



ВЛИЯНИЕ НА ПРОДЪЛЖИТЕЛНО ОБЛЪЧВАНЕ С GSM900 ЕЛЕКТРОМАГНИТНИ ПОЛЕТА ВЪРХУ ЕНЗИМНАТА АКТИВНОСТ В ЛИСТА ОТ ГРАХ (*PISUM SATIVUM* L.)
EFFECTS OF PROLONGED EXPOSURE TO GSM900 ELECTROMAGNETIC FIELDS ON ENZYME ACTIVITY IN LEAVES OF PEAS (*PISUM SATIVUM* L.)

**Маргарита Кузманова^{1*}, Милена Димитрова², Даниела Драголова²,
Габриела Атанасова³, Николай Атанасов⁴**
**Margarita Kouzmanova^{1*}, Milena Dimitrova², Daniela Dragolova²,
Gabriela Atanassova³, Nikolai Atanassov⁴**

¹ Катедра „Биофизика и радиобиология“

² Катедра „Физиология на растенията“

Биологически факултет, Софийски университет „Св. Кл. Охридски“

³ Катедра „Телекомуникационни технологии“

⁴ Катедра „Безжични комуникации и разпръскване“

ВДУ „Колеж по телекомуникации и пощи“

¹Department of Biophysics and Radiobiology,

²Department of Plant Physiology

¹St. Kliment Ohridski University of Sofia, Faculty of Biology, Sofia, Bulgaria

³Department of Telecommunication Technologies

⁴Department of Wireless Communications and Broadcasting
Higher College of Telecommunications and Posts

*E-mail: kouzmanova@biofac.uni-sofia.bg

Резюме

Изследванията на влиянието на радиочестотни електромагнитни полета (РЧ ЕМП) върху растения са малко, но резултатите показват, че растенията реагират на ЕМП, използвани в мобилните комуникации. Целта на настоящата работа е да се изследва влиянието на продължително облъчване с ЕМП, симулиращо излъчване от базова станция в режим на максимално натоварване, върху ензимната активност в листа от грахови растения (*Pisum sativum* L.), сорт РАН–1. Растенията са разделени на 3 групи по 5 растения: контрола, лъжливо експонирани и експонирани. Експонираните растения са облъчвани в продължение на 14 дни по 1 час на ден с хомогенна електрична компонента 42,6 V/m на 947,5 MHz непрекъснато ЕМП, което симулира излъчване от базова станция в час пик. Определяна е активността на дихателни ензими (*изоцитрат дехидрогеназа*, *глюкозо-6-фосфат дехидрогеназа* и *малик ензим*) и пероксидази (*каталаза*, *гваякол пероксидаза* и *аскорбат пероксидаза*).

Получените резултати показват, че продължителното облъчване на грахови растения през тъмния период с хомогенна електрична компонента непрекъснато ЕМП, симулиращо излъчването от базова станция в час пик, не предизвиква изменения в активността на дихателни и антиоксидантни ензими в листата.

Abstract

Studies on the effects of radio frequency electromagnetic fields (RF EMF) on plants are few in number but the results suggest that plants respond to EMF used in mobile communications. The purpose of this work is to investigate the effects of prolonged base station EMF exposure on the enzyme activity in leaves of pea plants *Pisum sativum* L., variety RAN-1. Plants were divided into 3 groups of 5 plants: control, exposed and sham exposed. Exposed plants were irradiated for 14 days, 1 hour daily with a homogeneous electric component 42,6 V/m of 947,5 MHz continuous EMF simulating the emission of a BS during a rush hour. The activity of several respiratory enzymes (isocitrat dehydrogenase, glucose-6-phosphate dehydrogenase and malic enzyme) and peroxidases (catalase, ascorbate peroxidase and guaiacol peroxidase) was measured.

The obtained results showed that prolonged exposure of pea plants during the dark period to homogeneous continuous electrical component of EMF radiation, simulating a base station during a rush hour, did not cause changes in the activity of respiratory and antioxidant enzymes in the leaves.

Ключови думи: 900 MHz електромагнитно поле, мобилни телефони, културни растения, ензимна активност.

Key words: 900 MHz electromagnetic fields, mobile phones, crop plants, enzyme activity.

ВЪВЕДЕНИЕ

Широкото разпространение на клетъчните телефони поражда тревоги в обществото за потенциалното действие на създаваното от тях електромагнитно поле (ЕМП) върху здравето на човека. Друга област на безпокойство е радиацията, излъчвана от фиксираната инфраструктура, използвана в мобилните комуникации – базови станции и техните антени, които осъществяват връзката от и към мобилните станции (телефони). За разлика от мобилния телефон те излъчват непрекъснато и са по-мощни. На излъчването е изложено не само населението, а и флората, и фауната в районите около базовите станции, които стават все по-близо една до друга. GSM900 е цифров стандарт за мобилна връзка в честотния диапазон от 890 до 960 MHz. Връзката е на разстояние не повече от 35 km от най-близката базова станция (БС). Затова за покриване на определена площ е необходим по-голям брой предаватели. Изключително бързото и широко разпространение на различни комуникационни системи през последните години води до непрекъснато изграждане на нови и нови базови станции и увеличаване на нивата на радиочестотния (РЧ) електромагнитен фон не само в населените места, а и в отдалечените от тях райони.

По-голямата част от научните изследвания на ефектите на РЧ електромагнитни полета (ЕМП) са мотивирани от тревогите в обществото относно последиците от облъчването от мобилните телефони за здравето на хората и са проведени върху животни. Изследванията на влиянието на РЧ ЕМП върху растения са малко, но резултатите показват, че растенията също реагират на ЕМП, излъчвани от мобилните телефони. Оценката на въздействието на РЧ ЕМП върху растенията има голямо значение поради изключителната им важност като основен първичен продуцент на органични вещества и кислород.

Magone [1996] използва чувствителното водно растение *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleiden за оценка на влиянието на радиолокационна станция в Латвия (156–162 MHz, 5 дни експониране) и установява ускорена вегетативна репродукция през първите 20 дни след въздействието. Вегетативното развитие е забавено при растения в началните етапи на развитието им. На 55-тия ден започват да се появяват различни аномалии в морфологията и развитието. Растенията, развили се напълно като дъщерно поколение по време на ЕМ въздействие, имат по-къса продължителност на живота и по-малобройно поколение. Tafforgeau и съавт. [2004] изследват влиянието на 100 GHz ЕМП върху лен (*Linum usitatissimum* L. var Ariane). Еднократно 2 h експониране

със 105 GHz при нетермични нива индуцира образуването на меристема с кинетика, сходна на получената при слаби въздействия от околната среда и облъчване с GSM телефони.

При изследване на влиянието на 10 min въздействие с нискоинтензивно 900 MHz ЕМП върху доматени растения (*Lycopersicon esculentum* Mill. VFN8) са получени доказателства, че те възприемат и реагират на ЕМП като на увреждане (нараняване). Високочестотното ЕМП е стимул, който повлиява генната експресия, транскрипцията, трансляцията, както и нивата на калций и енергийния баланс на доматените растения [Beaubois, 2007; Roux, 2008; Vian, 2006].

Някои автори изследват оксидативните ефекти на излъчването от мобилни телефони върху растения. Tkalec и съавт. [2005, 2007] изследват влиянието на РЧ ЕМП (400 MHz, 900 MHz и 1.9 GHz; 2, 4 и 14 h) върху развитието на водна леща (*Lemna minor*) и параметри на оксидативния стрес. Получените резултати показват, че изследваните РЧ ЕМП, особено 900 MHz, индуцират оксидативен стрес (увеличено ПОЛ и съдържание на H_2O_2 , съпътствано от намалена активност на антиоксидантни ензими) и могат да повлияят развитието на растенията. Оксидативният стрес може частично да се дължи на променената активност на антиоксидантни ензими. Наблюдаваните реакции зависят от честотата на ЕМП, интензитета, модулацията, както и от времето на въздействие.

Sharma et al. [2009, 2010] показват, че ЕМП от клетъчни телефони ($8.55 \mu W cm^{-2}$; 900 MHz; for 1/2, 1, 2, and 4 h) потиска покълването (при експониране ≥ 2 h) и нарастването на корена и кълна (≤ 1 h) при *Vigna radiata* (папуда, вид боб). ЕМП от клетъчни телефони увеличава съдържанието на МДА и H_2O_2 , така индуцира оксидативен стрес и увреждане на клетката. В отговор на ЕМП се повишава активността на антиоксидантни ензими, като СОД, аскорбат пероксидаза, гваякол пероксидаза, каталаза и глутатион редуктаза в корените на папуда. Авторите считат, че предизвиканият от излъчването на клетъчните телефони оксидативен стрес е причина за забавеното развитие на корена на папудата, независимо от активирането на антиоксидантните ензими. ЕМП повлиява растежа и развитието на растенията, понижава съдържанието на белтъци и въглехидрати. Активността на ензимите протеаза, алфа-амилаза, бета-амилаза, полифенол оксидаза и пероксидаза се увеличава в коренчетата на облъчените растения, което показва тяхната роля в защитата срещу индуцирания от ЕМП стрес.



Резултатите от наши предишни изследвания показваха, че еднократно облъчване (1 или 2 часа) на декоративното растение *Plectranthus sp.* и на културните растения пшеница (*Triticum aestivum*) и царевица (*Zea mays*) с 900 MHz ЕМП, излъчвано от мобилен телефон, променя ензимната активност, съдържанието на пролин, малондиалдехид и водороден пероксид в листата, като наличието и посоката на измененията зависят от вида на растението, от времето на въздействие, както и от времето, изминало след прекратяване на въздействието [Kouzmanova 2009, Dimitrova, 2008].

Въпросът дали РЧ ЕМП от клетъчните телефони предизвикват оксидативен стрес и повлияват антиоксидантната защита е особено интересен.

Целта на настоящата работа е да се изследва влиянието на продължително (14 дни, 1 час дневно) облъчване с електромагнитно поле, симулиращо излъчване от базова станция в режим на максимално натоварване, върху ензимната активност в листа от грахови растения (*Pisum sativum L.*).

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Отглеждане на растенията

Граховите растения са отглеждани в течна хранителна среда (КНОП) във фитостатна камера при стайна температура, осветеност $160 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ и фотопериод светло/тъмно 12/12 h.

Облъчване с GSM900 ЕМП

Едно от основните изисквания при провеждане на експерименти с биологични обекти е обектите да бъдат изолирани от влиянието на други полета, както и стриктно да се контролират параметрите на изследваното поле. За тази цел бе конструирана камера за облъчване, базирана на обменен резонатор. Тя осигурява хомогенност на електрическото поле. За обектите, поставени в тази камера, може с достатъчно добра точност да се определи погълнатата доза. Размерите на камерата (128 mm) налагат ограничения в размерите на изследваните обекти. Обект с подходящи размери за облъчване с ЕМП в тази камера е нискораслият сорт РАН-1 на грах (*Pisum sativum L.*).

Растенията са разделени на 3 групи по 5 растения: контрола, лъжливо експонирани и експонирани. Лъжливо експонирани и експонирани растения са поставяни в камерата 30 min след началото на тъмния период за 1 час на ден от първия ден след тяхното засаждане до 14-тия ден. Експонирани растения са облъчвани в продължение на 14 дни по 1 час на ден с хомогенна електрична компонента $42,6 \text{ V/m}$ на 947,5 MHz непрекъснато ЕМП, което симулира излъчване от БС в час пик. БС излъчват с максимална мощност в периода с най-голям трафик (час пик), който е със средна продължителност 1 час на ден. През този

период излъчването е практически непрекъснато. Направени са 4 повторения. Ензимната активност е определяна след последното облъчване.

Определяне на ензимна активност

Активността на *изоцитрат дехидрогеназа* (ИЦДХ; ЕС 1.1.1.42), *глюкозо-6-фосфат дехидрогеназа* (Г-6-ФДХ, ЕС 1.1.1.49) и *малик ензим* (ЕС 1.1.1.40) е определяна по скоростта на редуциране на NADP^+ [Van Assche, 1988].

Каталазата (ЕС 1.11.1.6) катализира дисмутацията на водородния пероксид във вода и кислород. Активността ѝ е определяна по скоростта на дисмутация на H_2O_2 [Bergmeyer, 1974].

Гваякол пероксидазата (ГПО, ЕС 1.11.1.7) катализира окисляването на различни съединения чрез водороден пероксид. Тя изразява общата (неспецифичната) пероксидазна активност на растителната клетка. Активността на *гваякол пероксидазата* се определя при използване на гваякола като електронен донор. Една ензимна единица е количеството ензим, образуващо $1 \mu\text{mol}$ тетрагваякол за 1 min при 25°C [Bergmeyer, 1974].

Аскорбат пероксидазата (АПО, ЕС 1.11.1.11) редуцира H_2O_2 до H_2O в хлоропластите и цитоплазмата, използвайки аскорбиновата киселина като електронен донор. В анализа е определяно окисляването на аскорбиновата киселина [Gerbling, 1984].

Активността на ензимите е изразена в ензимни единици на грам свежо тегло листна маса (U/g). (Една ензимна единица е количеството ензим, разграждащо $1 \mu\text{mol}$ субстрат за 1 min при 25°C .)

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

НАДФ.Н-зависими ензими

Никотинамидадениндинуклеотидфосфат (НАДФ) е широко разпространен в природата коензим на някои дехидрогенази. НАДФ.Н е важен донор на електрони в множество анаболитни реакции.

Изоцитрат дехидрогеназата (ИЦДХ) е ензим от цикъла на трикарбоновите киселини (цикъл на Кребс). В еукариотите се среща в две форми: НАД^+ -свързан ензим (ЕС 1.1.1.41), намерен само в митохондриите, и НАДФ^+ -свързан ензим (ЕС 1.1.1.42), който се намира в митохондриите и в цитоплазмата. ИЦДХ катализира една от необратимите реакции в трикарбоновия цикъл и поради това активността му трябва да бъде строго регулирана. Растителната НАДФ-ИЦДХ е локализирана предимно в цитозола. Цитозолната НАДФ-ИЦДХ е основният катализатор в образуването на α -КГ, необходим за усвояването на азота. Това е преобладаващата форма на ензима в екстракти от листа.

При животни, дрожди и бактерии НАДФ-ИЦДХ е основен компонент на антиоксидантните защитни механизми. За растителните клетки има малко информация за антиоксидантните свойства на НАДФ-ИЦДХ. Данни, получени от Leterrier et al. [2007], показват, че в грахови растения цитозолната НАДФ-ИЦДХ показва различен отговор в зависимост от типа абиотичен стрес. Авторите предполагат, че в растенията тази дехидрогеназа може да играе защитна роля срещу някои стресови фактори на средата.

Глюкозо-6-фосфат дехидрогеназата (Г-6-ФДХ) е цитозолен ензим от пентозофосфатния цикъл (ПФЦ). При висшите растения са установени няколко изоформи на Г-6-ФДХ, локализирани в цитозола, стромата на пластидите и в пероксизомите. Г-6-ФДХ е скорост-лимитиращ ензим в ПФЦ, който определя количеството НАДФ.Н, като контролира метаболизма на глюкозата в ПФЦ.

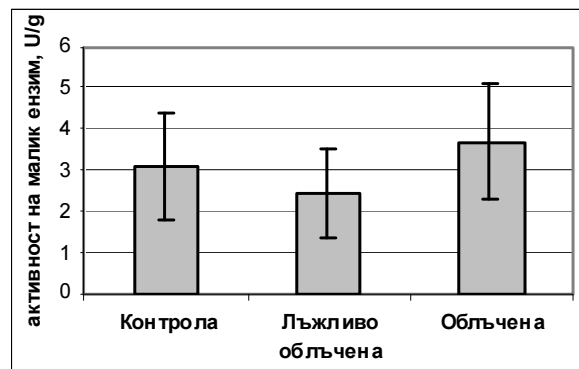
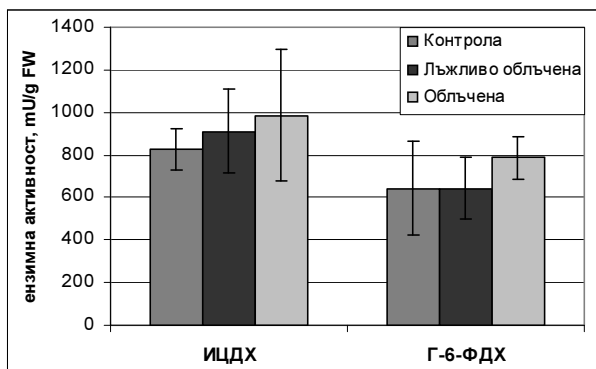
Малик ензимът (malate dehydrogenase (oxaloacetate-decarboxylating) (NADP⁺), EC 1.1.1.40) катализира превръщането на ябълчената киселина в пирогроздена, при което НАДФ⁺ се редуцира до НАДФ.Н.

НАДФ-малик ензимът (НАДФ-МЕ) катализира декарбоксилирането на малат до пируват и е открит в почти всички тъкани и органи на C₃ растенията – листа, етиолирани тъкани, семена, корени, плодове (Edwards and Andreo, 1992), както и при C₄ растенията (Schnabl, 1981). Намира се в хлоропластите или цитоплазмата. Заедно с фосфоенолпируваткарбоксилазата регулира киселинността в клетките, а в комбинация с НАД-малат дехидрогеназата участва в превръщането на НАДН в НАДФ.Н. Има сведения за участието на този ензим в стресовите отговори (Casati et al., 2000).

На фиг. 1 са представени резултатите от измерените активности на НАДФ.Н-зависимите ензими след 14-дневно облъчване на грахови растения с ЕМП, имитиращо излъчване от базова станция в час пик. Няма статистически достоверни промени в ензимната активност.

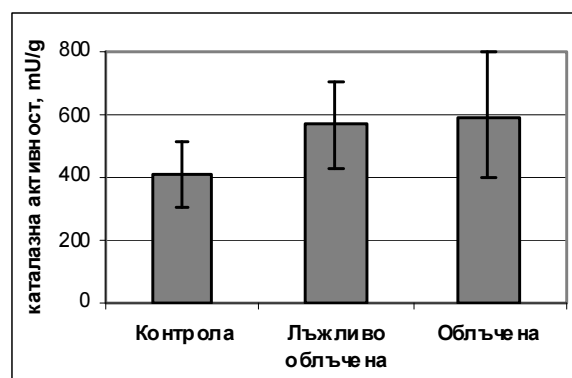
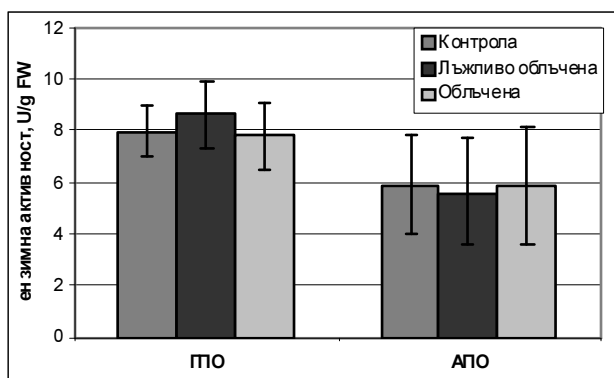
Ензими, обезвреждащи водороден пероксид

Водородният пероксид (H₂O₂) е токсичен страничен продукт от клетъчния метаболизъм. Неговата концентрация в клетките строго се контролира и постоянството ѝ е критерий за поддържане на хомеостазата. При взаимодействие на водороден пероксид с йони на преходни метали се получава хидроксилен радикал, който е най-реактивният радикал, образуващ се *in vivo*. Активните форми на кислорода предизвикват оксидативни увреждания, които могат да причинят прекисно окисление на липиди, инактивиране на белтъци, ДНК мутации и клетъчна смърт [Gechev, 2005]. За да се предотвратят уврежданията, H₂O₂ трябва бързо да се превърне в други, по-малко вредни субстанции. За тази цел клетките използват ензими – пероксидази (EC 1.11.1). *Каталазата* (EC 1.11.1.6) е често срещан ензим, открит в почти всички аеробни организми. Тя катализира превръщането на водородния пероксид във вода и кислород. *Гваякол пероксидазата* (ГПО, EC 1.11.1.7) катализира окисляването на различни съединения чрез водороден пероксид. Тя изразява общата (неспецифичната) пероксидазна активност на растителната клетка. *Аскорбат пероксидазата* (АПО, EC 1.11.1.11) обезврежда пероксиди (H₂O₂), използвайки аскорбат като субстрат – пренася електрони от аскорбата към H₂O₂, при което се получават дехидроаскорбат и вода. АПО е важен компонент на глутатион-аскорбатния цикъл.



Фиг. 1. Активност на НАДФ.Н-зависимите ензими след облъчване на грах (*Pisum sativum*) в продължение на 14 дни по 1 час на ден с хомогенна електрична компонента 42,6 V/m на 947,5 MHz непрекъснато ЕМП

Fig.1. Activity of NADP-dependent enzymes after exposure of pea (*Pisum sativum*) for 14 days, 1 hour a day with a homogeneous electric component 42,6 V/m to 947,5 MHz constant EMF



Фиг. 2. Активност на ензимите, обезвреждащи водороден пероксид, след облъчване на грах (*Pisum sativum*) в продължение на 14 дни по 1 час на ден с хомогенна електрична компонента 42,6 V/m на 947,5 MHz непрекъснато ЕМП
Fig.2. Activity of enzymes disposal hydrogen peroxide, after exposure of pea (*Pisum sativum*) for 14 days, 1 hour a day with a homogeneous electric component 42,6 V/m to 947,5 MHz constant EMF

След 14-дневно облъчване на грахови растения през тъмния период с ЕМП, имитиращо излъчване от базова станция в час пик, няма статистически достоверни промени в ензимната активност и на пероксидазите (фиг. 2).

Тези резултати са в противоречие с резултатите на други автори, съобщаващи за промяна в активността на различни ензими под действие на 900 MHz ЕМП. Това може да се дължи на няколко причини. Облъчването не е еднократно, а продължително – 14 дни, и растенията имат време да се адаптират към прилаганото ЕМП. В предишните наши експерименти използваното импулсно 900 MHz ЕМП, излъчвано от мобилен телефон, модифицира ензимната активност [Kouzmanova 2009, Dimitrova, 2008]. В настоящия експеримент ЕМП, симулиращо излъчване от базова станция в час пик, е непрекъснато и растенията са изложени само на електричната компонента. Импулсните ЕМП са биологично по-ефективни от постоянните. Липсата на ефект може да се дължи на различните условия на въздействие – време на въздействие, параметри на ЕМП.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получените резултати показват, че облъчването на грахови растения в продължение на 14 дни по 1 час на ден през тъмния период с хомогенна електрична компонента 42,6 V/m на 947,5 MHz непрекъснато ЕМП, симулиращо излъчването от базова станция в час пик, не предизвиква изменения в активността на дихателни и антиоксидантни ензими в листата.

ЛИТЕРАТУРА

- Beaubois, E., S. Girard, S. Lallechere, E. Davies, F. Paladian, P. Bonnet, G. Ledoigt, A. Vian, 2007. Intercellular communication in plants: evidence for two rapidly transmitted systemic signals generated in response to electromagnetic field stimulation in tomato. – *Plant Cell Environ*; 30 (7) 834-844.
- Bergmeyer, H.U., K. Gawehn, M. Grassl, 1974. Enzymes as biochemical reagents. – In: H. U. Bergmeyer (Ed), *Methods in Enzymatic Analysis*, Academic Press, New York, 425-522.
- Casati, P., M. V. Lara, C. S. Andreo, 2000. Induction of a C₄-like mechanism of CO₂ fixation in *Egeria densa*, a submerged aquatic species. – *Plant Physiol.*, 123, 1611-1621.
- Gechev, Ts.S., J. Hille, 2005. Hydrogen peroxide as a signal controlling plant programmed cell death. – *The Journal of Cell Biology*, 168(1):17-20.
- Gerbling, K. P., J. K., Grahame, K. H. Fischer, E. Latzko, 1984. Partial purification and properties of soluble ascorbate peroxidase from pea leaves. – *J. Plant Physiol*, 115, 59-67.
- Dimitrova, M., D. Dragolova, M. Kouzmanova, 2009. Alternation in enzyme activities in leaves after exposure of wheat plants (*Triticum Aestivum*) to 900 MHz electromagnetic fields. – In: *Biotechnology, Series F, Special volume, 2nd Int. Symp. "New Researches in Biotechnology"*, Bucharest, 309-316.
- Edwards, G. E., C. S. Andreo, 1992. NADP – malic enzymes from plants. – *Phytochemistry*, 31, 1845-1857.

- Kouzmanova, M., M. Dimitrova, D. Dragolova, G. Atanasova, N. Atanasov, 2009. Alterations in enzyme activities in leaves after exposure of *Plectranthus* sp. plants to 900 MHz electromagnetic field. – *Biothechnology and Biotechnological Equipment Special Edition*, 23 (2):611-615.
- Leterrier, M., L.A Del Rho., F.J. Corpas, 2007. Cytosolic NADP-isocitrate dehydrogenase of pea plants: genomic clone characterization and functional analysis under abiotic stress conditions. – *Free Radic Res*, 41(2):191-199.
- Magone, I., 1996. The effect of electromagnetic radiation from the Skrunđa Radio Location Station on *Spirodela polyrhiza* (L) Schleiden cultures. – *Sci Total Environ*; 180 (1)75-80.
- Roux, D., A. Vian, S. Girard, P. Bonnet, F. Paladian, E. Davies, G. Ledoigt 2008. High frequency (900 MHz) low amplitude (5 V m^{-1}) electromagnetic field: a genuine environmental stimulus that affects transcription, translation, calcium and energy charge in tomato. – *Planta*, 227 (4), 883-891.
- Schnabl, H., 1981. The compartmentation of carboxylating and decarboxylating enzymes in guard cell protoplasts. – *Planta* 152, 307-313.
- Sharma, V.P., H.P. Singh, R.K. Kohli, D.R. Batish, 2009. Mobile phone radiation inhibits *Vigna radiata* (mung bean) root growth by inducing oxidative stress. – *Sci Total Environ*, 407:5543-5547.
- Sharma, V.P., H.P. Singh, D.R. Batish, R.K. Kohli, 2010. Cell phone radiations affect early growth of *Vigna radiata* (mung bean) through biochemical alterations. – *Z. Naturforsch C*; 65 (1-2): 66-72.
- Tafforeau, M., M.C. Verdus, V. Norris, G.J. White, M. Cole, M. Demarty, M. Thellier, C. Ripoll, 2004. Plant sensitivity to low intensity 105 GHz electromagnetic radiation. – *Bioelectromagnetics*; 25 (6), 403-407.
- Tkalec, M., K. Malaric, B. Pevalek-Kozlina, 2005. Influence of 400, 900, and 1900 MHz electromagnetic fields on *Lemna minor* growth and peroxidase activity. – *Bioelectromagnetics*, 26 (3) 185-193.
- Tkalec, M., K. Malaric, B. Pevalek-Kozlina, 2007. Exposure to radiofrequency radiation induces oxidative stress in duckweed *Lemna minor* L. – *Science of the Total Environment*, 388, 78-89.
- Van Assche, F., C. Cardinaels, H. Clijsters, 1988. Induction of enzyme capacity in plants as a result of heavy metal toxicity: doze-response relations in *Phaseolus vulgaris* L., treated with zinc and cadmium. – *Environm. Poll.*, 52, 103-115.
- Vian, A., D. Roux, S. Girard, P. Bonnet, F. Paladian, E. Davies, G. Ledoigt, 2006. Microwave Irradiation Affects Gene Expression in Plants. – *Plant Sign Behav*; 1 (2) 67-70.

Това изследване е финансирано от Софийския университет „Св. Кл. Охридски“, договор за научни изследвания № 007/30.03.2010 г.

Статията е приета на 12.07.2010 г.
Рецензент – доц. д-р Златко Златев
E-mail: zl_zlatev@abv.bg