

УДК 631.95:633.1

Особенности накопления тяжелых металлов пшеницей в условиях лесостепи Самарского Заволжья

Прохорова Н.В.¹, Троц Н.М.^{1, 2}, Гогмачадзе Г.Д.³

¹ Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королёва

² Самарский государственный аграрный университет

³ АгроЭкоИнфо

Аннотация

В статье предложен анализ накопления тяжелых металлов на зерновой культуре при оценке уровня загрязнения черноземных почв Самарского Заволжья элементами Cd, Pb, Zn, Cu, Co, Mn на основе изучения их транслокации в системе почва – растение. Выявленные закономерности позволяют утверждать, что на накопление тяжелых металлов в фитомассе озимой пшеницы достоверно влияют агроэкологические условия произрастания. Суммарное накопление тяжелых металлов при возделывании в условиях Северной агроэкологической зоны в 1,2-1,5 раза выше, чем в Центральной и Южной зонах.

Ключевые слова: ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА, ПОЛЯ ФИЛЬТРАЦИИ, ЛОКАЛЬНАЯ ОЧИСТКА, СТОЧНЫЕ ВОДЫ, ПРОБИОТИЧЕСКИЙ ПРЕПАРАТ

Введение

Ежегодно возрастает потребление продуктов растениеводства, как на внутреннем, так и на внешнем рынках [1-3]. Для этого требуется стабильное производство сельскохозяйственной продукции, в частности зерна, и кормов для животных. Удобрения способны эффективно влиять на продуктивность растений, поскольку в силу биологических особенностей большинство зерновых злаковых растений уже на этапе

Прохорова Н.В., Троц Н.М., Гогмачадзе Г.Д.

Особенности накопления тяжелых металлов пшеницей в условиях лесостепи Самарского Заволжья

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

прорастания семян способны определять уровень плодородия почвы, и, при его высоком значении, на клеточном уровне закладывать программу формирования большего количества колосьев, их длины и числа зерен в колосе. Все это в конечном итоге приведет к увеличению параметров структуры урожая. Однако имеются сведения многих авторов [4-8] о том, что удобрения могут являться потенциальными загрязнителями агроландшафтов [9-14]. В связи с этим возникает потребность в мониторинге почв и сельскохозяйственной продукции на содержание различных загрязняющих веществ, а также необходимость разработки технологических приемов, минимизирующих негативные последствия, оказываемые токсикантами [15-18]. Загрязнение почв тяжелыми металлами – один из факторов уменьшения плодородия почв и ценности земель, что обусловлено их токсичностью и падением биопродуктивности угодий [19-22].

Среди различных сельскохозяйственных культур зерно пшеницы и продукты его переработки входят в ежедневный рацион питания каждого человека, и поэтому безопасность сельскохозяйственной продукции стоит особо остро [23-27]. Пшеница – основная зерновая культура России, и выращивание ее важное направление в растениеводческой отрасли и продовольственной безопасности страны [28-31].

Цель исследования – оценка уровня загрязнения черноземных почв Самарского Заволжья тяжелыми металлами Cd, Pb, Zn, Cu, Co, Mn на основе изучения их транслокации в системе почва – растение.

Задачи: определить содержание элементов в почве и растениях озимой пшеницы; дать характеристику экологического состояния почв, изучить особенности накопления тяжелых металлов органами растений озимой пшеницы.

Материалы и методы исследования

Объектом исследований являлись растения озимой пшеницы сорта Светоч, включенный в Госреестр по Средневолжскому региону. Агротехника в опыте – общепринятая для озимой пшеницы в условиях Самарской области: отвальная плужная обработка пахотного горизонта. Дальнейший уход за посевами включал в себя весеннее

Прохорова Н.В., Троц Н.М., Гогмачадзе Г.Д.

Особенности накопления тяжелых металлов пшеницей в условиях лесостепи Самарского Заволжья

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

боронование средними боронами, вышедших из зимовки растений и их обработку гербицидом в фазу начала выхода в трубку против сорняков.

Образцы растений для проведения лабораторных анализов на содержание тяжелых металлов отбирали в трехкратной повторности. Лабораторные анализы осуществлялись в сертифицированных лабораториях ФГБУ САС «Самарская», в испытательной лаборатории ФГБУ «Самарский референтный центр Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору». Анализ растений на тяжелые металлы кадмия Cd, свинца Pb, цинка Zn, меди Cu, кобальта Co, марганца Mn выполнен методом атомно-адсорбционной спектrophотометрии по ГОСТ 30692-2000.

Результаты исследования

Исследованиями выявлено, что содержание тяжелых металлов (ТМ) в озимой пшенице, возделываемой на чернозёмных почвах (типичный, выщелоченный и южный чернозем), не превышает уровень предельно-допустимой концентрации, их аккумуляция была значительно ниже ПДК: Cd - в 10,2-15,8 раза, Pb – в 4,1-9,2 раза, Mn и Cu в 3,9-6,3 раза, а Co и Zn – в 1,63-3,2 раза (табл. 1).

При сравнении концентраций металлов с региональными фоновыми значениями [32] было установлено превышение по содержанию Co и Pb. Так, на черноземе выщелоченном содержание кобальта превышало фон в 2,9 раза, на типичном в 2,8, а на южном в 1,8 раза. Превышение по Pb наблюдается в растениях озимой пшеницы северной и центральной зон области в 2,2 и 1,3 раза соответственно.

Растения озимой пшеницы в большей степени аккумулируют из окружающей среды Mn – в среднем 31,70-51,1 мг/кг, или 59,3-71,6% от общего объема изучаемых элементов. Содержание цинка в растениях составляет 15,54-19,27 мг/кг, или 21,8-36 % от общей суммы. Объем Cu и Pb в фитомассе варьировал в пределах 1,89-2,94 и 0,54-1,23 мг/кг, что составило соответственно 3,2-4,1 % и 0,9-1,72 % от общего количества ТМ. Концентрация Co в сухом веществе составляла 0,39-0,61 мг/кг, а Cd 0,051-0,067 мг/кг, что не превышало 1 % от общей массы тяжелых металлов. Таким образом, в растениях озимой пшеницы распределение элементов в порядке убывания их концентрации может быть охарактеризовано следующим рядом: $Mn > Zn > Cu > Pb > Co > Cd$.

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в озимой пшенице, мг/кг воздушно-сухой массы

Почва	Орган растения	Элемент					
		Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
Чернозем выщелоченный	колос	0,032	0,44	18,63	2,60	0,33	34,65
	стебель	0,037	0,51	11,35	1,74	0,50	41,13
	корень	0,091	2,73	16,65	4,49	1,11	77,53
	среднее	0,053	1,23	15,54	2,94	0,64	51,10
Чернозем типичный	колос	0,035	0,31	26,54	2,35	0,31	22,33
	стебель	0,056	0,68	14,50	2,19	0,42	31,08
	корень	0,061	1,19	16,78	4,17	1,09	53,11
	среднее	0,051	0,73	19,27	2,90	0,61	35,51
Чернозем южный	колос	0,039	0,19	23,50	1,35	0,21	21,96
	стебель	0,063	0,39	10,45	1,17	0,30	25,73
	корень	0,100	1,05	22,48	3,16	0,65	47,40
	среднее	0,067	0,54	18,81	1,89	0,39	31,70
ПДК		0,3	5,0	50,0	30,0	1,0	200
ФОН*		0,28	0,55	20,66	6,44	0,22	58,45

Примечание: *По данным Н.М. Матвеева и др., 1997 г. [9].

Анализ распределения ТМ в пшенице в зависимости от типа почвы показал, что абиотические и биотические условия района возделывания культуры оказывали влияние на характер их накопления. Так, растения, выращенные в северной зоне на черноземе выщелоченном, содержат в 1,43 раза больше марганца Mn, чем на черноземе типичном, и в 1,61 раза больше концентрации металла в озимой пшенице южной зоны. По содержанию кадмия Cd выявлена обратная зависимость: растения, возделываемые на черноземе южном, содержали на 26,4-31,3 % больше кадмия, чем растения северной и центральной зоны. Такие элементы, как цинк Zn и кобальт Co усваивались озимой пшеницей лучше на черноземе типичном. Полученные закономерности можно объяснить разностью физико-химических условий почв, что повлияло на корневые выделения пшеницы или сорняков. В результате проявилось стимулирующее действие химических выделений, что повысило подвижность и биодоступность тяжелых металлов [33, 34].

Анализируя содержание ТМ в различных органах растений озимой пшеницы, установлено, что большая часть поглощенных тяжелых металлов локализуется в корневой системе и стеблях, а минимальное отмечено в колосе. Причем данная закономерность прослеживается во всех растениях озимой пшеницы, независимо от зоны возделывания.

Прохорова Н.В., Троц Н.М., Гогмачадзе Г.Д.

Особенности накопления тяжелых металлов пшеницей в условиях лесостепи Самарского Заволжья

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

Таким образом, срабатывает «естественный барьер», защищающий генетическую информацию, хранящуюся в генеративных частях растений от этих токсикантов. Однако, такие микроэлементы как Zn и Cu способны преодолевать биологический барьер и аккумулироваться в соцветиях. Причем, уровень накопления Zn в колосьях в 1,2-1,6 раза превышает значения его концентрации в корнях и в 2,0-2,2 раза – в стеблях.

Выявленные особенности локализации тяжелых металлов в различных органах озимой пшеницы образуют следующий убывающий ряд распределения большинства элементов (Cd, Pb, Co, Mn): корень > стебель > колос. Для цинка и меди ряд меняется и выглядит следующим образом: Zn – колос > корень > стебель; Cu – корень > колос > стебель.

Заключение

По результатам исследований, можно сделать заключение, что уровень аккумуляции всех изучаемых металлов (Cd, Pb, Zn, Cu, Co и Mn) озимой пшеницей на различных подтипах черноземов (чернозем типичный, выщелоченный и южный) не превышает ПДК, а по Cd, Zn, Cu и Mn и регионального фонового уровня. Концентрация Pb в корне и стебле, а также Co во всех частях растения была выше фоновой концентрации в 1,2-5,0 раз.

Наибольшее количество Cd, Pb, Co и Mn накапливается в корневой зоне растения, а минимальное – в колосьях. Zn и Cu способны накапливаться в генеративных органах растений.

В целом, для растений пшеницы характерна высокая кадмиево-цинковая физиологическая активность. Основная масса тяжелых металлов локализуется в корнях, а минимальные количества элементов накапливаются в генеративных органах растений. Для кадмия, меди, кобальта и марганца концентрация металлов в колосе в 2-3 раза меньше, чем в корнях, для свинца – в 4-6 раз меньше. Для цинка характерна обратная зависимость: в генеративных органах его содержание было в 1,1-1,6 раза больше, чем в корнях.

Выявленные закономерности позволяют утверждать, что на накопление тяжелых металлов в фитомассе озимой пшеницы достоверно влияют агроэкологические условия произрастания. Суммарное накопление тяжелых металлов при возделывании в условиях Северной агроэкологической зоны в 1,2-1,5 раза выше, чем в Центральной и Южной зонах.

Список использованных источников:

1. Shchur A., Valkho O. V., Vinogradov D., Valko V. Influence of Biologically Active Preparations on Caesium-137 Transition to Plants from Soil on the Territories Contaminated after Chernobyl Accident / // Impact of Cesium on Plants and the Environment. – Switzerland: Springer International Publishing, 2017. – P. 51-70.
2. Vinogradov D.V., Terekhina O.N., Byshov N.V., Kryuchkov M.M., Morozova N.I., Zakharova O.A., Features of applying biological preparations in the technology of potato growing on gray forest soils // International Journal of Engineering and Technology. – 2018, т. 7, № 4 (36). – P. 242-246.
3. Vinogradov D.V., Lupova E. I., Pityurina I. S. The use of iodine-containing additives in bakery production technology // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Omsk City. – Omsk City, 2022. – P. 012046.
4. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. - Л: Агропромиздат, 1987. - 142 с.
5. Степанюк, В.В. Влияние комплексов техногенных элементов на химический состав сельскохозяйственных культур // Агрохимия. – 2003. - №1. – С. 50.
6. Захарова О.А., Морозова Н.И., Виноградов Д.В. и др. Cd и Pb в продукции растениеводства и животноводства. – Рязань, 2010. – 84 с.
7. Троц Н.М., Бокова А.А. Влияние органоминеральных удобрений на аккумуляцию тяжелых металлов в черноземных почвах в условиях Среднего Поволжья // Известия Самарской ГСХА, 2024. №1. С. 81–88.
8. Габибов, М. А. Практикум по агрохимии / М. А. Габибов, Н. М. Троц, Д. В. Виноградов. – Кинель: Самарский государственный аграрный университет, 2022. – 222 с.
9. Матвеев Н.М., Павловский В.А., Прохорова Н.В. Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепном и степном Поволжье. – Самара: Самарский университет, 1997. – 215 с.
10. Габибов М.А., Виноградов Д.В., Бышов Н.В. Агрочвоведение. Учебник. – Рязань: РГАТУ, 2018. – 326 с.
11. Ушаков Р.Н., Виноградов Д.В., Ручкина А.В., Лупова Е.И. [и др.] К вопросу о плодородии серой лесной (агросерой) почвы // АгроЭкоИнфо. – 2020. – № 3(41). – С. 3.
12. Виноградов Д.В., Ильинский А.В., Данчеев Д.В. Экология агроэкосистем. – Рязань: ИП Жуков В.Ю., 2020. – 256 с.
13. Ильинский А.В., Виноградов Д.В., Балабко П.Н. Некоторые аспекты обоснования системы комплексного контроля при проведении мероприятий по реабилитации техногенно загрязнённых земель // Вестник РГАТУ. – 2015. – № 4(28). – С. 8-13.
14. Захарова О.А., Виноградов Д.В. Экологическое использование сельскохозяйственных культур почвозащитного севооборота в зоне техногенного

- загрязнения // Международный технико-экономический журнал. – 2009. – № 5. – С. 71-72.
15. Виноградов Д.В., Курчевский С.М. Роль агромелиоративных приемов в улучшении основных агрофизических свойств супесчаной дерново-подзолистой почвы // Агропанорама. – 2013. – № 6(100). – С. 10-12.
16. Курчевский С.М., Виноградов Д.В. Улучшение малопродуктивных супесчаных дерново-подзолистых почв при внесении органо-минеральных удобрений и микробиологической добавки // Вестник Рязанского ГАТУ. – 2014. – № 1(21). – С. 47-51.
17. Курчевский С.М., Виноградов Д.В., Щур А.В. Влияние различных доз минерального грунта на агрохимические показатели и продуктивность торфяных почв // Вестник РГАТУ. – 2015. – № 1(25). – С. 27-31.
18. Ильинский А.В., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д. Экологическое обоснование способа агрохимической мелиорации почв в условиях техногенеза // АгроЭкоИнфо. – 2018. – № 1(31). – С. 18.
19. Фадькин Г.Н., Виноградов Д.В. Зависимость баланса элементов питания в системе "почва - удобрение - растение" от форм азотных удобрений в условиях юга Нечерноземья // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 6(105). – С. 13-18.
20. Крючков М.М., Мастеров А.С., Виноградов Д.В., Лупова Е.И. [и др.] Системы обработки почв. – Горки-Рязань : Book Jet, 2021. – 268 с.
21. Виноградов Д.В., Вавилова Н.В., Дуктова Н.А., Ванюшин П.Н. Практикум по растениеводству. – Рязань: РГАТУ, 2014. – 320 с.
22. Виноградов Д.В., Макарова М.П., Лупова Е.И. [и др.] Агроэкологическое действие осадка сточных вод и его смесей с цеолитом на агроценозы масличных культур // Теоретическая и прикладная экология. – 2019. – № 3. – С. 127-133.
23. Евсенина М.В., Сазонкин К.Д., Соколов А.А., Виноградов Д.В. [и др.] Агрометеорологическое прогнозирование в сельскохозяйственном производстве // Инновации в сельском хозяйстве и экологии. – Рязань: РГАТУ, 2023. – С. 97-101.
24. Виноградов Д.В., Митрохин Н.Н., Лупова Е.И. Технологические свойства зерна озимой пшеницы при сушке в зависимости от его исходной влажности // Совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для агропромышленного комплекса. – Рязань: РГАТУ, 2017. – С. 33-37.
25. Соколов А.А., Сазонкин К.Д., Евсенина М.В., Лупова Е.И., Виноградов Д.В. [и др.] Выращивание зерновых культур // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий. – Рязань: РГАТУ, 2023. – С. 394-399.
26. Pityurina I.S., Vinogradov D.V., Lupova E.I., Evsenina M.V. Using the biologization elements in potato cultivation technology // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture. – Smolensk: IOP, 2021. – P. 032047.
27. Vinogradov D.V., Vysotskaya E.A., Naumtseva K.V., Lupova E.I. Features of using

modern multicomponent liquid fertilizers in white mustard agrocoenosis // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming. Vol. 422. – Voronezh: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012014.

28. Виноградов Д.В., Седова Н.Н. Исследование технологических свойств зерна пшеницы с признаками прорастания и изучение качества муки, выработанной из такого зерна, в процессе хранения // Международный технико-экономический журнал. – 2014. – № 3. – С. 79-84.

29. Пеньшин А.А., Виноградов Д.В., Лупова Е.И., Евсенина М.В. Качество пшеничной муки в зависимости от условий ее хранения // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий. – Рязань: РГАТУ, 2020. – С. 329-334.

30. Евсенина М.В., Виноградов Д.В., Лупова Е.И., Пеньшин А.А. Влияние состава помольных смесей на выход и качество пшеничной хлебопекарной муки // Известия Дагестанского ГАУ. – 2020. – № 4(8). – С. 16-20.

31. Зубкова Т.В., Виноградов Д.В. Технология хранения и переработки зерновых, зернобобовых и масличных культур: Учебное пособие. – Елец - Рязань: ИП Колупаева, 2023. – 168 с.

32. Троц Н.М., Прохорова Н.В., Троц В.Б. Тяжелые металлы в агроландшафтах Самарской области / Н. М. Троц, Н. В. Прохорова, В. Б. Троц [и др.]. – Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – 220 с. – ISBN 978-5-88575-544-3.

33. Ишкова С.В., Троц Н.М., Горшкова О.В. Влияние нефтяных установок на загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами и нефтепродуктами // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14, № 5. – С. 217.

34. Сазонкин К.Д., Виноградов Д.В., Евсенина М.В., Лупова Е.И. Факторы, влияющие на урожайность сельскохозяйственных культур // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий: VIII Межд. науч.-практич. конф. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 284-288.

Цитирование:

Прохорова Н.В., Троц Н.М., Гогмачадзе Г.Д. Особенности накопления тяжелых металлов пшеницей в условиях лесостепи Самарского Заволжья [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2024. – № 6. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2024/6/st_648.pdf
DOI: <https://doi.org/10.51419/202146648>.