

ВЛИЯНИЕ СВИНЦА НА РОСТ И РАЗВИТИЕ СЕМЯН И ПРОРОСТКОВ ГОРОХА ОВОЩНОГО

G.A. Demidenko

THE INFLUENCE OF LEAD ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF SEEDS AND SEED GROWTH OF VEGETABLE PEA

Демиденко Г.А. – д-р биол. наук, проф., зав. каф. ландшафтной архитектуры, ботаники, агроэкологии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск.
E-mail: demidenkoekos@mail.ru

Demidenko G.A. – Dr. Biol. Sci., Prof., Head, Chair of Landscape Architecture, Botany, Agroecology, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk.
E-mail: demidenkoekos@mail.ru

Цель исследования: влияние свинца на прорастание семян и биохимический состав проростков (углеводы, хлорофилл, фенольные соединения) гороха овощного сорта Овощной 76. Проблема взаимоотношения почв и растений, в том числе сельскохозяйственных культур, с тяжелыми металлами в окружающей среде, в том числе в Сибирском регионе, является актуальной. Разные сельскохозяйственные растения отличаются специфичностью в отношении аккумуляции тяжелых металлов. Наиболее высокое их содержание обнаружено в листовых овощах, а наименее – в злаковых, бобовых, технических культурах. Из зернобобовых культур горох и фасоль наиболее устойчивы к проникновению соединений свинца. При оценке влияния свинца на рост и развитие семян и проростков гороха овощного изучались морфометрические и биохимические показатели семян и проростков гороха посевного. Морфометрические показатели (энергия прорастания и всхожесть) в лабораторном эксперименте показали снижение процента прорастания семян при исследовании энергии прорастания в 1,5 раза в лабораторном опыте № 1 (с добавлением раствора соли свинца в соответствии с ПДК). Результаты исследования всхожести семян гороха овощного показывают аналогичную зависимость. Биохимические показатели проростков гороха посевного (углеводы (моносахара), фенольные соединения и хлорофилл) показали пониженное значение у проростков гороха овощного, выращенного на загрязненной почве. Это воз-

можно объяснить отрицательной реакцией растений на стресс на этой стадии онтогенеза.

Ключевые слова: горох овощной, семена, проростки, тяжелые металлы, свинец, морфометрические и биохимические показатели.

The objective of the research was to study the influence of lead on seed germination and biochemical composition of seedlings (carbohydrates, chlorophyll, phenolic compounds) of vegetable pea of the variety Ovoshchnoy 76. The problem of the relationship between the soil and plants, including agricultural crops, with heavy metals in the environment, including Siberia region is relevant. Various agricultural plants differ in the specificity of heavy metals accumulation. Their highest content was found in leafy vegetables, and the least in cereals, legumes, industrial crops. Among leguminous crops, peas and beans are the most resistant to lead compounds penetration. At the assessment of the effect of lead on the growth and development of seeds and vegetable pea seedlings, morphometric and biochemical indicators of seeds and seedlings of seed vegetable pea were studied. Morphometric indicators (energy of germination and viability) in laboratory experiment showed the decrease in the percentage of germination of seeds at the research of energy of germination by 1.5 times in a laboratory trial № 1 (with lead salt solution addition, according to maximum concentration limit). The results of the study of germination of seeds of vegetable pea show similar relationship. Biochemical parameters of seedlings of pea seed (carbohydrates

(monosaccharides), phenolic compounds and chlorophyll), showed lower values of seedlings of vegetable pea grown on polluted soil. It is possible to explain negative reaction of plants to stress, at this stage of ontogenesis.

Keywords: *vegetable peas, seeds, sprouts, heavy metals, lead, morphometric and biochemical indicators.*

Введение. Тяжелые металлы – это группа химических элементов с относительной атомной массой более 40, к которым относится свинец (Pb). В малых концентрациях тяжелые металлы – микроэлементы – необходимы для живых организмов. Повышение их содержания выше предельно допустимых концентраций (ПДК) вызывает токсичность (острое или хроническое отравление), которая проявляется в подавлении роста и развития растений и сохраняется в трофической (пищевой) системе: почва – растение – животное – человек [1–4]. Легкоподвижные водорастворимые соединения металлов, поступая в почву, вступают в прочные соединения с ее высокодисперсными глинистыми минералами и органическим веществом. Почвы играют роль «геохимического экрана», значительно задерживающего элементы-загрязнители [5]. Проблема взаимоотношения почв и растений, в том числе сельскохозяйственных культур, с тяжелыми металлами в окружающей среде, в том числе в Сибирском регионе, является актуальной [6–8].

Свинец (Pb) – один из тяжелых металлов, широко применяемый в промышленности и транспорте. На протяжении десятков лет соединения свинца оседали с выхлопными газами автотранспорта в непосредственной близости от автомобильных дорог [9], на поверхности почв. Если тяжелые металлы переходят в почвенный раствор, возникает вероятность проникновения их в вегетативные органы растений. Поэтому вблизи шоссе дорог не рекомендуется возделывание сельскохозяйственных растений, особенно овощных культур [3, 4]. Существуют придорожные геохимические аномалии свинца шириной от десятков до сотен метров и высотой до 6 м [1].

Цель исследования. Определение влияния свинца на прорастание семян и биохимический состав проростков (углеводы, хлорофилл, фе-

нольные соединения) гороха овощного сорта Овощной 76.

Свинец попадает в организм человека в основном с продуктами растительного происхождения [5]. Растительные организмы, такие как микроскопические грибы и отдельные виды бактерий, можно использовать в качестве тест-объектов (биоиндикаторов), указывающих на степень загрязнения свинцом экосистем разного уровня.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования являлись семена и проростки гороха овощного сорта Овощной 76.

Горох овощной (*Pisum sativum* L.) – травянистое однолетнее растение семейства бобовых. Имеет полный, лежащий стелек высотой 45–250 см, простой или ветвящийся, с цепляющимися усам. Листья сложные парноперистые, состоящие из двух-трех пар маленьких удлиненно-яйцевидных листовых пластинок. Сахарные сорта гороха овощного имеют толстые мясистые створки без пергаментного слоя. Плоды сахарных сортов гороха используют в целом виде или в виде зеленого горошка. Горох овощной сорта Овощной 76 – средне- и раннеспелый, имеет от всходов до цветения – 34–42 дня, до технической спелости – 57–68 дней, до созревания – 67–76 дней.

Лабораторный эксперимент заложен на базе Инновационной лаборатории «Мониторинг сельскохозяйственных и лесных культур» кафедры ландшафтной архитектуры, ботаники, агроэкологии Красноярского государственного аграрного университета.

Для определения влияния свинца на рост и развитие семян и проростков гороха овощного в лабораторном эксперименте использовалась соль свинца (PbSO₄) в концентрации ПДК 32 мкг/кг (Инструктивное..., 1990). Отобранные семена помещались в чашки Петри. Эксперимент проводился в следующих вариантах: № 1 – с добавлением раствора соли свинца (в соответствии с ПДК); № 2 – контроль (дистиллированная вода); № 3 – с добавлением раствора соли свинца (в соответствии с концентрацией удвоенного раствора соли свинца – ПДК*2). Чашки Петри помещены в термостат при температуре 22 °С. Оценка энергии прорастания и всхожести семян гороха овощного выполнена с использованием стандартной методики согласно ГОСТ 12038-84

«Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести». Энергия прорастания определялась, согласно ГОСТу, на 3-й день в процентах. Затем семена закладывались в ящики с почвой соответственно вариантам эксперимента. Всхожесть определяли на 7-й день после закладки опыта в процентах. Повторность опыта – трехкратная. В каждой повторности заложено по 50 семян. Время экспозиции проростков гороха – 3 месяца.

Затем сухой остаток (после экстрагирования и выпаривания) обрабатывали хлороформом и водой до полного растворения. Водный слой после отделения хлороформа анализировали на содержание фенолкарбонатных кислот и углеводов. Из замороженного материала брали навески, проводили экстракцию спиртом, осуществляли колориметрирование при длине волны 670 нм. Концентрацию хлорофилла определяли по калибровочной кривой. К смеси добавляли по каплям 7%-й водный раствор аммиака (NH_4OH) до получения ярко-зеленой окраски. Раствор в колбе доводили до метки дистиллированной водой. По интенсивности раствора

хлорофилла окраска раствора соответствует концентрации 0,085 г/л [9–11].

Статистическая обработка проводилась с использованием однофакторного дисперсионного анализа с применением программы ANOVA.

Результаты исследования и их обсуждение. При оценке влияния свинца на рост и развитие семян и проростков гороха овощного изучались морфометрические и биохимические показатели.

Морфометрические показатели всхожести семян гороха овощного. Для определения способности семян давать дружные всходы в полевых условиях изучают энергию прорастания, как правило, на 3-4-е сутки в лабораторном опыте. Энергия прорастания выражается в процентном выражении проросших семян к числу семян, взятых для анализа. Под всхожестью принято понимать количество семян, выраженное в процентах, нормально проросших, то есть имеющих корешок (около длины семени) и росток (не меньше половины длины семени). Результаты, полученные в полевом эксперименте (энергия прорастания и всхожесть), показаны на рисунках 1, 2.

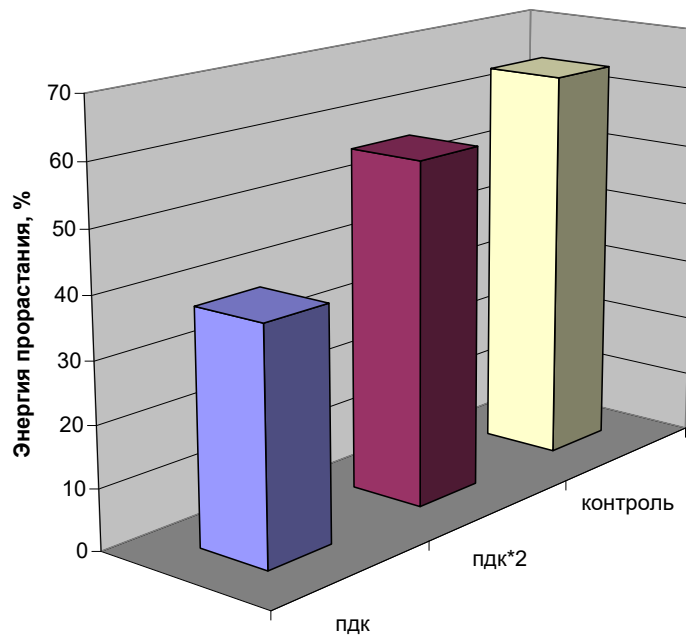


Рис. 1. Энергия прорастания семян гороха овощного, %

На рисунке 1 показано, что семена гороха овощного в варианте лабораторного эксперимента № 1 (с добавлением раствора соли свин-

ца в соответствии с ПДК) имеют меньшую энергию прорастания (38 %) по сравнению с контролем. В контрольном варианте энергия прорас-

тания составляет 72 %. Энергия прорастания в варианте № 1 сокращается почти в 1,5 раза.

Всхожесть семян гороха овощного показана на рисунке 2.

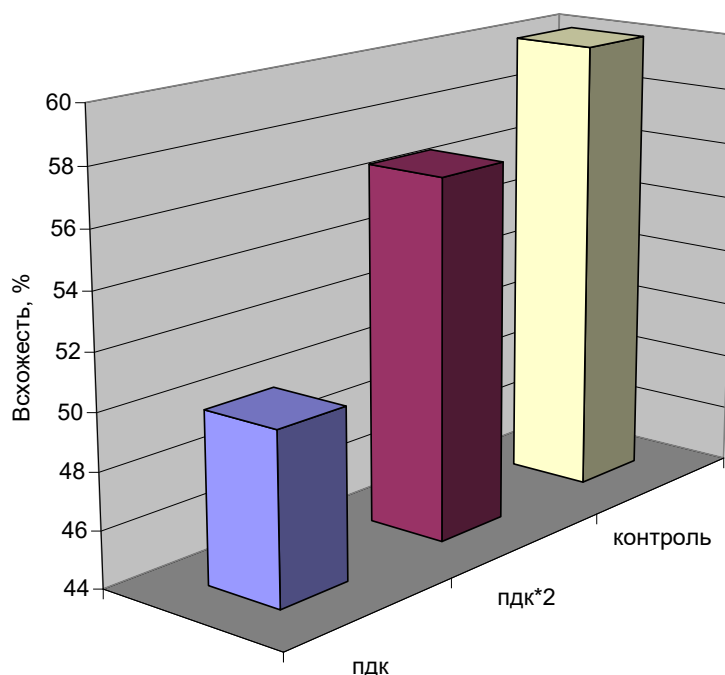


Рис. 2. Всхожесть семян гороха овощного, %

По результатам исследования всхожести семян гороха овощного (рис. 2) проявляется аналогичная зависимость, как при исследовании энергии прорастания семян. Всхожесть семян в варианте опыта № 1 составляет 49 % по сравнению с контролем (59,8 %) в варианте опыта № 2.

Следует обратить внимание на результаты, полученные в варианте опыта № 3 – с добавлением раствора соли свинца в соответствии с концентрацией удвоенного раствора соли свинца – ПДК*2. Энергия прорастания семян гороха овощного и их всхожесть больше на 54 и 56 % соответственно по сравнению с результатами варианта опыта № 1. Вероятно, при применении раствора с концентрацией удвоенной величины соли свинца на самой ранней стадии развития онтогенеза включаются защитные механизмы растения. Это можно рассматривать как защитную реакцию на сильный стресс.

Биохимические показатели проростков гороха овощного. Для эксперимента были вы-

браны следующие биохимические показатели: углеводы (моносахара), фенольные соединения и хлорофилл, играющие исключительную роль в жизни растения как качественного продукта питания.

Углеводы (моносахариды) – питательный и опорный материал растительных клеток и тканей. Растения являются источником углеводов в живом мире. Содержание углеводов в биомассе растений составляет 90 % (в пересчете на сухой вес). Растения способны синтезировать углеводы благодаря фотосинтезу. Углеводы – источники энергии для биосинтетических и ростовых процессов. Продуктивность растений определяет именно биосинтез углеводов.

Проведенные исследования показали, что при выращивании гороха овощного в почве, зараженной свинцом, наблюдается понижение содержания углеводов.

Содержание углеводов в проростках гороха овощного показано на рисунке 3.

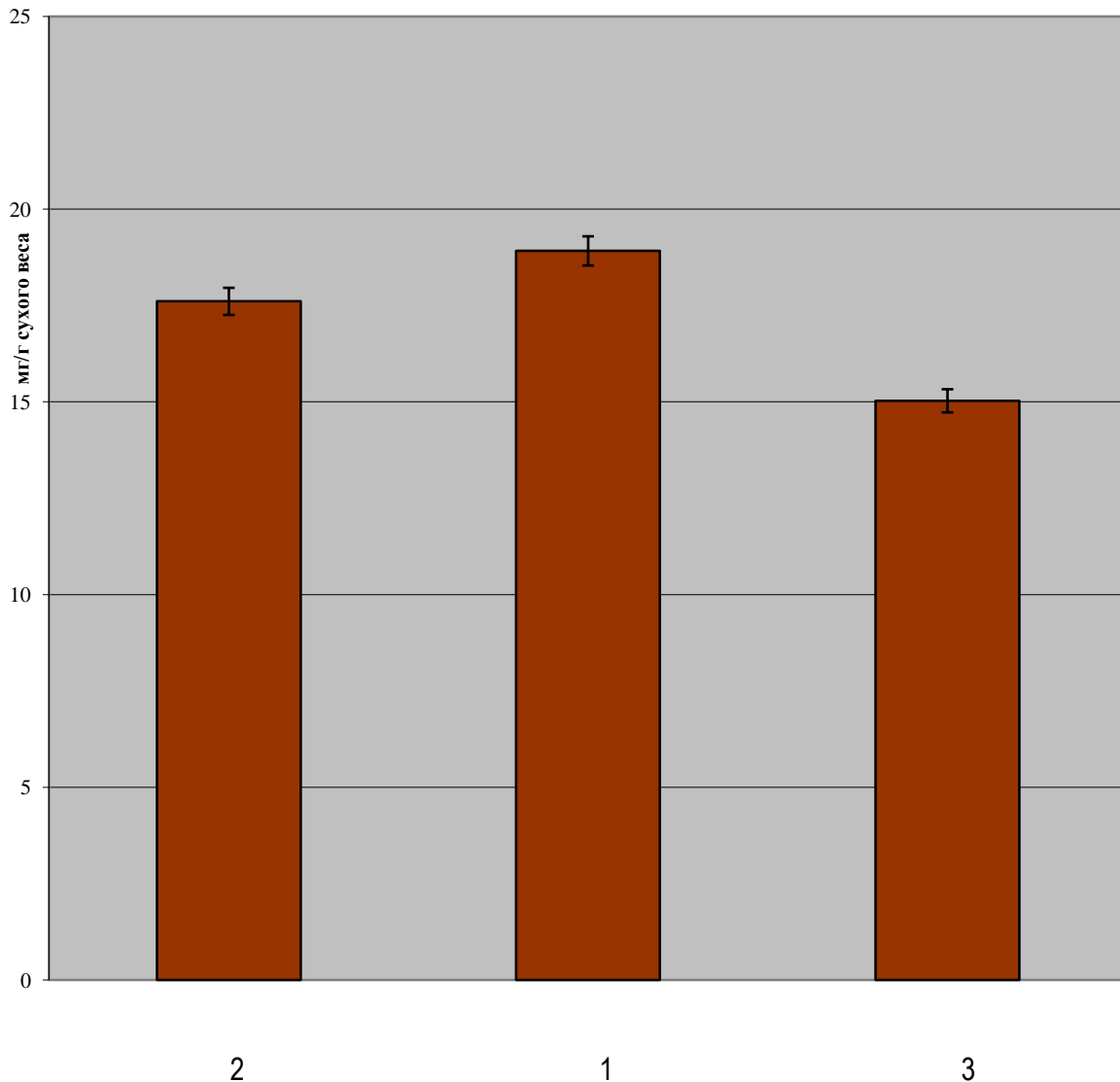


Рис. 3. Содержание углеводов в проростках гороха овощного, мг/г сухого веса:
1 – вариант опыта № 1; 2 – вариант опыта № 2 (контроль); 3 – вариант опыта № 3

Из рисунка 3 видно, что содержание углеводов ниже в вариантах опыта № 1 и № 3 (17,5 и 15,0 мг/г соответственно) по сравнению с контролем (вариант опыта № 2), где содержание углеводов – 19,1 мг/г.

Фенольные соединения – вторичные соединения с различной биологической активностью. Одна из особенностей растительной клетки – образование фенольных соединений. Также растения способны изменять содержание фенольных соединений в ходе вегетации. Морфологически это наблюдается по обесцвечиванию антоциановой пигментации в лепестках

цветков или устранении вяжущего вкуса в процессе созревания. Роль фенольных соединений существенна при образовании суберина и лигнина при заживлении поврежденных тканей. Они участвуют в регулировании роста растений, проявляя ингибирующее или стимулирующее ростовое воздействие. На примере травянистых растений изучены защитные функции «раневого лигнина» [12].

Содержание фенольных соединений в проростках гороха овощного показано на рисунке 4.

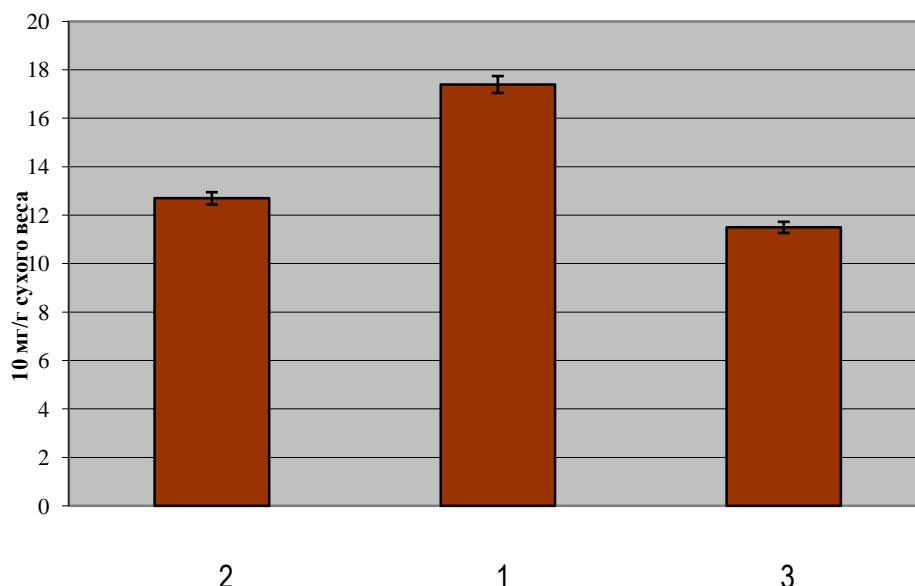


Рис. 4. Содержание фенольных соединений в проростках гороха овощного, мг/г сухого веса: 1 – вариант опыта № 1; 2 – вариант опыта № 2 (контроль); 3 – вариант опыта № 3

Из рисунка 4 видно, что содержание фенольных соединений ниже в вариантах опыта № 1 и № 3 (12,9 и 11,9 мг/г соответственно) по сравнению с контролем (вариант опыта № 2), где содержание фенольных соединений – 17,8 мг/г. Это объясняется отрицательной реакцией организма на стресс на этой стадии онтогенеза.

Хлорофилл – светопоглощающий пигмент, создающий доминирующую окраску земной по-

верхности. Если синтез хлорофилла нарушается частично, в некоторых участках листьев наблюдается пестролистность. При низком содержании хлорофилла листья принимают желтоватые (золотистые) оттенки.

Содержание хлорофилла в проростках гороха овощного показано на рисунке 5.

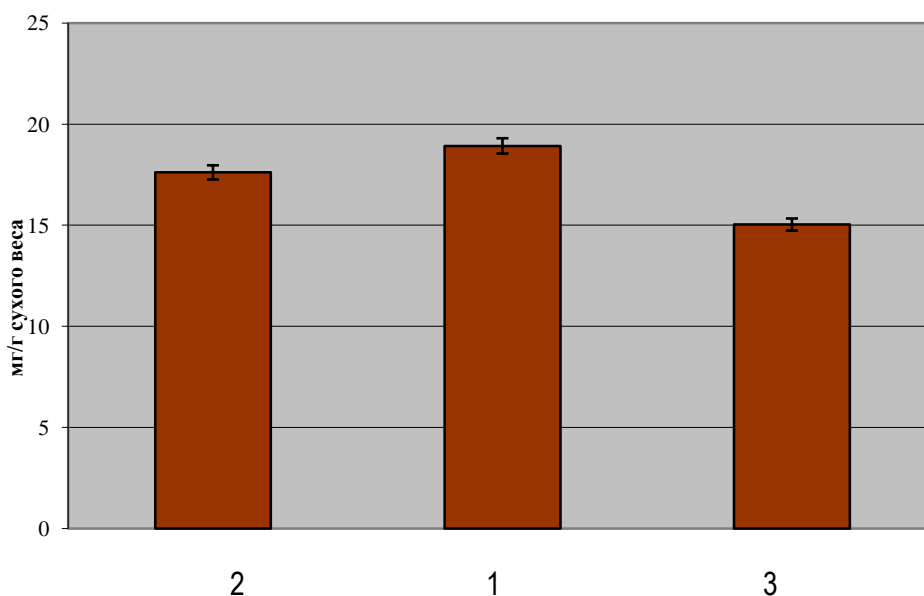


Рис. 5. Содержание хлорофилла в проростках гороха овощного, мг/г сухого веса: 1 – вариант опыта № 1; 2 – вариант опыта № 2 (контроль); 3 – вариант опыта № 3

Исследование влияния свинца на содержание хлорофилла показало также пониженное значение этого показателя у проростков гороха овощного, выращенного на загрязненной почве, в вариантах опыта № 1 и № 3 (1,0 и 0,7 мг/г соответственно) по сравнению с контролем (вариант опыта № 2), где содержание хлорофилла – 1,43 мг/г. Низкое содержание хлорофилла у проростков гороха на загрязненных свинцом почвах, вероятно, связано с низким содержанием углеводов в этих вариантах опыта. Углеводы необходимы для образования хлорофилла, так как играют роль в защите мембран от внутреннего водного стресса [13].

Заключение. При оценке влияния свинца на рост и развитие семян и проростков гороха овощного изучались их морфометрические и биохимические показатели. Морфометрические показатели (энергия прорастания и всхожесть) в лабораторном эксперименте показали снижение процента прорастания семян при исследовании энергии прорастания (в 1,5 раза) в лабораторном опыте № 1 – с добавлением раствора соли свинца (в соответствии с ПДК). Результаты исследования всхожести семян гороха овощного показывают аналогичную зависимость. Биохимические показатели проростков гороха посевного (углеводы (моносахара), фенольные соединения и хлорофилл) показали пониженное значение у проростков гороха овощного, выращенного на загрязненной почве. Это возможно объяснить отрицательной реакцией растений на стресс на этой стадии онтогенеза.

Литература

1. *Смирнов В.А.* Тяжелые металлы в окружающей среде. – М.: МГУ, 1988. – 293 с.
2. *Иванов Н.Р.* Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах. – М.: МГУ, 1994. – 256 с.
3. *Черных Н.А.* Приемы снижения фитотоксичности тяжелых металлов. – М.: Агропромиздат, 1995. – 38 с.
4. *Черных Н.А., Ефремова Л.Л.* Пути устранения негативного действия свинца на растения. – М.: Агропромиздат, 1988. – 92 с.

5. *Ильин В.Б.* Тяжелые металлы в системе почва – растение. – М.: Колос, 1991. – 56 с.
6. *Ведров Н.Г., Дмитриев В.Е., Халинский А.Н.* Сибирское растениеводство / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2002. – 216 с.
7. *Коротченко И.С.* Фитотоксичность и ферментативная активность чернозема выщелоченного при загрязнении тяжелыми металлами // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 5. – С. 109–115.
8. *Коротченко И.С., Первышина Г.Г.* Токсичное действие тяжелых металлов на морковь (*Daucus carota* L) сорта Марлинка // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 3(42). – С. 135–138.
9. *Лысенко Т.Д.* Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продуктивность растениеводства. – М.: Наука, 1981. – 162 с.
10. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М., 1984.
11. *Савич В.И., Савич А.А.* Оценка предельно допустимой концентрации свинца в почве по активности фотосинтеза. – М.: Колос, 1993. – 334 с.
12. *Запроматов М.Н.* Основы биохимии фенольных соединений. – М.: Высшая школа, 1974. – 214 с.
13. *Крамер П.Д., Козловский Т.Т.* Физиология древесных растений. – М.: Лесная промышленность, 1983. – 464 с.

Literatura

1. *Smirnov V.A.* Tjzhelye metally v okruzhajushhej srede. – М.: MGU, 1988. – 293 s.
2. *Ivanov N.R.* Tjzhelye metally i radionuklidy v agrojekosistemah. – М.: MGU, 1994. – 256 s.
3. *Chernyh N.A.* Priemy snizhenija fitotoksichnosti tjzhelyh metallov. – М.: Agropromizdat, 1995. – 38 s.
4. *Chernyh N.A., Efremova L.L.* Puti ustraneniya negativnogo dejstvija svinca na rastenija. – М.: Agropromizdat, 1988. – 92 s.
5. *Il'in V.B.* Tjzhelye metally v sisteme pochva – rastenie. – М.: Kolos, 1991. – 56 s.

6. *Vedrov N.G., Dmitriev V.E., Halipskij A.N.* Sibirskoe rastenievodstvo / Krasnojarsk. gos. agrar. un-t. – Krasnojarsk, 2002. – 216 s.
7. *Korotchenko I.S.* Fitotoksichnost' i fermentativnaja aktivnost' chernozema vyshhelochennogo pri zagriznenii tjazhelymi metallami // Vestnik KrasGAU. – 2011. – № 5. – S. 109–115.
8. *Korotchenko I.S., Pervyshina G.G.* Toksichnoe dejstvie tjazhelyh metallov na morkov' (*Daucus carota* L) sorta Marlinka // Vestnik KrasGAU. – 2010. – № 3(42). – S. 135–138.
9. *Lysenko T.D.* Metodicheskie ukazaniya po opredeleniju tjazhelyh metallov v pochvah sel'hozogodij i produktivnost' rastenievodstva. – M.: Nauka, 1981. – 162 s.
10. GOST 12038-84. Semena sel'skohozjajstvennyh kul'tur. Metody opredelenija vshozhesti. – M., 1984.
11. *Savich V.I., Savich A.A.* Ocenka predel'no dopustimoy koncentracii svinca v pochve po aktivnosti fotosinteza. – M.: Kolos, 1993. – 334 s.
12. *Zaprometov M.N.* Osnovy biohimii fenol'nyh soedineni. – M.: Vysshaja shkola, 1974. – 214 s.
13. *Kramer P.D., Kozlovskij T.T.* Fiziologija drevesnyh rastenij. – M.: Lesnaja promyshlennost', 1983. – 464 s.

