

УДК 581.17

**МАГНИТНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ
В РАСТЕНИЯХ: ЭПР ИССЛЕДОВАНИЯ****Р.И. ХАЛИЛОВ***, **А.Н. НАСИБОВА****, **Р.Д. КАСУМОВ*******Бакинский Государственный Университет******Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана
hrovshan@hotmail.com**

*Методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) изучено влияние различных доз радиации на синтез магнитных наночастиц в растениях. Объектами исследований были семена пшеницы (*Triticum vulgare*) и гороха (*Pisum L.*). Исследования проводились с контрольными и облученными в различных дозах гамма радиации растениями. Результаты экспериментов проведенных методом ЭПР показали, что у этих растений по сравнению с контрольными при влиянии малых доз радиации (100, 200 Гр) амплитуда сигнала, характеризующая магнитные наночастицы оксидов железа, значительно увеличивается. Когда доза радиации увеличивалась до 300 Гр, наблюдалось значительное уменьшение амплитуды широкого сигнала ЭПР. Предполагается, что в формировании магнитных наночастиц в растениях процесс фотосинтеза играет определенную роль.*

Ключевые слова: магнитные наночастицы, облучение, гамма радиация, широкий сигнал ЭПР.

В последние два десятилетия нанотехнология как одна из самых приоритетных научных направлений мира развивается очень интенсивно. Поэтому исследования, посвященные изучению наноматериалов, нанобъектов, наночастиц привлекают все большее внимание. Широко распространены в природе и применяются в различных исследованиях - магнитные наночастицы оксидов железа (магнетита Fe_3O_4 и маггемита $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Металлические наночастицы на основе железа являются перспективным материалом для использования их в качестве носителей информации, систем доставки лекарств и др. [1]. Они встречаются во многих биологических объектах и широко применяются в биомедицине. В настоящее время возрастает потребность в получении нетоксичных магнитоуправляемых препаратов для использования в медицине. Одним словом, для современной медицины очень важны и необходимы магнитные наночастицы.

Поэтому изучение магнитных наночастиц в живых системах и влияния на них некоторых факторов в настоящее время очень актуально.

В данной работе методом ЭПР исследовано влияние различных доз искусственного гамма – облучения на синтез магнитных наночастиц в растениях и выяснено, что фотосинтетический процесс играет роль в синтезе магнитных наночастиц. Изучение влияния радиации на синтез магнитных наночастиц в растениях показало, что определенная доза радиации оказывает стимулирующее действие на синтез магнитных наночастиц.

Материалы и методы

Объектами проведенных нами исследований были семена пшеницы (*Triticum vulgare*) и гороха (*Pisum L.*). Искусственное гамма – облучение образцов проводилось на оборудовании «К-25» (мощность 33,31 Рад/сек). Источниками облучения были изотопы Co^{60} и Co^{57} . Семена пшеницы облучались в дозах 100, 200 и 300 Гр, а семена гороха в дозах 30, 60 и 100 Гр. Облученные и контрольные семена проращивались при комнатной температуре в чашках петри в течении 10 дней (рис.1).

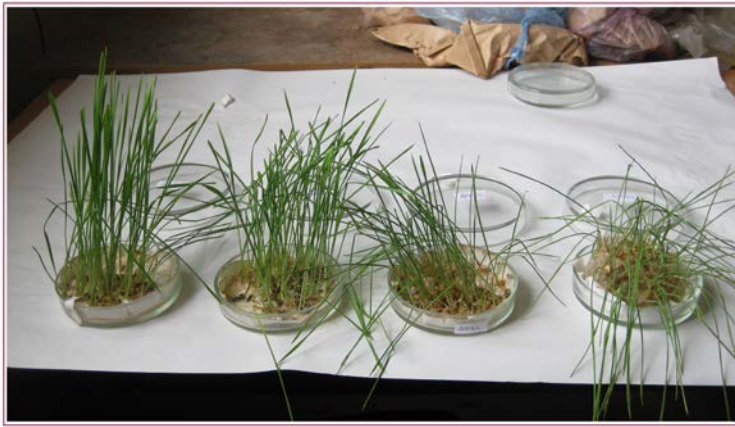


Рис.1. Выращенные семена в комнатной температуре (слева контрольные, облученные в дозах 100, 200 и 300 Гр, соответственно).

Далее выращенные проростки высушивали при комнатной температуре и измельчали до порошка. Проводились ЭПР исследования с приготовленными образцами растений.

Спектры ЭПР растительных объектов были зарегистрированы при комнатной температуре (297К) на ЭПР спектрометре ECS-106 фирмы Bruker (Германия) X-диапазона при условиях, указанных в подписи к соответствующим рисункам.

В следующих экспериментах мы опять облучали семена пшеницы в дозах 100, 200 и 300 Гр на оборудовании «К-25». В этот раз проращивали семена в специальных условиях: при стабильной температуре 25° С, 16 часов на свету, 8 часов в темноте (рис.2). Проводили два типа экспериментов: 1 - семена поливали дистиллированной водой, 2 - с раствором FeCl₃ (10⁻⁵ моль концентрации).

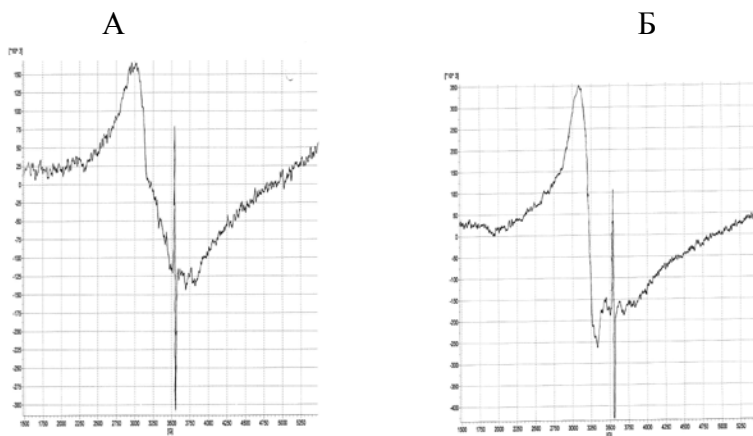
Семена проращивали в течении 10 дней. Затем проростки высушивали при комнатной температуре и измельчали до порошка.



Рис.2. Выращенные семена в стабильной температуре 25° С, 16 часов на свету, 8 часов в темноте (слева контрольные, облученные в дозах 100, 200 и 300 Гр, соответственно. Сверху семена 1-го типа, снизу 2-го типа экспериментов).

Результаты и обсуждение

На рис. 3, 4 и 5 показаны спектры ЭПР проростков семян пшениц (контрольных и облученных различными дозами гамма радиации) зарегистрированные при комнатной температуре (297 К).



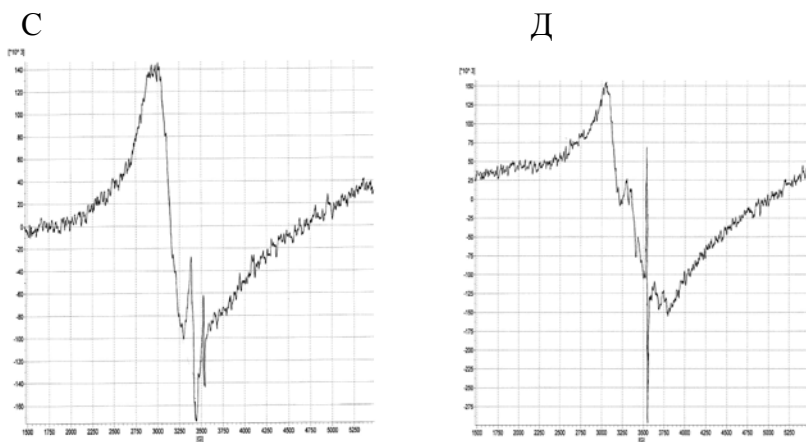


Рис.3. Сигналы ЭПР проростков семян пшеницы. Контрольные (А), облученные 100 Гр (Б), 200 Гр (С), 300 Гр (Д). Условия регистрации: амплитуда ВЧ-модуляции магнитного поля 10.00 Гс, СВЧ – мощность 2.105 мВт, центр поля 3480 Гс, температура 297 К.

Как видно по рис. 3 при комнатной температуре обнаруживался характерный широкий сигнал ЭПР характеризующий магнитных наночастиц оксидов железа ($g=2,38$; $\Delta H=320$ Gs) [2] в высушенных проростках семян пшеницы. При влиянии малых доз радиации (100, 200 Гр) амплитуда широкого сигнала ЭПР значительно увеличилась (рис.3 Б, С). Но, когда доза радиации повысилась до 300 Гр, наблюдалось снижение амплитуды сигнала (рис. 3 Д).

Широкий сигнал ЭПР регистрировался и в высушенных проростках семян гороха. При влиянии различных доз радиации результаты ЭПР исследований проведенных с проростками гороха были идентичны результатам экспериментов проведенных с проростками семян пшеницы.

В ранее проведенных исследованиях мы показали, что параметры этого широкого сигнала ЭПР, зарегистрированного нами в листьях растений при комнатной температуре, и его изменение при понижении температуры регистрации до 80 К оказались идентичными характеристикам широких сигналов ЭПР в синтезированных наночастицах магнетита [2, 3].

Это дает нам основание сказать, что полученный широкий сигнал ЭПР представляет собой широкий сигнал ЭПР в синтезированных наночастицах магнетита.

Результаты проведенных нами исследований показали, что парамагнитные центры, характеризующие широкий сигнал ЭПР, зависят от интенсивности дозы облучения семян пшеницы. Эта зависимость связана с различными биологическими процессами (деление клеток, дыхание, фотосинтез, генетические изменения и т.д.) происходящими во время проращивания семян пшеницы. В зависимости от дозы гамма радиации в связи с развитием семян некоторые процессы стимулируются или замедляются. По нашим предположениям влияние биологических процессов

на ионы железа приводит к появлению магнитных наночастиц оксида железа (магнетита Fe_3O_4 и маггемита $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Первичные эксперименты показывают, что это процесс фотосинтеза [4]. Поскольку в самих высушенных семях пшеницы не обнаруживался сигнал, который наблюдался у зеленых проростках. В результате действия электрон-транспортной цепи (ЭТЦ) фотосинтеза во время деструкции участие ионов железа в окислительно-восстановительном процессе, в конце концов, приводит к синтезу магнитных наночастиц. Чтобы убедиться в этом мы провели следующие эксперименты.

Проращивали семена в специальных условиях: при стабильной температуре 25°C , 16 часов на свету, 8 часов в темноте. Проводили два типа экспериментов: 1- семена поливали дистиллированной водой, 2- с раствором прибавленной FeCl_3 (10^{-5} моль концентрации) (рис 2).

На рисунке 4 показаны результаты ЭПР исследований проведенных объектами семях пшеницы, которые поливали дистиллированной водой.

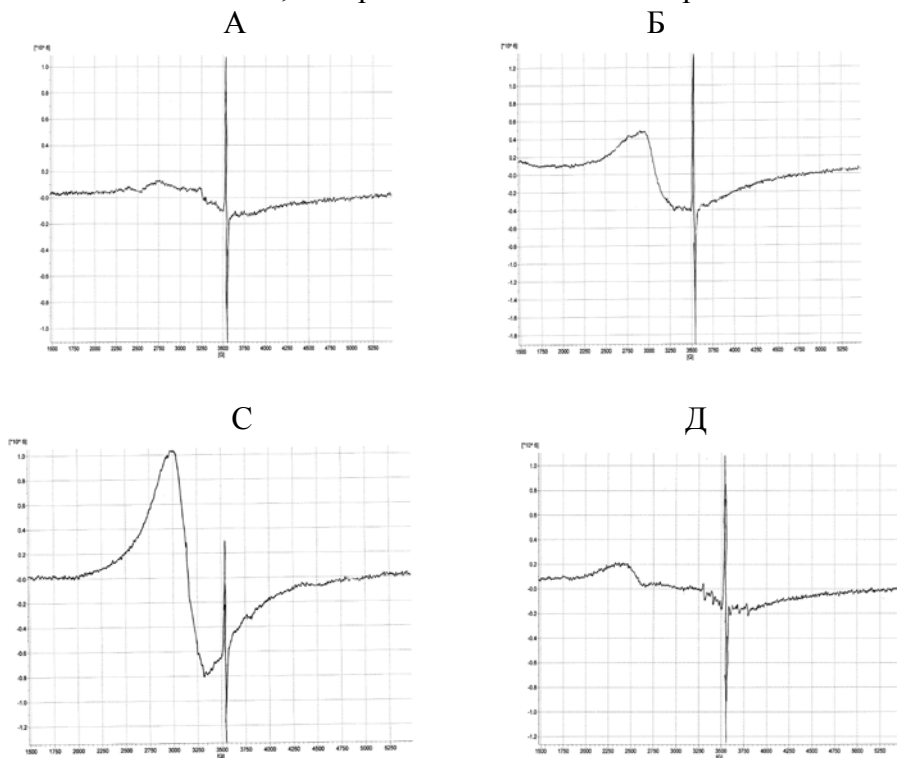


Рис.4. Сигналы ЭПР проростков семях пшеницы, которые поливали дистиллированной водой. Контрольные (А), облученные 100 Гр (Б), 200 Гр (С), 300 Гр (Д). Условия регистрации: амплитуда ВЧ - модуляции магнитного поля 10.00 Гс, СВЧ – мощность 2.105мВт, центр поля 3480 Гс, температура 293 К.

На рисунке 5 показаны результаты ЭПР исследований проведенных объектами семях пшеницы, которые поливали раствором прибавленной FeCl_3 (10^{-5} моль концентрации).

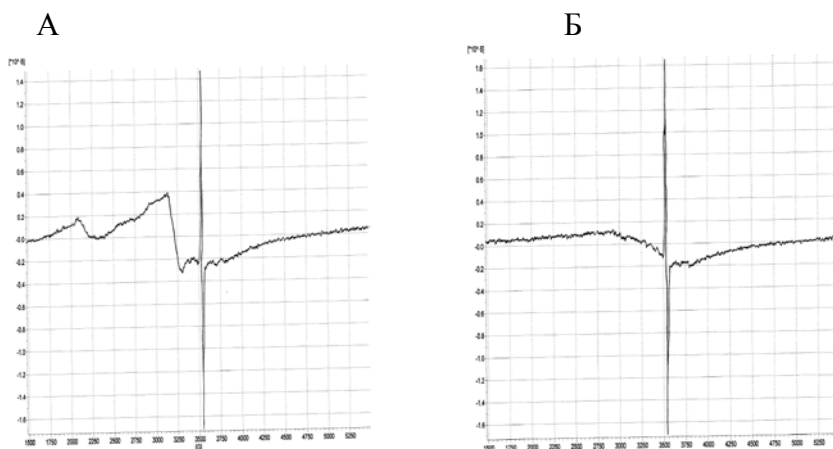


Рис.5. Сигналы ЭПР проростков семян пшеницы, которые поливали раствором прибавленной FeCl_3 . Контрольные (А), облученные 100 Гр (Б). Условия регистрации: амплитуда ВЧ-модуляции магнитного поля 10.00 Гс, СВЧ – мощность 2.105мВт, центр поля 3480 Гс, температура 293 К.

Как видно из рис. 4 и 5 интенсивность сигналов ЭПР в облученных проростках семян значительно отличаются. Это означает, что в экспериментах 2-го типа в результате редукции ионов железа появляются парамагнитные центры характеризующие широкий сигнал ЭПР (рис.5 А). В экспериментах 1-го типа этот сигнал не наблюдается, что связано с отсутствием ионов железа (рис.4 А). Результат экспериментов проведенный с облученными проростками значительно другой. В экспериментах 1-го типа наблюдалось увеличение амплитуды широкого сигнала ЭПР при влиянии малой дозы радиации (100, 200 Гр) и уменьшение амплитуды сигнала при влиянии сравнительно большой дозы радиации (300 Гр). В экспериментах 2-го типа наоборот, наблюдалось уменьшение амплитуды широкого сигнала ЭПР при влиянии малой дозы гамма радиации. Это показывает, что как указано в литературных материалах [5] ускорение появления активных форм кислорода (АФК) (реакция Фентона) влияет на процесс появления парамагнитных центров.

Предполагается, что большое количество АФК приводит к повреждению клеток в листьях. Поэтому, как ответная реакция, клетки стремятся уменьшить эффект повреждения. В результате появления магнитных наночастиц оксидов железа (магнетита и маггемита) за счет ионов железа (Fe^{2+} , Fe^{3+}) уменьшается интенсивность реакции Фентона. Этот процесс, то есть редукция ионов железа до магнитных наночастиц, происходит с помощью электрон-транспортной цепи фотосинтеза (на свету).

Другими словами, образование магнитных наночастиц оксидов железа в результате фотосинтеза (биоминерализация), происходит как явление, защищающее клетку от повреждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Магеррамов А.М., Аббасова Г.Д., Алиева И.Н., Рамазанов М.А., Набиев Н.С., Годжаев Н.М.. Наночастицы оксида железа в системе транспорта лекарственных препаратов. Нанотехника, 2009, №4, с.70-76.
2. Халилов Р.И., Насибова А.Н., Сереженков В.А., Рамазанов М.А., Керимов М.К., Гарибов А.А., Ванин А.Ф.. Накопление наночастиц магнетита в растениях, выросших на почвах Абшеронского полуострова. М., ж. Биофизика, 2011, т.56, в.2, с. 364-371.
3. Халилов Р.И., Насибова А.Н. Эндогенные ЭПР-детектируемые железосодержащие наночастицы в растительных объектах.//Bakı Universitetinin Xəbərləri. Təbiət elmləri seriyası. 2010, №3, s. 35-39.
4. R.I. Khalilov, A.N.Nasibova. The role of photosynthesis processes in the synthesis of plant-based magnetic nanoparticles. International conference. Photosynthesis Research for Sustainability. Baku, Azerbaijan, 2011, p.155.
5. K.Barbusinski. Fenton reaktion-controversy concerning the chemistry // Ecological chemistry and engineering. 2009, V.16, N3, p.347-357.

BITKILƏRDƏ MAQNİT NANOHİSSƏCİKLƏRİ: EPR TƏDQİQATLARI

R.İ.XƏLİLÖV, A.N.NƏSİBOVA, R.C.QASIMOV

XÜLASƏ

Elektron Paramaqnit Rezonansı (EPR) üsulu ilə bitkilərdə maqnit nanohissəciklərinin sintezinə gamma-radiasiyanın müxtəlif dozalarının təsiri öyrənilmişdir. Tədqiqat obyektləri buğda (*Triticum vulgare*) və noxud (*Pisum L.*) bitkilərinin toxumları olmuşdur. EPR üsulu ilə aparılan təcrübələrin nəticələri göstərdi ki, kontrol bitkilərlə (buğda cücərtiləri) müqayisədə kiçik dozalı radiasiyanın (100, 200 Qr) təsirinə məruz qalmış bitkilərdə dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən signalın amplitudu nəzərəcərpacaq dərəcədə artır. Radiasiyanın dozası 300 Qr-ə qədər artdıqda geniş EPR signalının amplitudunun azalması müşahidə olunmuşdur. Ehtimal olunur ki, fotosintez prosesi bitkilərdə maqnit nanohissəciklərinin sintezində müəyyən rol oynayır.

Açar sözlər: maqnit nanohissəcikləri, şüalanma, gamma-radiasiya, geniş EPR signalı.

MAGNETIC NANOPARTICLES IN PLANTS: EPR RESEARCHES

R.İ.KHALİLÖV, A.N.NASİBOVA, R.J.GASIMOV

SUMMARY

The paper studies the influence of various doses of gamma-radiation on the synthesis of magnetic nanoparticles in plants by EPR method. The objects of the research were wheat (*Triticum vulgare*) and pea (*Pisum L.*) seeds. The results of the experiments conducted by EPR method have shown, that the amplitude of EPR signal in the plants irradiated at 100 and 200 Gr level is higher than in a control sample. At the higher level of radiation (300 Gr), the dynamics of paramagnetic centres weakened. It is supposed, that the photosynthetic process plays a considerable role in synthesis of magnetic nanoparticles in plants.

Key words: magnetic nanoparticles, irradiation, gamma-irradiation, broad EPR signal.

Поступила в редакцию: 26.11.2011 г.

Подписано к печати: 09.01.2012 г.