

## Bitkilərdə Nanohissəciklərin Sorulması Və Orqanlarında Hərəkəti

İ.S. Əhmədov, V.N. Ramazanlı, M.Ə. Ramazanov

Bakı Dövlət Universiteti, Z.Xəlilov küçəsi 23, Bakı AZ1148, Azərbaycan;

E-mail: ismetahmadov@mail.ru, vefa\_ramazanli@hotmail.com, mamed\_r50@mail.ru

**Tədqiqat işində nanohissəciklərinin bitki hüceyrələrinə daxil olmasını, onların gövdədə hərəkətini və yarpaqlarında toplanmasını müəyyən etməyə imkan verən yeni üsul tətbiq edilmişdir. Bunun üçün dəmir oksidi nanohissəciklərindən istifadə edərək EPR üsulu ilə onların bitkilərin kök hüceyrələrinə sorulması, oradan gövdəyə və yarpaqlara yayılması araşdırılmışdır. Dəmir nanohissəciklərinin məhlulunda saxlanmış *Elodea* bitkisinin EPR siqnallarınqeyd edilməsi və analizi təsdiq etmişdir ki, nanohissəciklər bitki hüceyrələrinə daxil ola bilir, onların gövdəsində hərəkət edərək yarpaqlarına yayılır. Dəmir nanohissəciklərinin bitkilərin toxumlarına da nüfuz etməsi müəyyən edilmişdir.**

*Açar sözlər:* Nanohissəciklər, bitki, EPR, nanohissəciklərin sorulması, bitki orqanları, nanohissəciklərin hərəkəti

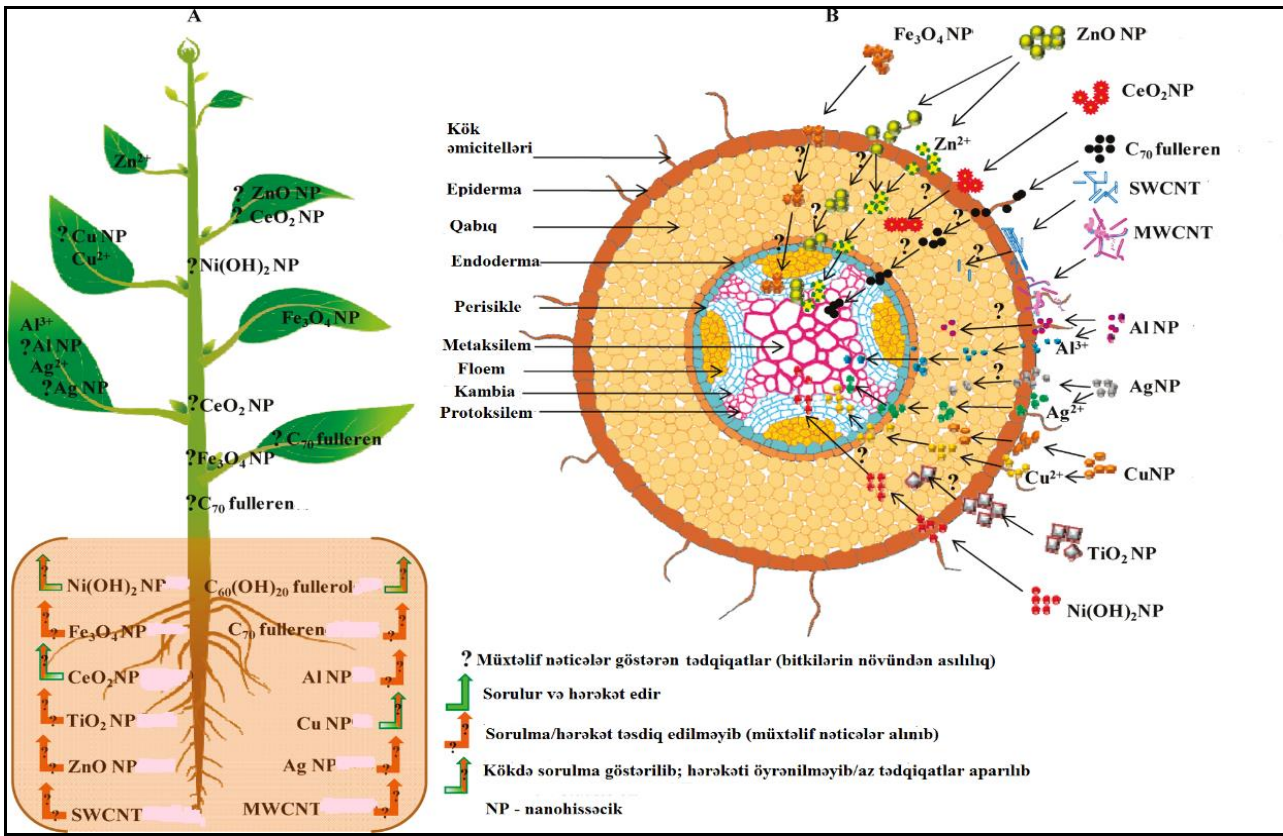
### GİRİŞ

Nanohissəciklərin bitki hüceyrələrinə daxil olması və sonradan onların orqanlarına yayılması nanotoksikologiyanın məşğul olduğu əsas sahələrdən biridir. Elmi ədəbiyyatda nanohissəciklərin heyvan hüceyrələrinə daxil olmasını əsasən TEM, SEM cihazları ilə, konfokal mikroskopla, flüores-sent və elektrofizoloji üsullarla yüksək dəqiqliklə göstərmişlər. Lakin nanohissəciklərin bitki hüceyrələrinə daxil olması və hüceyrədaxili proseslərdə iştirak etməsi az öyrənilmişdir. Buna baxmayaraq, bir sıra tədqiqatçıların araşdırmaları bu məsələyə həsr olunmuşdur. Aparılan təcrübələrinin nəticələri göstərmişdir ki, nanohissəciklər bitki hüceyrələrinə daxil ola bilir (Ahmadov, 2013, 2014; Lin, 2009; Zhao, 2012; Zhang, 2011; Zhou, 2011). Bəzi tədqiqatlar isə göstərir ki, nanohissəciklər bitkilərə asanlıqla daxil ola bilmir. Onlar bitkilərə daxil olmaq üçün ilk növbədə hüceyrə divarını keçməli, sonra hüceyrələrarası fəzada hərəkət etməli və sito-plazmatik membranı keçməlidir. M.Cyrenvə onun əməkdaşlarının (2011) məlumatına görə karbon əsaslı nanohissəciklərdən yalnız C<sub>70</sub> fullerenləri və fulleronlar bitkilərdə toplana bilir. Metal əsaslı nanohissəciklərin isə əksəriyyəti bitkilərin bu və ya digər orqanlarında toplana bilir. Lakin bu məlumatların əksəriyyəti ziddiyətlidir. Şəkil 1-də M.Cyren tərəfindən nanohissəciklərin bitkilərin kökünə və yerüstü orqanlarına sorulması, hərəkəti və toplanması üzrə tədqiqatların nəticələri haqqında məlumatların sxematik analizi verilmişdir.

Şəkil 1-dən göründüyü kimi C<sub>60</sub>(OH)<sub>20</sub> fullerol, Cu, CeO<sub>2</sub> və Ni(OH)<sub>2</sub> nanohissəcikləri kökə sorulur, ancaq onların yerüstü orqanlara hərəkəti öyrənilməyib. Nanohissəciklərdən Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yarpaqlarda toplandığı haqqında məlumat var. Kökdə isə

nanohissəciklərdən Ni(OH)<sub>2</sub>, Cu, Al, CeO<sub>2</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, C<sub>70</sub> fullerenlərin keçmə ehtimalının olduğu göstərilmişdir. Karbon nanoborularının ölçülərinin kiçik olması onların nişasta və digər üzvü birləşmələrə qarşı yüksək həssaslığa malik olmasını şərtləndirir. Odur ki, çoxlaylı karbon nanoboruları hüceyrə divarından keçə bilmir. Karbon nanoborularının bitkilərə sorulması həmçinin onların təcrübü məhlullarda dispersiyasından asılıdır. Təbii şəraitdə nanohissəciklərin bitkilərə sorulması torpağın kimyəvi tərkibindən, məsaməliliyindən və üzvü birləşmələrin zənginliyindən asılıdır (Zhao, 2012). Lin və onun əməkdaşları düyü bitkisinin C<sub>70</sub> fullerenlərinin sorulmasını, orqanlarda hərəkətini və toplanmasını öyrənmişlər. Onlartəstəmişlər ki, nanohissəciklər toxumda, kökdə, gövdə və yarpaqlara nisbətən daha çox toplanır. Yarpaqlarda fullerenlərin üzvü maddələrlə əmələ gətirdiyi aqreqatların olması onu göstərir ki, onlar ksilemma ilə hərəkət edə bilmirlər. Üzvü maddə - fulleren aqreqatları gövdənin vaskulyar sistemində və yarpaqlarda toplanır. Karbon nanoborularının kökə sorulmasının osmotik təzyiqlə, kapilyarlıqla, hüceyrə divarında məsamələrin olması ilə, hüceyrələrdaxili plazmodesmalar və ya yüksək dərəcədə idarə olunan simplastik yolla olduğunu qeyd edirlər (Lin et al., 2009).

Nanohissəciklərin bitkilərin orqanlarında, kökündə, gövdəsində, yarpaqlarında hərəkətini, toplanmasını izləmək üçün bir sıra metodlar təklif olunmuşdur. Məsələn, ABŞ-ın Delaver Universitetinin alimləri maqnetomer vasitəsilə dəmir nanohissəciklərini hidroponika üsulu ilə becərilmiş balqabaq bitkisinin toplanmasını öyrənmişlər. Məlum olmuşdur ki, balqabaq bitkisinin dəmir nanohissəcikləri kökünü vasitəsilə sorulur və onun yarpaqlarında toplana bilir. Maqnitomer balqabağın müxtəlif hissələrində maqnit siqnalı aşkar etmişdir (Zhu, 2008).



Şəkil 1. Nanohissəciklərin bitkinin orqanlarında toplanması (Cyren və b., 2011).

## MATERIAL VƏ METODLAR

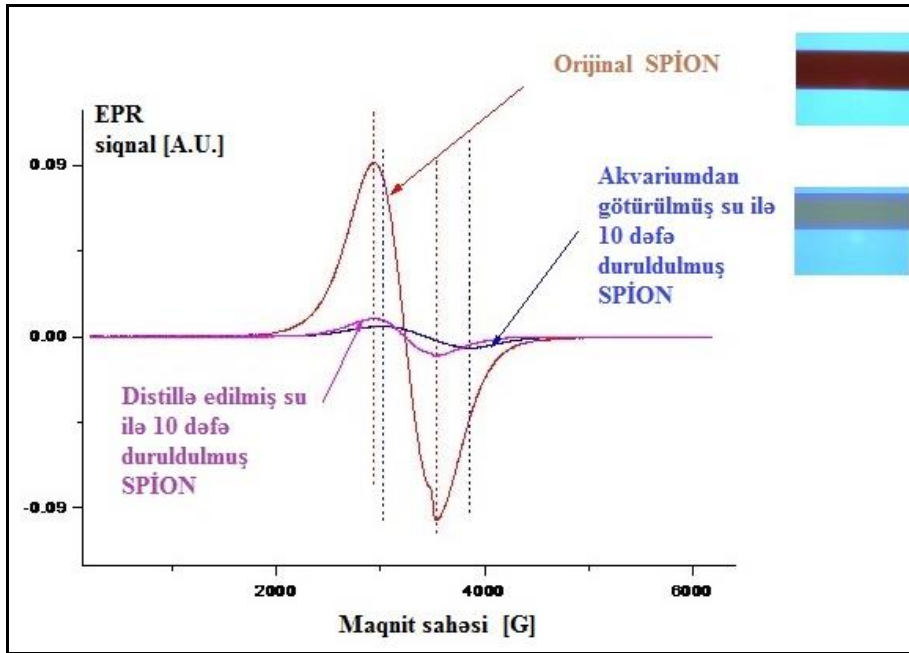
Tədqiqat obyektini olaraq *Hydrocharitaceae* fəsiləsindən olan ali su bitkisi *Elodea Canadensis* və eləcə də noxud, paxla, lobya, mərcimək, buğda və qarğıdalı toxumlarından istifadə edilmişdir. Dəmir nanohissəciklərindən ( $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) istifadə etməklə elodeanın yarpaqlarında və gövdəsində dəmir nanohissəciklərinin hərəkəti öyrənilmişdir. Qırmızı-boz rəngli superparamaqnit xassəli dəmir oksidi nanohissəcikləri SPION – magemit ( $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) prof. Alke Fink (Fribourg Universiteti) tərəfindən sintez edilmişdir. Dəmir nanohissəciyin 10<sup>-3</sup>M HNO<sub>3</sub> məhlulunda ilkin qatılığı 12,9 mq/ml, pH≈3 olmuşdur. Təcrübələrdə istifadə edilən dəmir nanohissəciklərinin dispers məhlulu (pH=7) tərkibi 10<sup>-3</sup> M NaCl, 10<sup>-4</sup> M KCl, 10<sup>-4</sup> M CaCl<sub>2</sub> olan süni göl suyunda (İPV) hazırlanmışdır.

Dəmir nanohissəciklərin bitkilər tərəfindən mənimlənməsini, onların gövdədə, yarpaqlarda toplanmasını müəyyən etmək üçün yeni üsul – Elektron Paramaqnit Rezonans (EPR) üsulu tətbiq edilmişdir (Şəkil 2). EPR spektrləri Bruker ESP300E (Bruker, Germany) cihazında çəkilmiş və nanohissəciklərin bitki hüceyrələrinə sorulması və orqanlarda toplanması EPR siqnalının dəyişməsinə əsasən müəyyən edilmişdir. EPR siqnalınının həssaslığı dəmir nanohissəciklərinin çox kiçik miqdarını belə aşkar etməyə imkan vermişdir. Bu təcrübələr İsveçrənin

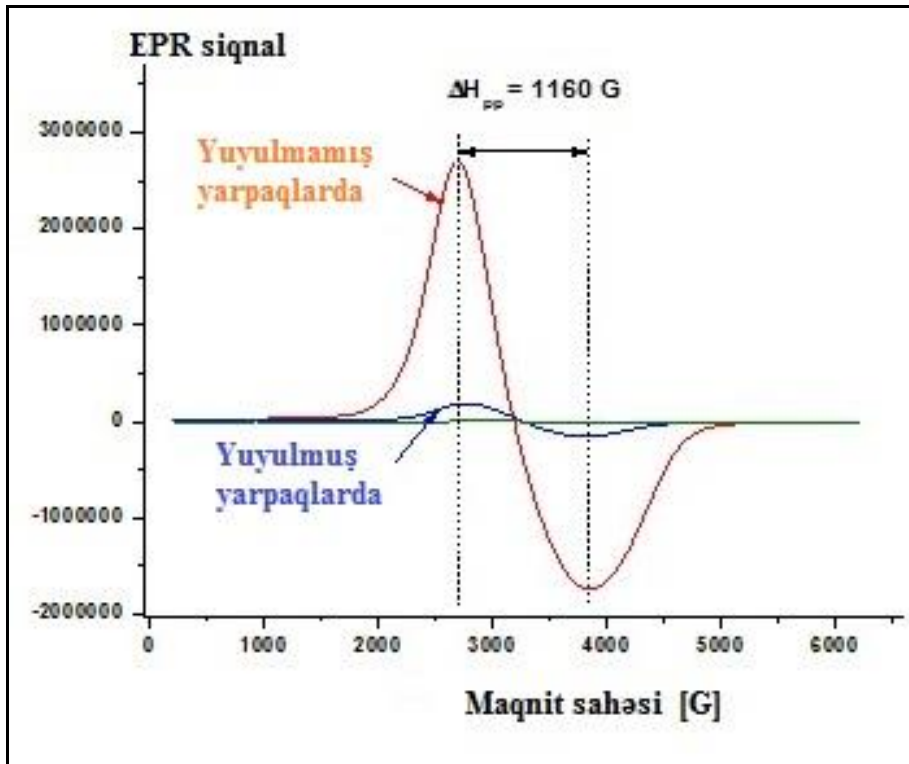
Milli Elm fondunun layihəsi: SCOPES JRP/IP: IZ73Z0\_128068 /1. çərçivəsində EPFL institutu ilə Bakı Dövlət Universitetinin Nanoaraşdırmalar laboratoriyasının birgə əməkdaşlığı sayəsində EPFL-in laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir (Ahmadov et al., 2014).

## NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

EPR siqnal vasitəsilə bir çox paramaqnitlərin yerini, vəziyyətini və miqdarını həssaslıqla izləmək olur. Odur ki, EPR üsulu dəmir nanohissəciklərin bitkilərdə hərəkətini yüksək həssaslıqla izləməyə imkan verir. Bu məqsədlə, əvvəlcə dəmir nanohissəciklərinin qatılığı 12,9 mq/ml olan ilkin məhlulun, onun 10 dəfə distillə suyu və elodea yetişdirilən akvariumdan götürülmüş su ilə durulaşdırılmasından alınan məhlulların EPR siqnalı çəkilmişdir. Dəmir nanohissəciklərin qatılığı azaldıqca EPR siqnalın amplitudu azalmış, lakin forması eyni qalmışdır. Məhlulların EPR siqnalı Şəkil 2-də verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi dəmir nanohissəciklərinin qatılığının çox kiçik qiymətlərində belə EPR siqnalını müşahidə etmək mümkün olmuşdur. Bu imkan vermişdir ki, hətta çox az miqdar da belə bitkinin orqanlarına sorulan dəmir nanohissəciklərini detektə etmək mümkün olsun.



Şəkil 2. SPION–magnetit ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) dəmir nanohissəciklərin orijinal və durulaşdırılmış məhlullarının EPR siqnalları.



Şəkil 3. SPION məhlulundaxalanmışelodeayarpaqlarında EPR siqnalının amplitudunun yarpaqların yuyulmasından asılı olaraq dəyişməsi.

Sonrakı təcrübələrdə SPION məhlulunda saxlanmış elodea yarpaqlarının səthində nanohissəciklərin toplanmasının və yuyulmasının ekspozisiya müddətindən asılılığı öyrənilmişdir.

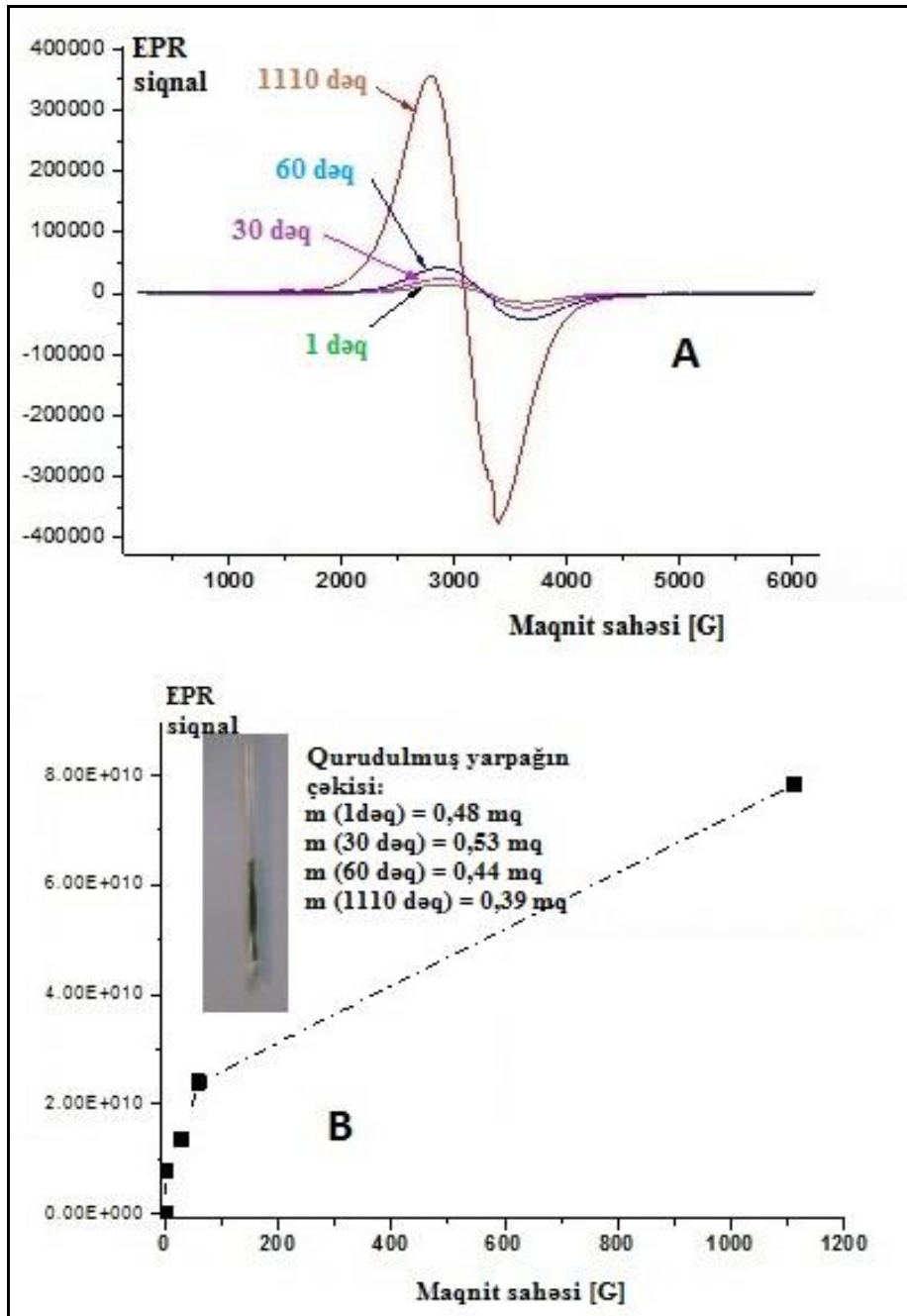
Əvvəlcə, SPION məhlulunda saxlanmış elodea yarpaqlarında EPR siqnalının amplitudunun yarpaqların yuyulmasından asılı olaraq dəyişməsi kinetikasi öyrənilmişdir. Bunun üçün elodea yarpaqları 30 dəqiqə ərzində on dəfə distillə suyu ilə durulaş-

dırılmış orijinal SPION məhlulunda saxlanmışdır. Sonra yarpaqlar məhluldan götürülərək yuyulmamış halda, bəziləri isə distillə suyu ilə bir neçə dəfə yuyulduqdan sonra qurudulmuşdur və onların EPR siqnalları çəkilmişdir. Şəkil 3-də bu təcrübələrin nəticəsi göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi SPION məhlulunda saxlanmış və yuyulmamış yarpaqlarda güclü EPR siqnalı müşahidə olunur. Elodea yarpağını distillə suyu ilə yuduqda isə EPR siqnalının

amplitudu kəskin azalır, lakin tamamilə yox olmur və zəif də olsa müşahidə olunur. Bu təcrübələrin nəticəsi onu göstərir ki, elodea yarpağının səthinə adsorbsiya olunmuş dəmir nanohissəcikləri tamamilə yuyulmur. Bu nanohissəciklər hüceyrə divarında paylanmış, eləcə də hüceyrəyə sorulmuş nanohissəciklər ola bilər.

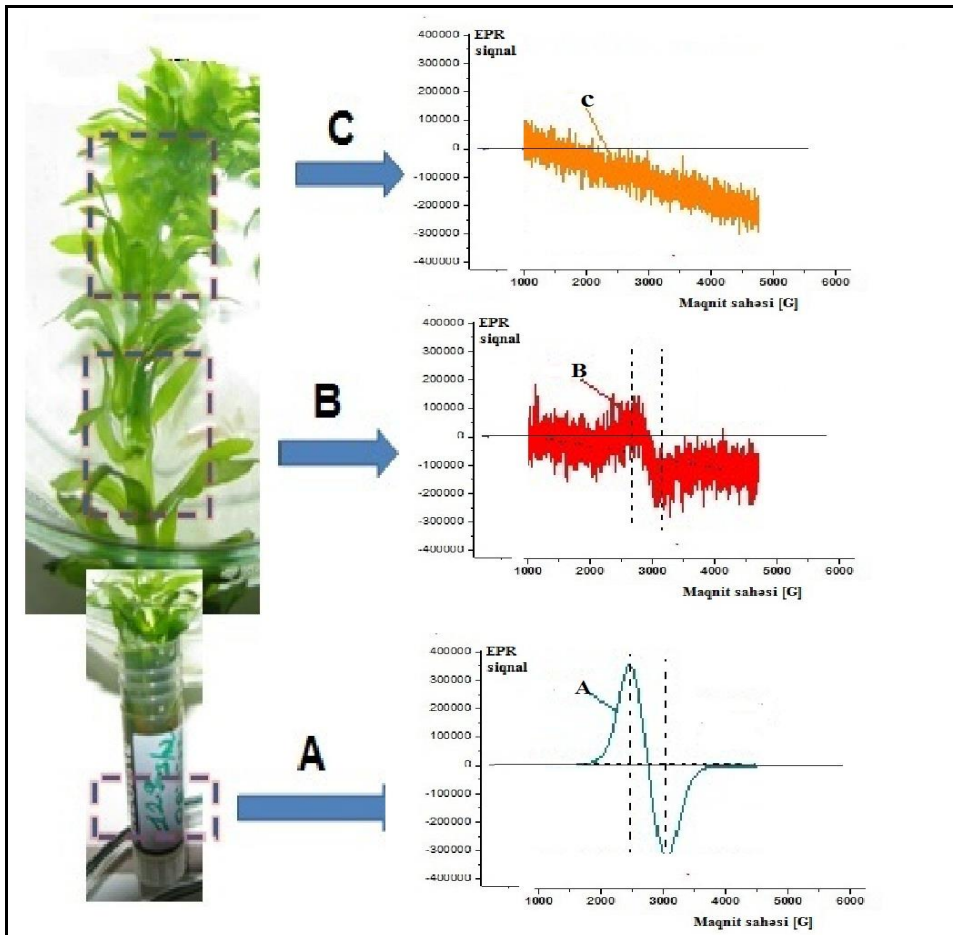
Başqa bir təcrübədə isə SPION məhlulunda saxlanmış elodea yarpaqlarında EPR signalının amplitudunun ekspozisiya müddətindən asılılığı öyrənilmişdir. Bu təcrübələrdə elodea yarpaqları gövdədən ayrılaraq müxtəlif müddətlərdə (1, 30, 60 və 1110 dəq) SPION məhlulunda saxlanmışdır. Hər dəfə yarpaqlardan biri məhluldan götürülərək distillə

suyunda bir neçə dəfə yuyulmuş, qurudulmuş və çəkisi təyin edildikdən sonra EPR signalı çəkilmişdir. EPR signalının amplitudu çəkiyə görə normallaşdırılmışdır. Şəkil 4-də bu təcrübələrin nəticələri göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi ekspozisiya müddəti artdıqca EPR signalının amplitudu artır. Aparılan təcrübələrdə EPR siqnallarının amplitudu dəyişsə də onların forması eyni qalır. Lakin, EPR siqnalların hansı nanohissəciklərin – hüceyrənin səthinə adsorbsiya olunmuş, yaxud hüceyrə daxilində toplanmış nanohissəciklərin siqnalları olduğunu ayırd etmək çətindir. Bu məsələni aydınlaşdırmaq üçün nanohissəciklərin elodea bitkisinin kökündə, gövdəsində və yarpaqlarında hərəkəti araşdırılmışdır.



Şəkil 4. SPION məhlulunda saxlanmış elodea bitkisi yarpaqlarında EPR signalının amplitudunun ekspozisiya müddətindən asılılığı.

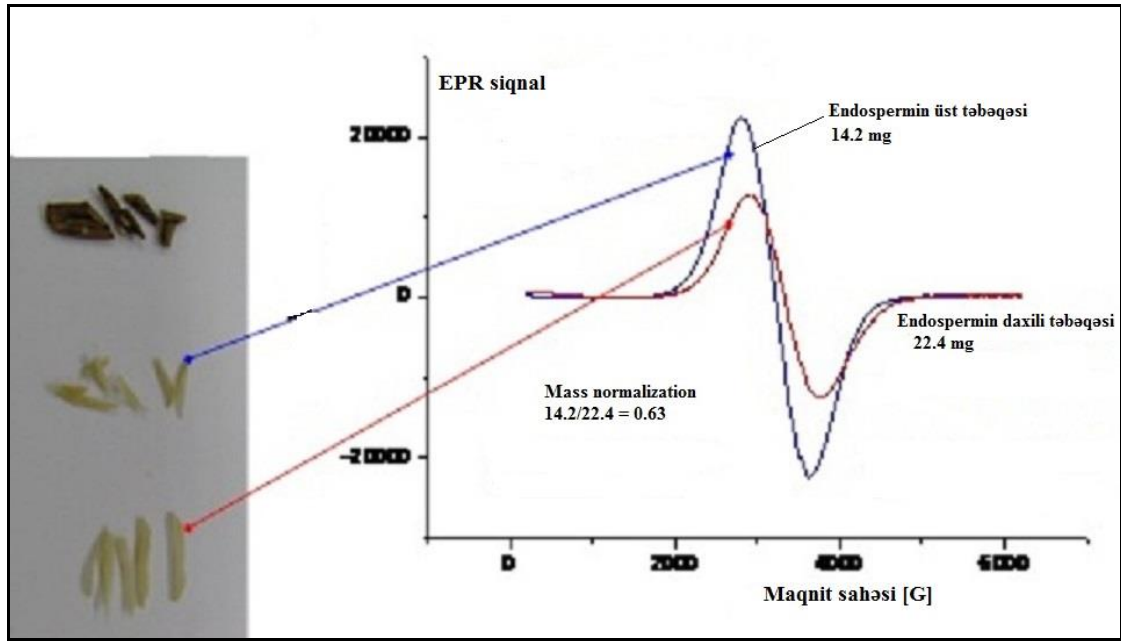




Şəkil 6. Dəmir nanohissəciklərinin elodea bitkisinin müxtəlif nahiyyələrindən götürülmüş yarpaqlarında EPR siqnalları.

Təcrübələrin birində elodea bitkisi budağının kəsilmiş hissəsindən iti uclu kapilyar şüşə ilə SPION məhlulu inyeksiya edilmiş, başqa bir təcrübədə isə elodea budağının bir hissəsi SPION olan məhlulda, digər hissəsi isə akvarium suyunda müxtəlif müddətlərdə saxlanmışdır. Təcrübələrin metodik təsviri Şəkil 5-də verilmişdir. Elodea bitkisini budağının gövdə hissəsindən SPION məhlulunun inyeksiyası müvəf-

fəqiyyətli olmamışdır. Belə ki, gövdənin inyeksiya edilən hissəsi bir müddətdən sonra nativliyini itirmiş, dəmir nanohissəcikləri aqlomeratlar əmələ gətirmiş və bu aqlomeratlardan nanohissəciklər gövdəyə və yarpaqlara yayılmamışdır. Eləcə də elodeanın suda qalmış hissələrində, gövdə və yarpaq nümunələrində heç bir EPR siqnalı alınmamışdır.



Şəkil 7. Dəmir nanohissəciyində saxlanmış lobya toxumunun müxtəlif hissələrindən götürülmüş nümunələrdə EPR siqnalı.

Lakin elodea bitkisinin bir hissəsini (hətta rizoid köklərini) SPION məhlulunda saxlayıb, digər hissəsini adi suda saxladıqda EPR siqnalları həm məhlulda, həm də adi suda saxlanmış hissəsindən götürülən nümunələrdə müşahidə edilmişdir. SPION məhlulunda saxlanmış hissəsindən götürülən nümunələrdə EPR siqnalı daha güclü olmuşdur. Həmin budağın adi suda qalan hissəsindən götürülmüş yarpaqlarda və gövdədə EPR siqnalı zəif olsa da müşahidə edilmişdir. Təcrübənin nəticələri Şəkil 6-da göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi, elodeanın SPION məhlulunda qalmış hissəsindən götürülmüş nümunələrdə EPR siqnalının amplitudu xeyli böyük olmuşdur (A), lakin gövdənin adi suda qalmış hissəsindən götürülmüş nümunələrdə EPR siqnalı zəif (B) olmuşdur. Gövdənin uc hissələrində (C) isə EPR siqnalı müşahidə edilməmişdir. Elodeanın SPION məhlulunda saxlanma müddəti bəzən 7 gün olmuşdur. Lakin onun adi suda qalmış uc hissələrində EPR siqnalını müşahidə etmək mümkün olmamışdır. Digər təcrübələrdə elodeanın kökləri (rizoidləri, yalançı kökləri) birbaşa dəmir nanohissəciklərində, yarpaqlar olan hissəsi isə adi suda 7 gün saxlanmış, sonra həm kökdə, həm də yarpaqda EPR siqnalları çəkilmişdir və kökdə güclü EPR siqnal aşkar edilmişdir. Lakin gövdənin adi suda qalan hissəsindən götürülən yarpaqlarda EPR siqnalı müşahidə edilməmişdir. Bu təcrübələrin nəticələri göstərir ki, dəmir nanohissəcikləri elodeanın köklərinə də sorula bilər, lakin onlar köklərdən gövdəyə hərəkət edə bilmirlər. Bunun səbəbini aydınlaşdırmaq üçün dəmir nanohissəciklərin gövdədə və yarpaqlarda olan üzvü maddələrlə (bioloji makromolekullar) qarşılıqlı təsirini öyrənmək tələb olunur.

Təcrübələrdə həmçinin dəmir nanohissəciklərin bitkilərin toxumlarına daxil olması da EPR üsulu ilə tədqiq edilmişdir. Toxumlar dəmir nanohissəciyi olan məhlulda 24 saat saxlandıqdan sonra onların qabığından, endosperm və rüşeym zonasından nümunələr götürülərək, EPR siqnalı çəkilmişdir. Müxtəlif bitkilərin (lobya, qarğıdalı, noxud, buğda, mərəcimək, balqabaq, paxla) toxumlarında dəmir nanohissəciklərinin EPR siqnalları yoxlanmışdır. Şəkil 7-də lobya toxumunda dəmir nanohissəciyinin EPR siqnalı göstərilmişdir. Təcrübələr göstərmişdir ki, dəmir nanohissəciklərinin EPR siqnalı toxumların həm qabığında və həm də endospermdə müşahidə olunur. Bütün toxumlarda EPR siqnalı müşahidə olunmuşdur. Lakin balqabaq toxumlarının daxili ikinci nazik qabığını dəmir nanohissəcikləri keçə bilmir. Odur ki, balqabaq toxumunun endosperm təbəqəsində EPR siqnalı müşahidə olunmur.

Beləliklə, nanohissəciklərin bitki hüceyrələrinə daxil olub olmamasını sübut etmək, onların toxumlara sorulmasını, bitkilərin orqanlarında hərəkətini və lokalizasiyasını yoxlamaq məqsədi ilə aparılan təcrübələrdə EPR metodu ilə dəmir nanohissəciklərin elodea yarpaq hüceyrələrinə daxil olması, onların gövdəyə və yarpaqlara hərəkətinə baxılmışdır. Məlum olmuşdur ki, dəmir nanohissəcikləri ekspozisiya müddətindən asılı olaraq elodea hüceyrələrinin səthinə adsorbsiya oluna bilər və hüceyrə daxilində keçərək simplast yolu ilə və ya hüceyrələr arasında fəzada apoplast yolu ilə gövdəyə, yarpaqlara yayıla bilər. Təcrübələrdə EPR üsulu ilə dəmir nanohissəciklərinin bitkilərin toxumlarına sorulması da aşkar edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, nanohissəciklər bitkilərin toxumlarına sorularaq rüşeym zonasına qədər nüfuz edə bilərlər.

## ƏDƏBİYYAT

- Ahmadov I.S., Crittin M., Khalilov R., Ramazanov M., Schaer M., Matus P., Digigow R., Fink A., Forró L., Sienkiewicz A.** (2013) Tracking up-conversion nano-phosphors and superparamagnetic iron oxide nanoparticles in aquatic plants: ESR and confocal microscopy assays. *SSD 10th edition, Paul Scherrer Institute Villigen*.
- Ahmadov I.S., Ramazanov M.A., Sienkiewicz A., Forro L.** (2014) Uptake and intracellular trafficking of superparamagnetic iron oxide nanoparticles (spions) in plants. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, **9(3)**: 1149 – 1157.
- Cyren M.R., Sanghamitra M., Duarte-Gardea M., Peralta-Videa J.R., Gardea-Torresdey J.L.** (2011) Interaction of nanoparticles with edible plants and their possible implications in the food chain. *J. Agric. Food Chem.*, **59**: 3485–3498
- Lin S., Reppert J., Hu Q., Hudson J.S.; Reid M.L., Ratnikova T.A., Rao A.M., Luo H., Ke P.C.** (2009) Uptake, translocation, and transmission of carbon nanomaterials in rice plants. *Small*, **5**: 1128–1132.
- Sutapa B., Mitragotri S.** (2014) Challenges associated with penetration of nanoparticles across cell and tissue barriers: A review of current status and future prospects. *Nano Today*, **9(2)**: 223–243.
- Sun D., Hussain H.I., Yi Z., Siegle R., Cresswell T., Kong L., Cahill D.M.** (2014) Uptake and cellular distribution, in four plant species, of fluorescently labeled mesoporous silica nanoparticles. *Plant Cell Rep.*, **33(8)**: 1389-1402.
- Serag M.F., Kaji N., Venturelli E., Okamoto Y., Terasaka K., Tokeshi M., Mizukami H., Ugent K.B., Bianco A., Baba Y.** (2011) Trafficking and subcellular localization of multiwalled carbon nanotubes in plant cells. *ACS Nano*, **5**: 493-499
- Shaymurat T., Gu J., Xu C., Yang Z., Zhao Q., Liu Y., Liu Y.** (2012) Phytotoxic and genotoxic effects of ZnO nanoparticles on garlic (*Allium sativum* L.). *Nanotoxicology*, **6(3)**: 241-248.
- Tan, X.M., Fugetsu B.** (2007) Multi-walled carbon nanotubes interact with cultured rice cells: evidence of a self-defense response. *J. Biomed. Nanotechnol.*, **3**: 285–288
- Tiantian W., Jing B., Xiue J. et al.** (2012) Cellular Uptake of nanoparticles by membrane penetration: A Study combining confocal microscopy with FTIR spectroelectrochemistry. *ACS Nano*, **6(2)**: 1251–1259
- Plants can accumulate nanoparticles in tissues** (2008) Science Daily of University of Delaware. [www.sciencedaily.com/releases/2008/11/081112093348.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2008/11/081112093348.htm)
- Wang Q.D.** (2011) Phytotoxicity of silver nanoparticles to *Arabidopsis thaliana* in hydroponic and soil systems. *Southern Illinois University Carbondale*, 184 p.
- Ying-Qing D., Jason C.W., Bao-Shan X.** (2014) Interactions between engineered nanomaterials and agricultural crops: implications for food safety. *J. Zhejiang Univ-SciA (Appl. Phys. & Eng.)*, **15(8)**: 552-572.
- Zhao L.J., Peralta-Videa J.R., Ren M.H. Varela-Ramirez A., Li C., Hernandez-Viezcas J. A., Aguilera R.J., Gardea-Torresdey J.L.** (2012) Transport of Zn in a sandy loam soil treated with ZnONPs and uptake by corn plants: electron microprobe and confocal microscopy studies. *Chemical Engineering Journal*, **184**:1-8
- Zhang Z.Y., He X., Zhang H.F., Zhang H., Ma Y., Zhang P., Ding Y., Zhao Y.** (2011) Uptake and distribution of ceria nanoparticles in cucumber plants. *Metallomics*, **3(8)**:816-822
- Zhou D., Jin S., Li L., Jin S.Y., Li L.Z., Wang Y., Weng N.Y.** (2011) Quantifying the adsorption and uptake of CuO nanoparticles by wheat root based on chemical extractions. *Journal of Environmental Sciences*, **23(11)**: 1852-1857.
- Zhu H., Han J., Xiao J.Q., Jin Y.** (2008) Uptake, translocation, and accumulation of manufactured iron oxide nanoparticles by pumpkin plants. *J. Environ.Monitor.*, **10**:713–717.

## **Поглощение Наночастиц В Растениях И Их Передвижение В Органах**

**И.С. Ахмедов, В.Н. Рамазанлы, М.А. Рамазанов**

*Бакинский государственный университет*

В проведенных исследованиях был применен новый метод, который позволяет следить за поглощением, передвижением и локализацией наночастиц в растениях и их органах. Для этого, используя наночастицы оксида железа методом ЭПР, были исследованы их абсорбция в корневые клетки и распространение на листьях. Анализы ЭПР сигналов листьев Элодеи, выдержанные в растворах наночастиц железа подтвердили, что наночастицы могут поглощаться клетками растений и распространяться по органам. Также показано, что наночастицы железа проникают в семена растений.

**Ключевые слова:** *Наночастицы, растения, растительные органы, ЭПР, поглощение наночастиц, передвижение наночастиц*

## **Uptake Of Nanoparticles In Plants And Their Trafficking In Organs**

**I.S. Ahmadov, V.N. Ramazanli, M.A. Ramazanov**

*Baku State University*

In the study a new method has been applied, which allows us to identify the absorption, movement and localization of nanoparticles in plants. To do this, absorption of nanoparticles into root cells and their spread in the leaves have been investigated by EPR using iron oxide nanoparticles. The analysis of the EPR signals of elodea leaves, soaked in solutions of iron nanoparticles is confirms that nanoparticles can be absorbed by the plant cells and spread to organs. Iron nanoparticles have been also shown to penetrate the plant seeds.

**Key words:** *Nanoparticles, plants, plant organs, EPR, absorption nanoparticles, nanoparticle movement*