, N.V., & Veselov, A.P. (2006). GN 2.1.7.2041-06. *Maximum permissible concentration (MPC) of chemical substances in soil. State sanitaryepidemiological rules and standards*. Moscow: Federal Hygienic and Epidemiological Center of Rospotrebnadzor. (In Russian).

14. Anonymous (1999). *Regionally underground content of chemical substances in soils of Orel region*. Orel: The State Committee for Environmental Protection of the Oryol Region. (In Russian).
15. Roeva, T.A. (2008). *Ameliorants application for reducing heavy metals entering berries of black currant (Agri. Sci. Cand. Thesis)*. Orel State Agrarian University, Orel, Russia. (In Russian).
16. Sennovskaya, T.V., & Sergienko, A.A. (2004). Specificity of heavy metal accumulation in gooseberry berries and leaves. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 11, 281–295 (In Russian).
17. Solovyeva, Yu.B. (2002). *The influence of consequences of different systems of fertilization on the protective physiological plant functions on the soddy podzolic soil polluted by heavy metals (Biol. Sci. Cand. Thesis)*. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia. (In Russian).
18. Trots, N.M., & Batmanov, A.V. (2017). Effect of natural adsorbents on the accumulation of heavy metals by garden strawberry. *Agrarian Russia*, 3, 10–16. (In Russian, English abstract).
19. Tzilu, B.K. (1992). *Efficiency of natural zeolite application in strawberry cultivation for increasing its productivity and reducing pollution with heavy metals (Agri. Sci. Cand. Thesis)*. Research zonal institute of horticulture Non-chernozem zone, Moscow, Russia. (In Russian).
20. Baker, A.J.M. (1981). Accumulators and excluders-strategies in the response of plants to heavy metals. *Journal of plant nutrition*, 3(1-4), 643–654. <https://doi.org/10.1080/01904168109362867>.