

УДК 581.14: 581.133.8: 631.4: 632.95

DOI 10.48612/vch/4pbu-pzat-xfbt

ВЛИЯНИЕ АГРОНОМИЧЕСКОЙ БИОФОРТИФИКАЦИИ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГОРОХА**И. А. Добросмыслова¹, Т. Г. Константинова¹, Ю. Р. Максимова¹, А. П. Журавлев²**¹Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова
428015, г. Чебоксары, Российская Федерация²Чувашский государственный аграрный университет
428003, г. Чебоксары, Российская Федерация

Аннотация. Проведены исследования качества гороха, полученного в полевых условиях мелкоделяночным методом в двух разных районах Чувашии с внесением в почву селенита натрия, цеолита и гербицида Глифосата. Опыты с внесением в почву гербицида Глифосата подтвердили результаты лабораторных опытов, проведенных ранее, которые свидетельствуют о снижении в образцах сухого вещества гороха сырого протеина на 4,5-9%, сырой золы – на 6,1-9,8%, не наблюдалось снижения содержания кальция, фосфора, калия. То же самое получили при обработке делянок Глифосатом совместно с удобрениями. При обработке посевов только удобрением – селенитом натрия совместно с цеолитом наблюдалось повышение показателей: сырой золы – на 2,9%, кальция – в 2 раза, фосфора – на 31,8%, калия – на 3,8%, содержание сырого протеина не изменилось. При использовании удобрения в меньшей концентрации наблюдали повышения концентрации только фосфора – на 9,1% и калия – на 1,9%, т.е. можно предположить, что цеолит и селенит натрия обогащают зерна гороха необходимыми химическими элементами. Обработка посевов гороха удобрением позволила снизить содержание тяжелых металлов в зерне гороха: цинка – на 4,1%, меди – на 5%, свинца – на 27,3%, кадмия – в 2 раза, по сравнению с контролем.

Ключевые слова: горох, гербицид Глифосат, селенит натрия, цеолит, протеин, сырая зола, фосфор, калий.

Введение. В связи со значительным влиянием микро- и макроэлементов на здоровье животных и человека в настоящее время проводятся исследования по оптимизации их в растениях и плодах [1], [2], [3], [4], [5], [19], [20], [21], [22], [23]. Одним из путей обогащения растений этими веществами является агрономическая биофортификация, которая может повысить урожай и снизить аккумуляцию тяжелых металлов в плодах.

Анализ литературных данных показал, что в растениеводстве количество сообщений о стимуляции растений соединениями селена и цеолитами очень ограничено и противоречиво.

Также недостаточно исследований о влиянии гербицида Глифосата на посевы культурных растений [9], [10], [15].

В предыдущих наших исследованиях [6], [7], [8] в ходе лабораторных опытов, используя для исследования горох, было показано, что при обработке посевов селенитом натрия и цеолитом получили в зеленой массе гороха увеличение содержания протеина, сахара, каротина и снижение содержания тяжелых металлов.

В то же время в зелени гороха, обработанном пестицидом Глифосатом, наблюдалось снижение каротина, витаминов А и В₂.

Работа в этом направлении была продолжена, и в данной статье представлены результаты, полученные в полевых условиях при выращивании гороха с использованием гербицида Глифосата, селенита натрия и цеолита.

Цель данной работы – изучение влияния селенита натрия, цеолита и гербицида Глифосата на некоторые биохимические показатели и содержание тяжелых металлов в зерне гороха в полевых условиях.

Материал и методы исследований. Эксперимент проводили в условиях мелкоделяночного опыта в Комсомольском и Ядринском районах Чувашии. Площадь каждой делянки составляла 1 м².

Опыты были заложены в мае месяце, использовали горох сорта «Триумф». В почву вносили селенит натрия и цеолит (ТУ 2163-077-05766575-99) в виде водного раствора с концентрацией 0,925%, которым поливали посадки на делянке площадью 1 м² в течение всего сезона 5 раз с промежутками 12 дней. Использовали Глифосат китайского производства, его растворяли в воде и в виде раствора вносили в почву до посева гороха. Опыты проводили в четырех сериях и трехкратной повторности.

Содержание биохимических веществ и тяжелых металлов определяли в плодах гороха после снятия урожая. Для получения агрохимических показателей использовали методики, описанные в [11], [12], содержание металлов определяли методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии (методика М-МВИ 80-2008).

Результаты исследований. При обработке посевов только удобрением наблюдалось повышение показателей: сырой золы – на 2,9%, кальция – в 2 раза, фосфора – на 31,8%, калия – на 3,8%, содержание сырого протеина не изменилось. При использовании удобрения в меньшей концентрации наблюдали повышения концентрации только фосфора – на 9,1% и калия – на 1,9%. Это говорит о том, что цеолит и селенит натрия обогащают зерна гороха макроэлементами.

Горох, выращенный на почве Комсомольского района с внесением удобрения, содержал повышенное содержание протеина, кальция и фосфора по сравнению с контролем.

Следует отметить, что опыты, проведенные на почвах разных районов, несколько отличаются результатами, что, по-видимому, можно объяснить разным исходным составом почв.

Как видно из данных таблицы 1, обработка опытных делянок почвы Ядринского района Глифосатом (полевые условия) снижает в сухом веществе гороха содержание сырого протеина на 4,5-9,0%, сырой золы – на 6,1-9,8%. Снижения содержания кальция, фосфора, калия не наблюдалось. То же самое получили при обработке делянок Глифосатом с удобрениями.

Таблица 1 – Биохимические показатели сухого вещества гороха

| № группы | Внесено за сезон, г | | | Содержание, % | | | | |
|------------|---------------------|--------|----------------|---------------|------------|---------|--------|-------|
| | Гли-фосат | Цеолит | Селенит натрия | Сырой протеин | Сырая зола | Кальций | Фосфор | Калий |
| Контроль* | - | - | - | 29,31 | 3,76 | 0,16 | 0,22 | 0,52 |
| 2 | - | 0,2079 | 0,0021 | 28,00 | 3,66 | 0,16 | 0,24 | 0,53 |
| 3 | - | 0,4059 | 0,0041 | 29,31 | 3,87 | 0,35 | 0,29 | 0,54 |
| 4 | 0,5 | - | - | 28,00 | 3,39 | 0,21 | 0,26 | 0,54 |
| 5 | 1,0 | - | - | 26,69 | 3,53 | 0,16 | 0,24 | 0,53 |
| 6 | 0,5 | 0,2079 | 0,0021 | 28,44 | 3,45 | 0,40 | 0,29 | 0,51 |
| 7 | 1,0 | 0,4059 | 0,0041 | 28,44 | 3,78 | 0,32 | 0,27 | 0,54 |
| Контроль** | | | | 26,25 | 3,93 | 0,13 | 0,44 | 1,39 |
| 2 | | 0,2079 | 0,0021 | 26,69 | 3,54 | 0,16 | 0,46 | 1,36 |
| 3 | | 0,4059 | 0,0041 | 27,35 | 3,98 | 0,28 | 0,51 | 1,41 |

* Горох выращен на почве Ядринского района (полевые условия)

** Горох выращен на почве Комсомольского района (полевые условия)



Рис. 1 – Горох «Триумф» Комсомольского района ЧР

Ранее проведенные нами лабораторные опыты показали снижение протеина, бета-каротина и витаминов А и В₂ в зерне гороха, выращенном на почве, обработанной раствором Глифосата [6]. То есть как лабораторные, так и полевые опыты, свидетельствуют о торможении пестицидом Глифосатом синтеза протеина, который является единственным и незаменимым источником аминокислот для построения молекул белка растительного и животного происхождения. Белки являются «кирпичиками» ферментов и гормонов, которые регулируют все обменные процессы в организме [13], [14], [15], [16], [17], [18], [22]. Однако эти показатели зависят также от концентрации вносимого удобрения, чем концентрированное удобрение, тем выше показатели.

В сухом веществе гороха были определены и тяжелые металлы, результаты приведены в таблице 2. Как видно из данных, в полевом опыте так же, как и в лабораторном опыте, наблюдается снижение содержания тяжелых металлов в зерне гороха после обработки раствором удобрения селенит натрия – цеолит. Содержание цинка уменьшилось на 4,1%, меди – на 5,0%, свинца – на 27,3%, кадмия – в 2 раза, по сравнению с идентичными показателями в контрольной группе.

В лабораторном опыте, проведенном ранее на почве Чебоксарского района, наблюдалось следующее снижение тяжелых металлов в зерне гороха: цинка – на 26,9%, меди – в 2 раза, свинца – на 24,2%, кадмия – на 34,4%. Разницу в величинах снижения тяжелых металлов в полевом и лабораторном опытах мы объясняем влиянием дождей и микроорганизмов в полевом опыте. Следует отметить, что во всех опытах содержание тяжелых металлов в зерне гороха, полученного на делянках, обработанных раствором удобрения, не превышало ПДК.

Таблица 2 – Содержание металлов в сухом веществе гороха

| № опыта | Внесено за сезон, г | | Содержание, мг/кг | | | |
|--------------------|---------------------|--------|-------------------|-------|--------|--------|
| | Селенит натрия | Цеолит | Цинк | Медь | Свинец | Кадмий |
| Контроль* | | | 56,70 | 11,0 | 1,49 | 0,032 |
| Лабораторный опыт* | 0,00211 | 0,208 | 41,43 | 5,10 | 1,13 | 0,021 |
| Контроль** | | | 4,91 | 0,63 | 0,11 | 0,002 |
| Полевой опыт** | 0,00211 | 0,208 | 4,71 | 0,60 | 0,08 | 0,001 |
| ПДК [18] | | | 50,00 | 10,00 | 0,50 | 0,100 |

* Горох выращен на почве Чебоксарского района

** Горох выращен на почве Комсомольского района

Выводы. Таким образом, обработка посевов селенитом натрия и цеолитом показала улучшение биохимического качества зерна гороха и снижение содержания токсичных тяжелых металлов.

Полученные результаты анализов зерна гороха, выращенного в полевых условиях, показали снижение его качества при обработке посевов пестицидом группы гербицидов – Глифосатом.

Для выявления более точной и детальной картины механизмов, влияющих на биохимические процессы, проходящие в растительном организме под влиянием Глифосата, селенита натрия и цеолитов необходимы дальнейшие исследования в данной области.

Литература

- Абаев, А. А. Использование цеолитов для повышения продуктивности сои / А. А. Абаев, Э. Д. Адиньяев, Х. Х. Эсхаджиева // Агрохимия. – 2008. – № 2. – С. 26-32. (in Russ).
- Балахнина, Т. И. Влияние селена на метаболизм и развитие окислительного стресса пшеницы при действии свинца / Т. И. Балахнина, А. А. Кособрюхов, В. Ю. Любимов и др. // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. – 2018. – № 13. – С. 172-176. (in Russ).
- Бурлака, О. М. Биофортификация сельскохозяйственных растений / О. М. Бурлака, Б. В. Сорочинский // Биотехнология. – 2010. – Т.3. – №5. – С. 31-42.(in Russ).
- Васильянова, Л. С. Цеолиты в экологии / Л. С. Васильянова, Е. А. Лазарева // Новости науки Казахстана. – 2016. – № 1 (127). – С. 61-85. (in Russ).
- Вихрева, В. А. Селен в жизни растений / В. А. Вихрева, А. А. Блинохватов, Т. В. Клейманова; Пензенская государственная сельскохозяйственная академия. – Пенза : ПГСХА, 2012. – 220 с. (in Russ).
- Добросмылова, И. А. Некоторые аспекты влияния остаточных количеств гербицида Глифосата в почве на культурные растения / И. А. Добросмылова, А. А. Сазанова, О. Е. Насакин // Экология и промышленность России. ЭКП. – 2020. – Т.24. – №5. – С. 24-27. – DOI: 10.18412/1816-0395-2020-5-24-27.
- Добросмылова, И. А. Агроэкологические аспекты использования селенита натрия и цеолитов при выращивании гороха / И. А. Добросмылова, А. А. Сазанова, В. Г. Семенов [и др.] // Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан (Вестник НАН РК). – 2021. – Т. 3, № 345. – С. 30-36. – (<https://doi.org/10.32014/2020.2519-1629.77>).
- Добросмылова, И. А. Рост и биологическая продуктивность растений после обработки микроэлементным составом / И. А. Добросмылова, А. А. Сазанова, В. Г. Семенов [и др.] // Вестник НАН РК. – 2021. – №1 (389). – С. 74-80. – doi/org/10.32014/2021.2518-1467.10. (in Russ.)
- Долженко, В. И. Защита растений: настоящее и будущее / В. И. Долженко // Плодородие. – 2018. – №1. – С. 24-26. (in Russ).
- Защита растений от вредных организмов : материалы 10-й международной научно - практической конференции. – Краснодар, 2021. – 464 с. – ISBN 978-5-907474-19-2 (in Russ).
- Косолапов, В. М. Уровни содержания протеина, нерастворимого в кислотном детергенте, в злаковых травах и кормах из них / В. М. Косолапов, Х. К. Худякова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – № 22(3). – С.360-366. – (<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.360-366>). (in Russ.).
- Косолапов, В. М. Минеральные элементы в кормах и методы их анализа : монография / В. М. Косолапов, В. А. Чуйков, Х. К. Худякова, В. Г. Косолапова. – Москва : ООО «Угрешская типография», 2019. – 272 с. – DOI 10.33814/monography_1654. (in Russ.).
- Кротова, Л. А. Эколого-генетическое влияние химических соединений на адаптацию растений / Л. А. Кротова, С. П. Чибис. – Текст : электронный // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 6. – С. 250. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27139> (дата обращения: 06.01.2023). (in Russ.)
- Лапушкина, А. А. Эффективность предпосевной обработки семян селеном и кремнием на урожайность растений ячменя и гороха в условиях недостатка влаги и повышенного содержания алюминия в почве / А. А. Лапушкина // Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения В.П. Горячкина. – Москва : 2018. – С. 621-623. (in Russ).
- Немкович, А. Г. Роль микроудобрений в формировании урожая / А. Г. Немкович // Белорусское сельское хозяйство. – 2015. – № 3(155). – С. 26-29. (in Russ).

16. Привалова, А. И. Влияние хлорорганических пестицидов на качество зерна / А. И. Привалова // Молодой ученый. – 2018. – № 24(210). – С. 105-107. (in Russ.).
17. Синдирева, А. В. Влияние селена на биосинтез белка в кормовых культурах / А. В. Синдирева // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2018. – №1 (12). – С.1-4. (in Russ.).
18. СП 4089-86 Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах : утверждено Главный государственный санитарный врач СССР П.Н. БУРГАСОВ от 31.03.1986 N 4089-86. – 5 с.
19. Суюндуков, Я. Т. Использование природных цеолитов Зауралья Башкортостана для повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур (рекомендации производству) / Я. Т. Суюндуков, Х. М. Сафин, М. Б. Суюндукова, Р. Ф. Хасанова. – Сибай : СИЦ – филиал ГУП РБ Издательский дом «Республика Башкортостан». – 2017. – 40 с. – ISBN 978-5-6040674-0-6. (in Russ.).
20. Титов, А. Ф. Роль селена в жизнедеятельности растений, животных и человека / А. Ф. Титов, Н. М. Казнина, Т. А. Карапетян [и др.] // Успехи современной биологии. – 2021. – Т. 141, № 5. – С. 443–456. – DOI: 10.31857/S0042132421050094. (in Russ.).
21. Усубова, Е. З. Влияние селена на физиологические показатели и продуктивность фасоли сорта «сакса» (*Phaseolus vulgaris* L.) / Е. З. Усубова, А. М. Жижаев, П. В. Миронов // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 3-2. – С. 257-260. (in Russ.).
22. Хелдт Г.– В. Биохимия растений / Г.– В. Хелдт. Лаборатория знаний (ISBN: 978-5-94774-795-5). пер. с англ. 2–е изд. (эл.). – 2014. – Москва : Изд-во БИНОМ. – 471 с. (in Russ.).
23. Юдичева, О. П. Влияние биофортификации на химический состав тыквенных овощей различных сортов / О. П. Юдичева // Вестник сибирского университета потребительской кооперации. – 2014. – № 4(11). – С. 68-72. (in Russ.).

Сведения об авторах

1. **Добросмылова Ирина Анатольевна**, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры химической технологии и защиты окружающей среды, Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова, 428015, г. Чебоксары, проспект Московский, 15, Чувашская Республика, Россия; e-mail: weda9@mail.ru, тел. +7-919-665-84-79;

2. **Константинова Татьяна Геннадьевна**, кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры химической технологии и защиты окружающей среды, Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова, 428015, г. Чебоксары, проспект Московский, 15, Чувашская Республика, Россия; e-mail: takonst@inbox.ru;

3. **Максимова Юлия Рудольфовна**, студентка химико-фармацевтического факультета, Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова, 428015, г. Чебоксары, проспект Московский, 15, Чувашская Республика, Россия; e-mail: umaksimova@mail.ru, тел. +7-937-394-23-27;

4. **Журавлев Анатолий Петрович**, студент факультета биотехнологий и агрономии, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, дом 29, Чувашская Республика, Россия; e-mail: zaboiski1972@gmail.com.

THE EFFECT OF AGRONOMIC BIOFORTIFICATION ON THE BIOCHEMICAL PARAMETERS OF PEAS

I. A. Dobrosmyslova¹, T. G. Konstantinova¹, Y. R. Maksimova¹, A. P. Zhuravlev²

¹ *Chuvash State University named after I.N. Ulyanov*

428015, Cheboksary, Russian Federation

² *Chuvash State Agrarian University*

428003, Cheboksary, Russian Federation

Abstract. *Studies of the quality of peas obtained in the field by the small-scale method in two different regions of Chuvashia with the introduction of sodium selenite, zeolite and the herbicide Glyphosate into the soil were carried out. Experiments with the introduction of the herbicide Glyphosate into the soil confirmed the results of laboratory experiments conducted earlier, which indicate a decrease in the samples of dry matter of peas of crude protein by 4.5-9%, crude ash – by 6.1-9.8%, there was no decrease in the content of calcium, phosphorus, potassium. The same was obtained when processing plots with Glyphosate together with fertilizers. When processing crops with only fertilizer – sodium selenite together with zeolite, an increase in indicators was observed: crude ash – by 2.9%, calcium – by 2 times, phosphorus – by 31.8%, potassium – by 3.8%, the content of crude protein has not changed. When using fertilizers in a lower concentration, increases in the concentration of phosphorus alone were observed – by 9.1% and potassium – by 1.9%, i.e. it can be assumed that zeolite and sodium selenite enrich pea grains with the necessary chemical elements. The treatment of pea crops with fertilizer allowed to reduce the content of heavy metals in pea grain: zinc – by 4.1%, copper – by 5%, lead – by 27.3%, cadmium – by 2 times, compared with the control.*

Keywords: *peas, herbicide Glyphosate, sodium selenite, zeolite, protein, crude ash, phosphorus, potassium.*

References

1. Abaev, A.A. The use of zeolites to increase soybean productivity / A.A. Abaev, E.D. Adinyaev, Kh.Kh. Eskhadzhieva // *Agrochemistry*. - 2008.- No. 2. -S. 26-32. (in Russ).
2. Balakhnina, T.I. The influence of selenium on the metabolism and development of oxidative stress in wheat under the influence of lead / T.I. Balakhnina, A.A. Kosobryukhov, V.Yu. Lyubimov et al. // *New and non-traditional plants and prospects for their use*. - 2018. - No. 13.- P. 172-176. (in Russ).
3. Burlaka, O.M. Biofortification of agricultural plants / O.M. Burlaka, B.V. Sorochinsky // *Biotechnology*. - 2010. - T.3. - No. 5. - P. 31-42. (in Russ).
4. Vasilyanova, L.S. Zeolites in ecology / L.S. Vasilyanova, E.A. Lazareva // *Science news of Kazakhstan*. - 2016. - No. 1 (127). - With. 61-85. (in Russ).
5. Vikhrev, V.A. Selenium in plant life / V.A. Vikhrev, A.A. Blinnokhvatov, T.V. Kleimanova; Penza State Agricultural Academy. - Penza: PGSHA, 2012. - 220 p. (in Russ).
6. Dobrosmyslova, I.A. Some aspects of the influence of residual quantities of the herbicide Glyphosate in the soil on cultivated plants / I.A. Dobrosmyslova, A.A. Sazanova, O.E. Nasakin // *Ecology and industry of Russia. EKIP*. - 2020. - T.24.- No. 5.- P. 24-27. (DOI: 10.18412/1816-0395-2020-5-24-27).
7. Dobrosmyslova, I.A. Agroecological aspects of the use of sodium selenite and zeolites when growing peas / I.A. Dobrosmyslova, A.A. Sazanova, V.G. Semenov, L.K. Mamyrova, Z.T. Esembekova // *Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan (Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan)*. - 2021. - T.3. No. 345. - P. 30– 36 (<https://doi.org/10.32014/2020.2519-1629.77>).
8. Dobrosmyslova, I.A. Growth and biological productivity of plants after treatment with microelement composition / I.A. Dobrosmyslova, A.A. Saza-nova, V.G. Semenov, Zh. Tuleubaev, Z.T. Yesimbekova, G.K. Ziyaeva // *Bulletin of the NAS RK*. - 2021. - No. 1 (389). - P. 74 – 80. doi.org/10.32014/2021.2518-1467.10. (in Russ.)
9. Dolzhenko, V.I. Plant protection: present and future / V.I. Dolzhenko // *Fertility*. - 2018.- No. 1. - pp. 24-26. (in Russ).
10. Protection of plants from harmful organisms: materials of the 10th international. scientific - practical conf. - Krasnodar. June 21-25, 2021 - 464 pp. ISBN 978-5-907474-19-2 (in Russ).
11. Kosolapov, V.M. Levels of protein content insoluble in acid detergent in cereal grasses and feed from them / V.M. Kosolapov, Kh.K. Khudyakova // *Agricultural science of the Euro-North-East*. - 2021. - 22(3) - P.360-366. (<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.360-366>). (in Russ.).
12. Kosolapov, V.M. Mineral elements in feed and methods of their analysis: monograph / V.M. Kosolapov, V.A. Chuikov, Kh.K. Khudyakova, V.G. Kosolapova. - Moscow: Ugreshskaya Printing House LLC, 2019. – 272 p. - DOI 10.33814/monography_1654. (in Russ.).
13. Krotova, L.A. Ecological and genetic influence of chemical compounds on plant adaptation / L.A. Krotova, S.P. Chibis // *Modern problems of science and education*. - 2017. - No. 6. - P.250. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27139> (access date: 01/06/2023). (in Russ.)
14. Lapushkina, A.A. The effectiveness of pre-sowing seed treatment with selenium and silicon on the yield of barley and pea plants under conditions of lack of moisture and high aluminum content in the soil / A. A. Lapushkina // *Materials of the international scientific conference of young scientists and specialists dedicated to the 150th anniversary since the birth of V.P. Goryachkina*. - 2018. - pp. 621-623. (in Russ).
15. Nemkovich, A.G. The role of microfertilizers in crop formation / A.G. Nemkovich // *Belarusian agriculture*. - 2015. - No. 3 (155). - pp. 26-29. (in Russ).
16. Privalova, A. I. The influence of organochlorine pesticides on grain quality / A. I. Privalova // *Young scientist*. - 2018. - No. 24 (210). - P. 105-107. (in Russ.).
17. Sindireva, A.V. The influence of selenium on protein biosynthesis in forage crops / A.V. Sindireva // *Electronic scientific and methodological journal of Omsk State Agrarian University*. - Omsk: GAU, 2018. - No. 1 (12). - P.1-4. (in Russ.).
18. SP 4089-86 Maximum permissible concentrations of heavy metals and arsenic in food raw materials and food products dated March 31, 1986 N 4089-86.
19. Suyundukov, Ya.T. The use of natural zeolites of the Trans-Ural region of Bashkortostan to increase soil fertility and the yield of agricultural crops (recommendations for production) / Ya.T. Suyundukov, Kh.M. Safin, M.B. Suyundukova, R.F. Khasanova. - Sibay: SIC - branch of the State Unitary Enterprise of the Republic of Belarus Publishing House "Republic of Bashkortostan". ISBN 978-5-6040674-0-6. - 2017. - 40 p. (in Russ).
20. Titov, A.F. The role of selenium in the life of plants, animals and humans / A.F. Titov, N.M. Kaznina, T.A. Karapetyan, N.V. Dorshakova, V.N. Tarasova // *Advances in modern biology*. - Petrozavodsk: PSU, 2021. - volume 141. - No. 5. - P.443–456. - DOI: 10.31857/S0042132421050094. (in Russ).
21. Usubova, E.Z. The influence of selenium on the physiological parameters and productivity of beans of the saxa variety (*Phaseolus vulgaris* L.) / E.Z. Usubova, A.M. Zhizhaev, P.V. Mironov // *Fundamental Research*. - 2012. - No. 3-2. - pp. 257-260. (in Russ).
22. Heldt G.–V. Biochemistry of plants / G.–V. Heldt. Knowledge Laboratory (ISBN: 978-5-94774-795-5). lane from English 2nd ed. (el.). – 2014. - Moscow: BINOM Publishing House. - 471 p. (in Russ.).
23. Yudicheva, O.P. The influence of biofortification on the chemical composition of pumpkin vegetables of various varieties / O.P. Yudicheva // *Bulletin of the Siberian University of Consumer Cooperation*. - 2014. - No. 4(11). - P.68-72. (in Russ).

Information about authors

1. ***Dobrosyslova Irina Anatolyevna***, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Chemical Technology and Environmental Protection, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov; 428015, Cheboksary, Moskovsky Prospekt, 15, Chuvash Republic, Russia; e-mail: weda9@mail.ru, tel. +7-919-665-84-79;

2. ***Konstantinova Tatyana Gennadiyevna***, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Chemical Technology and Environmental Protection, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov; 428015, Cheboksary, Moskovsky Prospekt, 15, Chuvash Republic, Russia; e-mail: takonst@inbox.ru;

3. ***Maximova Yulia Rudolfovna***, student of the Faculty of Chemistry and Pharmacy, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, 428015, Cheboksary, Moskovsky Prospekt, 15, Chuvash Republic, Russia; e-mail: ymaksimova@mail.ru, tel. +7-937-394-23-27;

4. ***Zhuravlev Anatoly Petrovich***, student of the Faculty of Biotechnology and Agronomy, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, K. Marx str., 29, Chuvash Republic, Russia; e-mail: zaboiski1972@gmail.com.