

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ЖЕЛЕЗА НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН TRITICUM AESTIVUM L.

Статья посвящена исследованию влияния различных форм железа на прорастание семян *Triticum aestivum* L. Выявлено влияние наночастиц магнетита на всхожесть, длину побегов и количество корней пшеницы.

Ключевые слова: железо, наночастицы, посевные качества семян.

Железо – один из самых распространенных в природе элементов. В земной коре его массовая доля составляет 5,1 %, и оно уступает лишь кислороду, кремнию и алюминию. Железо входит в состав растения в количестве 0,08%. Оно поступает в растения в виде Fe^{3+} , а транспортируется в листья по ксилеме в виде цитрата железа (III). Роль железа в большинстве случаев связана с его способностью переходить из окисленной формы (Fe^{3+}) в восстановленную (Fe^{2+}) и обратно.

Наножелезо обладает высокой степенью биодоступности, что свидетельствует о его альтернативном использовании на живых системах [1, 2, 3]. Железо входит в состав каталитических центров многих окислительно-восстановительных ферментов. В виде геминной группировки оно входит в состав таких ферментов, как цитохромы, цитохромоксидаза, нитратредуктаза, нитритредуктаза, леггемоглобин, каталаза и пероксидаза. Цитохромная система является необходимым компонентом дыхательной и фотосинтетической электронтранспортной цепи. В силу этого при недостатке железа тормозятся оба этих важнейших процесса [4].

Железо так же необходимо для образования хлорофилла. При этом железо катализирует образование предшественников хлорофилла 5-аминолевулиновой кислоты и протопорфиринов. Предполагают, что железо играет роль в образовании белков хлоропластов. При недостатке железа нет условий для образования таких важнейших компонентов хлоропластов, как цитохромы, ферредоксин и некоторые другие. Возможно, это влияет на образование хлорофилла. Кроме того, целый ряд ферментов содержит железо в негемовой форме. В хлоропластах железо в негемовой форме входит в состав реакционных центров фотосистем I и II.

Содержание железа в почвах варьирует в пределах 2-3 % от ее массы. Однако большая часть минеральных соединений железа находится в почвах в недоступной форме.

Внесение железа в почву не приводит к ожидаемому биологическому эффекту, что связано с быстрым его переходом в окисленную форму – недоступную для растений. В связи с выявленной биологической активностью соединений железа наиболее эффективными методами повышения урожайности культурных растений является фолиарная подкормка растворами органических (в основном хелатов) или неорганических соединений железа. В настоящее время актуальным вопросом является использование различных форм железа (наноформа и ионная) для улучшения посевных качеств семян и повышения урожайности [5].

Целью нашего исследования явилось сравнительное изучение биологической активности различных форм железа в тесте прорастания семян пшеницы *Triticum aestivum* L.

Объекты и методы исследования

Объектом воздействия различных форм железа являлись семена яровой мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L., не обработанные протравителями. Предназначенные для проращивания семена предварительно прогревали при температуре 34 °С в течение 7 суток в термостате.

При проведении исследования использовали водные растворы наночастиц железа Fe^0 , сульфата железа (II) и сульфата железа (III), а также водные растворы синтезированных наночастиц магнетита Fe_3O_4 , полученных действием гидрата аммиака на водный раствор смеси солей хлорида железа (III) и сульфата железа (II) при интенсивном перемешивании [6]. Полученную магнитную дисперсию центрифугировали при 2700 об/мин в течение 10

минут. После центрифугирования сливали супернатант и промывали осадок магнетита дистиллированной водой до отрицательной качественной реакции на сульфат ион с хлоридом бария и на хлорид ион с нитратом серебра.

Определение размера полученных частиц осуществляли в Центре коллективного пользования приборным оборудованием Института микро- и нанотехнологий ОГУ. Для этого водную суспензию полученных частиц, обработанную ультразвуком частотой 35 кГц в источнике ванного типа «Сапфир ТТЦ» («Сапфир», Россия) помещали на подложку из слюды и исследовали на сканирующем атомно-силовом микроскопе «SMM-2000» (ЗАО Протон-МИЭТ, Россия) в режиме постоянного контакта. В процессе сканирования использовались стандартные кантилеверы для контактной моды MSCT-AUNM (Park Scientific, США), жесткость используемых кантилеверов 0,03 N/m, толщина балок 0,6 мкм, ширина – 20 мкм, высота игл – 3 мкм, радиус закругления игл – 10 нм.

Полученные частицы имеют слегка сплюсненную шарообразную форму шириной от 50 до 80 нм и высотой от 4 до 10 нм (рисунок 1).

Суспензию растворов наночастиц железа и магнетита с концентрацией по железу 2 г/л готовили, растворяя определенную навеску в дистиллированной воде и обрабатывая их ультразвуком в течение 15 минут. Более разбавленные растворы получали разбавлением дистиллированной водой. Таким образом, получали растворы с концентрацией по железу от 2 г/л до 0,125 г/л. Растворы сульфатов железа (II) и (III) готовили аналогично.

Подготовленные таким образом опытные и контрольные пробы оставляли при комнатной температуре на проращивание. Повторность опыта пятикратная. На седьмые сутки смотрели всхожесть зерновых культур, проводили оценку сформированности побегов и корневых систем растений, рассчитывая средние значения высоты побегов, длины и количества корней для каждого варианта опыта.

Результаты исследования

Инкубация семян *Triticum aestivum* в растворе сульфата железа (II) с концентрацией 1 г/л по железу приводит к снижению процессов роста, однако, концентрация 0,5 г/л приводит к увеличению всхожести семян на 10%, а при

0,125 г/л до 70 %. В растворе сульфата железа (III) наблюдалось только снижение всхожести семян до 2,5 – 12,5% в зависимости от концентрации железа.

Таким образом, в среде сульфата трехвалентного железа всхожесть семян *Triticum aestivum* наименьшая.

При воздействии наночастиц железа всхожесть семян достигала своего максимума 95% и 90% при воздействии растворов 0,125 г/л Fe_3O_4 и 0,5 г/л Fe^0 соответственно.

Изучение влияния различных форм и концентраций железа на морфометрические показатели проростков пшеницы показали сходную с всхожестью семян закономерность: сульфаты железа (II) и (III) в исследуемых концентрациях подавляют развитие корневых систем и побегов.

При этом максимальное подавление наблюдалось в варианте с раствором $FeSO_4$ (0,125 г/л). Более чем на 92,1% снизилась длина корней относительно контрольного варианта, на 76,2% количество корней, а длина побега на 51,2%. Необходимо отметить, что воздействие этого раствора $FeSO_4$ на *Triticum aestivum* обеспечило наибольшую среди растворов с ионной формой железа всхожесть семян (70%). Дальнейшие наблюдения за проростками *Triticum aestivum*, контактирующими с раствором $FeSO_4$ (0,125 г/л), показали замедление и прекращение роста на седьмые сутки эксперимента.

Наночастицы железа во всех исследуемых концентрациях стимулировали развитие корневой системы и побегов *Triticum aestivum*. Максимальное увеличение значений морфометри-

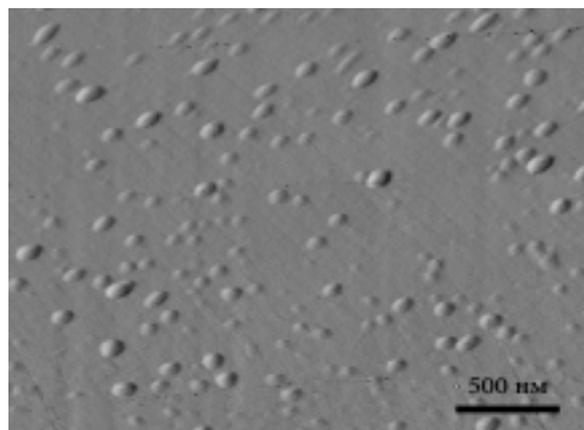


Рисунок 1. Электронная микрофотография наночастиц магнетита, полученная на сканирующем атомно-силовом микроскопе «SMM-2000» в режиме постоянного контакта

ческих показателей было отмечено для наночастиц магнетита Fe_3O_4 в концентрациях 0,25 г/л (увеличение длины побега на 23,3 %) и 0,125 г/л (увеличение длины корней растений на 68,6% и количества корней на 9,5 %). Наночастицы железа Fe^0 не проявляли столь значительного эффекта стимулирования роста и развития растений, так увеличение длины корня составило не более 33,4%, их количества – 19 %, а длины побегов не более чем на 17,4 %.

Выводы

Полученные результаты исследования позволили выявить два полярных эффекта воз-

действия растворов железа в зависимости от его формы и концентрации: фитотоксический и эффект стимулирования прорастания семян *Triticum aestivum*. Сульфаты железа (II) и (III) подавляют развитие организма растения, снижая всхожесть семян и их морфометрические показатели. При этом наночастицы железа стимулируют процессы прорастания семян, что выразилось в увеличении морфометрических показателей и всхожести по сравнению с контрольным вариантом. Необходимо отметить, что наночастицы магнетита Fe_3O_4 обладают большим стимулирующим воздействием по сравнению с частицами наножелеза Fe^0 .

3.09.2012

Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации на проведение научно-исследовательских работ (Шифр заявки № 4.2979.2011 г.)

Список литературы:

1. Сипайлова, О. Ю. Влияние высокодисперсного порошка железа на морфофункциональное состояние селезенки (экспериментальное исследование) / О. Ю. Сипайлова, С. В. Лебедев, Е. А. Сизова // Вопросы биологической медицинской и фармацевтической химии. – 2011. – № 8. – С. 43-46.
2. Лебедев С. В. Содержание тяжелых металлов в кормовых культурах Оренбургской области / Г. Б. Родионова, Е. В. Сальникова, Е. А. Кудрявцева // Международное научное издание «Современные фундаментальные и прикладные исследования». – 2011. – №3. – С. 54-57.
3. Сипайлова О.Ю. Морфофункциональная характеристика печени крыс при интраперитонеальном введении наночастиц железа / О.Ю.Сипайлова, Г.И.Корнеев, Е.А. Сизова // Международное научное издание «Современные фундаментальные и прикладные исследования». – 2012. – №2. – 17-21.
4. Коваленко, Л.В. Биологически активные нанопорошки железа / Л.В. Коваленко, Г.Э. Фолманис. – М.: Наука. – 2006. – 124 с.
5. James, T. Driessen Characterization and Properties of Metallic Iron Nanoparticles: Spectroscopy, Electrochemistry, and Kinetics / James T. Nurmi, Paul G. Tratnyek, Vaishnavi Sarathy, Donald R. Baer, James E. Amonette, Klaus Pecher, Chongmin Wang, John C. Linehan, Dean W. Matson, R. Lee Penn, and Michelle D. – Department of Environmental and Biomolecular Systems, Oregon Health & Science University. – 2004.
6. Гервальд, А.Ю. Синтез суперпарамагнитных наночастиц магнетита / А.Ю. Гервальд, Н.И. Прокопов, Ю.М. Ширякина // Вестник МИТХТ, 2010. – Т. 5, – №3, – С. 45– 49.

Сведения об авторах:

Шарыгина Мария Валерьевна, студентка кафедры общей биологии химико-биологического факультета Оренбургского государственного университета, e-mail: abigasha@mail.ru

Анилова Людмила Вячеславовна, доцент кафедры общей биологии химико-биологического факультета Оренбургского государственного университета, кандидат биологических наук, e-mail: anilova.osu@mail.ru

460018, г. Оренбург, пр-т Победы 13, ауд. 16214, тел. (3532) 372480

Кудрявцева Елена Александровна, преподаватель кафедры химии химико-биологического факультета Оренбургского государственного университета, e-mail: kudryavceva.elen@mail.ru

Кузьмин Сергей Николаевич, студент кафедры химии химико-биологического факультета Оренбургского государственного университета, e-mail: alhimik-1990@mail.ru

460018, г. Оренбург, пр. Победы, 13, ауд. 3334, тел. (3532) 372485

UDC 546.72

Sharygina M.V, Anilova L.V., Kudryavceva E.A., Kuzmin S.N.

Orenburg state university, e-mail: anilova.osu@mail.ru

INFLUENCE OF VARIOUS FORMS OF IRON ON GERMINATION OF SEEDS OF TRITICUM AESTIVUM

Article is devoted to research of influence of various forms of iron on germination and germination seeds, length of escapes and *Triticum A* wheat roots. Influence nano – and iron microparticles on these indicators is revealed and expediency of carrying out preseeding processing of seeds is shown by these solutions.

Key words: iron, nanoparticles, sowing qualities of seeds.