

АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ СВИНЦА В ПЛОДАХ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ

О.А. Ветрова , к.с.-х.н.

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

Аннотация

Целью наших исследований было оценить эффективность агроприёмов (внесение минеральных удобрений, цеолитизации, известкования) для снижения поступления свинца в плоды земляники садовой в условиях техногенного загрязнения. Влияние агроприёмов на содержание свинца в плодах земляники садовой изучалось в 2007...2008 гг. в полевом опыте, расположенном в зоне техногенного загрязнения в населённом пункте Мценского района Орловской области. Объектами исследований были 4 сорта земляники: Рубиновый кулон, Мамочка, Былинная и Богема. Предварительное обследование опытного участка показало, что валовое содержание свинца составляет 29,1 мг/кг (0,45 ПДК_{вал}). Регионально фоновый уровень содержания свинца в серых лесных почвах Орловской области превышен в 2 раза. Изученные сорта по-разному реагировали на агроприёмы, использованные в полевом опыте. Сорт Рубиновый кулон положительно реагировал на агроприёмы, уменьшающие поступление свинца в плоды. Все использованные в опыте агроприёмы (внесение минеральных удобрений, цеолитизации, известкования) достоверно уменьшали содержание свинца в плодах сорта Рубиновый кулон – на 50% и более. Сорт Мамочка в течение двух лет исследований не реагировал на агроприёмы, уменьшающие поступление свинца в плоды. Сорт Былинная, среди изучаемых сортов характеризовался наименьшим накоплением токсичного элемента. Этот сорт может рассматриваться как перспективный для использования в «органических» системах садоводства. Сорт Богема проявил наибольшую отзывчивость, по сравнению с другими изучаемыми сортами, на агроприёмы, уменьшающие поступление свинца в плоды. Все использованные в опыте агроприёмы достоверно уменьшали содержание в плодах этого элемента – на 70% и более. Таким образом, в условиях техногенного загрязнения для получения продукции земляники садовой с минимальным накоплением Pb (свинца) необходим правильный подбор сортов в сочетании с эффективными агротехническими приёмами.

Ключевые слова: сорта земляники, свинец, техногенное загрязнение, цеолитсодержащая порода, агроприёмы

AGROTECHNICAL METHODS OF REGULATING THE LEVEL OF LEAD IN STRAWBERRY BERRIES

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

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

Abstract

The purpose of our studies was to evaluate the efficiency of agrotechnical methods (mineral fertilizing, zeolitization, liming, variety replacement) to reduce the intake of lead in strawberry berries in terms of technogenic pollution. The effect of the agrotechnical methods on the content of lead in strawberry berries was studied in 2007—2008 on the field plot situated in a zone of technogenic pollution in the settlement of the Mtsensk district, Oryol region. Four strawberry cultivars were studied: Rubinovy Kulon, Mamochka, Bylinnaya and Bogema. The site was chosen for research due to the close location (at a distance of 800 m) from a large dump of salt slag, which is the waste of the non-ferrous metal scrap processing plant. A preliminary investigation of the experimental plot showed that the gross lead content was 29.1 mg / kg (0.45 ПДК). In the gray forest soils of the Orel region the background level of lead content is regionally exceeded by 2 times. The studied varieties reacted differently to agricultural practices used in the field experiment. Rubinovy Kulon positively reacted on the agricultural methods reducing the lead intake in berries. In different years of studies, all of the used agrotechnical methods authentically decreased the content of this element in berries by 50% and more. During two years, Mamochka did not react on the agricultural methods reducing the lead intake in berries. Among the studied varieties, Bylinnaya was characterized by little accumulation of the toxic element. This variety can be considered as promising for use in “organic” systems of gardening. Bogema showed the significant responsiveness to techniques reducing the lead intake in berries. All the methods used in the experiment significantly reduced the content of this element in berries by 70% or more. In the conditions of technogenic pollution, the correct selection of varieties in combination with effective agrotechnical techniques is necessary for strawberry production with the minimum accumulations of lead.

Key words: strawberry varieties, lead, technogenic pollution, zeolite-containing rock, agrotechnical practice

Введение

Земляника садовая – одна из наиболее распространённых среди ягодных культур. Ягоды земляники обладают не только пищевыми, диетическими, но и профилактически-лечебными свойствами. Они содержат комплекс жизненно необходимых для человека биологически активных веществ, витамины С, Р, В, К, РР, каротин, органические кислоты, сахара, пектиновые вещества и микроэлементы (Бурмистров, 1985).

Ягоды земляники, являющиеся диетическим продуктом, должны быть, безусловно, экологически безопасными. В то же время крупные промышленные плантации и участки садоводов-любителей, у которых земляника садовая является весьма популярной

культурой, часто расположены в зоне влияния промышленных центров, где велик риск накопления тяжёлых металлов (ТМ) в ягодах. ТМ – одни из наиболее опасных для здоровья человека загрязнителей. Известно, что даже незначительное количество ТМ, содержащихся в продукции, выращенной на слабозагрязнённых почвах, оказывает кумулятивный эффект, обуславливая постепенное увеличение содержания ТМ в организме человека. Так, например, поступление свинца в организм человека может вызвать такие серьезные заболевания как пневмосклероз, сердечную гипертрофию, цирроз печени (Авцын, 1991). Именно этим объясняются гораздо более строгие требования к химическому составу сырья для производства детского и диетического питания, в частности не допускающие наличия токсичных микроэлементов.

В почве садово-огородных участков могут наблюдаться превышения фоновых показателей по Cu, Zn и Pb в 4...55 раз (Изерская и др., 1996).

Превышения предельно-допустимых концентраций (ПДК) ТМ в плодовой и ягодной продукции, выращиваемой в условиях повышенной антропогенной нагрузки, показаны в работах В.С. Громовой (1995), С.М. Мотылёвой (1996, 2000). Выявлены значительные сортовые различия в накоплении тяжёлых металлов в плодах различных культур, в том числе и в ягодах земляники садовой (Ветрова, 2013; Леоничева и др., 2015; Bednarek, 2006; Ветрова и др., 2014). Поэтому изучение особенностей поступления ТМ в ягоды земляники садовой в условиях повышенного техногенного загрязнения и получения экологически чистой продукции является актуальным.

В качестве агроприёмов, позволяющих снизить поступление тяжёлых металлов в ягодные растения, предлагаются применение минеральных удобрений, цеолитизация и известкование (Ветрова, 2013; Ветрова, 2018; Кузнецов и др., 2010; Леонтьева, 2008; Роева, 2008).

Цель наших исследований – оценить эффективность агроприёмов (внесения минеральных удобрений, цеолитизации и известкования) для снижения поступления свинца в плоды земляники садовой в условиях техногенного загрязнения.

Материалы и методика исследований

Влияние агроприёмов на содержание свинца в плодах земляники садовой изучалось в полевом опыте, расположенном в зоне техногенного загрязнения в населённом пункте Б. Думчино Мценского района Орловской области. Объектами исследований были 4 сорта земляники: Рубиновый кулон, Богема, Былинная и Мамочка. Участок выбран для исследований ввиду близкого расположения (на расстоянии 800 м) от крупного отвала солевых шлаков, являющимся отходами предприятия по переработке лома цветных металлов.

Предварительное обследование опытного участка показало, что валовое содержание свинца составляет 29,1 мг/кг (0,45 ПДКвал) (ГН 2.1.7.2511-09, 2009). Регионально фоновый уровень содержания свинца в серых лесных почвах Орловской области превышен в 2 раза (Региональное-фоновое содержание химических веществ в почвах Орловской обл., 1999). Превышения фонового содержания свинца свидетельствует о потенциальной возможности негативного влияния токсичного элемента на выращиваемые культуры и получения на этом участке загрязнённой продукции.

Почва опытного участка светло-серая лесная, суглинистая, хорошо окультуренная: $pH_{KCl} = 5,4$, $N_{гидр.} = 3,0$ мг-экв/100 г почвы, содержание подвижного фосфора 34,3 мг/100 г, обменного калия 50 мг/100 г, гумуса 3,4%.

Опыт заложен в 2006 году, в 3-х кратной повторности. Схема опыта включает: внесение минеральных удобрений, 2 т/га извести, а также цеолитсодержащей породы (ЦСП)

Хотынецкого месторождения (Орловская область) в дозах 15 и 25 т/га, вносимых без удобрений и на фоне NPK. Минеральные удобрения вносили в дозах $N_{90}P_{90}K_{90}$ в виде аммиачной селитры, двойного суперфосфата и сульфата калия.

Площадь деланки – 1,6 м². Цеолит и известь вносили однократно перед посадкой в слой почвы 0...20 см. В опыте была использована цеолитсодержащая порода (ЦСП) Хотынецкого месторождения Орловской области. По данным производителя ООО «Алсико-ресурс» минералогический состав цеолитсодержащей породы Хотынецкого месторождения следующий: клиноптилолит 34%, морденит 4%, кристобаллит 28%, кальцит 5,4%, монтмориллонит 12%, слюда 1%, кварц 16%.

Методика

Содержание свинца в растительных образцах определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии по МУК 4.1.053-96 (Мотылёва и др., 2009). Результаты обработаны методом дисперсионного анализа (Доспехов, 1985).

Результаты исследований и их обсуждение

Плоды земляники садовой всех изучаемых сортов содержали свинца в количествах, не превышающих нормы ПДК, которое составляет 0,4 мг/кг, но само присутствие свинца в плодах свидетельствует о влиянии техногенных факторов. Исследования по определению фоновых уровней содержания ТМ в землянике садовой показали, что свинец в плодах практически отсутствует (Скурихин и др., 1987). Изучаемые сорта проявили неодинаковую отзывчивость на использованные в опыте агроприёмы (рисунок 1).

Содержание свинца в плодах сорта Рубиновый кулон в 2007 и 2008 гг. на контрольном варианте составило 0,050 и 0,054 мг/кг сырой массы соответственно. Все использованные в опыте агроприёмы достоверно уменьшали содержание в плодах этого элемента – на 50% и более.

Наилучший результат – снижение содержания свинца наблюдалось в 2007 году в варианте с внесением ЦСП в дозе 25 т/га: накопление свинца в плодах уменьшилось на 96%.

Достоверно уменьшило накопление свинца в плодах этого сорта в 2007 и 2008 гг. внесение ЦСП в дозе 15 т/га, как на фоне $N_{90}P_{90}K_{90}$, так и без внесения минеральных удобрений (ниже контроля на 86% и более).

Известкование в дозе 2 т/га в 2007 и 2008 гг. достоверно уменьшало содержание свинца в плодах этого сорта в 2,8 и 2,0 раза соответственно, по сравнению с контролем.

Можно сказать, что сорт Рубиновый кулон реагировал положительно на все изученные агроприёмы в разные годы исследований.

Внесение минеральных удобрений в 2007 и 2008 гг. способствовало снижению содержания свинца в плодах (ниже контроля на 48% и более).

Содержание свинца в плодах сорта Мамочка в 2007 и 2008 гг. на контрольном варианте составило 0,044 и 0,021 мг/кг сырой массы соответственно. В разные годы исследований все использованные в опыте агроприёмы: внесение минеральных удобрений, использование ЦСП Хотынецкого месторождения, а также известкование не оказали достоверного влияния на содержание свинца в плодах сорта Мамочка. Этот сорт не проявил отзывчивости к агроприёмам, уменьшающим доступность свинца в плоды.

Содержание свинца в плодах сорта Былинная в 2007 и 2008 гг. на контрольном варианте среди изучаемых сортов было наименьшим, оно составило (0,006 и 0,017 мг/кг сырой массы соответственно). В годы исследований все использованные в опыте агроприёмы: внесение минеральных удобрений, использование ЦСП Хотынецкого

месторождения, а также известкование не оказали достоверного влияния на содержание свинца в плодах сорта Былинная. Этот сорт не проявил отзывчивости на агроприёмы, уменьшающим доступность свинца в плоды, но в тоже время характеризовался малым количеством накопления этого элемента. Это свидетельствует о том, что при выращивании земляники садовой без дополнительных приёмов по детоксикации свинца, только выбором сорта можно добиться снижения его концентрации в плодах на 83%.

В 2007 и 2008 гг. среди изучаемых сортов земляники, сорт Богема на контрольном варианте отличался повышенным накоплением свинца в плодах (0,090 и 0,054 мг/кг сырой массы соответственно). Сорт Богема проявил значительную отзывчивость на агроприёмы, уменьшающие поступление свинца в плоды. Все использованные в опыте агроприёмы в разные годы достоверно уменьшали содержание в плодах этого элемента – на 70% и более.

Наименьшее накопление свинца в плодах сорта Богема в 2007 году было в варианте с внесением 25 т/га ЦСП на фоне $N_{90}P_{90}K_{90}$ и составила 0,006 мг/кг сырой массы, что достоверно уменьшило содержание свинца в плодах этого сорта на 93% по сравнению с контролем.

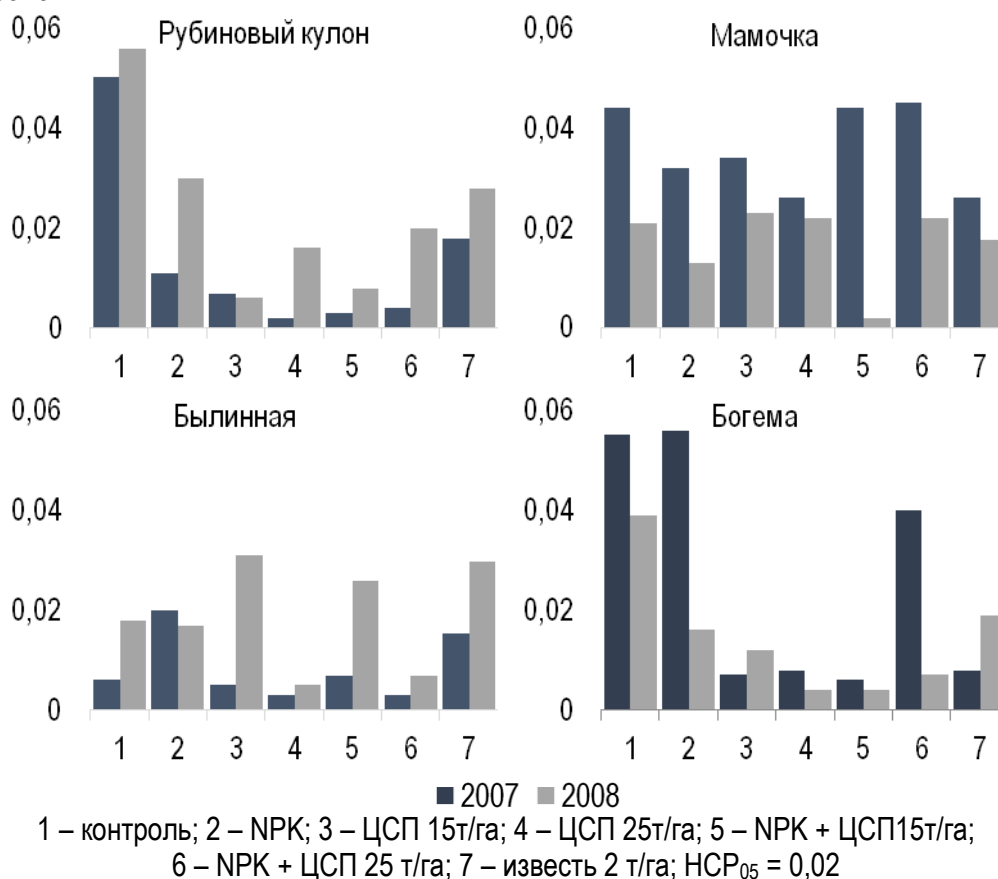


Рисунок 1 – Влияние агроприёмов на содержание свинца в плодах земляники, мг/кг сырой массы

Достоверно уменьшило накопление свинца в плодах этого сорта в 2007 и 2008 гг. внесение ЦСП в дозе 15 т/га как на фоне $N_{90}P_{90}K_{90}$, так и без внесения минеральных удобрений (ниже контроля на 88% и более).

При внесении минеральных удобрений в 2007 году накопление свинца в плодах этого сорта достоверно увеличилось в 1,7 раза. В 2008 году на этом же варианте содержание свинца достоверно уменьшилось в 2,8 раза.

Известкование в дозе 2 т/га в 2007 и 2008 гг. достоверно уменьшало содержание свинца в плодах этого сорта в 5,0 и 13,5 раза соответственно, по сравнению с контролем.

Выводы

В условиях техногенного загрязнения для получения продукции земляники садовой с минимальным накоплением свинца необходим правильный подбор сортов в сочетании с эффективными агротехническими приёмами. Изученные сорта земляники садовой неодинаково реагировали на агроприёмы, снижающие поступление свинца в плоды. У сорта Рубиновый кулон наиболее эффективным было внесение ЦСП в дозе 15 т/га. Благодаря этому приёму содержание свинца в плодах данного сорта уменьшилось в 8 раз.

Сорта Былинная и Мамочка не проявили отзывчивости к агротехническим приёмам, уменьшающим доступность свинца в плоды. Сорт Былинная характеризовался малым накоплением токсичного элемента в плодах и этот сорт может рассматриваться как перспективный для использования в «органических» системах садоводства.

Сорт Богема реагировал положительно на все изученные агроприёмы, самыми эффективными из них были: внесение ЦСП 15 т/га и известкование в дозе 2 т/га.

Литература

1. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека (этиология, классификация, органопатология). М.: Медицина, 1991. 310 с.
2. Бурмистров А.Д. Ягодные культуры. Л.: Агропромиздат, 1985. 175 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., Кузнецов М.Н., Леоничева Е.В., Мотылёва С.М., Мертвищева М.Е. Накопление тяжёлых металлов в органах земляники садовой в условиях техногенного загрязнения // Сельскохозяйственная биология. 2014. № 5. С. 113-119. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2014.5.113rus>
5. Ветрова О.А. Агротехнические способы регулирования уровня никеля в ягодах земляники садовой // Современное садоводство – Contemporary horticulture. 2018. №3. С. 139-146. DOI: <https://doi.org/10.24411/2312-6701-2018-10318>
6. Громова В.С. Влияние длительного применения минеральных удобрений на агроэкологические характеристики почвы и плодов яблоневого сада // Плодоводство и ягодоводство России. 1995. Т.1. С. 153-157.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
8. Изерская Л.А., Цыцарева Л.К., Воробьёв С.Н., Воробьёва Т.Е. Агроэкологический контроль почв садово-огородных участков как элемент мониторинга земель // Агрохимия, 1996. № 6. С. 87-88.
9. 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.
10. Леонтьева Л.И. Эффективность применения цеолита при выращивании малины и крыжовника: автореф. дисс. ... к. с.-х. наук. Орёл, 2008. 24 с.

11. Леоничева Е.В., Леонтьева Л.И., Шавыркина М.А. Оценка содержания Тяжёлых металлов в плодах новых сортов и перспективных генотипов смородины чёрной // Вестник ОГАУ, 2015. Т.57, №6. С. 61-64.
12. Мотылева С.М., Соснина М.В. Накопление никеля некоторыми плодово-ягодными культурами // Селекция и сорторазведение садовых культур. Орёл: ВНИИСПК, 1996. С. 227-228.
13. 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. дис. ... канд. с.-х. наук. Орёл. 2000. 23 с.
14. 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.
15. Регионально-фоновое содержание химических веществ в почвах Орловской области. Орёл: Государственный комитет по охране окружающей среды Орловской обл., 1999. 26 с.
16. Роева Т.А. Использование мелиорантов для снижения поступления тяжелых металлов в ягоды черной смородины: автореф. дисс. ... к. с.-х. наук. Орёл, 2008. 23 с.
17. Русаков Н.В., Крятов И.А., Тонкопий Н.И., Гумарова Ж.Ж., Пиртахия Н.В., Перель С.С., Сенников С.В. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 10 с.
18. Химический состав пищевых продуктов / под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. М.: Агропромиздат, 1987. 360 с.
19. Bednarek W., Tkaczyk P., Dresler S. Content of heavy metals as a criterium of the quality of strawberry fruit and soil properties // Polish Journal of Soil Science, 2006. Vol. 39, N2. P.165-174.

References

1. Avtsyn, A.P., Zhavoronkov, A.A., Rish, M.A., & Strochkova, L.S. (1991). *Microelementoses person (etiology, classification, organopathology)*. Moscow: Meditsina. (In Russian).
2. Burmistrov, A.N., & Nikitina, V.A. (1990). *Melliferous plants and their pollen: reference book*. Moscow: Rosagropromizdat (In Russian).
3. Vetrova, O.A. (2013). Towards obtaining of ecologically safe production of strawberry (*Fragaria × ananassa*) in coditions of technogenic pollution. *Subtropical and ornamental plants*, 48, 108-112. (In Russian, English abstract).
4. Vetrova, O.A., Kuznetsov, M.N., Leonicheva, E.V., Motylyova, S.M., & Mertvishcheva, M.E. (2014). The accumulation of heavy metals in the organs of strawberry in the conditions of industrial pollution. *Agricultural Biology*, 5, 113-119. (In Russian, English abstract). <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2014.5.113eng>
5. Vetrova, O.A. (2018). Agrotechnical methods of regulating the level of nickel in strawberry berries. *Sovremennoe sadovodstvo – Contemporary horticulture*, 3, 139-146. <https://doi.org/10.24411/2312-6701-2018-10318> (In Russian, English abstract)
6. Gromova, V.S. (1995). The influence of continuous application of mineral fertilizers on the agroecological characteristics of apple orchard soil and fruit. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 1: 153-157. (In Russian).
7. Dosphehov, B.A. (1985). *Methods of the Field Experiment (with statistic processing of investigation results)*. Moscow: Agropromizdat. (In Russian).

8. 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).
9. 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 agrocenosis. *Contemporary horticulture*, 1, 40-45. (In Russian, English abstract).
10. 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).
11. Leonicheva, E.V., Leontyeva, L.I., & Shavyrkina, M.A. (2015). Estimation of Heavy Metal Content in the Fruits of New Varieties and Promising Black Currant Genotypes. *Vestnik OrelGAU*, 57 (6), 61-64. (In Russian, English abstract).
12. Motyleva, S.M., & Sosnina, M.V. (1996). Nickel accumulation by some fruit and berry crops. In *Breeding and variety cultivation of fruit and berry crops* (pp. 227–228). Orel: VNIISPK. (In Russian).
13. 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).
14. 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).
15. Anonymous (1999). *Regionally underground content of chemical substances in soils of Orel region*. Orel: State Committee for environmental protection of the Orel region. (In Russian).
16. 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).
17. Rusakov, N.V., Kryatov, I.A., Tonkopyi, N.I., Gumarova, Zh.Zh., Pirtakhiya, N.V., Perel, S.S., & Sennikov, S.V. (2009). *Tentative allowable concentrations of chemical substances in soil. Hygienic standards*. Moscow: Federal Hygienic and Epidemiological Center of Rospotrebnadzor. (In Russian).
18. Skurikhin, I.M., & Volgarev, M.N. (Eds.). (1987). *Chemical composition of food products*. Moscow: Agropromisdat. (In Russian).
19. Bednarek, W., Tkaczyk P., & Dresler, S. (2006). Content of heavy metals as a criterium of the quality of strawberry fruit and soil properties. *Polish Journal of Soil Science*, 39(2), 165-174.