

УДК: 5 57 57.044

ФИТОИНДИКАЦИЯ ИОНОВ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ КУЛЬТУРАМИ

Алешкевич Виктория Алексеевна

Государственное автономное учреждение дополнительного
образования Брянской области «Детский технопарк «Кванториум»

г. Брянск, Брянская область, aleshkevich.vika05@mail.ru

Аннотация: В данной работе рассматривается влияние ионов тяжёлых металлов на сельскохозяйственные растения.

Ключевые слова: фитоиндикаторы, фитоиндикация, тяжёлые металлы, сельскохозяйственные растения, биоиндикация.

V. Aleshkevich (Russia). **PHYTOINDICATION OF HEAVY METAL IONS BY AGRICULTURAL CROPS**

Annotation: This paper examines the effect of heavy metal ions on agricultural plants.

Keywords: phyto-indicators, phyto-indication, heavy metals, agricultural plants, bioindication.

Введение

В настоящее время проблема загрязнения почв тяжёлыми металлами возрастает. Около 11% почв территории России имеет высокий уровень загрязнения тяжёлыми металлами. Тяжёлые металлы, которые попадают в почву, накапливаются в растительных и животных организмах. В избыточном количестве они способны изменять структуру белков, нуклеиновых кислот, вызывать мутации, вызывать нарушение работы внутренних органов [7,9].

Для предотвращения загрязнения почвы тяжёлыми металлами используют не только современные технические средства контроля состояния окружающей среды, но и методы биологической индикации. В

результате изучения научных работ российских учёных был сделан вывод, что фитоиндикаторы имеют способность выявлять загрязнения почвы на ранней стадии. Фитоиндикация позволяет наглядно определить результат реакции растения на влияние тяжёлых металлов [5,11].

Цель работы: выявление фитоиндикаторов среди сельскохозяйственных культур на ионы тяжёлых металлов.

Биоиндикация - это прикладное направление экологии, связанное с поиском и использованием биоиндикаторов – организмов, наличие, численность и особенности, развития которых служат показателями естественно протекающих процессов или изменений среды обитания под влиянием антропогенных воздействий [1,2].

Фитоиндикация – это оценка качественных и количественных показателей среды по различным признакам и свойствам отдельных растений или растительных сообществ и их комплексов. Определение фитоиндикатора соответствует следующим критериям: длина стебля, длина корня, симметрия/асимметрия корня [3,8].

Сельскохозяйственные культуры – культурные растения, выращиваемые с целью получения продуктов питания, технического сырья и корма для скота. К основным сельскохозяйственным культурам относятся: рожь, ячмень, просо, овёс [12,13].

К тяжёлым металлам относятся элементы с атомной массой выше 40 атомных единиц, а также с плотностью более 8 г/см³. Тяжёлые металлы в относительно низких концентрациях очень токсичны для живых организмов. При избыточном попадании в живой организм могут привести к гибели. Самыми распространёнными в почве тяжёлыми металлами являются: Cr (6+), Co (2+), Pb (2+), Zn (2+), Ni (2+), Cu (2+) [10,14].

Материалы и методы исследования

Данная работа была проведена на базе детского технопарка «Кванториум» города Брянска в период с декабря по январь 2022-2023 года под руководством наставника Антоненко Ю.А.

Для проведения работы было отобрано несколько самых распространённых сельскохозяйственных культур: рожь, ячмень, просо, овёс.

В работе была использована следующая методика: для создания предельно допустимых концентраций (ПДК) тяжёлых металлов в почве была использована таблица 1 [4]:

Тяжёлые металлы	Cr (6+)	Co (2+)	Pb (2+)	Zn (2+)	Ni (2+)	Cu (2+)
ПДК тяжёлых металлов на 50 г. почвы (мг)	0,005	0,5	0,6	2,3	0,4	0,3

Таблица 1: ПДК тяжёлых металлов

Тяжёлые металлы были внесены в почву в виде неустойчивых соединений таким же образом, как они поступают в природе, а именно через газопылевые выбросы [5,6].

В эксперименте было проведено два опыта для большей достоверности полученных результатов. В ходе работы было проведено четыре замера на каждый опыт по следующим показателям: длина корня и стебля. Также корни были проверены на наличие асимметрии.

Опыт 1:

Длина стебля сельскохозяйственных растений:

	Длина стебля ячменя (см)	Длина стебля овса (см)	Длина стебля проса (см)	Длина стебля ржи (см)
Cr (6+)	10,6	9,26	0	0,6
Co (2+)	5,98	5,96	0	0,1
Pb (2+)	3,26	4,66	0	0,32
Zn (2+)	4,22	0	0	0
Ni (2+)	1,54	1,56	0	0
Cu (2+)	10,66	3,9	0	1,5
Контроль	10,68	8,1	0	1,02

Таблица 2: Длина стебля на 3 день (опыт 1)

	Длина стебля ячменя (см)	Длина стебля овса (см)	Длина стебля проса (см)	Длина стебля ржи (см)
Cr (6+)	18,48	2,76	1,6	11,68
Co (2+)	14,92	9,34	0	7,4
Pb (2+)	10,06	5,98	2,94	11,12
Zn (2+)	8,9	7,52	1,04	8,48
Ni (2+)	3,9	5,72	0	1,02
Cu (2+)	10,9	8,86	0	17,74
Контроль	12,9	18,32	1,62	13

Таблица 3: Длина стебля на 12 день (опыт 1)

По результатам первого опыта никель оказал самое сильное влияние на длину стебля растений. Хром и свинец негативно влияет на рост стебля овса. Все тяжёлые металлы оказывают сильное влияние на длину стебля проса и замедляют его скорость всхожести.

Длина корня сельскохозяйственных растений:

	Длина корня ячменя (см)	Длина корня овса (см)	Длина корня проса (см)	Длина корня ржи (см)
Cr (6+)	8,93	3,18	1,2	2,57
Co (2+)	2,11	4,38	0	1,98
Pb (2+)	2,86	1,65	0,5	4,36
Zn (2+)	3,94	5,87	2	4,91
Ni (2+)	1,56	0,69	2,3	0,33
Cu (2+)	4,99	6,02	0	3,77
Контроль	7,92	4,83	5,11	5,33

Таблица 4: Длина корня на 12 день (опыт 1)

По таблице 4 можно сделать следующие выводы: хром негативно влияет на длину корня овса и ржи; никель оказывает сильное влияние на длину корня овса; медь влияет на длину корня ржи. На просо негативно влияют все тяжёлые металлы.

Симметрия/асимметрия корня:

	Корень ячменя	Корень овса	Корень проса	Корень ржи
Cr (6+)	Симметрия	симметрия	симметрия	асимметрия
Co (2+)	Асимметрия	симметрия	-	симметрия
Pb (2+)	Асимметрия	недоразвитый	асимметрия	симметрия
Zn (2+)	Симметрия	симметрия	Один корень	асимметрия
Ni (2+)	Симметрия	симметрия	-	недоразвитый
Cu (2+)	Симметрия	симметрия	Один корень	асимметрия
Контроль	Симметрия	симметрия	симметрия	симметрия

Таблица 5: симметрия/асимметрия корня (опыт 1)

В 1 опыте на 12 день погибли некоторые растения: в результате влияния Cu (2+) погибло 2 растения ячменя, 2 растения овса и 1 растение проса; в результате влияния Cr (6+) погибло 4 растения овса, 1 растение проса; в результате влияния Pb (2+), Zn (2+), Ni (2+) погибло по 2 растения овса.

Опыт 2:

Длина стебля сельскохозяйственных растений:

	Длина стебля ячменя (см)	Длина стебля овса (см)	Длина стебля проса (см)	Длина стебля ржи (см)
--	-----------------------------	---------------------------	----------------------------	--------------------------

Cr (6+)	0,32	5,24	0	3,42
Co (2+)	2,58	2,28	0,7	0
Pb (2+)	0	3,16	0,44	0,72
Zn (2+)	0	3,82	0,42	1,84
Ni (2+)	1,08	0	0	0
Cu (2+)	5,78	2,8	0	2,22
Контроль	0,96	4,04	0,57	4,1

Таблица 6: Длина стебля на 3 день (опыт 2)

	Длина стебля ячменя (см)	Длина стебля овса (см)	Длина стебля проса (см)	Длина стебля ржи (см)
Cr (6+)	3,62	19,28	1,44	8,62
Co (2+)	11,96	6,28	1,62	0
Pb (2+)	11,18	9,44	1,72	8,9
Zn (2+)	0	14,9	3,08	11,48
Ni (2+)	6,8	0	0	7,06
Cu (2+)	16,64	14,66	0	10,64
Контроль	13,82	16,72	1,8	8,78

Таблица 7: Длина стебля на 12 день (опыт 2)

По результатам второго опыта никель оказывает сильное влияние на длину стебля овса. Хром негативно влияет на рост стебля ячменя, кобальт - на длину стебля ржи. Все тяжёлые металлы оказывают сильное влияние на длину стебля проса и частично замедляют его скорость всхожести.

Длина корня сельскохозяйственных растений:

	Длина корня ячменя (см)	Длина корня овса (см)	Длина корня проса (см)	Длина корня ржи (см)
Cr (6+)	5,4	5,36	0,96	2,08
Co (2+)	1,51	0,67	1,27	0
Pb (2+)	7,14	0,82	0,56	4,82
Zn (2+)	0	7,64	2,5	4,78
Ni (2+)	2,9	0	0	1,32
Cu (2+)	8,39	5,65	0	1,41
Контроль	7,45	6,9	5,79	5,99

Таблица 8: Длина корня на 12 день (опыт 2)

По таблице 8 можно сделать следующие выводы: хром негативно влияет на длину корня ржи; кобальт и свинец влияет на длину корня овса; цинк негативно влияет на длину корня ячменя; никель оказывает сильное влияние на длину корня овса; медь влияет на длину корня ржи. На просо негативно влияют все тяжёлые металла.

Симметрия/асимметрия корня:

	Ячмень	Овёс	Просо	Рожь
Cr (6+)	Симметрия	Симметрия	Симметрия	асимметрия

Co (2+)	Асимметрия	Симметрия	Асимметрия	-
Pb (2+)	Симметрия	Недоразвитый	Асимметрия	симметрия
Zn (2+)	-	Симметрия	Один корень	симметрия
Ni (2+)	Симметрия	-	-	недоразвитый
Cu (2+)	Симметрия	Симметрия	-	асимметрия
Контроль	Симметрия	Симметрия	Симметрия	симметрия

Таблица 9: симметрия/асимметрия корня (опыт 2)

Во 2 опыте на 12 день погибли некоторые растения: в результате влияния свинца погибло 1 растение овса, 1 растение проса.

Результаты исследования

На рост стебля сельскохозяйственных растений влияют: кобальт оказывает негативное влияние на просо, свинец – на овёс, хром – на просо.

На длину корня сельскохозяйственных растений влияют: кобальт негативно влияет на ячмень и рожь, свинец – на просо. Никель оказывает влияние на все сельскохозяйственные культуры. На просо негативно влияют все тяжёлые металлы.

В ходе эксперимента, под влиянием некоторых тяжёлых металлов, развивается асимметрия: в результате влияния Co (2+) на ячмень развивается асимметрия корня. В результате влияния Pb (2+) на овёс корни недоразвиты. В результате влияния Pb (2+) на просо развивается асимметрия. В результате влияния Zn (2+) на просо развивается только один корень. В результате влияния Cr (6+), Cu (2+) на рожь развивается асимметрия. В результате влияния Ni (2+) на рожь корни недоразвиты.

На основании проведённой работы сделан вывод, что тяжёлые металлы оказывают негативное влияние на сельскохозяйственные культуры. Фитоиндикатором на тяжёлые металлы было установлено просо, на которое негативное влияние оказывают все тяжёлые металлы: Cu (2+) (фото 1), Ni (2+), Zn (2+), Pb (2+) (фото 2), Co (2+) (фото 3), Cr (3+). Частичное влияние на растения оказали: Co (2+) - на ячмень (фото 4) и рожь (фото 5), Pb (2+) - на овёс (фото 6), Ni (2+) - на все сельскохозяйственные культуры: на овёс (фото 7), на ячмень (фото 8), на рожь (фото 9), на просо. Полученные выводы были сделаны при сравнении образцов с контролем овса (фото 10), ячменя (фото 11), ржи (фото 12) и проса (фото 13).

Список литературы:

1. Биоиндикация // министерство сельского хозяйства Российской федерации ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина». URL: [https://kubsau.ru/upload/iblock/c4a/c4ae81c8bc0753b1eb9caf0467ae51a0.PDF#:~:text=Биоиндикация%20\(дата обращения: 21.12.2022\).](https://kubsau.ru/upload/iblock/c4a/c4ae81c8bc0753b1eb9caf0467ae51a0.PDF#:~:text=Биоиндикация%20(дата%20обращения:21.12.2022).)
2. Биоиндикация // Большая российская энциклопедия 2004–2017. URL: <https://old.bigenc.ru/biology/text/1866799>(дата обращения: 27.12.2022).
3. Булохов А.Д. Экологическая оценка среды методами фитоиндикации [Текст] / Булохов А.Д. - Брянск: изд-во БГПУ, 1996. - 104 с. (дата обращения: 14.12.2022).
4. Васин Денис Викторович Современные подходы к нормированию содержания тяжёлых металлов в почве // Архивариус. 2021. №3 (57). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-k-normirovaniyu-soderzhaniya-tyazhelyh-metallov-v-pochve> (дата обращения: 02.03.2023).
5. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-IV групп. Л.: Химия, 1988. 512 с.
6. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов V-VIII групп. Л.: Химия, 1989. 592 с.
7. Лазарев Дмитрий, научный руководитель Глушенкова Н.А. фитоиндикация широколиственного и смешанного леса // Экологический центр "Экосистема"™. URL: [Фитоиндикация широколиственного и смешанного леса \(ecosystema.ru\)](https://ecosystema.ru) (дата обращения: 9.12.2022).
8. Неверова О.А. Применение фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей среды // Биосфера. 2009. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-fitoindikatsii-v-otsenke-zagryazneniya-okruzhayushey-sredy> (дата обращения: 20.12.2022).
9. Петухов А.С., Кремлева Т.А., Хритохин Н.А., Петухова Г.А., Кайдунова содержание тяжёлых металлов (Cu, Zn, Fe, Mn, Pb, Cd) в почвах

г. Тюмени // П.И. вестник Нижневартковского государственного университета
URL: https://vestnik.nvsu.ru/2311-1402/article/view/49750/ru_RU#:~:text=В%20среднем%20около%2011%%20почв,тяжелых%20металлов%20в%20почвах (дата обращения: 26.12.2022).

10. Прахова А.С. Влияние тяжелых металлов на биоценоз [Текст] / Прахова А.С. – ГОУ ВПО Вологодский государственный технический университет Кафедра экологии (дата обращения: 9.12.2022).

11. Рассадина Е.В. Биоиндикация и ее место в системе мониторинга окружающей среды // Вестник Ульяновской ГСХА. 2007. №2 (5). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bioindikatsiya-i-ee-mesto-v-sisteme-monitoringa-okruzhayuschey-sredy> (дата обращения: 26.12.2022)

12. Рассадина Е.В. Фитоиндикация состояния урбосистем // Вестник Ульяновской ГСХА. 2010. №2 (12). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fitoindikatsiya-sostoyaniya-urbosistem> (дата обращения: 14.12.2022).

13. Самые популярные сельскохозяйственные культуры России // Мельинвест. URL: https://www.melinvest.ru/press_office/articles/samyepopulyarnye-selskokhozyaystvennyye-kultury-rossii/ (дата обращения: 6.01.2023).

14. Теплая Г.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) // Астраханский вестник экологического образования. 2013. №1 (23). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tyazhelye-metally-kak-faktor-zagryazneniya-okruzhayuschey-sredy-obzor-literatury> (дата обращения: 20.12.2022).

Фото 1. Влияние Cu на корень проса



Фото 2. Влияние Pb на корень проса



Фото 3. Влияние Co на корень проса



Фото 4. Влияние Co на корень ячменя



Фото 5. Влияние Co на корень ржи



Фото 6. Влияние Pb на корень овса



Фото 7. Влияние Ni на корень овса



Фото 8. Влияние Ni на корень ячменя



Фото 9. Влияние Ni на корень ржи



Фото 10. Контроль овса



Фото 11. Контроль ячменя



Фото 12. Контроль ржи



Фото 13. Контроль проса

