

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАДМИЙ МЕТОДОМ АТОМНО-АСОРБЦИОННЫЕ И АТОМНО-ЭМИССИОННЫЕ СПЕКТРОМЕТРЫ В МЕСТНОМ СОРТЕ ПШЕНИЦЫ

Джахангирова Гульноза Зинатуллаевна

Толибов Боситжон

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7442449>

Аннотация. Недостаток железа приводит к ослаблению роста растений и снижению их урожайности. Перспективным решением этой проблемы является использование нанопорошков железа, оксидов железа в качестве биостимуляторов роста сельскохозяйственных растений. Однако, особые свойства наночастиц могут усиливать механизмы, связанные с токсичным действием на живые организмы, приводить к микроэлементозам. Реакция растений на воздействие же-леза весьма изменчива и зависит от их генотипа и вида. Литературных данных о влиянии мелкодисперсных частиц железа на элементный состав растения вида *Triticum vulgare Vill* (пше-ница мягкая) недостаточно, кроме того, практически не изучено взаимодействие этих частиц с природными сорбентами — гуминовыми кислотами, которые контролируют биодоступность и транспорт элементов в природных объектах.

В статье приведены данные по содержанию токсичных элементов (Cd) в надземной части растений пшеницы *Triticum vulgare Vill*, выращенных в почве при однократном цнвазивном воздействии водных растворов сферических наночастиц железа Fe^0 (диаметром 80 ± 5 нм), магнетита Fe_3O_4 (шириной 50—80 нм и высотой 4—10 нм), ионных форм двух- и трехвалентного сульфата железа с добавлением гуминовых кислот, выделенных из бурого угля Тюльганского месторождения.

При изучении динамики изменения содержания токсичных элементов установлено, что под воздействием наночастиц железа и магнетита наблюдается процесс замещения более токсичной ртути менее токсичным кадмием при постоянном их суммарном количестве, использование трехвалентного сульфата железа с концентрацией 0,0001 г/л для однократного по-лива пшеницы *Triticum vulgare Vill* приводит к наилучшему результату по снижению токсичных элементов (кадмия) в надземной части растения.

Ключевые слова: наночастицы, железо, кадмий, пше-ница, гуми-новые кислоты.

DETERMINATION OF CADMIUM BY THE METHOD OF ATOM-ASSORPTION AND ATOM-EMISSION SPECTROMETERS IN LOCAL WHEAT VARIETY

Abstract. Iron deficiency leads to a weakening of plant growth and a decrease in their yield. A promising solution to this problem is the use of iron nanopowders, iron oxides as biostimulants for the growth of agricultural plants. However, the special properties of nanoparticles can enhance the mechanisms associated with toxic effects on living organisms and lead to microelementoses. The response of plants to the effect of iron is highly variable and depends on their genotype and species. Literature data on the effect of finely dispersed iron particles on the

*elemental composition of a plant of the species *Triticum vulgare* Vill (common wheat) are insufficient, in addition, the interaction of these particles with natural sorbents - humic acids, which control the bioavailability and transport of elements in natural objects, has not been practically studied.*

*The article presents data on the content of toxic elements (Cd) in the aerial parts of *Triticum vulgare* Vill wheat plants grown in the soil under a single invasive effect of aqueous solutions of spherical nanoparticles of iron Fe₀ (diameter 80 ± 5 nm), magnetite FeO (width 50–80 nm and height 4–10 nm), ionic forms of di- and trivalent iron sulfate with the addition of humic acids isolated from brown coal of the Tyulganskoe deposit.*

*When studying the dynamics of changes in the content of toxic elements, it was found that under the influence of iron and magnetite nanoparticles, the process of replacing more toxic mercury with less toxic cadmium is observed at a constant total amount, the use of ferric sulfate with a concentration of 0.0001 g/l for a single dose of -leaf of wheat *Triticum vulgare* Vill leads to the best result in reducing toxic elements (cadmium) in the aerial part of the plant.*

Keywords: *nanoparticles, iron, cadmium, wheat, humic acids*

Введение

Железо является необходимым для растений элементом, оно входит в состав дыхательных ферментов, участвует в окислительно-восстановительных процессах. В растение поступает через корни преимущественно в виде Fe²⁺. Недостаток

железа приводит к ослаблению роста растений и снижению их урожайности. Дефицит железа является проблемой для многих сельскохозяйственных культур, поскольку большая часть окультуренных почв отличается низким содержанием доступных для растений форм железа 1.

Кроме того, недостаточное поступление железа может привести к микроэлементозу, накоплению токсичных элементов в растениях, так как в результате загрязнения окружающей среды в почвах сельскохозяйственного назначения накапливаются токсичные элементы (кадмий и др.), что в свою очередь приведет к снижению качества производимой сельскохозяйственной продукции и впоследствии повлечет накопление токсичных веществ в организме человека и животных 2.

ZEEnit 700P

14/10/202218:20

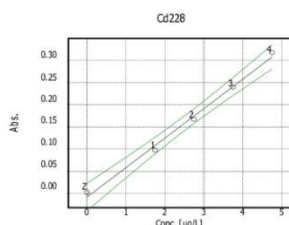
Page 3/3

Operator: Adham

Laboratory : Uz-Test

Line	Mean	SD	RSD[%]	CI	Unit	Rem.
Compute calib.	Cd228				Date:	14/10/202218:0

Cd228
 $R^2(\text{adj.}): 0.987264413$ Slope: 0.06643 Abs./ $\mu\text{g/L}$ Char.conc.: 0.06563 $\mu\text{g/L/1\%A}$
 Method SD: $y=a+bx$ $a=-.0082534$ $b=0.0664333$
 0.16950 $\mu\text{g/L}$

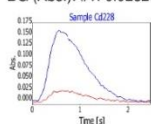


Sample	Cd 14_10_2022(1)				Date:	14/10/202218:1
Pre-DF:	1	Wt.[g]:	Vol.[mL]: 100	AS-DF:	1.0	Blank corr.: off

Cd228					
Conc.1	2.275	0.0461	2.0		$\mu\text{g/L}$
Conc.2	2.275	0.0461	2.0	0.3561	$\mu\text{g/L}$
Abs.	0.14288	0.00306	2.1		

Single values (Abs.): #1: 0.14519 #2: 0.13941 #3: 0.14405 (SEV: 381V)

BG (Abs.): #1: 0.02326 #2: 0.02308 #3: 0.02233



ASpect LS 1.5.5.0

Analytik Jena

Перспективным является использование нанопорошков железа, оксидов же-леза в качестве биостимуляторов роста сельскохозяйственных растений 3—10. Эффективность их использования объясняется не только малыми размерами ча-стиц, которые способны проникать через биологические мембраны, но и тем, что в состав входит биогенный элемент, который участвует в окислительно-восста-новительных процессах и процессах элементного баланса 5. Однако особые свойства наночастиц могут усиливать механизмы, связанные с токсичным дей-ствием на живые организмы, приводить к микроэлементозам и оказывать нега-тивное влияние на окружающую среду 3; 6; 11; 12.

Реакция растений как на токсическое воздействие железа, так и на его недостаточность весьма изменчива и зависит от генотипа и вида 13.

Таким образом, влияние нанопорошков железа, оксидов железа на элементный состав сельскохозяйственных растений, а также взаимодействие этих частиц с природными сорбентами — гуминовыми кислотами, которые контролируют биодоступность и транспорт элементов в природных объектах, требует тщательного изучения.

Целью исследования является оценка изменения содержания токсичных элементов (Cd) в надземной части пшеницы *Triticum vulgare Vill* под воздействием вносимой в почву водной суспензии гуминовых кислот с различными формами железа.

Материалы и методы

Семена пшеницы *Triticum vulgare Vill*, не обработанные протравителями, помещали в пластиковые контейнеры с почвой (чернозем южный) по 30 шт. на глубину 2—3 см и расстоянии 2 см друг от друга. Почву с семенами однократно поливали водными растворами железа с различными концентрациями и гуминовыми кислотами (10 мл с концентрацией 1 г/л) в таком количестве, чтобы общая влагоемкость почвы составляла 75 %. Контейнеры взвешивались и по мере высыхания почвы поливались дистиллированной водой до прежней массы. При проведении исследования (узбекский гостандарт при наименование пищевой лаборатория «Уз-тест») использовали водные растворы сферических наночастиц железа Fe^0 (диаметром 80 ± 5 нм), сульфата железа (II) и сульфата железа (III), а также водные растворы синтезированных наночастиц магнетита Fe_3O_4 , которые имеют слегка сплюснутую шарообразную форму шириной от 50 до 80 нм и высотой от 4 до 10 нм 16. Гуминовые кислоты были выделены из бурого угля 17.

Суспензию растворов наночастиц железа готовили, растворяя определенную навеску в дистиллированной воде и обрабатывая их ультразвуком в течение 15 минут. Более разбавленные растворы наночастиц железа получали разбавлением дистиллированной водой. Концентрация приготовленных таким образом растворов составляла 0,0001, 0,001 и 0,01 г/л по железу. Водные растворы ионных форм железа с концентрациями 0,0001 и 0,001 г/л по железу готовили аналогично, растворяя определенную навеску соли в дистиллированной воде с последующей обработкой ультразвуком в течение 15 минут.

Контрольные образцы растений выращивали в почве (казакинский и узбекский) без добавления железа. Подготовленные таким образом опытные и контрольные пробы оставляли при комнатной температуре на проращивание. Повторность опыта — трехкратная.

Определение токсичных элементов в надземной части растений проводили на двадцать первые сутки эксперимента, так как к этому времени заканчивается критический период фазы всходов пшеницы в нормальных условиях. Именно в этот период в жизни растений недостаток или избыток элементов питания приводит к необратимым физиолого-биохимическим и морфологическим изменениям 16; 17.

Содержание кадмия определяли в ГУП «Уз-Тест» (г. Ташкент, ул. Фаробий

333А дом) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП — МС) на квадрупольном масс-спектрометре ZEE nit 700P (Analytik Jena США). Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы Analytik Jena.

Результаты исследований и обсуждение

При изучении динамики изменения токсичных элементов в побеговой части растения пшеницы *Triticum vulgare Vill* при воздействии водной суспензии наночастиц железа Fe^0 с различными концентрациями установлено, что изменение количества свинца и мышьяка колеблется в пределах погрешности (рис. 1).

Химический анализ на содержание ртути и кадмия (рис. 2) в надземной части растения пшеницы в зависимости от концентрации наночастиц железа Fe^0 показал, что суммарное количество ртути и кадмия остается постоянным $0,163 \pm 0,015$ мкг/г, причем сильно разбавленные растворы наночастиц железа способствуют уменьшению количества ртути на такое количество, на которое увеличивается содержание кадмия, т.е. наблюдается процесс вытеснения ртути кадмием. Что в принципе неплохо, так как кадмий менее токсичен, чем ртуть [8], и многие авторы отмечают его положительное влияние на физиологические функции некоторых растений [1]. Такая конкуренция связана с идентичностью геометрии ионов кадмия и ртути и участков локализованного в мембране переносчика.

ZEEnit 700P

14/06/202218:12

Page 2/4

Operator: Adhamjon

Laboratory:UzTest

Stock standards

No.	Name	Unit	Pos
1	Cd	µg/L	1

Elements and concentrations: Cd 100

Calibration Curve Parameters

Line	Calib.func..	Intercept	Weighting	Check	Unit	Vol.[µL]
Cd228	automatic	calculate	none	none	µg/L	20

Calibration table

No.	Type	Pos	Stock No.	Rec	Cd [µg/L]
1	Cal-Zero	2	0(0)	-	0
2	Cal-Std1	1	1(1)	-	5
3	Cal-Std2	1	2(1)	-	10
4	Cal-Std3	1	3(1)	-	15

Statistics Parameters

Statistics:	Mean stat.	CI calc.:	absolute	conf. level:	95.4%
Repl./sample:	2	Repl./calib.samp	2	Repl./QC:	2
Pre-runs:	1	Grubbs test:	on		

QCS Parameters

No entries exist

QCC Parameters

RSD/RR% check:

Calib. check:

Recal. check:

ASpect LS 1.5.5.0

Analytik Jena

Таким образом, наименьшее количество рассматриваемых токсичных элементов в надземной части растения пшеницы *Triticum vulgare Vill* наблюдается под воздействием водной суспензии наночастиц железа Fe⁰ с концентрацией 0,01 г/л. Количество кадмия в этом опыте уменьшается на 30 % по сравнению с контролем, содержание остальных токсичных элементов (свинца, мышьяка и ртути) не превышает их количества в контрольном образце.

Концентрация магнетита 0,001 г/л приводит к минимальному поглощению свинца (0,032 ± 0,003 мкг/г). Данное количество свинца на 25 % меньше по сравнению с контрольным опытом.

Количество мышьяка в побеговой части растения пшеницы при увеличении

концентрации наночастиц магнетита постепенно снижается, однако уменьшение концентрации данного токсичного элемента не превышает пределы погрешности эксперимента (10 %).

Зависимость изменения количества ртути под воздействием различных концентраций наночастиц магнетита аналогична изменению содержания свинца. Максимальное снижение ртути ($0,046 \pm 0,005$ мкг/г) по сравнению с контролем на 40 % ($0,082 \pm 0,001$ мкг/г) наблюдается в опытах с наночастицами магнетита при концентрации 0,001 г/л. Полив различными концентрациями наночастиц магнетита приводит к тому, что суммарное содержание ртути и кадмия остается постоянным $0,173 \pm 0,001$ мкг/г, как и в случае полива наночастицами железа. Установлено, что при невысоких концентрациях наночастиц магнетита кадмий вытесняет ртуть.

Таким образом, наилучший результат по снижению токсичных элементов при поливе водной суспензией наночастиц магнетита наблюдается в опытах с концентрацией 0,001 г/л. В этом случае количество свинца снижается на 25 %, количество мышьяка остается постоянным относительно контроля, сумма кадмия и ртути не изменяется, но содержание более токсичного элемента ртути снижается на 40 %. наблюдается при концентрации по железу 0,001 г/л (рис. 4). В этом опыте концентрация свинца уменьшается на 26 %, мышьяка на 28 %, ртути на 10 % и кадмия на 11 %. Снижение содержания ртути и кадмия незначительно и находится в пределах погрешности опыта, однако стоит отметить положительную тенденцию на уменьшение накопления данных токсичных элементов в побеговой части растения.

Использование разбавленных растворов водной суспензии наночастиц железа Fe^0 приводит к накоплению токсичных элементов (мышьяка, кадмия), увеличение концентрации до 0,01 г/л приводит к положительной тенденции по снижению концентрации этих элементов в побеговой части растения.

Мы поговорим с вами о наличии тяжелых металлов в пшенице и ее умеренности. Мы знаем, что элемент кадмий содержится в пшенице, но попадая в организм человека, он может участвовать в метаболическом процессе и вызывать его срыв и привести к различным заболеваниям, норма специальных элементов не должна превышать 0,1 мг/кг, исходя из установленной нормы. В приведенной выше таблице были протестированы продукты из пшеницы, выращенной в странах Узбекистана и Казахстана, в результате чего содержание кадмия в обоих продуктах было в норме. **В основных почвообразующих породах Узбекистана и Казахстана необходимо, чтобы в составе пшеницы не было тяжелого металлического элемента кадмия. (Таблица 1).**

Таблица 1.

Зерно пшеница	Содержание микроэлементов мг/кг	Норма НД мг/кг не более (Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан, от 31.03.2016 г. № 99)	
Узбекский пшеница	0,02	0,1	соответствуют
Казахский пшеница	0,04	0,1	соответствуют

Заключение

Максимальное снижение токсичных элементов (кадмия) в побеговой части растения наблюдается при однократном поливе пше-ницы *Triticum vulgare Vill* трехвалентным сульфатом железа с концентрацией 0,0001 г/л.

REFERENCES

1. *Битюцкий Н.П.* Микроэлементы и растение. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 1999. 232 с. 2 *Салова Т.Ю., Громова Н.Ю.* Техногенные системы и экологический риск // Междун-родный журнал экспериментального образования. 2015. Т. 2. № 2. С. 295—296.
2. *Анохина Т.О., Сиунова Т.В., Сизова О.И., Кочетков В.В., Боронин А.М.* Свойства наночастиц оксидов железа и проблемы их применения в сельском хозяйстве // Агрохимия. 2017. № 11. С. 74—96.
3. *Селиванов В.Н., Зорин Е.В., Сидорова Е.Н., Дзидзигури Э.Л., Фолманис Г.Э.* Пролонгиро-ванное воздействие ультрадисперсных порошков металлов на семена злаковых культур // Перспективные материалы. 2001. С. 66—69.
4. *Селиванов В.Н., Зорин Е.В., Фолманис Г.Э., Сидорова Е.Н., Кузнецов Д.В.* Ультрадисперсные порошки металлов для предпосадочной обработки клубней картофеля // Перспективные материалы. 2001. № 3. С. 48—52.
5. *Чурилов Г.И.* Влияние нанопорошков железа, меди, кобальта в системе почва — расте-ние // Вестник ОГУ. 2009. № 12. С. 148—15
6. *Егоров Н.П., Шафранов О.Д., Егоров Д.Н., Сулейманов Е.В.* Разработка и проведение экс- периментальной оценки эффективности применения в растениеводстве новых видов удобрений, полученных с использованием нанотехнологий // Вестник ННГУ. 2008. № 6. С. 94—99.
7. *Чурилов Г.И., Сушилина М.М.* Нанокристаллические металлы как экологически чистые микроудобрения // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: сб. науч. тр. Вып. 3. Рязань, 2008. С. 84—86.
8. *Коваленко Л.В., Фолманис Г.Э.* Биологически активные нанопорошки железа // Перспек- тивные материалы. 2005. С. 39—43.
9. *Паничкин П.А., Райкова А.В.* Использование нанопорошков металлов для предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур // Известия Тимирязевской сельскохо- зяйственной академии. 2009. № 1. С. 59—65.
10. *Сизова Е.А., Нотова С.В., Лебедев С.В., Дерябина Т.Д., Короткова А.М., Косян Д.Б.* и др. Техногенные наноматериалы в агробиоценозах: перспективы и риски. М.: Университет, 2016. 248 с.
11. *Короткова А.М., Лебедев С.В., Каюмов Ф.Г., Сизова Е.А.* Морфофизиологические измене- ния у пшеницы (*Triticum vulgare V.*) под влиянием наночастиц металлов (Fe, Cu, Ni) и их оксидов (Fe₃O₄, CuO, NiO) // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 1. С. 172— 182. doi: 10.15389/agrobiology.2017.1.172rus
12. *Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.

13. *Гервальд А.Ю., Прокопов Н.И., Ширякина Ю.М.* Синтез суперпарамагнитных наночастиц магнетита // Вестник МИТХТ. 2010. Т. 5. № 3. С. 45—49.
14. ГОСТ 9517—94 (ИСО 5073—85). Топливо твердое. Методы определения выхода гумино-вых кислот. М.: Издательство стандартов, 1996. 9 с.
15. *Лихочвор В., Проць Р.* Фазы роста и этапы органогенеза // Агротехнология. 2016. URL: <http://agrotehnology.com/klassicheskaya/teoriya/fazy-rosta-i-etapy-organogeneza> (дата обращения: 11.03.2018).
16. *Михайлова Л.А.* Агрохимия: курс лекций: в 3 ч. Ч. 1. Удобрения: виды, свойства, химический состав. Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2015. 426 с.
17. СанПиН 2.3.2.1078—01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. 2002. URL: http://mibio.ru/docs/110/sanpin_2.3.2.1078-01_gigienicheskie_trebovaniya_bezopasnosti.pdf (дата обращения: 14.03.2018).