

EFFECT OF PULSED ELECTROMAGNETIC FIELD ON THE CHEMICAL PROPERTIES OF SOYBEAN SEED IN SUSTAINABLE PRODUCTION

Marija Cvijanović

University of Belgrade, Faculty of Agriculture Belgrade, Serbia marijacvijanovic@yahoo.com

Vojin Đukić

Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Serbia vojin.djukic@ifvcns.ns.ac.rs

Jelena Marinković,

Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Serbia jelena.marinkovic@ifvcns.ns.ac.rs

Vojin Cvijanović

University of Belgrade, Faculty of Agriculture Belgrade, Serbia cvija91@yahoo.com

Gordana Dozet

Megatrend University Belgrade, Faculty of Biofarming Backa Topola, Serbia gdozet@biofarming.edu.rs

Abstract: The last few decades the trend reflected an increase in soybean production in the world and even in Serbia. The main reason for an increase in the surface on which it is grown soybeans did a favorable chemical composition of the grains. Because of the high quality chemical composition of soybeans (*Glicine max* (L) Merr), the soybean cultivation is focused on increasing the quality and quantity of the chemical composition of grains. End of the 20th century was the beginning of the development of new, sustainable agricultural production lines, whose priority is to produce safe food and preserve natural resources. Research in sustainable agricultural production systems are focused on finding new measures and methods in the cultivation of basic agricultural crops significant processing and feeding farmed animals and humans. Global climate change and the unpredictable outcome of production are reasons that have motivated the scientific and professional public to use knowledge in the field of biophysics that will mark the 21st century. Biophysics is a science that studies and linking energy phenomena in living beings with their daily functions. The findings in this area are of great importance and can be used in primary agricultural production which can provide good preconditions for sustainable development. Therefore, the aim of the study was set up to determine the effect of stimulation of soybean seed PEMF electromagnetic fields under different agroecological conditions. The study was conducted during 2013-2015. in the region of Vojvodina in Serbia. The research included the variety of soybean Valjevka. Factor A is the year, given that climate factors have an important impact on successful and safe production. Factor B are the amount of fertilizer. For plant nutrition were used three different amounts of \emptyset (control), 35 kgN.ha⁻¹ and 60 kgN.ha⁻¹. Before planting was carried out treatment of soybean seed with pulsed electromagnetic field (PEMF) low frequency of 15 Hz and exposure of 30 minutes (Factor C). The research results have been statistically analyzed by analysis of variance triple factorial experiment, a statistically significant difference between tested LSD tests at 5% and 1% (Statistical program "Statistica 10.0"). The effectiveness of the PEMF stimulation of seeds was very pronounced and statistically significant effect on the chemical properties of the test (protein, oil and phytate) soybeans. The average protein content in the investigated period in the stimulation of germination was 3.52% higher than without of stimulation of seed of which has been on the level of significance of $p < 0.01$. The oil content in the stimulation of seeds was 2.99% lower than in the variant without stimulation, which confirms the fact that the protein and oil content in the strong negative correlation. Phytate content in the stimulation of seeds was increased by 1.05%.

Keywords: soybean, electromagnetic field, proteins, oils, phytate

EFEKAT UPOTREBE PULSIRAJUĆEG ELEKTROMAGNETNOG POLJA NA HEMIJSKE OSOBINE SEMENA SOJE U ODRŽIVOJ PROIZVODNJI

Marija Cvijanović

University of Belgrade, Faculty of Agriculture Belgrade, Serbia marijacvijanovic@yahoo.com

Vojin Đukić

Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Serbia vojin.djukic@ifvcns.ns.ac.rs

Jelena Marinković

Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Serbia jelena.marinkovic@ifvcns.ns.ac.rs

Vojin Cvijanović

University of Belgrade, Faculty of Agriculture Belgrade, Serbia cvija91@yahoo.com

Gordana DozetMegatrend University Belgrade, Faculty of Biofarming Backa Topola, Serbia gdozet@biofarming.edu.rs

Rezime: Poslednjih nekoliko decenija izražen je trend povećanja proizvodnje soje u svetu pa i u Srbiji. Osnovni razlog povećanja površina na kojima se gaji soja jeste povoljan hemijski sastav zrna. Zbog veoma kvalitetnog hemijskog sastava zrna soje (*Glicine max* (L) Merr), gajenje soje je fokusirano na povećanje kvaliteta i kvaniteta hemijskog sastava zrna. Kraj 20. veka bio je početak razvoja novih, održivih pravaca poljoprivredne proizvodnje, čiji prioritet su proizvodnja zdravstveno bezbedne hrane uz očuvanje prirodnih resursa. Istraživanja u održivim sistemima poljoprivredne proizvodnje su usmerena na iznalaženje novih mera i metoda u gajenju osnovnih ratarskih kultura značajnih za preradu i ishranu gajenih životinja i ljudi. Globalne klimatske promene i nepredvidiv ishod proizvodnje su razlozi koji su motivisali naučnu i stručnu javnost na korišćenje saznanja iz oblasti biofizike koja će obeležiti 21. vek. Biofizika je nauka koja se bavi proučavanjem i povezivanjem energetskih pojava u živim bićima sa njihovim svakodnevnim funkcijama. Otkrića u ovoj oblasti su od velikog značaja i mogu da se koriste u primarnoj poljoprivrednoj proizvodnji čime se mogu obezbediti dobri preduslovi za održivi razvoj. Zato je za cilj rada bilo postavljeno da se utvrdi uticaj stimulacije semena soje elektromagnetnim poljem (PEMP) u različitim agroekološkim uslovima. Istraživanja su sprovedena tokom 2013-2015. godine u regionu Vojvodine u Srbiji. U istraživanjima je bila uključena sorta soje Valjevka. Faktor A su godine, obzirom da klimatski faktori imaju važan uticaj za uspešnu i sigurnu proizvodnju. Faktor B su količine đubriva. Za ishranu biljaka koristile su se tri različite količine \emptyset (kontrola), $35 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $60 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1}$. Pred setvu je obavljen tretman semena soje sa pulsirajućim elektromagnetnim poljem (PEMP) niske frekvencije 15 Hz i ekspozicije od 30 minuta (Faktor C). Rezultati istraživanja obrađeni su statistički analizom varijanse trofaktorijskog ogleda, a statistička značajnost razlika testirana LSD testom na 5% i 1% (Statistički program "Statistica 10.0"). Efikasnost stimulacije semena sa PEMP bila je veoma izražena i statistički značajno uticala na ispitivane hemijske osobine (proteina, ulja i fitina) zrna soje. Prosečan sadržaj proteina u ispitivanom periodu pri stimulaciji semena bio je za 3,52% veći nego bez stimulacije semena što je bilo na nivou značajnosti od $p < 0,01$. Sadržaj ulja pri stimulaciji semena bio je za 2,99% manji nego u varijanti bez stimulacije, što potvrđuje činjenicu da su proteini i ulja u zrnu soje u jakoj negativnoj korelaciji. Sadržaj fitina pri stimulaciji semena bio je povećan za 1,05%.

Ključne reči: soja, elektromagnetno polje, proteini, ulja, fitini

1. UVOD

Pored primene različitih vrsta biofertilizatora, poslednjih nekoliko godina sve je veći broj istraživanja koja se odnose na primenu nekih metoda iz oblasti biofizike koja će obeležiti 21. vek [1]. Postoji veliki broj dokaza koji ukazuju na specifično, ciljano i efikasno delovanje određenih pulsirajućih elektromagnetnih polja (PEMP) na raznim funkcijama ćelija kod biljaka.

Energija uvedena u ćelije stvara uslove za molekularne transformacije i kao rezultat se stvaraju potrebne supstance za ćelije. Ovakvim metodama mogu se povećati mogućnosti za unutrašnje transformacije energije, nezavisno od njihovog porekla, koje dalje povećavaju elektropotencijal membrane [2]. Ovo je osnovni koncept "kvantne poljoprivrede" o kojem se intenzivno raspravlja u poslednjih nekoliko godina [3].

U novim svetskim trendovima u cilju zaštite životne sredine i proizvodnji bezbedne hrane, sve veća prednost se daje metodama kojima se eliminišu hemijski inputi. Prednost ima korišćenje elektromagnetnih tretmana kao biostimulatora u odnosu na tradicionalne hemijske metode, jer ne ostavlja nikakav toksični efekat. Biološka stimulacija promovise vitalnost i izdržljivost biljaka u nepovoljnim klimatskim uslovima [4].

Danas, za ostvarivanje visokih prinosa po jedinici površine potrebno je deset puta više energije nego na početku prošlog veka, pa mnogi poljoprivredni stručnjaci traže mogućnosti za povećanje efikasnosti proizvodnje. Napredak hemijske tehnologije je izazvao naučnu i proizvodnu revoluciju u poljoprivredi, a sa druge strane niz negativnih posledica, koje se ogledaju u padu otpornosti biljaka, prinosu semena i kapaciteta rodnosti zemljišta.

Izlaganja električnim, magnetnim i elektromagnetnim poljima su dala različite efekte. U mnogim istraživanjima, utvrđene su promene inteziteta klijanja, visine prinosa, visine biljke, sadržaja proteina, produktivnost, veličine lista, masu ploda, broj ploda itd. Različite frekvencije i vreme trajanja ekspozicije su korišćeni za različite eksperimente [5]. Rezultati zavise od osobine semena, vrste biljaka, frekvencija i vremena trajanja stimulacije. Prednost korišćenja PEMP kao biostimulatora semena ima prednost u odnosu na tradicionalne sisteme proizvodnje, jer nemaju toksični ostatak [6].

Stimulacijom semena moguće je povećati prinos kukuruza za 18,70 % [7]. Crnobarac et al.[8] su utvrdili da se elektromagnetnom stimulacijom semena može povećati prinos soje od 5 do 25 %, kod suncokreta sadržaj ulja od 13,2 do 17,3 %, kao i sadržaj ulja u zrnu soje koju je utvrdio isti autori.

Zato je za cilj rada postavljeno da se utvrdi efekat stimulacije semena soje *Glycine max* (L.) Merr. pulsirajućim elektromagnetnim poljem na hemijski sastav zrna.

2. MATERIJAL I METOD RADA

Istraživanja su obavljena u periodu 2013-2015 na oglednom dobru Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu, region Srbija (19° 51' istočno i 45° 20' severno) na zemljištu tipa karbonantni černozem na lokaciji 85 mm. U istraživanjima je bila uključena sorta soje Valjevka, 0 grupe zrenja, dužine vegetacionog perioda do 120 dana. Poljski ogled je izveden po *split plot* sistemu u 4 ponavljanja sa randomiziranim dizajnom. Ukupna površina parcele za izvođenje ogleda iznosila je 1219 m² (53 m x 23 m). Dužina redova u ponavljanjima osnovnih parcela je 11 m, u okviru kojih je dužina redova podparcelica 5 m. Pred setvu pripremljeno je za svaku podparcelu po 500 zrna, koje su podvrgnute stimulaciji sa pulsirajućim elektromagnetnim poljem.

Faktor A su godine, jer na visinu prinosa i hemijski sastav zrna soje utiču agrometeorološki uslovi u fenofazama vegetativnog i generativnog porasta.

Faktor B su količine đubriva. Za ishranu biljaka koristile su se tri različite količine Ø (kontrola), 35 kgN ha⁻¹ i 60 kgN.ha⁻¹.

Faktor C je tretman semena pulsirajućim elektromagnetnim poljem (PEMP), frekvencije 15 Hz ekspozicije 30 minuta, obavljen neposredno pred setvu. Za stimulaciju semena korišten je aparat sa elektrodama u trakastom aplikatoru (Slika 1).

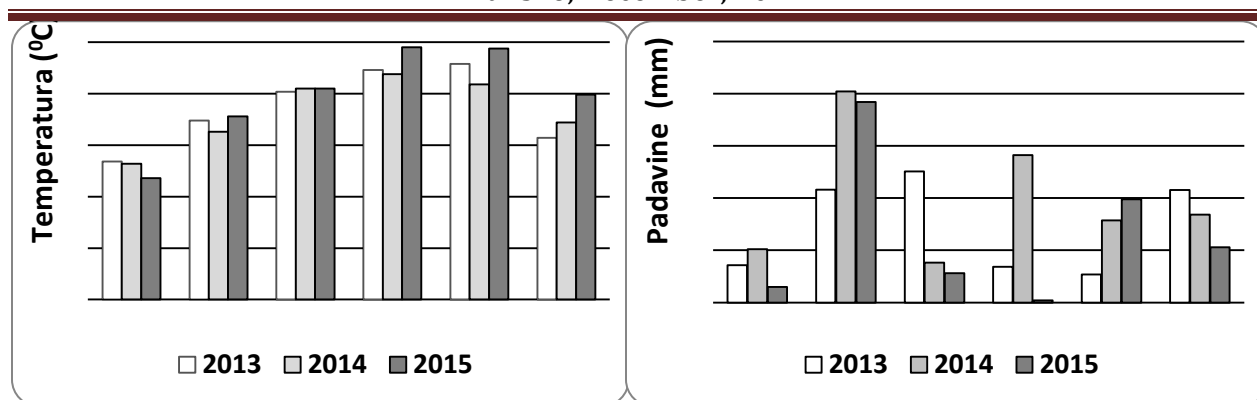


Slika 1: Aparat specifičnog spektralnog sadržaja kojim je obavljena stimulacija semena

Posle žetve utvrđivan je sadržaj proteina (%) i ulja (%), kao i količina fitina u zrnu soje (g.ha⁻¹). Hemijska analiza urađena je pomoću DA-700 FLEXI-MODE NIR/VIS spektrofotometra [9].

Rezultati istraživanja obrađeni su statistički analizom varijanse trofaktorijskog ogleda, a statistička značajnost razlika testirana LSD testom na 5 % i 1 % (Statistički program "Statistica 10.0"). Rezultati su prikazani tabelarno.

Vremenski uslovi: Podaci o temperaturi i padavinama su prikupljeni na meteorološkoj stanici u Rismkim Šančevima, blizu Novog Sada. Agrometeorološki uslovi su važan faktor u proizvodnji soje. U vegetacionom periodu soje sve tri godine (2013. 18,7 °C; 2014. 18,3 °C; 2015. 19,8 °C) imale su više prosečne temperature vazduha u odnosu na višegodišnji prosek (1964-2015) (18,1°C) (Graf. 1). Suma padavina u vegetacionom periodu u 2013. godini bila je 448,2 mm, u humidnoj 2014. godini 595,6 mm, dok je u 2015. godini bila najmanja 389,0 mm. Sve tri godine istraživanja imale su veću sumu padavina u vegetacionom periodu od višegodišnjeg proseka (375,0 mm). Klima u Srbiji je karakteristična po neravnomerno raspoređenim padavinama po godinama, posebno u toku vegetativnom porasta biljaka, što dovodi do nestabilnosti proizvodnje soje i prinosa ukupnih proteina i ulja. Klimatske promene i pojava suše mogu izmeniti uslove za proizvodnju soje kao osnovnog izvora proteina. Najvažnija mera adaptacije gajenja biljaka na novonastale klimatske promene su ranija setva i stimulacija semena na brže klijanje.



Grafikon 1. Prosečne temperature ($^{\circ}\text{C}$) i suma padavina (mm) za period 2013-2015. Godine

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Nestabilnost kvaliteta zrna soje često predstavlja problem u industriji stočne hrane, zato što nivo sadržaja proteina i ulja u velikoj meri zavisi od interakcije genotipa i spoljašnje sredine [10]. Naime, u zrnu soje nalazi se između 35 i 40% [proteina](#). Na osnovu analize varijanse utvrđeno je da su meteorološki uslovi imali značajan uticaj ($p < 0,05$), na sadržaj proteina u zrnu soje, dok je stimulacija semena sa PEMP uticala na sadržaj proteina na nivou značajnosti od $p < 0,01$ (Tabela 1).

U proseku za sve tri ispitivane godine, prosečan sadržaj proteina u zrnu bio je 39,40 %. Fiziološke faze u razvoju soje zavisne su od meteoroloških uslova. Od ekoloških faktora koji utiču na sadržaj proteina i ulja poseban značaj imaju temperature i količina padavina. Povoljan odnos prosečnih temperatura vazduha i sume padavina u 2014. godini pozitivno se odrazio na sadržaj proteina (40,04 %) koji je ujedno veći za 1,83 % nego u 2013. godini i za 3,06 % viši nego u aridnoj 2015. godini. Različite količine primenjenog azota uticale su na varijabilnost proteina u zrnu soje, ali dobijene razlike nisu bile na nivou statističke značajnosti. Efikasnost stimulacije semena sa PEMP bila je veoma izražena. Sadržaj proteina pri stimulaciji semena (39,96 %) bio je za 3,52 % veći nego bez stimulacije semena (38,60 %).

Tabela 1. Uticaj ispitivanja na sadržaj proteina u zrnu (%)

Godina (A)	Đubrenje (kg ha^{-1}) (B)	Stimulacija semena (C)		AB	A		
		Bez PEMP	Sa PEMP				
2013	0	39,05	39,37	39,21	39,38		
	35	38,83	40,25	39,54			
	60	38,83	39,96	39,39			
	AC	38,90	39,86				
2014	0	39,06	40,02	39,54	39,85		
	35	38,65	41,26	39,95			
	60	39,18	40,95	40,06			
	AC	38,96	40,74				
2015	0	38,80	38,88	38,84	38,60		
	35	38,83	39,21	39,02			
	60	36,17	39,75	37,96			
	AC	37,93	39,28				
BC	0	38,06	39,43	39,20			
	35	38,77	40,24	39,50			
	60	38,97	40,22	39,14			
	C	38,60	39,96				
Prosek 2013 - 2015				39,28			
F test	A*	B	C**	A × B	B × C	A × C	A × B × C
L.S.D. 5%	0,70	0,83	0,64	1,43	1,10	1,10	1,90
L.S.D. 1%	0,82	1,13	0,86	1,96	1,49	1,49	2,58

Pored proteina, zrno soje sadrži od 18-20 % ulja. Soja u svetskoj proizvodnji ulja učestvuje sa 56 %. Iako sorte poseduju određeni potencijal za sintezu i akumulaciju ulja u semenu, agroekološki faktori mogu snažno da deluju i značajno umanje, odnosno uvećaju tehnološku vrednost određene sorte. Analiza varijanse pokazuje zavisnost ispitivanih varijabli na sadržaj ulja (Tabela 2).

Na osnovu rezultata istraživanja utvrđeno je da glavni izvori varijacije (godine, količina azota i stimulacija semena) veoma značajno ($p < 0,01$) utiču na sadržaj ulja u semenu soje. Nije utvrđen značajan uticaj međuzavisnosti ispitivanih faktora na sadržaj ulja (Tabela 3).

Prosečan sadržaj ulja u zrnu soje iznosio je 21,06 % (Tabela 4). S obzirom da su sadržaj proteina i ulja u negativnoj korelaciji najmanji sadržaj ulja utvrđen je u 2014. godini (20,04 %). U aridnoj 2015. godini utvrđen je najveći sadržaj ulja u zrnu soje 21,79 %, što je bilo visoko značajno veće u odnosu na druge dve godine ispitivanja. Primenjene količine azota u ishrani soje su visoko značajno uticale na sadržaj ulja u zrnu soje. Stimulacija semena sa PEMP nije uticala na sadržaj ulja u zrnu soje. Sadržaj ulja pri stimulaciji semena bio je za 2,99 % manji nego u varijanti bez stimulacije.

Tabela 2. Uticaj ispitivanja na sadržaj ulja u zrnu (%)

Godina (A)	Đubrenje (kg.ha ⁻¹) (B)	Stimulacija semena (C)		AB	A		
		Bez PEMP	Sa PEMP				
2013	0	22,00	20,24	21,12	21,35		
	35	21,34	20,25	20,80			
	60	22,38	21,87	22,12			
	AC	21,91	20,79				
2014	0	20,77	19,71	20,24	20,04		
	35	19,82	19,55	19,68			
	60	20,44	19,97	20,21			
	AC	20,34	19,75				
2015	0	21,97	20,97	21,47	21,79		
	35	21,34	21,87	21,61			
	60	22,36	22,25	22,31			
	AC	21,89	21,70	B			
BC	0	21,58	20,31	20,94			
	35	20,83	20,56	20,69			
	60	21,73	21,36	21,55			
	C	21,38	20,74				
Prosek 2013 - 2015				21,06			
F test	A**	B**	C**	A × B	B × C	A × C	A × B × C
L.S.D. 5%	0,74	0,34	0,44	0,59	0,76	0,76	1,32
L.S.D. 1%	0,87	0,47	0,81	0,60	1,03	1,03	1,79

Na osnovu rezultata istraživanja utvrđeno je da su glavni izvori varijacije (godine, i stimulacija semena) visoko značajno uticali na sadržaj fitina ($p < 0,01$), dok su đubrenje i međuzavisnost đubrenja sa godinama na sadržaj fitina uticali na nivou značajnosti od $p < 0,05$. Nije utvrđen značajan uticaj međuzavisnosti ostalih faktora na sadržaj fitina (Tabela 3).

Prosečan sadržaj fitina u ispitivanom periodu bio je 8,71 g.kg⁻¹ (Tabela 6). Agrometeorološki uslovi u godinama istraživanja su veoma značajno uticali na sadržaj fitina u zrnu soje. Statistički značajne razlike u sadržaju fitina utvrđene su u sve tri godine istraživanja. Najmanji sadržaj fitina utvrđen je u 2014. godini 6,46 g.kg⁻¹ što je bilo za 35,65% manje nego u 2013. godini (10,04 g.kg⁻¹) i za 34,81 % nego u 2015. godini (9,91g.kg⁻¹). S obzirom da su u 2014. godini vladali najbolji agrometeorološki uslovi ostvaren je najveći prinos kao i sadržaj proteina u zrnu soje, pa se može reći da su sadržaj proteina i sadržaj fitina u negativnoj korelaciji. U istraživanjima uticaja đubrenja na sadržaj fitina utvrđen je najveći sadržaj fitina u kontrolnoj varijanti (8,79 g.kg⁻¹) koja je bila na nivou ststističke značajnosti $p < 0,01$ u odnosu na druge dve varijante đubrenja između kojih nije utvrđen statistički značajan uticaj na sadržaj fitina (8,68 i 8,67 g.kg⁻¹). Dobijeni rezultati su u korelaciji sa rezultatima [11] koji su dobili značajne razlike kod različitih genotipova soje pod uticajem dopunske folijarne ishrane soje. Pri stimulaciji semena sadržaj fitina bio je 8,74 g.kg⁻¹, što je za 0,57 % više nego bez stimulacije semena 8,69 g.kg⁻¹, ali nije bio na nivou ststističke značajnosti. Visoka ststistička značajnost utvrđena je u međuzavisnosti varijabli godine i stimulacije semena.

Tabela 3. Uticaj ispitivanja na sadržaj fitina u zrnu ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Godina (A)	Đubrenje ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) (B)	Stimulacija semena (C)		AB	A		
		Bez PEMP	Sa PEMP				
2013	0	10,14	9,93	10,04	9,95		
	35	9,86	9,78	9,82			
	60	10,03	9,96	10,00			
	AC	10,01	9,89				
2014	0	6,22	6,73	6,47	6,39		
	35	6,20	6,71	6,46			
	60	6,22	6,24	6,23			
	AC	6,21	6,56				
2015	0	9,87	9,86	9,87	9,81		
	35	9,82	9,69	9,75			
	60	9,85	9,75	9,80			
	AC	9,84	9,77				
BC	0	8,74	8,84	8,79			
	35	8,63	8,73	8,68			
	60	8,70	8,65	8,67			
	C	8,69	8,74				
Prosek 2013 - 2015				8,71			
F test	A**	B*	C	A × B*	B × C	A × C**	A × B × C
L.S.D. 5%	0,13	0,08	0,14	0,08	0,14	0,14	0,24
L.S.D. 1%	0,14	0,11	0,11	0,20	0,19	0,19	0,32

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata mogu se izvući sledeći zaključci:

Ispitivane varijable su visoko značajno zavisile od agrometeoroloških uslova u godini proizvodnje soje.

Najveći sadržaj proteina dobijen je u 2014. godini. Pri povoljnom odnosu prosečnih temperatura vazduha i sume padavina utvrđeno je 40,04 % proteina u zrnu soje, što je bilo više za 1,83 % nego u 2013. godini i za 3,06 % viši nego u aridnoj 2015. godini. Sadržaj ulja bio je u negativnoj korelaciji sa sadržajem proteina. Tako je u 2014. godini utvrđen najmanji sadržaj ulja 20,04 %, što je bilo statistički značajno manje nego u druge dve ispitivane godine. Različiti agrometeorološki uslovi uticali su na sadržaj fitina u zrnu soje. U 2014. godini utvrđen je najmanji sadržaj fitina 6,39 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ niži za 35,77 % u odnosu na 2013. godinu i 35,86 % nego u 2015. godini što je bilo na nivou statističke značajnosti od $p < 0,01$.

Stimulacija semena imala je ststistički značajan uticaj na ispitivana hemijska svojstva semena. Pri stimulaciji semena sa PEMP sadržaj proteina bio je povećan za 3,52 %, a sadržaj fitina za 1,05 %. Stimulacija semena sa PEMP nije uticala na povećanje sadržaja ulja, već na smanjenje za 2,99 %.

S obzirom da seme soje ima različitu energiju klijanja u zavisnosti od agroemetoloških uslova u godini proizvodnje, od vremena žetve, stimulacijom semena pred setvu klijavost bi se intezivirala. U uslovima nepovoljnih meteoroloških prilika u početnim fenofazama razvoja izbeglo bi se neujednačeno klijanje i nicanje biljaka, čime bi se dobila sigurnija proizvodnja sa većim sadržajem proteina i fitina značajnih za prehrambenu industriju i druge privredne delatnosti.

LITERATURA

- [1] Lažetić B, Pekarić-Nadž N, Milutinović B, Kasaš-Lažetić K. Uticaj pojedinačnih elektromagnetnih implusa na razvoj klice pšenice. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*. 1990; 78: 103-108.
- [2] Vasilevski G. Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* (Special Issue) 2003; 179-186.
- [3] Aladjadjyan A. The Use of Physical Methods for Plant Growing Stimulation in Bulgaria. *Journal of Central European Agriculture*. 2007; 8 (4): 369-380.
- [4] Radhakrishnan R, Kumari Ranjitha B. Pulsed magnetic field: A contemporary approach offers to enhance plant growth and yield of soybean. *Plant Physiol Bioch*; 2012; 51: 139-144.
- [5] Bilalis D, Katsenios N, Efthimiadou A, Efthimiadis P, Karkanis A, Khah M, Mitsis T. Magnetic field pre-sowing treatment as an organic friendly technique to promote plant growth and chemical elements

- accumulation in early stages of cotton. *Australian Journal of Crop Science*. ISSN:1835-2707; AJCS 2013; 7(1):46-50.
- [6] Maffei ME. Magnetic field effects on plant growth, development, and evolution. *Front. Plant Sci*. doi:10.3389/fpls.2014.00445; 2014; 5: 445.
- [7] Parsi N. *Electromagnetic effects on soybeans*, Master of Science, University Of Missouri – Columbia; 2007.
- [8] Crnobarac J, Marinkovic B, Tatic M, Malesevic M. The effect of REIS on startup growth and seed yield of sunflower and soybean. *Biophysics in agriculture production*, University of Novi Sad, Tampograf; 2002.
- [9] Balesevic Tubic S, Djordjevic V, Tatic M, Kostic M, Ilic A. Application of NIR in determination of protein and oil content in soybean seed. *Journal of Scientific Agricultural Research*, 2007; 69(246): 5-14.
- [10] Westgate ME, Piper E, Batchelor WD, Hurburgh CJr. Effects of cultural environmental conditions during soybean growth on nutritive value of soy products. *Soy in Animal nutrition, Federation of animal science societies*, Savoy, 2000; 75-89.
- [11] Dragicevic V, Oljaca S, Dolijanovic Z, Stojiljkovic M, Spasojevic I, Nisavic M. Effect of intercropping systems and fertilizers on maize and soybean grain composition. COST ACTION FA0905 “Mineral Improved Crop Production for Healthy Food and Feed”. *4TH Annual Conference*. 09th-13th June 2013 Norwegian University of Life Sciences. Aas, Book of Abstracts; 2013; 31.