

## Učinki šibkega sinusnega magnetnega polja na kalitev smreke v stresnih razmerah

### Effects of Weak Magnetic Field on Spruce seed germination under Stress Conditions

Romana RUŽIČ\*

**Izvešček:**  
Ružič, R.: Učinki šibkega magnetnega polja na kalitev smreke v stresnih razmerah. *Gozdarski vestnik*, št. 5-6/1998. V slovenščini, str. lit. 26.

Učinki šibkih magnetnih polj na rastlinah so včasih šibki ali slabo zaznavni. Članek predstavlja rezultate, ki kažejo, da se v nekaterih stresnih razmerah učinki pokažejo tudi tam, kjer jih v normalnih razmerah ni. Takšni rezultati bi lahko imeli pomeni za gozdno ekologijo.

**Glavne besede:** magnetna stimulacija, sinusno magnetno polje, klice smreke, rast in kalitev, polietilenglikol, pH, stresni pogoji.

**Abstract:**  
Ružič, R.: Effects of Weak Magnetic Field on Spruce seed germination under Stress Conditions. *Gozdarski vestnik*, No. 5-6/1998. In Slovene, lit. quot. 26.

The effects of weak magnetic fields on plants are sometimes weak and hardly detectable. However, the article represents the results, which indicate that magnetic field effects, absent under normal conditions, may be revealed under stress conditions. The results could be important for forest ecology.

**Key words:** magnetic stimulation, sinusoidal magnetic field, spruce seeds, growth and germination, Polyethylene glycol, pH, stressful environment.

## 1 UVOD

### 1 INTRODUCTION

Magnetna polja v naravi sestavljajo zemeljsko statično magnetno polje, ki izhaja iz lastnosti snovi v Zemlji in nihajoče (sinusoidno) magnetno polje, ki nastaja kot posledica pestrega elektromagnetnega dogajanja v ozračju. Statično magnetno polje pomeni, da je velikost polja (t.j. gostota magnetnega polja) vedno enaka. Če pa je polje nihajoče (sem spadajo sinusoidna in pulzna magnetna polja), pa njegova velikost narašča in pojenja z neko frekvenco. O elektromagnetnih poljih govorimo, kadar imamo izvor elektromagnetnega sevanja, ki se širi v prostor kot valovanje. Tuljava pa je naprava, s katero ustvarimo le magnetno polje, velikost električnega polja je zanemarljiva.

Velikost (t.j. gostota) statičnega zemeljskega magnetnega polja je okoli 0,05 mT. Vertikalna komponenta tega polja je največja na zemeljskih magnetnih polih (0,067 mT) in nič na magnetnem ekvatorju, horizontalna pa je največja na magnetnem ekvatorju (0,033 mT) in nič na magnetnih polih. Naravna nihajoča polja pa so zelo šibka t.j. reda velikosti 0,00003 mT in imajo svoje značilne frekvence t.j. Schumanove resonančne frekvence (7,8; 13,5; 19,1; 24,7... Hz). Polja, ki jih ustvarja človek s svojo tehnologijo (industrijske naprave, medicinski aparati, telekomunikacije, daljnovodi in električne naprave v domovih in uradih...), pa so močnejša (reda velikosti 0,0002 do več mT), predvsem pa frekvence (npr. 50 Hz) niso podobne naravnim. Statična in nihajoča magnetna polja moramo razločevati tudi zato, ker šibka statična magnetna polja, kakršno je zemeljsko, nimajo bioloških

\* Dr. R. R., dipl. biol. BION, Inštitut za bioelektromagnetiko in novo biologijo, Celovška 264, 1000 Ljubljana, SLO

učinkov, povsem drugače pa je pri nihajočih magnetnih poljih. (WILTSCHKO / WILTSCHKO 1995, cit. v RUŽIČ 1996).

Biološki učinki šibkih sinusoidnih magnetnih polj vzbujajo precej pozornosti v sodobnih bioelektromagnetnih raziskavah, predvsem zato, ker so ta polja zelo razširjena v našem vsakdanjem okolju, pa tudi zato, ker fizikalna razlaga učinkov šibkih magnetnih polj kljub številnim teorijam še ni povsem pojasnjena. Znano je, da so mladi, hitro rastoči organizmi, kot tudi organizmi, izpostavljeni različnim stresnim razmeram v okolju, bolj občutljivi na elektromagnetna polja (McLEOD et al. 1992, LEAL et al. 1992, BOLOGNANI et al. 1992, WEAVER 1993). Vzrok je verjetno v tem, ker so živi organizmi, fizikalno gledano, nelinearni sistemi, ki v svojem razvoju prehajajo različna stanja, ki so tudi v različnem času razvoja različno stabilna. Zdi se, da se nekateri učinki magnetnih polj pokažejo le v neravnotežnih razmerah v okolju (t.j. stresnih razmerah), drugače pa jih organizem še uravnoteži in se ne pokažejo. Raziskave kažejo, da motnje v stabilnosti organizma in s tem večje učinke magnetnih polj lahko povzročijo viri v okolju kot so škodljive snovi, ekstremne temperature ali mehanske poškodbe (ADEY 1984, McLEOD et al. 1992, BOLOGNANI et al. 1992, BLANK / SOO 1993).

O vplivu magnetnih polj na kalitev in rast rastlin so poročali številni raziskovalci (SMITH et al. 1993, WITTEKIND et al. 1990, CZERSKA / CASAMENTO 1994), precej manj pa je raziskav opravljenih na gozdnih vrstah drevja (JERMAN et al. 1989, KRUG 1990, RUŽIČ et al. 1992, 1993). Elektromagnetna polja bi lahko bila tudi eden od sovzrokov za propadanje gozdov (JOOS 1989), saj je škodljivi vpliv kislega dežja in s tem povečane toksičnosti nekaterih elementov v prsti že dolgo znan (LJUNGSTRÖM / STJERNQUIST 1993).

Da bi testirali pomen stresnega okolja pri izražanju učinkov šibkega magnetnega polja smo v naši raziskavi izvedli poskuse izpostavljanja kalečih semen smreke (*Picea abies*) 50 Hz magnetnemu polju in hkrati sušnemu stresu ali nizkemu pH.

## 2 MATERIAL IN METODEDE

### 2 MATERIAL AND METHODS

#### 2.1 Rastlinski material

##### 2.1 Plant Material

Obravnavano skupino (izpostavljeno magnetnemu polju) je sestavljalo pet petrijevk (9 cm premera s filter papirjem) v katerih je bilo 100 semen smreke (*Picea abies* (L.) Karsten, Loški potok 1992) razporejenih vzporedno v vrstah, zalivali pa smo jih s 3 ml destilirane vode (čisto ali pripravljeno, kot je opisano v poglavju 'Stresno okolje') prvi dan in 2 ml tretji dan. Kontrolna skupina je bila pripravljena enako in sočasno, le da ni bila izpostavljena magnetnemu polju. Torej je bilo skupno število semen na posamezno skupino klic (tretirano ali kontrolno) 500.

#### 2.2 Stresno okolje

##### 2.2 Stressful Environment

Stres z nizkim pH smo izvedli tako, da smo klice zalivali z destilirano vodo, kateri smo pH znižali na pH 2 z 0,1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> in tako posnemali razmere kislega dežja, kot so opisane v članku FUTAI / HARASHIMA (1990). Pufrov

nismo uporabili, namesto tega smo opravili meritve spreminjanja pH vode okoli semen med kalitvijo. Ugotovili smo, da se je pH pri pH 2 raztopini zvišal do največ pH 2,9, pri pH 7 raztopini pa se je znižal do največ pH 5,5; magnetno polje ni vplivalo na spreminjanje pH.

Sušni stres smo posnemali z zalivanjem klic z raztopino polietilenglikola 4000 (PEG) v destilirani vodi (PEG 176 g/l) z osmotskim potencialom  $\psi_{osm} = -0,4$  MPa (opisano v članku VIRANT-KLUN / GOGALA 1995). Poskuse smo izvedli tudi s polovično koncentracijo, t.j. 88 g/l PEG.

### 2.3 Metoda obsevanja z magnetnim poljem in meritve

#### 2.3 Exposures to Magnetic Field and Measurements

V raziskavi smo poskuse izvedli s sinusnim magnetnim poljem frekvence 50 Hz in gostote magnetnega pretoka 0,105 mT 12 ur dnevno 7 dni. Zaradi majhne gostote magnetno polje ni povzročalo segrevanja tuljav in tako ni vplivalo na temperaturo svoje okolice. Magnetno polje smo generirali s parom Helmholtzovih tuljav, povezanih z ojačevalcem in računalnikom, katerega program je omogočal natančen režim vsakodnevne izpostavitve magnetnemu polju. Os tuljave je bila obrnjena v smeri vzhod-zahod, izmerjena gostota zemeljskega *statičnega* magnetnega polja v času poskusov pa 0,046 mT. Petrijevke so bile postavljene v sredino med parom tuljav kot kaže slika 1. Homogenost magnetnega polja med tuljavama kaže slika 2. Tuljavi sta bili v kartonski škatli, ki je bila izolirana s stiroporom, alu-folijo in ozemljena. Kontrolna podobna škatla je bila 3,5 m oddaljena od škatle s tuljavo. Poskus je potekal v kletni sobi, obdani z drugimi sobami in tako zaščiteni pred zunanji temperaturnimi nihanji. Rastnih inkubatorjev ali komor nismo uporabili zaradi prisotnosti zapletenega elektromagnetnega polja v njih; raziskave kažejo, da že elektromagnetna polja tovrstnih naprav sama vplivajo na rezultate (VALTERSSON et al. 1997). Povprečna temperatura v sobi med vsemi poskusi je bila  $22 \pm 0,6^\circ\text{C}$ , tekom istega poskusa se je spreminjala do največ  $\pm 0,2^\circ\text{C}$ , med obravnavano in kontrolno skupino pa ni bilo razlik v temperaturi. Rastnih komor in termostatov nismo uporabili. Rezultati so bili ponovljeni dva do štirikrat; rezultati so podobni, zato je v pričujočem prispevku predstavljena le ena ponovitev. Opravili smo tudi kontrolne poskuse, to so poskusi, kjer so bile petrijevke postavljene v škatlo s tuljavo in v škatlo za kontrolo, tuljava pa ni bila vključena. Sestava raztopine za zalivanje ni vplivala na magnetno polje med tuljavama. Električni tokovi, ki se inducirajo na površini bioloških objektov pri uporabljeni gostoti magnetnega polja so reda velikosti  $0,05 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ , naravni električni oziroma ionski tokovi v rastlinah pa so reda velikosti  $0,4\text{-}2 \mu\text{A}/\text{cm}^2$  (GAJŠEK 1993, KRIŽAJ et al. 1986).

Dnevno smo spremljali odstotek vzkaljenih semen; ob koncu poskusa, t.j. 7. dan, pa smo izmerili dolžino posameznih klic t.j. radikul (do mm natančno) in svežo težo vseh klic ene petrijevke (do 1 mg natančno), le to vrednost pa preračunali na 100 semen. Rezultati analiz med tretirano in kontrolno skupino so statistično obdelani s Studentovim t testom za primerjavo dveh skupin vzorcev, oziroma s t' testom v kolikor je predhodni F test pokazal signifikantno razliko med variancama obeh vzorcev. Rezultati primerjav med posameznimi variantami poskusov niso prikazani. Stopnja tveganja ( $\mu$ ) je prikazana v tabeli in grafu kot \*, kjer pomeni \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ .

### 3 REZULTATI

#### 3 RESULTS

Učinki magnetnega polja na rast in kalitev smreke so prikazani v tabeli in grafu.

Slika 1: Shema eksperimentalne opreme (os tuljave leži v smeri vzhod-zahod). En krog predstavlja 5 petrijevk

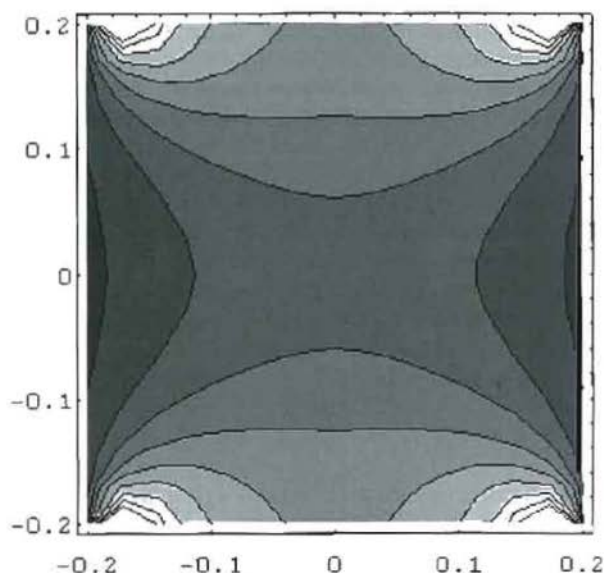
Figure 1: Scheme of Experimental Equipment (Field Axis lies in East-West Direction). One circle represent 5 Petri dishes



Pogled na petrijevke od zgoraj  
Petri dishes top view

Slika 2: Prikaz homogenosti magnetnega polja med paroma tuljav. Tuljavi ležita na levem in desnem robu slike. Vrednosti predstavljajo oddaljenost od središča (t.j. 0) med tuljavama (v metrih). Temnejša polja predstavljajo višje, svetlejša polja pa nižje gostote magnetnega polja od izbranega na sredini (t.j. 0,105 mT).

Figure 2: Arrangement of Magnetic Field Homogeneity between Coils. Coils lie at the right and the left Side of Drawing. Values represent Distance from Center (i.e. 0) between Coils (in meters). Darker Area represent higher, brighter Area lower Magnetic Field Densities compared to that in the middle (i.e. 0,105 mT).



Tako iz preglednice kot grafa je razvidno, da so se učinki magnetnega polja izrazili le v primeru, če je bil prisoten še stresni dejavnik v okolju, bodisi sušni stres ali izjemno nizek pH, drugače pa magnetno polje samo ni imelo učinka ne na dolžino in svežo težo klic niti ne statistično značilno na kalitev. Prav tako kontrolni poskusi kažejo, da v primeru, ko tuljava ni vključena, ni statistično značilnih razlik med kontrolno skupino klic in tisto v tuljavi.

V primeru prisotnosti raztopine z zelo nizkim pH (pH 2) in hkrati magnetnega polja, je bila dolžina klic v primerjavi s kontrolo zmanjšana za 20

Datum Date	Tip poskusa Type of experiment		N	OK	D (mm)	D SN (od N)	%	n	ST (g)	ST SN (od n)	%	T
10.2.	BP & BS	S*	371	74	11	0,4	110	5	1,730	0,060	93	21,3
		K	372	74	10	0,4		5	1,860	0,040		
25.2.	MP & BS	S	367	73	11	0,3	100	5	1,890	0,040	98	21,8
		K	378	76	11	0,3		5	1,930	0,020		
17.2.	MP & pH 2	S	372	74	4*	0,1	80	5	1,510**	0,019	93	21,5
		K	380	76	5	0,1		5	1,620	0,030		
10.3.	MP & PEG 88 g/l	S	245	49	4**	0,3	80	5	2,680**	0,060	86	22,0
		K	290	58	5	0,2		5	3,100	0,100		
1.9.	MP & PEG 176 g/l	S	76	15	2***	0,2	67	5	1,297*	0,050	89	21,5
		K	154	31	3	0,1		5	1,454	0,020		

Primerjava učinkov sinusnega magnetnega polja 50 Hz 0,105 mT na rast in svežo težo klic smreke v odvisnosti od (ne)prisotnosti stresa (PEG, pH 2)

Table 1. Comparison of Effects of Sinusoidal Magnetic Field 50 Hz 0,105 mT on the Growth and Fresh Weight of Spruce Seedlings Depending on Presence (Absence) of Stress (PEG, pH)

#### Legenda / Legend

BP&BS brez magnetnega polja in brez stresnega okolja (kontrolni poskus) (Without Magnetic Field or Stressful Environment (Control Experiment))

MP magnetno polje (Magnetic Field)

MP&BS magnetno polje brez stresnega okolja (Magnetic Field without Stressful Environment)

\*S\* klice v nevkločeni tuljavi (Seedlings in Switched-Off Coils)

S klice izpostavljene magnetnemu polju (Seedlings Exposed to Magnetic Field)

K kontrolna skupina klic (Control Group of Seedlings)

N celotno število vzkaljenih semen v 5 petrijevkah - na poskus (Total Number of Germinated Seeds in 5 Petri Dishes)

OK odstotek kaljivosti (7 dan) (Percent of germinated Seeds (7th Days))

D povprečna dolžina klic (t.j. radikul) 7 dan (Average length of seedlings (i.e. radicles) - 7th Day)

SN standardna napaka (Standard Error)

% odstotek od kontrole (kontrola=100%) (Percentage of Control (Control=100%))

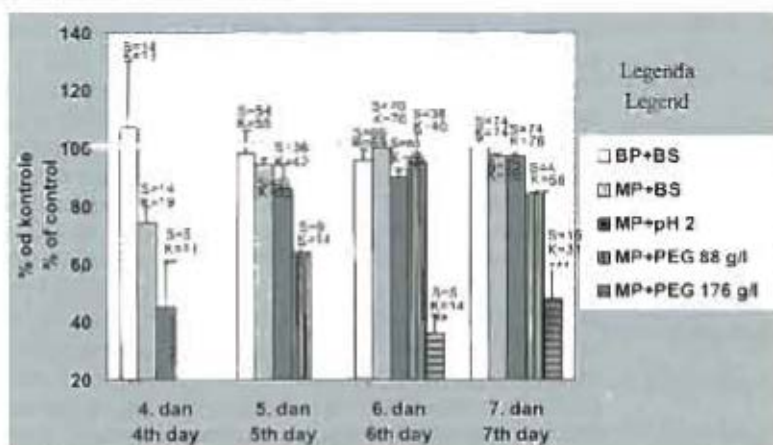
\* stopnja tveganja - vedno med S in K v posameznem poskusu (Odds Ratio)

n število petrijev (Number of Petri Dishes)

ST povprečna sveža teža klic na petrijevko (Average Fresh Weight of Seedlings per Petri Dish)

T povprečna temperatura med poskusom ( $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ ) (Average Temperature of the Room during Experiment, ( $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ ))

PEG polietilenglikol (v g/l vode) (Polyethylene glycol (in g/l of Water))



Grafikon 1: Primerjava učinkov sinusnega magnetnega polja 50 Hz 0,105 mT na kalitev semen smreke v odvisnosti od (ne)prisotnosti stresa. Statistični rezultati predstavljajo razlike med tretirano in kontrolno skupino klic v znotraj poskusa. Vrednosti predstavljajo povprečno število vzkaljenih semen na petrijevko tako za tretirano skupino (S) kot kontrolno (K).

Figure 1. Comparison of Effects of Sinusoidal Magnetic Field 50 Hz 0,105 mT on the Germination of Spruce Seedlings Depending on Presence (Absence) of Stress. Statistical Results represent Differences between Treated and Control Groups per Experiment. Values represent Average Number of Germinated Seeds per Petri Dish for Treated Group (S) as well as for Control Group (K).

%\* (preglednica), prav tako je bila nekoliko manjša sveža teža klic in sicer za 7 %\*\*. Podobno tudi sušni stres izzove učinke magnetnega polja. Pri koncentraciji PEG 88 g/l je magnetno polje zmanjšalo dolžino klic v primerjavi s kontrolo za 20 %\*\*, svežo težo pa za 14 %\*\*. Pri koncentraciji PEG 176 g/l je bila dolžina klic zmanjšana za 33 %\*\*\*, sveža teža pa za 11 %\*. Samo magnetno polje brez stresnega okolja ni vplivalo na rast klic.

Iz grafa so razvidni učinki na kalitev prikazano po dnevih. Če je bilo prisotno samo magnetno polje, je bila kalitev samo 4. dan manjša od kontrole (za 26 %; S=14, K=19), vendar v nobeni ponovitvi poskusa razlike niso bile statistično značilne. V primeru prisotnosti pH 2 raztopine je bil zaviralni učinek magnetnega polja najbolj opazen v prvih dneh kalitve in sicer 4. dan za 55 %\*\* (S=5, K=11), 5. dan za 14 %\* (S=36, K=42), kasneje se je zaviralni učinek postopoma zmanjšal (6. dan še 10 %\*\*, S=61, K=68) in ga 7. dan ni bilo več. V primeru raztopine, ki je posnemala sušni stres, je bil zaviralni vpliv magnetnega polja opazen še tudi 7. dan. Pri PEG 88 g/l se je vidna kalitev pričela 5. dan in je bila manjša od kontrole za 36 % (S=9, K=14), 6. dan za 6 % (S=38, K=40) in 7. dan za 16 %\*\* (S=49, K=58). Pri večji koncentraciji PEG (176 g/l) se je vidna kalitev pričela šele 6. dan, kalitev pa je bila manjša od kontrole za 66 %\*\* (S=5, K=14) in 7. dan za 51 %\*\*\* (S=15, K=31).

#### 4 DISKUSIJA

#### 4 DISCUSSION

Dosedanje raziskave poročajo tako o zaviralnih kot o pospeševalnih učinkih šibkih magnetnih polj (SMITH et al. 1993, SINGH et al. 1995, WITTEKIND et al. 1990, BROERS et al. 1992, HOANG-NEMETH 1993), naši rezultati pa so pokazali, da tudi takrat, kadar učinkov polja ni, še ne pomeni, da se ne bodo pokazali v stresnih razmerah. Absolutnih vrednosti rasti in kalitve med posameznimi poskusi ne smemo primerjati, ker so bili izvedeni v različnih mesecih in je bila variabilnost med njimi velika. Tako iz preglednice kot iz grafa je razvidno, da so bili zaviralni učinki opazni v razmerah sušnega stresa ali nizkega pH, v normalnih razmerah, ko je bila uporabljena samo destilirana voda, pa magnetno polje ni imelo učinkov. Zdi se, da je magnetno polje ojačalo učinke že prisotnega stresa. To pomeni, da pri ugotavljanju biološkega učinkovanja magnetnih polj ni dovolj samo preučevanje različnih gostot in frekvenc magnetnega polja, pač pa je zelo pomembno tudi okolje in s tem fiziološko stanje organizma, kar ugotovljajo tudi drugi raziskovalci. Učinki se namreč lahko pri istem magnetnem polju v drugačnih razmerah v okolju celo obrnejo, npr. iz zaviralnega v pospeševalno ali obratno (RUŽIČ 1996). Najverjetneje magnetno polje deluje na plazma membrano celic. Znano je, da je membranski potencial celic v stresnih razmerah znižan, zaradi česar so celice bolj vzdražljive. Magnetno polje bi tako lažje vplivalo na prenos fiziološko pomembnih ionov in s tem na metabolne reakcije (HEPLER / WAYNE 1985). Zaradi pomanjkanja poskusov in neposrednih opazovanj v naravi še ne poznamo prave vloge šibkih elektromagnetnih polj, ki na rastline delujejo skupaj z vse številnejšimi onesnaževalci. Čeprav laboratorijskih rezultatov ne moremo neposredno prenašati v naravne razmere, pa naši poskusi kažejo, da ima stresno okolje skupaj z določenimi magnetnimi viri lahko močnejše učinke, kot če bi delovalo samo brez prisotnih magnetnih polj.

## 5 VIRI

## 5 REFERENCES

- ADEY, W. R., 1984. Nonlinear, nonequilibrium aspects of electromagnetic field interactions at cell membranes. - *V Nonlinear electrodynamics in biological systems*. (Ur. W.R. ADEY, A.F. LAWRENCE). Plenum Publ. Corp., New York. s. 3-22.
- BLANK, M. / SOO, L., 1993. 60 Hz electric and magnetic fields have opposite effects on Na,K-ATPase activity. - *V BEMS Sixteenth Annual Meeting*, Copenhagen, Denmark, June 12-16, 1994. Abstract book s. 139.
- BOLOGNANI, L. / FRANCIJA, F. / VENTURELLI, T. / VOLPI, N., 1992. Fermentative activity of cold-stressed yeast and effect of electromagnetic pulsed field. - *Electro- and Magnetobiology*, 11, 1, s. 11-17.
- BROERS, D. / KRAPELIN, G. / LAMPRECHT, I. / SCHULZ, O., 1992. *Mycotypha africana* in low-level athermic ELF magnetic fields. - *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*, 27, s. 281-291.
- CZERSKA, Z. A. / CASAMENTO, J. P., 1994. An effect of very weak electromagnetic fields on seeds sprouting and plant growth. - *In BEMS Sixteenth Annual Meeting*, Copenhagen, Denmark, June 12-16, 1994. Abstract book., s. 134.
- FUTAI, K. / HARASHIMA, S., 1990. Effect of stimulated acid mist on pine wilt disease. - *Journal of Japanese Forest Science*, 72, 6, s. 520-523.
- GAJŠEK, P., 1993. Elektromagnetna sevanja in širjenje valovanja. - *Strokovni seminar o neionizirnih sevanjih*, Ljubljana 12. maj 1993, s. A1-19.
- HEPLER, P. / WAYNE, R. O., 1985. Calcium and plant development. - *Annual Review of Plant Physiology*, 36, s. 397-439.
- HOANG-NEMETH, T. S. / THUROCY, Gy. / SZABO, L. D., 1993. Morphological and enzymatic effects of microwave radiation and magnetic fields on pea (*Pisum sativum*) seedlings. - *Transactions of the Second Congress of EBEA*, Bled, Slovenia, December 9-11, 1993, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Ljubljana, s. 89.
- JERMAN, I. / JEGLIČ, A. / FEFER, D., 1989. Magnetna stimulacija normalnih in prizreanih smrekovih kalic. - *Biološki Vestnik*, 37.1, s. 45-56.
- JOOS, K., 1989. Untersuchungen über mögliche Einfluss hochfrequenz electromagnetische Felder an der Wald. - *Technisch Mitteilung PTT, Zürich*, Heft 2, 32 s.
- KRIŽAJ, D. / PODLOGAR, V. / KRIŽAJ, D., 1986. Pospeševanje rasti in regeneracija bioloških sistemov z električnimi lokovi. - *Raziskovalna naloga*, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za Elektrotehniko, 42 s.
- KRUG E., 1990. Pollenkeimung unter Einfluss elektromagnetischer Wellen und Felder. - *European Journal of Forest Pathology*, 20, s. 251-255.
- LEAL, J. / UBEDA, A. / TRILLO, M. A. / CHACON, L. / SHAMSAIFAR, K. / ABRAIRA, V., 1992. Early embrionic development may be altered by weak, ELF electromagnetic fields. - *Transactions of the First Congress of EBEA*, Brussels, January 23-25, 1992, Universite libre de Bruxelles, Brussels, Belgium, Oral presentation s.19.
- LJUNGSTRÖM, M. / STJERNQUIST, I., 1993. Factors toxic to beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings in acid soils. - *Plant and Soil*, 157, s.19-29.
- MCLEOD, B. R. / LIBOFF, A. R. / SMITH, S. D., 1992. Biological systems in transition: sensitivity to extremely low-frequency fields. - *Electro- and Magnetobiology*, 11, 1, s. 29-42.
- SINGH, U. P. / RAI, S. / SINGH, S. / SINGH, P. K., 1995. Effect of 50 Hz powerline-exposed water on spore germination of some fungi. - *Electro- and Magnetobiology*, 14, 1, s. 41-49.
- SMITH, S. D. / MCLEOD, B. R. / LIBOFF, A. R., 1993. Effects of CR tuned 60 Hz magnetic fields on sprouting and early growth of *Raphanus*. - *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*, 32, s. 67-76.
- RUŽIČ, R. / JERMAN, I. / JEGLIČ, A. / FEFER, D., 1992. Electromagnetic stimulation of buds of *Castanea sativa* Mill. in tissue culture. - *Electro- and Magnetobiology*, 11, 2, s. 145-153.
- RUŽIČ, R. / JERMAN, I. / JEGLIČ, A. / FEFER, D., 1993. Various effects of pulsed and static magnetic fields on the development of *Castanea sativa* Mill. in tissue culture. - *Electro- and Magnetobiology*, 12, 2, s. 165-177.
- RUŽIČ, R., 1996. Vpliv sinusnega magnetnega polja na rast kalic smreke (*Picea abies* (L.)Karst.) in češke gomoljike (*Pisolithus tinctorius* (Mich. ex Pers.) Cooker et Couch). - *Doktorska disertacija*. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, april 1996, 137 s.
- VALTERSSON, U. / HANSSON MILD, K. / MATTSON, M. O., 1997. Uncharacterised physical parameters can contribute more than magnetic field exposure to ODC activity. - *Second World Congress for Electricity and Magnetism in Biology and Medicine*, Bologna June 8-13, 1997, Abstract book, s. 206.
- VIRANT-KLUN, I. / GOGALA, N., 1995. Effect of water stress on release of ethylene in germinating maize seeds (*Zea mays* L.). - *Acta Pharmaceutica*, 45, 2, suppl. 1, s. 391-394.
- WEAVER, J. C., 1993. Combined environmental exposures to chemicals and transient magnetic fields: a hypothesis for possible human health hazards. - *In BEMS Sixteenth Annual Meeting*, Copenhagen June 12-16, 1993. Abstract book, s. 36.
- WITTEKIND, E. / BROERS, D. / KRAPELIN, G. / LAMPRECHT, I., 1990. Influence of non-Ihermic AC magnetic fields on spore germination in a dimorphic fungus. - *Radiation and Environmental Biophysics* 29, s. 143-152.
- WILTSCSKO, R. / WILTSCSKO, W., 1995. Magnetic orientation in animals. - *Springer Verlag*, Berlin, Heidelberg, New York, 297 s.