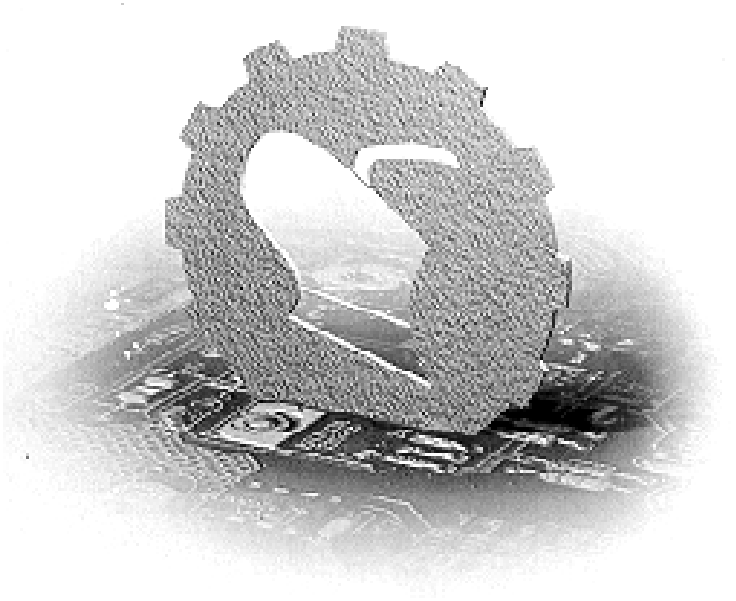
ISSN 0554-5587
UDK 631 (059)

ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА

AGRICULTURAL ENGINEERING

НАУЧНИ ЧАСОПИС
SCIENTIFIC JOURNAL



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ, ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ,
ИНСТИТУТ ЗА ПОЉОПРИВРЕДНУ ТЕХНИКУ

UNIVERSITY OF BELGRADE, FACULTY OF AGRICULTURE,
INSTITUTE OF AGRICULTURAL ENGINEERING

Година XXXVII Број 2, децембар 2012.
Year XXXVII, No. 2, December 2012.

ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА

AGRICULTURAL ENGINEERING

Издавач *(Publisher)*
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Институт за пољопривредну технику, Београд-Земун
University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering, Belgrade-Zemun

Уредништво часописа *(Editorial board)*

Главни и одговорни уредник *(Editor in Chief)*
др Горан Тописировић, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет

Уредници *(National Editors)*
др Марија Тодоровић, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Анђелко Бајкин, професор, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет
др Мићо Ољача, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Милан Мартинов, професор, Универзитет у Новом Саду,Факултет техничких наука
др Душан Радивојевић, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Раде Радојевић, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Мирко Урошевић, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Стева Божић, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Драгиша Раичевић, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Ђукан Вукић, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Милован Живковић, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Драган Петровић, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Зоран Милеуснић, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Рајко Миодраговић, доцент, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Александра Димитријевић, доцент, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Милан Вељић, професор, Универзитет у Београду, Машински факултет
др Драган Марковић, професор, Универзитет у Београду, Машински факултет
др Саша Бараћ, професор, Универзитет у Приштини, Пољопривредни факултет, Лешак
др Предраг Петровић, Институт "Кирило Савић", Београд
дипл. инг. Драган Милутиновић, ИМТ, Београд

Иностранн уредници (*International Editors)*

Professor Peter Schulze Lammers, Ph.D., Institut fur Landtechnik, Universitat, Bonn, Germany
Professor Andras Fekete, Ph.D., Corvinus University, Faculty of Food Science, Budapest, Hungary
Professor László Magó, Ph.D., Szent Istvan University, Faculty of Mechanical Engineering, Gödöllő, Hungary
Professor Victor Ros, Ph.D., Technical University of Cluj-Napoca, Romania
Professor Sindir Kamil Okyay, Ph.D., Ege University, Faculty of Agriculture, Bornova - Izmir, Turkey
Professor Stavros Vougioukas, Ph.D., Aristotle University of Tessaloniki
Professor Nicolay Mihailov, Ph.D., University of Rousse, Faculty of Electrical Enginering, Bulgaria
Professor Silvio Košutić, Ph.D., University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Croatia
Professor Selim Škaljić, Ph.D., University of Sarajevo, Faculty of Agriculture, Bosnia and Hercegovina
Professor Dragi Tanevski, Ph.D., "Ss. Cyril and Methodius" University in Skopje, Faculty of Agriculture, Macedonia
Professor Zoran Dimitrovski, Ph.D., University "Goce Delčev", Faculty of Agriculture, Štip, Macedonia
Professor Sitaram D. Kulkarni, Ph.D., Agro Produce Processing Division, Central Institute of Agricultural Engineering, Bhopal, India

Контакт подаци уредништва *(Contact)*
11080 Београд-Земун, Немањина 6, п. фах 127, тел. (011)2194-606, 2199-621, факс: 3163-317, 2193-659, e-mail: gogi@agrif.bg.ac.rs, жиро рачун: 840-1872666-79.

11080 Belgrade-Zemun, str. Nemanjina No. 6, Po. box: 127, Tel. 2194-606, 2199-621, fax: 3163-317, 2193-659, e-mail: gogi@agrif.bg.ac.rs , Account: 840-1872666-79

ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА

НАУЧНИ ЧАСОПИС

AGRICULTURAL ENGINEERING

SCIENTIFIC JOURNAL

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ, ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ,
ИНСТИТУТ ЗА ПОЉОПРИВРЕДНУ ТЕХНИКУ

UNIVERSITY OF BELGRADE, FACULTY OF AGRICULTURE,
INSTITUTE OF AGRICULTURAL ENGINEERING

WEB адреса

http://www.agrif.bg.ac.rs/publications/index/pt

Издавачки савет *(Editorial Council)*

Проф. др Властимир Новаковић, Проф. др Марија Тодоровић, Проф. др Ратко Николић, Проф. др Милош Тешић, Проф. др Божидар Јачинац, Проф. др Драгољуб Обрадовић, Проф. др Драган Рудић, Проф. др Милан Тошић, Проф. др Петар Ненић

Техничка припрема *(Technical editor)*

Иван Спасојевић, Пољопривредни факултет, Београд

Лектор и коректура: *(Proofreader)*

Гордана Јовић

Превод: *(Translation)*

Весна Ивановић, Зорица Крејић, Миљенко Шкрлин

Штампа *(Printed by)*

"Академска издања" – Земун
Часопис излази четири пута годишње

Тираж *(Circulation)*

350 примерака

Pretplata za 2013. godinu iznosi 2000 dinara za institucije, 500 dinara za pojedince i 100 dinara za studente po svakom broju časopisa.

Радови објављени у овом часопису индексирани су у базама *(Abstracting and Indexing)*:

AGRIS i SCIndeks

Издавање часописа помогло *(Publication supported by)*
Министарство просвете и науке Републике Србије

Na osnovu mišljenja Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije po rešenju br. 413-00-606/96-01 od 24. 12. 1996. godine, časopis POLJOPRIVREDNA TEHNIKA je oslobođen plaćanja poreza na promet robe na malo.

S A D R Ž A J

TIPOVI, KLASIFIKACIJA I SELEKCIJA SUŠARA U AGROINDUSTRIJI
Ivan Zlatanović.....1-13

UTICAJ KVALITETA NAPONA NA ENERGETSKU EFIKASNOST ASINHRONIH MOTORA U POLJOPRIVREDI
Đukan Vukić , Branko Radičević, Žarko Milkić, Nenad Floranović.....15-24

ISPITIVANJE TRANSPIRACIJE KLICA LEBLEBIJA (*Cicer arietinum* L.) U ZATVORENOM MODIFIKOVANOM ATMOSVERSKOM SISTEMU
Ranjeet Singh, Ashok Kumar, S.D. Kulkarni.....25-30

UTICAJ NAVODNJAVANJA NA PRINOS I SADRŽAJ GLAVNIH ELEMENATA ISHRANE U ZEMLJIŠTU POD KUKURZOM
Branka Kresović Angelina Tapanarova, Boško Gajić, Vesna Dragićević, Borivoje Pejić, Đorđe Glamočlija.....31-40

РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА УТИЦАЈА САБИЈАЊА ЗЕМЉИШТА НА ПРИНОС ОЗИМЕ ПШЕНИЦЕ
Саша Бараћ, Бојана Миленковић, Александар Вуковић, Драгослав Ђокић.....41-49

METOD MERENJA EMISIJA N_2O IZ ZEMLJIŠTA POSLE ĐUBRENJA RASIPAČEM MINERALNOG ĐUBRIVA
Tomáš Šima, Ladislav Nozdrovický, Koloman Krištof, Monika Dubeňová, Josef Krupička, Stanislav Králik.....51-60

TEHNIČKI PARAMETRI VENTILATORA OROŠIVAČA I KVALITET ZAŠTITE VINOGRADA
Mirko Urošević, Milovan Živković.....61-69

NESREĆE SA VOZAČIMA TRAKTORA U JAVNOM SAOBRAĆAJU NA TERITORIJI BEOGRADA
Kosta Gligorević, Mićo V. Oljača, Miloš Pajić, Zoran Dimitrovski, Milan Dražić, Dušan Radojičić.....71-79

EKONOMSKI OPRAVDAN IZNOS ULAGANJA U KUPOVINU UNIVERZALNOG ŽITNOG KOMBAJNA NA PORODIČNIM GAZDINSTVIMA
Saša Todorović, Sanjin Ivanović, Todor Marković.....81-90

ISPITIVANJE UJEDNAČENOSTI ISEJAVANJA SEMENA METODOM ODZIVNIH POVRŠINA
Dragan Marković, Žarko Čebela, Vojislav Simonović, Ivana Marković.....91-100

C O N T E N T S

TYPES, CLASIFICATION AND SELECTION OF DRYERS IN AGROINDUSTRY
Ivan Zlatanović..... 1-13

INFLUENCE OF VOLTAGE QUALITY ON ENERGY EFFICIENCY OF INDUCTION MOTORS IN AGRICULTURE
Đukan Vukić , Branko Radičević, Žarko Milkić, Nenad Floranović..... 15-24

STUDY ON TRANSPIRATION OF CHICKPEA SPROUTS (*Cicer arietinum* L.) IN CLOSED MODIFIED ATMOSPHERIC SYSTEM
Ranjeet Singh, Ashok Kumar, Sitaram D. Kulkarni..... 25-30

EFFECTS OF IRRIGATION ON YIELD AND COMPOSITION OF PRINCIPAL ELEMENTS OF NUTRIENTS IN MAIZE-GROWING SOIL
Branka Kresović, Angelina Tapanarova, Boško Gajić, Vesna Dragićević, Borivoje Pejić, Đorđe Glamočlija.....31-40

RESULTS OF THE INVESTIGATION EFFECTS OF SOIL COMPACTION ON YIELD OF WINTER WHEAT
Sasa Barac, Bojana Milenkovic, Aleksandar Vukovic, Dragoslav Djokic..... 41-49

METHOD FOR MEASURING OF N_2O EMISSIONS FROM FERTILIZED SOIL AFTER THE USING OF FERTILIZER SPREADER
Tomáš Šima, Ladislav Nozdrovický, Koloman Krištof, Monika Dubeňová, Josef Krupička, Stanislav Králik..... 51-60

TECHNICAL PARAMETERS AND FAN SPRAYER QUALITY OF VINEYARDS
Mirko Urošević, Milovan Živković..... 61-69

ACCIDENTS WITH TRACTOR DRIVERS IN PUBLIC TRANSPORT IN BELGRADE
Kosta Gligorević, Mićo V. Oljača, Miloš Pajić, Zoran Dimitrovski, Milan Dražić, Dušan Radojičić..... 71-79

ECONOMICALLY JUSTIFIED AMOUNT OF INVESTMENT IN PURCHASE OF HARVESTER AT FAMILY FARMS
Saša Todorović, Sanjin Ivanović, Todor Marković..... 81-90

RESEARCH OF SEEDING DISTANCE UNIFORMITY BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY
Dragan Marković, Žarko Čebela, Vojislav Simonović, Ivana Marković..... 91-100

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 2, decembar 2012.
Strane: 1 - 13

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku

UDK: 631.536

Originalni naučni rad
Original scientific paper

TIPOVI, KLASIFIKACIJA I SELEKCIJA SUŠARA U AGROINDUSTRIJI

Ivan Zlatanović [*]

Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku, Beograd - Zemun

Sažetak: Sušenje je jedna od osnovnih metoda konzervisanja namirnica u agro-industriji i predstavlja složen i energetski zahtevan proces. Istraživanja u oblasti prirodnih i tehničkih nauka su poslednjih godina fokusirana na procese optimizacije energetski zahtevnih industrijskih sistema u cilju održivog razvoja i osavremenjavanja različitih tehnologija. Veliki broj istraživača se bavi problematikom sušenja u agro-industriji o čemu svedoči i zavidan broj publikacija sa ovom tematikom. Ovim radom učinjen je jedan osvrt na dostupnu literaturu i istraživanja velikog broja autora sa tendencijom da pruži jedan sveobuhvatan uvid na složenost samog procesa sušenja, trendove razvoja opreme i tehnologija, kao i načina pravilnog izbora odgovarajuće tehnologije u zavisnosti od konkretne sirovine koja se suši.

Ključne reči*: sušenje, oprema, klasifikacija sušara, selekcija sušara, tipovi sušara.*

UVOD

U novijoj istoriji čovečanstva, naročito u poslednjih stotinak godina, promene u biosferi nisu nezapažene i zanemarljive, već naprotiv alarmantne. Neprestani razvoj nauke i tehnologije, spregnut sa dinamičnim načinom života u modernom društvu, doveo je do kritičnih granica prirodne resurse narušavajući njihov globalni ekološki balans. Zahtevi modernog društva su bili i nastavljaju da budu potkrepljeni postojećim zalihama fosilnih goriva na Zemlji, međutim, te zalihe su ograničene i njihovo potpuno iscrpljenje je neizbežno. Istraživanja u oblasti prirodnih i tehničkih nauka poslednjih godina fokusirana su na rešavanje ovog problema. Traže se rešenja koja će vratiti harmoniju i ekološki balans u savremeno društvo bez drastičnih uticaja na kvalitet života i bitnije sociološke promene.

[*] Kontakt autor: Ivan Zlatanović, Nemanjina 6, 11080 Beograd-Zemun,
E-mail: ivan@agrif.bg.ac.rs

Sušenje, kao jedna od najvažnijih metoda konzervisanja namirnica u agro-industriji, bitno utiče na okolinu u ekološkom smislu. Delimično ili potpuno izdvajanje vode iz bioloških materijala je kompleksan proces koji troši veliku količinu energije. Uticajni faktori kao što su vremenski interval trajanja procesa sušenja, kvalitet proizvoda, toplotna osetljivost biološkog materijala koji se suši, itd., uslovljavaju režime sušenja koji su često kompromis između ovih faktora.

Ovim radom se čini osvrt na literaturu i istraživanja u cilju promocije pojedinih tehnologija sušenja i sagledavanja celokupne problematike u vezi sa sušenjem u agroindustriji. Osavremenjavanje postupaka i procesa sušenja u tehnološkom i tehničkom smislu obećava ekonomski i ekološki benefit i veliki broj istraživanja se bavi ovom problematikom.

MATERIJAL I METODE RADA

Pregled literature je izvršen prema nekoliko kriterijuma kojima se objedinjuju i analiziraju publikacije, a to su razmatranja:

1) osnovnih principa i teorija sušenja;
2) raznolikosti opreme i sistema za sušenje;
3) izbora odgovarajuće tehnologije sušenja;
4) načina pravilne selekcije sistema za sušenje;
5) dostupnih tipova sušenja i tehnologija.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Osnove sušenja i oprema za sušenje

O teoriji i osnovnim principima sušenja govorili su mnogi autori u različitim knjigama [1-7]. Pored upoznavanja sa fizičko-hemijskim pojmovima u vezi sa dehidratacijom hrane i psihrometrijom, različiti komercijalni sistemi za sušenje se mogu klasifikovati u četiri generacije [7]:

1) Sušare za sušenje čvrstih sirovina (ormari za sušenje, slojevito sušenje);
2) Sušare za mulj i kaše (sprej sušare i bubanj sušare);
3) Sublimacijske sušare i sistemi za osmotsku dehidrataciju;
4) Sušare koje primenjuju specifične tehnike sušenja (fluidizacija, korišćenje dielektričnog grejanja, vakumsko sušenje itd.)

Pored temeljnih teorijskih analiza i diskusija o načinima klasifikacije, selekcije i projektovanja sušara [6], u literaturi se govori i o različitim aspektima eksperimentalnog rada koji je u vezi sa sušenjem. Tako se, na primer, ističe da su opšti ciljevi eksperimenata sušenja [8]: izbor odgovarajuće opreme za sušenje, uspostavljanje zadatih zahteva, ispitivanje efikasnosti i kapaciteta postojeće opreme za sušenje, ispitivanje efekata sušenja na finalni proizvod, kao i analiza mehanizma za sušenje. Različite eksperimentalne tehnike sprovođene su radi određivanja odgovarajućih parametara sušenja, kao što su: određivanje optimalnog sadržaja vlage, uspostavljanje karakterističnih ravnotežnih stanja u procesima sorpcije i desorpcije, određivanje

toplotne provodljivosti, efektivne difuzivnosti itd. U industriji prerade hrane, istraživanja se fokusiraju na važne faktore kao što su ciljevi sušenja hrane, utvrđivanje zaostalog sadržaj vlage radi produženog skladištenja, praćenje određenih svojstva hrane, optimizacija odgovarajuće tehnike sušenja, istraživanja sorti koje su pogodne za sušare i istraživanja u cilju umanjenja negativnih promena kvaliteta osušenog proizvoda [6].

Raznolikost opreme i sistema za sušenje koja se koristi u agroindustriji varira od sirovine do sirovine. U literaturi se opisuju različite vrste opreme za sušenje koja se koristi za sušenje poljoprivrednih proizvoda [6], počev od kompleksnih sistema za sušenje zrnevlja, pa sve do različitih principa funkcionisanja sušara za voće i povrće. Istraživanjem i prikupljanjem neophodnih informacija za izbor i projektovanje sistema za sušenje je kompleksan i važan posao [9]. To potvrđuju i podaci prikupljeni pregledom komercijalne prakse sušenja u delovima Evrope, Afrike i Azije, i analizu različitih tipova sušara, faktora koji utiču na izbor, sušenje različitih vrsta voća i povrća, pripremnih procesa, kontrole kvaliteta i ekonomije dehidratacije [10].

Klasifikacija sušara

U savremenoj industrijskoj proizvodnji može se sa sigurnošću tvrditi da ne postoji proizvod čija osnovna sirovina u nekoj svojoj fazi nije prošla kroz nekakav proces sušenja. Troškovi transporta energenta u većim sistemima nisu zanemarljivi i direktno zavise od sadržaja vlage u materijalu koji se suši. Dosta pažnje u literaturi se poklanja i metodama uštede energije [11]. Kod sistema masovne proizvodnje čak i minimalna ušteda na lokalnom nivou dugoročno gledano može akumulirati značajna sredstva. Izbor adekvatne tehnologije sušenja u pojedinim granama industrije, kao na primer u agroindustriji, veoma je delikatan i osetljiv naročito po pitanju očuvanja kvaliteta proizvoda. Iskakanjem iz okvira tačno propisanih vremensko-temperaturskih koordinata u procesu sušenja može se izazvati degradacija kvaliteta osušenog proizvoda što se može donekle eliminisati u recirkulacionim tipovima sušara. Takođe, industrija proizvodnje hrane zahteva primenu kontinualnih tehnologija sušenja.

Veliki broj autora sprovodi istraživanja sa ciljem da se precizno utvrdi šta i na koji način treba sušiti [6]. U Tabeli 1 je predstavljena mogućnost primene pojedinih tipova sušara u zavisnosti od mehaničkih katrakteristika i oblika materijala sirovine koja se suši, dok Tabela 2 prikazuje i klasifikuje mogućnosti primene pojedinih tipova sušara u zavisnosti od ukupnog vremena zadržavanja sirovine u samom procesu sušenja. Načini klasifikacije tipova sušara koji se mogu sresti u literaturi variraju od autora do autora, međutim, mogu se primetiti tri zajednička principa - načela na kojima se ove klasifikacije baziraju [2, 12], a to su:

1) Način dovođenja toplote materijalu koji se suši;
2) Režim sušenja u smislu odabranih parametara temperature sušenja (visoka ili niska) i pritiska sušenja (vakuumski ili atmosferski);
3) Način na koji se materijal u sušari tretira.

U skladu sa ovim principima moguće je analizu produbiti, međutim dalje uvođenje podklasifikacija, nema nikakvog praktičnog značaja, tako da je dovoljno zadržati se na nivou analize navedena tri načela.

Tabela 1. Izbor tipa sušare u zavisnosti od karakteristika sirovine [6]
Table 1. Dryer selection versus feedstock form [6]

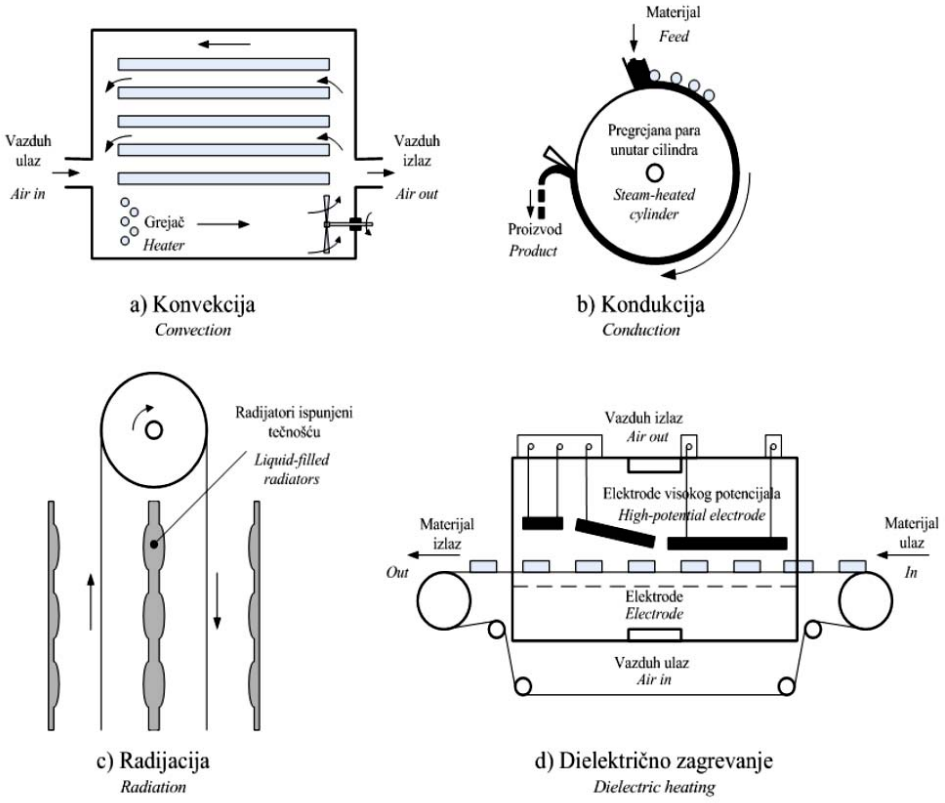
Karakteristike sirovine *Nature of feed*	Tečnosti *Liquids*			Prahovi *Cakes*		Plutajuće čestice *Free-flowing solids*					Čvrsta tela *Solids*
	Rastvori / *Solution*	Kaše / *Slurry*	Paste / *Pastes*	Centrifuga / *Centrifuge*	Filter / *Filter*	Puder / *Powder*	Granule / *Granule*	Lomljivi kristali / *Fragile crystal*	Pelete / *Pellet*	Vlakna / *Fiber*	
Konvektivne sušare *Convection dryers*											
sa pokretnom trakom *belt conveyer dryer*							●	●	●	●	●
sa pneumatskim transportom *flash dryer*				●	●	●	●			●	
sa fluidizovanim slojem *fluid bed dryer*	●	●		●	●	●	●		●		
sa rotirajućim bubnjem *rotary dryer*				●	●	●	●		●	●	
sa raspršivanjem *spray dryer*	●	●	●								
sa tunelom (šaržna) *tray dryer (batch)*				●	●	●	●	●	●	●	●
sa tunelom (kontinualna) *tray dryer (continous)*				●	●	●	●	●	●	●	
Konduktivne sušare *Conductive dryers*											
sa bubnjevima *drum dryer*	●	●	●								
rotaciona sa preg.vod.parom (u džepovima) *steam jacket rotary dryer*				●	●	●	●		●	●	
rotaciona sa preg.vod.parom (u cevima) *steam tube rotary dryer*				●	●	●	●		●	●	
sa tunelom (šaržna) *tray dryer (batch)*				●	●	●	●	●	●	●	●
sa tunelom (kontinualna) *tray dryer (continous)*				●	●	●	●	●	●	●	

Tabela 2. Izbor tipa sušare u zavisnosti od vremena zadržavanja sirovine [6]
Table 2. Solids' exposures to heat conditions [6]

Sušare *Dryers*	Tipično vreme zadržavanja sirovine u sušari *Typical residence time within dryer*				
	0-10	10-30	5-10	10-60	1-6
	(s)	(s)	(min)	(min)	(h)
Konvekcija *Convection*					
sa pokretnom trakom *belt conveyer dryer*				•	
sa pneumatskim transportom *flash dryer*	•				
sa fluidizovanim slojem *fluid bed dryer*				•	
sa rotirajućim bubnjem *rotary dryer*				•	
sa rasprskivanjem *spray dryer*		•			
sa tunelom (šaržna) *tray dryer (batch)*					•
sa tunelom (kontinualna) *tray dryer (continous)*				•	
Kondukcija *Conduction*					
sa bubnjevima *drum dryer*		•			
rotaciona sa preg.vod.parom (u džepovima) *steam jacket rotary dryer*				•	
rotaciona sa preg.vod.parom (u cevima) *steam tube rotary dryer*				•	
sa tunelom (šaržna) *tray dryer (batch)*					•
sa tunelom (kontinualna) *tray dryer (continous)*				•	

Dovođenje toplote materijalu koji se suši moguće je bilo kojim od mehanizama prenosa toplote: konvekcijom, kondukcijom ili radijacijom. Konvekcija je jedan od najčešćih načina pri čemu kao medijum za transport vlage koristi atmosferski vazduh (najčešće), inertni gas (azot, i slično.), direktni produkti sagorevanja ili pregrejana vodena para [6]. Ovakav način sušenja se još naziva i direktno sušenje. Indirektno sušenje koje se ostvaruje kondukcijom pogodno je za sušenje veoma vlažnilh ili veoma tankih materijala i često se izvodi korišćenjem vakuumskih režima sušenja. Indirektno i direktno sušenje se često istovremeno primenjuju. Sušenje radijacijom se ostvaruje emitovanjem elektromagnetnih talasa na različitim talasnim dužinama, od vidljivog dela spektra pa do mikrotalasa. Ovakav način sušenja je izuzetno skup i retko kada se primenjuje kao jedini, već se kombinuje najčešće sa konvektivnim metodama sušenja.

Prema [12] kod zagrevanja materijala prilikom sušenja dominiraju četiri načina zagrevanja: konvektivno (Sl.1a), konduktivno (Sl.1b), radijaciono (Sl.1c) i dielektrično (Sl.1d).



Slika 1. Metode zagrevanja prilikom sušenja [12]
Figure 1. Heating methods in drying [12]

Većina sušara radi na pritiscima blizu atmosferskog što dosta pojednostavljuje konstrukciju sušare i performanse opreme koja se koristi. Međutim, u specijalnim slučajevima kada se, na primer, materijal mora sušiti bez prisustva kiseonika ili na niskim temperaturama, koristi se tzv. sušenje u vakuumu (na niskim temperaturama – sublimacijsko sušenje).

Način na koji će se materijal tretirati unutar same sušare bitno utiče na troškove sušenja. U Tabeli 3 uporedno su prikazani uobičajeni način tretiranja materijala, tip sušare i tip materijala koji se danas sreću u praksi.

Tabela 3. Uporedni prikaz tretmana materijala i uobičajenih tipova sušara [6]
Table 3. Capacity and energy consumption for selected dryers[6]

Metoda *Method*	Tipična sušara *Typical dryer*	Tipičan materijal *Typical materials*
Bez tretiranja materijala *Material not conveyed*	Šaržno sušenje *Tray dryer*	Paste i granule *Pastes and granules*
Materijal se kreće pod dejstvom sile gravitacije *Material falls by gravity*	Rotaciona sušara *Rotary dryer*	Granule *Granules*
Materijal se pokreće i komeša mehanički *Material conveyed mechanically*	Sušara sa vijčanim elementima *Screw-conveyor, paddle*	Vlažne kaše i paste *Wet sludges, pastes*
Materijal se transportuje u kolicima *Transported on trucks*	Tunelska sušara *Tunnel dryer*	Razni materijali *Wide range of materials*
Materijal se unosi u listovima ili rolnama *Sheet-form or roll materials*	Cilindrične sušare *Cylinder dryers*	Papir, tekstil, pulpa *Paper, textiles, pulp*
Materijal se transportuje i komeša pokretnim trakama *Conveyed on bands*	Sušare sa pokretnim trakama *Band conveyor dryer*	Pelete, zrnasti materijali *Pellets, grains*
Materijal se transportuje vazduhom *Material suspended in air*	Sušare sa fluidizovanim slojem *Fluid bed*	Granule *Granules*
Kaše i rastvori raspršeni u vazduhu *Slurries or solutions atomized in air*	Sušare sa rasprskivanjem *Spray dryer*	Mleko, kafa, itd. *Mleko, kafa, etc.*

Selekcija sušara

Za pravilnu selekciju sušare potrebno je prethodno utvrditi nekoliko osnovnih činjenica - informacija, koje u stvari predstavljaju neophodne inpute za korektan proces selekcije.

Neke od najvažnijih su:

- Mod sušenja, tj. da li je sušenje šaržno ili kontinualno;
- Fizičke, hemijske i biohemijske osobine vlažnog materijala, kao i željene osobine osušenog materijala;
- Potrebna predpriprema materijala za sušenje i neophodni postupci koje je potrebno preduzeti po završetku procesa sušenja;
- Sadržaj vlage vlažnog i osušenog materijala;
- Kinetika sušenja;
- Parametri kvaliteta;
- Sagledavanje bezbedonosnih aspekata procesa sušenja (vatrootpornost, eksplozivnost i toksičnost procesa);
- Vrednost proizvoda;
- Nivo automatske regulacije procesa sušenja;
- Toksikološke osobine proizvoda;
- Kapacitet;

- Vrste i cene goriva, energenata ili električne energije;
- Uticaj na okolnu sredinu;
- Prostor za smeštaj postrojenja.

Veliki broj sprovedenih naučnih studija uticao je na to da u poslednje vreme budu razjašnjene mnoge nedoumice u vezi sa termodinamičkim pojavama i procesima koji se javljaju prilikom sušenja higroskopskih materijala, kinetikom sušenja, isparavanjem multikomponentnih mešavina iz poroznih tela, kao i termomehaničkim osobinama materijala i agenasa. Međutim, na mikroskopskom nivou gledano, postoje još mnogi problemi koji su i danas nedoumica pa je ujedno i veliki izazov upustiti se u njihovo rešavanje.

Poslednjih godina se pojavio veliki broj knjiga [13-16] koje se fokusiraju na jedan ili više aspekata sušenja. Upoređuju se savremene tehnologije sušenja sa konvencijalnim metodama [17] kako bi se pronašla alternativna rešenja za pojedinačne probleme sušenja određenih specifičnih materijala [18-20]. Detaljnije informacije o procesu dizajniranja sušara najčešće su industrijska tajna. Pojedina istraživanja [21, 22] su usmerena ka objedinjavanju i standardizaciji metodologije proizvodnje industrijskih sušara.

Pregled različitih tipova sušara

Indirektne sušare (u literaturi se mogu sresti pod nazivima: kontaktne, konduktivne) su prema [23] one sušare u kojima se medijum za zagrevanje (pregrejana para, topli gas, topli fluid, i slično) ne nalazi u direktnom kontaktu sa materijalom koji se suši, već posredno, preko preko grejane površine. Raspon temperatura sušenja kod ovakvih tipova sušara kreće se od -40°C (kod sublimacionog sušenja) do 300°C (kod sušara koje se greju direktno produktima sagorevanja). U istraživanjima [24-26] izdvajaju se četri osnovne vrste indirektnih sušara: šaržna sušara sa policama (lesama), indirektna-kontaktna rotaciona sušara, šaržna rotaciona vakuumska sušara i sušara sa mešanjem.

Rotacione sušare su one sušare koje u svom sastavu imaju rotirajući valjak sa osom postavljenom pod malim uglom u odnosu na horizontalu, kojim se materijal transportuje, istovremeno meša, a i ujedno suši odgovarajućim agensom, direktno ili indirektno. U istraživanjima [27] i [6] se po prvi put detaljnije govori o različitim tipovima rotacionih sušara i tokovima materijala i agensa unutar ovakvih sistema sušenja.

Sušare sa fluidizovanim slojem se pretežno koriste za sušenje vlažnih prahova (pudera) i čestica (granula) koje je moguće fluidizovati. U publikacijama mnogih autora se govori o važnosti poznavanja hidrodinamičkih osobina fluidizovanog sloja [28], kao što su poznavanje minimalnih brzina strujanja, dok pojedini autori [29] analiziraju osnovne prednosti i mane ovakvog tipa sušare.

Valjkaste sušare se koriste za sušenje tečnih organskih i neorganskih materija. Sa unutrašnje strane valjka struju para, topla voda ili ulje, a sa spoljašnje strane se suši tanki sloj tečnog ili pastastog materijala. U publikaciji [6] analizirano je sušenje različitih hemikalija na ovom tipu sušara, dok se u literaturi sreću i najraznovrsniji primeri primene kao na primer sušenje kaša: pirinčane [30], brašna [31], i sl., ili farmaceutskih proizvoda [32].

Sušare sa raspršivanjem materijala poseduju komoru u koju se ubacuje tečni materijal koji se suši u raspršenom stanju. Prema [33] raspršivanje je najvažnija

operacijom u procesu sušenja, dok [34] radi optimizaciju veličine raspršene kapi i distribucijom agensa i materijala. Kao nosioca toplotne energije [6] koristiti pregrejanu vodenu paru.

Sublimaciona sušara (vakuumska) je prema [35] isplativa za korišćenje jedino prilikom sušenja specifičnih materijala organskog porekla kao što je krvna plazma, hormonski rastvori, super provodljivi materijali, hirurški materijal za transplantaciju, ćelije zaražene bakterijama i virusima. Itekako postoji i opravdanost i prednost primene ovakvog načina sušenja i u prehrambenoj industriji [36], bez obzira što je ovakva tehnologija dominantna u farmaceutskoj industriji [37, 38].

Mikrotalasno i dielektrično sušenje se prvi put javljaju početkom dvadesetog veka. Upotreba elektromagnetnih talasa određene frekventnosti i talasne dužine predstavlja efikasan način za zagrevanje materijala. Nizom publikacija opravdava se upotreba mikrotalasa u industrijskoj proizvodnji [39], a uz pravilnu selekciju i dimenzionisanje opreme [40] ističu se i prednosti primene u prehrambenoj industriji [41, 42].

Solarno sušenje je jedan od najstarijih vidova sušenja i tehnologije iskorišćavanja ovakvog vida obnovljive energije konstantno se unapređuju. Sproveden je veliki broj istraživanja o opravdanosti investiranja u ovakve instalacije [43, 44], dok veliki broj autora obrađuje problematiku sušenja raznovrsnih materijala, prvenstveno prehrambenih proizvoda, kao što su: sušenje žitarica, kafe, grožđa, kikirikija i voća i povrća [45]; sušenje grožđa, oraha, duvana [46]; itd.

Sušenje u fluidizovanom sloju se uspešno primenjuje još od pedesetih godina dvadesetog veka. Geometrijskim, fizičkim i hidrodinamičkim karakteristikama ovih sušara bavili su se [47, 48]. Pojedini autori ističu prednosti ovakvog tipa sušenja specifičnih materijala kao što su: dehidratacija soli [49], sušenje pigmenata [50] i slično..

Sušenje koncentrisanim mlazom agensa se koristi prvenstveno prilikom kontinualnos sušenja materijala koji se najčešće nalazi u vidu rolne (proizvodnja papira, fotografskih filmova, tekstila, tepiha i slično). Veliki broj autora se bavi istraživanjima prenosa toplote i mase kod ovakvog tipa sušenja: proučavanjem oblika mlaza [51, 52], određivanjem vrednosti Nusseltovog broja [53], utvrđivanjem optimalnog ugla pod kojim mlaz dospeva na materijal koji se suši [54].

Pneumatsko sušenje predstavlja najčešće primenjivan vid kontinualnog konvektivnog sušenja. Istovremeno odvijanje pneumatskog transporta čestica i njihovog sušenja je složen proces. Brojni autori se bave numeričkim simulacijama ovih procesa i to: određivanjem optimalne veličine transportovanih čestica [55, 56], softverskim uobličavanjem i modeliranjem [5], kao i eksperimentalnim i numeričkim analizama procesa prenošenja toplote i kinetike sušenja [57]

Konvejersko sušenje predstavlja vrstu sušenja kojom se može iskoristiti kod velikog broja materijala. Materijal se transportuje na pokretnoj traci i istovremeno se produvava vrućim vazduhom [6].

Infracrveno sušenje je najčešće primenjivan vid sušenja u industriji a ujedno i vid sušenja koji zahteva najveće količine energije. Prema istraživanju [58], Rusija je zemlja u kojoj postoji naviše ovakvih sušara, a prate je SAD i istočnoevropske zemlje. Teorijska istraživanja i eksperimentalni rad na temu korišćenja ovih sušara sprovođena su u industriji papira, kartona, tekstila i boja [59, 60], dok je u istraživanju [61] ukazano na prednosti i mane korišćenja u prehrambenoj industriji za sušenje namirnica.

Sušenje pregrejanom vodenom parom predstavlja jedan od najstarijih koncepta sušenja i javio se još u devetnaestom veku u doba parne mašine i industrijske revolucije.

U publikaciji [19] dat je detaljan pregled principa, prakse, industrijskih aplikacija, istraživanja i razvoja u vezi sa ovom tehnologijom.

Specijalne napredne tehnologije sušenja se javljaju usled zahteva za visokim kvalitetom proizvoda, povećanjem produktivnosti, olakšanom kontrolom, energetskom efikasnošću postrojenja za sušenje, smanjenja negativnog uticaja na prirodnu okolinu. Glavni trendovi uvođenja naprednih tehnologija su [62]:

- Korišćenje pregrejane pare kod direktnog sušenja;
- Korišćenje indirektnog konduktivnog zagrevanja;
- Primenu kombinovanih načina prenosa toplote;
- Primenu volumetrijskog zagrevanja pomoću mikrotalasa i radio talasa;
- Upotrebu dvostepenih sušara;
- Upotrebu specijalnih tehnologija sagorevanja;
- Dizajniranje fleksibilnih multiprocesnih sušara;

ZAKLJUČAK

Sprovedena istraživanja iz oblasti sušenja prehrambenih materijala, temeljne teorijske analize i diskusije o načinima klasifikacije, selekcije i projektovanju sušara, ukazuju na to da je sušenje i izbor opreme za sušenje ozbiljan proces koji zahteva još ozbiljniji pristup.

Na selekciju sušare utiču mnogobrojni parametri. Opravdanost zanemarivanja pojedinih parametara može postojati, ali je najčešće uslovljena spoljnim uticajima kao što su zahtevi tržišta i potrošača, raspoloživost energenata, smeštajni kapaciteti opreme za sušenje i slično.

Većinu sušara je moguće iskoristiti za sušenje raznovrsnih materijala bez obzira na određene specifičnosti, naravno u granicama njihovih konstruktivnih karakteristika, tako da je izbor prave sušare za određeni materijal veoma složen i delikatan posao.

LITERATURA

[1] Williams-Gardner, A. 1971. Industrial Drying. CRC Press, Cleveland, OH.

[2] Keey, R.B. 1978. Introduction to Industrial Drying Operations. Pergamon, NY.

[3] Strumillo, C., Kudra, T. 1986. Drying: Principles, A lications and Design. Gordon and Breach, NY,

[4] Marinos-Kouris, D., Maroulis, Z.B. 1995. Transport properties in the drying of solids. In: *Handbook of Industrial Drying*, Mujumdar, A.S. ed., Marcel Dekker, Inc., NY.

[5] Pakowski, Z. 1996. DryPak v.3. Program for Psychometric and Drying Computation.

[6] Mujumdar, A.S. 2006 Handbook of Industrial Drying, 3ed, Marcel Dekker, Inc., NY.

[7] Vega-Mercado, H., Gongora-Nieto, M.M., Barbosa-Canovas, G.V. 2001. Advances in dehydration of foods. *J. Food Engng*., 49.

[8] Molnar, K. 1995. Experimental techniques in drying. In: Handbook of Industrial Drying, Mujumdar, A.S. ed., Marcel Dekker, Inc., NY.

[9] Van't Land, CM.. 1991. Industrial Drying Equipment: Selection and A lication. Marcel Dekker, NY.

[10] Greensmith, M. 1998. Practical Dehydration. CRC Press, Boca Raton, FL.

[11] Menon, A.S., Mujumdar, A.S. 1982. Energy saving in the drying of solids, *Indian Chem. Eng*., 14(2): 8–13.

[12] Keey, R.B. 1972. Drying: Principles and Practice. Pergamon, NY.

[13] Van't Land, C.M. 1991. Industrial Drying Equipment, Marcel Dekker, NY.

[14] Cook, E.M., Dumont, D. 1991. Process Drying Practice, McGraw-Hill, NY.

[15] Vergnaud, J.M. 1992. Drying of Polymeric and Solid Materials, Springer-Verlag, London.

[16] Keey, R.B. 1992. Drying of Loose and Particulate Materials, Hemisphere, NY.

[17] Mujumdar, A.S. 1982. *Drying Technology – An International Journal*, Marcel Dekker, NY.

[18] Mujumdar, A.S. 1987. Drying of Solids – Recent Int. Developments, Wiley Eastern Ltd, New Delhi.

[19] Mujumdar, A.S. 1990. Drying of Solids, Sarita Prakashan, Nauchandi Grounds, India.

[20] Mujumdar, A.S. 1992. Drying of Solids, Oxford/IBH, New Delhi, India, and Int. Publishers.

[21] Houska, K., Valchar, J., Viktorin, Z. 1987. Computer aided design of dryers, in *Advances in Drying*, Vol.4 (A.S. Mujumdar, Ed.), Hemisphere, NY.

[22] Genskow, L.R. (GuestEd.) 1994. Scale-up of Dryers, *Drying Technology*, 12: 1–2.

[23] Hall, CW. 1980. Dictionary of Drying. NY: Marcel Dekker.

[24] Walsh JJ. 1992. Indirect Drying of Solids Particles. Minneapolis: Bepex Corporation.

[25] Vetere, D., Morris, J. 1997. How a conduction dryer works and how to select one—part I. *Powder and Bulk Engineering*, 23–28.

[26] Mujumdar, A.S. 2000. Classification and selection of industrial dryers. In: SDevahastin, ed. Mujumdar's *Practical Guide to Industrial Drying: Principles, Equipment and New Developments.* Brossard, Canada: Exergex Corporation, 23–36.

[27] Baker, C.G.J. 1988. The design of flights in cascading rotary dryers, *Drying Technology*, 6(4); 631–653, 754.

[28] Gupta, C.K., Sathiyamoorthy, D. 1999. Fluid Bed Technology in Material Processing, CRC Press, NY.

[29] Mujumdar, A.S., Devahastin, S. 2003. A lications for fluidized bed drying, *Handbook of Fluidization and Fluid Systems* (Yang, W.C., Ed.), Marcel Dekker, NY, ch.18.

[30] Daud, W.R.W., Armstrong, W.D. 1987. Pilot plant study of the drum dryer, *in Drying'87*, Mujumdar, A.S., Ed., Hemisphere Publishing Corporation, NY, p101.

[31] Mercier, C. 1987. Comparative modifications of starch and starchy products by extrusion cooking and drum drying, *in Pasta and Extrusion Cooked Foods*, Mercier, C., Cantarelli, C., Eds., Elsevier A lied Science, London, p120.

[32] Laurent, S., Couture, F., Roques, M. 1999. Vacuum drying of a multi component pharmaceutical product having different pseudopolymorphic forms, *Chem.Eng.Proc*, 38-157.

[33] Filkova I. 1984. Nozzle atomization in spray drying, *Advances in Drying*, Vol.3, (Ed. A.S.Mujumdar), Hemisphere/Springer-Verlag, NY, 181–216.

[34] Masters, K. 1979. Spray Drying, Leonard Hill Books, London.

[35] Mellor, J.D. 1978. Fundamentals of Freeze Drying. London: Academic Press.

[36] King, C.J. 1971. Freeze Drying of Foods. Cleveland, OH: CRC Press.

[37] Rey, L, May, JC, (Eds.), 1999. Freeze Drying/Lyophilization of Pharmaceutical and Biological Products. NY: Marcel Dekker.

[38] Pikal, MJ. 1992. Freeze drying. *In: Encyclopedia of Pharmaceutical Technology*, NY: Marcel Dekker, 6: 275–303.

[39] Jones, P.L.J. 1987. Radio Frequency Processing in Europe. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 22 (3): 143–153.

[40] Preston, M. 1971. Theory and A lications of Microwave Power in Industry, International Microwave Power Institute, Manassas, Virginia, 65–85.

[41] Smith, F.J 1979. Microwave hot air drying of pasta, onions and bacon. *Microwave Eng. Applications Newsletter*, 12(6): 6–12.

[42] Schiffmann, R.F. 1973. Industrial Applications of Microwave Power for Foods The Applications of Microwaves to the Food Industry in the United States. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 8(2): 137–142.

[43] Schoenau, G.J., Besant, R.W. 1976. Agriculture, Biomass, Wind, New Developments. *In Proceedings of the Sharing the Sun, Solar Technology in the Seventies* (K.W. Boer, Ed.), Winnipeg, Canada, 7: p33.

[44] Vaughan, D.H., Lambert, A.J., 1980. An Integrated Shed Solar Collector for Peanut Drying. *Transactions of the ASAE*. 23 (1): 0218-0223.

[45] Garg, H.P. 1982. Solar drying - Prospects and retrospects. *In Proceedings of the Third International Drying Symposium* (J.C.Ashworth,Ed.), Drying Research Limited, Wolverhampton, England. Vol. 1, pp. 353-369

[46] Auer, W.W. 1980. Solar energy systems for agricultural and industrial process drying. *Drying '80* (A.S. Mujumdar, Ed.), Hemisphere, NY, Vol.1, p.280-293.

[47] Szentmarjay, T., Szalay, A., Pallai, E. 1994. Scale-up aspects of the mechanically spouted bed dryer with inert particles, *Drying Technology*, 12 (12): p341.

[48] Szalay, A., Pallai, E., Szentmarjay, T. 2001. Production of powder-like material from suspension by drying on inert particles, in *Handbook of Conveying and Handling of Particulate Solids*, A.LevyandH. Kalman(Eds.), Elsevier Science, Amsterdam, 10: 581–586.

[49] Rabinovich, M.J. 1977. Thermal Processes in spouted beds, *Nauka Dumka*, Kiev.

[50] Romankov, P.G., Rashkovskay, N.B. 1979. Drying in fluidized bed, *Chimiya*, Leningrad.

[51] Korger, M., Krizek, F. 1972. *Verfahrenstechnik* (Mainz), 6: p223.

[52] Baines, W.D., Keffer, J. 1980. Observations of effects of suction on a two-dimensional jet impinging on a porous surface. *Drying '80* (A.S. Mujumdar, Ed.), Hemisphere, NY, Vol.1, p.376-383.

[53] Fechner,G., 1972. Measurements of average Nu on rotating drums subjected to single and multiple slot jet impingement. *Dr.Eng. dissertation*, Technical University, Munich.

[54] AliKhan, M. 1980. The effect of placing a perforated plate just upstream of the impingement surface. *Ph.D.thesis*. University of Tokyo.

[55] Silva, M.A., Correa, J.L.G. 1998. Using DryPak to simulate drying process, in Drying'98 *Proceedings of the 11th International Drying Symposium*, A: 303–310.

[56] Rocha, S.C.S. 1988. Contribution to the Study of Pneumatic Drying: Simulation and Influence of Gas–Particle Heat Transfer Coefficient, *Ph.D.thesis*, Sao Paulo University, Sao Paulo.

[57] Tolmač, D., Josimović, Lj., Prvulović, S., Dimitrijević, D. 2011. Experimental and Numerical Studies of Heat Transfer and Kinetic Drying of Convection Pneumatic Dryer. *FME Transactions* 39:139-144.

[58] Hallstrom, B., Skjoldebrand, C., Tragardh, C. 1988. Heat Transfer and Food Products, Elsevier A lied Science, London.

[59] Therien, N., Cote, B., Broadbent, A.D. 1991. Statistical analysis of a continuous infrared dryer. *Textile Research* 61: 193–202.

[60] Kuang, H., Chen, R., Thibault, J., Grandjean, B.P.A. 1992. Theoretical and experimental investigation of paper drying using gas-fired IR dryer. *In''Drying'92*, A.S.Mujumdar (Ed.) Elsevier, Amsterdam, p 941.

[61] Sandu, C. 1986. Infrared radiative drying in food engineering: process analysis. *Biotech.Progress*, 2(3):109–119.

[62] Mujumdar, A.S. 1991. Drying technologies of the future, *Drying Technology* 9 (2): 325–347.

TYPES, CLASIFICATION AND SELECTION OF DRYERS IN AGROINDUSTRY

Ivan Zlatanović

University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute for Agriculture engineering, Belgrade-Zemun, Republic of Serbia

Abstract: Drying is one of the basic food processing operations in agro-industry that requires a great amount of energy for food conservation process. The large number of researchers in the domain of natural and technical sciences is focused on energy consumption optimization process in industrial systems in order to provide sustainable development and modern technologies implementation. This paper will provide a review of many publications that have drying of food materials as primary topic, in order to provide a global view of all the problems related to drying process, selection of adequate dryer for chosen drying material.

Key words: *drying, equipment, dryer classification and selection, dryer types*

Datum prijema rukopisa: *Paper submitted:*	10.10.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama: *Paper revised:*	16.10.2012.
Datum prihvatanja rada: *Paper accepted:*	21.10.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 2, decembar 2012.
Strane: 15 - 24

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku

UDK: 631.621.314

Originalni naučni rad
Original scientific paper

UTICAJ KVALITETA NAPONA NA ENERGETSKU EFIKASNOST ASINHRONIH MOTORA U POLJOPRIVREDI

Đukan Vukić [1]*, Branko Radičević[1], Žarko Milkić[2], Nenad Floranović[3],

[1] Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku
[2] Univerzitet u Prištini, Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica
[3] Istraživačko-razvojni centar ALFATEC, Niš

Sažetak: Kvalitet napona napajanja trofaznih asinhronih motora definiše vrednost napona, nesimetrija napona i harmonijska distorzija napona. U radu je ukazano na uticaj kvaliteta napona napajanja na energetsku efikasnost trofaznih asinhronih motora sa posebnim osvrtom na energetsku efikasnost asinhronih motora sa kaveznim rotorom u poljoprivredi. Povećanje energetske efikasnosti asinhronih motora postiže se ne samo primenom energetski efikasnih asinhronih motora, već i optimizacijom troškova za utrošenu električnu energiju, na šta značajan uticaj ima kvalitet napona napajanja i izbor optimalne vrednosti napona napajanja, s obzirom na nominalnu snagu, režim rada, opterećenje i konstruktivne karakteristike primenjenih asinhronih motora.

Ključne reči*: asinhroni motor, napon, energetska efikasnost, električna energija, gubici, stepen korisnog dejstva*

UVOD

Asinhroni električni motori, koji se izvode kao trofazni i jednofazni, predstavljaju najrasprostranjenije električne motore i oni su danas najveći potrošači električne energije. Elektromotorni pogoni sa asinhronim motorima troše između 30% i 40% od

* Kontakt autor: E-mail: vukicd@agrif.bg.ac.rs

Rad je rezultat istraživanja u okviru projekata: 1) „Unapređenje biotehnoloških postupaka u funkciji racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta polj. proizvoda“, TR-31051, 2) „Razvoj novih informaciono-komunikacionih tehnologija, korišćenjem naprednih matematičkih metoda, sa primenama u medicini, telekomunikacijama, energe-tici, zaštititi nac. baštine i obrazovanju“, III-44006, i 3) „Inteligentne energetske mreže“, III-42009, koje finasira Ministarstvo za prosvetu, nauku i teh. razvoj Republike Srbije.

celokupne proizvedene električne energije. Zato se danas povećanju energetske efikasnosti asinhronih motora posvećuje posebna pažnja.

Povećanje energetske efikasnosti asinhronih motora postiže se kako primenom energetski efikasnih asinhronih motora, tako i primenom niza mera koje, pre svega, utiču na smanjenje troškova električne energije, ali i povećanje energetske efikasnosti kompletnog elektromotornog pogona i njegovih komponenti, [1], [2].

Jedan od važnih faktora koji utiče na energetsku efikasnost trofaznih asinhronih motora jeste i kvalitet napona napajanja, pri čemu kvalitet napona definiše vrednost napona, nesimetrija napona i harmonijska distorzija napona napajanja.

Veliki doprinos unapređenju poljoprivredne proizvodnje, odnosno povećanju prinosa po jedinici površine i povećanju produktivnosti rada daje primena savremenih tehničkih sredstava pomoću kojih se vrši mehanizacija poljoprivredne proizvodnje. Različite primene električnih motora u tom smislu imaju značajnu ulogu [3].

Električni motori nalaze veliku primenu u svim oblastima poljoprivrede. S obzirom na velike prednosti električnih motora u odnosu na motore sa unutrašnjim sagorevanjem (tehničke, ekonomske, kvalitativne), oni se, gde je god to moguće, koriste u poljoprivredi kao uređaji za proizvodnju mehaničkog rada.

Imajući u vidu karakteristike radnih mašina u poljoprivredi pokazuje se da su za primenu u poljoprivredi ubedljivo najpogodniji asinhroni motori sa kaveznim rotorom, čije nominalne snage iznose do 10 kW, a ređe do 50 kW, [4]. Na svakom imanju srednje veličine instalirano je više stotina asinhronih motora, pomoću kojih je moguće obaviti veliki broj različitih poslova. Često se pomoću jednog motora, postavljenog na odgovarajuće prenosno ili prevozno postolje opslužuje više radnih mašina. Na taj način se postižu značajne uštede u materijalnom ulaganju i povećanju iskorišćenja pojedinih motora, pošto je veliki broj poslova u poljoprivredi sezonskog karaktera. To se, naravno ne odnosi na radne mašine, koje zahtevaju ugrađene motore.

S obzirom da su poljoprivredna imanja locirana na velikim površinama, energetski provodnici tada često imaju velike dužine (zbog čega se javljaju veliki padovi napona), kao i zbog činjenice da u poljoprivrednim objektima ima značajan broj jednofaznih priključaka i jednofaznih potrošača (što utiče na simetričnost trofaznih napona napajanja), problem kvaliteta napona napajanja u toj oblasti je posebno izražen, naročito u pogledu vrednosti napona i nesimetrija napona. Zato ovom problemu treba posvetiti posebnu pažnju, kako bi se smanjio utrošak električne energije i povećala energetska efikasnost primenjenih asinhronih motora.

MATERIJAL I METOD RADA

Trofazni asinhroni motor je sa strane statora priključen na trofaznu mrežu iz koje uzima električnu snagu $P_1 = \sqrt{3}UI\cos\varphi$ (utrošena snaga). Rotor je mehanički spregnut sa radnom mašinom kojoj predaje korisnu (mehaničku) snagu P. Proces elektromehaničkog pretvaranja energije u asinhronom motoru praćen je gubicima $\sum P_\gamma$. Principijelna šema trofaznog asinhronog motora je prikazana na Sl. 1.

Ukupni gubici $\sum P_\gamma$, koji se javljaju pri radu asinhronog motora, sastoje se od električnih, magnetnih i mehaničkih gubitaka, odnosno od gubitaka u bakru, gubitaka u gvožđu i gubitaka usled trenja i ventilacije, [2]:

$$\sum P_\gamma = P_1 - P = P_{\gamma el} + P_{\gamma mag} + P_{\gamma meh} \tag{1}$$

odnosno:

$$\sum P_\gamma = P_{Cu} + P_{Fe} + P_{fv} \tag{2}$$

ili:

$$\sum P_\gamma = P_{Cu_1} + P_{Cu_2} + P_{Fe_1} + P_{fv} \tag{3}$$

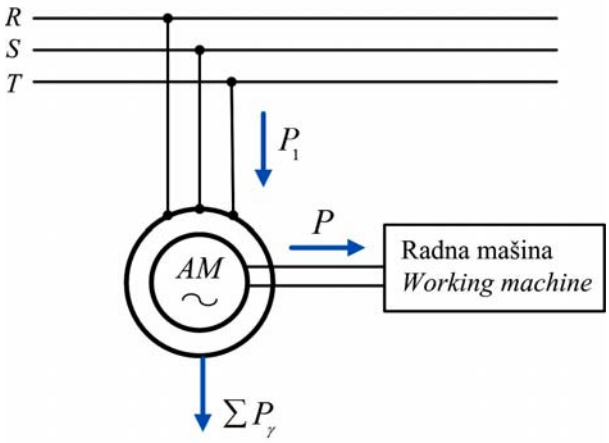
gde su:

P_{Cu_1} i P_{Cu_2} [W] - gubici u bakru statora i rotora,

P_{Fe_1} [W] - gubici u gvožđu statora i

P_{fv} [W] - gubici usled trenja i ventilacije.

Gubici u gvožđu rotora P_{Fe_2} [W] su zanemarljivo mali, [3].



Slika 1. Principijelna šema trofaznog asinhronog motora

Figure 1. Principal scheme of a three-phase induction motor

Odnos snaga P i P_1 [kW] definiše stepen korisnog dejstva asinhronog motora:

$$\eta = \frac{P}{P_1} = \frac{P}{P + \sum P_\gamma} \tag{4}$$

koji se u nominalnom režimu rada kreće u granicama od 0,75 do 0,95 u zavisnosti od nominalne (nazivne) snage P_n motora. Sa porastom nominalne snage motora povećava se stepen korisnog dejstva, [3].

Asinhroni motor je induktivni potrošač što znači da pri radu, iz mreže, pored aktivne uzima i reaktivnu snagu. Odnos tih snaga definisan je faktorom snage *cosφ*. Struja koju trofazni asinhroni motor pri nekoj snazi opterećenja *P* uzima iz mreže iznosi:

$$I = \frac{P}{\eta\sqrt{3}U\cos\varphi} \tag{5}$$

To znači da će za istu korisnu snagu *P* motor uzimati utoliko manju struju što je reaktivna snaga *Q* manja, odnosno faktor snage *cosφ* veći.

Gubici snage i reaktivno opterećenje zavise od vrednosti napona napajanja.

Gubici u bakru, odnosno gubici opterećenja, uz zanemarivanje dodatnih gubitaka ($P_{Cu} = P_{Cu_1} + P_{Cu_2}$) zavise od relativne vrednosti napona napajanja ($u = U / U_n$), na način definisan izrazom:

$$P_{Cu} = P_{Cu_n}\frac{p^2}{u^2} \tag{6}$$

gde su:

P_{Cu_n} [W] - gubici u bakru pri nominalnom režimu rada (P_n, U_n).

Ovi gubici se određuju kao razlika ukupnih nominalnih gubitaka snage P_{γ_n} i snage praznog hoda pri nominalnom naponu P_{o_n}:

$$P_{Cu_n} = P_{\gamma_n} - P_{o_n} \tag{7}$$

Vrednosti ukupnih gubitaka snage, u apsolutnim i relativnim jedinicama, pri relativnom opterećenju *p* i relativnoj vrednosti napona napajanja *u*, sračunavaju se prema sledećim izrazima:

$$P_\gamma(p,u) = P_o(u) + P_{Cu_n}\frac{p^2}{u^2} \tag{8}$$

$$p_\gamma(p,u) = p_o(u) + p_{Cu_n}\frac{p^2}{u^2} \tag{9}$$

Pri utvrđivanju zavisnosti reaktivnih opterećenja od relativnih vrednosti napona $Q = f(u)$, za opterećenja od praznog hoda do nominalnog, prvo se određuje zavisnost reaktivnih opterećenja praznog hoda, u apsolutnim (Q_o) i relativnim ($q_o = Q_o / P_{1_n}$) jedinicama:

$$Q_o = f(u) \qquad i \qquad q_o = f(u) \tag{10}$$

Vrednosti reaktivnih snaga sračunavaju se prema izrazima:

$$Q_1(u) = Q_o(u) + Q_{1_n} \frac{p^2}{u^2} \tag{11}$$

$$q_1(u) = q_o(u) + q_{1_n} \frac{p^2}{u^2} \tag{12}$$

pri čemu se vrednosti reaktivnih snaga pri nominalnom režimu Q_{1_n} i q_{1_n} izračunavaju iz odnosa maksimalnog i nominalnog momenta [Nm] ($m_{\max} = M_{\max} / M_n$), [1]:

$$Q_{1_n} = 0,5 \frac{P_n}{m_{\max}} \qquad i \qquad q_n = \frac{0,5}{m_{\max}} \tag{13}$$

Analiza rada trofaznog asinhronog motora u slučaju kada je trofazni napon napajanja nesimetričan vrši se primenom metode simetričnih komponenti. Suština metode se sastoji u tome da se nesimetrični trofazni napon razloži na dva simetrična sistema, direktni i inverzni (u ovom slučaju ne postoji unifazni sistem) i da se analiza sprovede u okviru ta dva sistema, [5]. Klizanje u relativnim jedinicama [r.j.] za direktni redosled je isto kao za standardni režim rada ($s_1 = s$), dok je klizanje inverznog redosleda:

$$s_2 = 2 - s \tag{14}$$

Usled struja i napona direktnog redosleda javljaju se i dve komponente momenta motora, direktna i inverzna, koje su definisani sledećim relacijama:

$$M_1 = \frac{q}{\Omega_1} \frac{R_2^{/}}{s} \frac{U_1^2}{\left(R_1 + \frac{R_2^{/}}{s}\right)^2 + \left(X_{\gamma_1} + X_{\gamma k_2}^{/}\right)^2} \tag{15}$$

$$M_2 = \frac{q}{\Omega_2} \frac{R_{22}^{/}}{2 - s} \frac{U_2^2}{\left(R_1 + \frac{R_{22}^{/}}{2 - s}\right)^2 + \left(X_{\gamma_1} + X_{\gamma k_{22}}^{/}\right)^2} \tag{16}$$

pri čemu su R_1, $R_2^{/}$, $R_{22}^{/}$, X_{γ_1}, $X_{\gamma k_2}^{/}$ i $X_{\gamma k_{22}}^{/}$ parametri ekvivalentne šeme, [5].

Rezultantni momenat asinhronog motora u uslovima nesimetričnog napajanja je:

$$M = M_1 - M_2 \tag{17}$$

Inverzna komponenta momenta M_2 je kočnog (otpornog) karaktera, što doprinosi smanjenju momenta motora u odnosu na standardni simetrični režim rada i povećanju klizanja, odnosno smanjivanju brzine. Rotorska učestanost inverznog redosleda je velika i približno je jednaka dvostrukoj mrežnoj učestanosti [$f_2 = (2 - s) f$], za razliku od rotorske učestanosti za direktni redosled, odnosno standardni režim rada, koja iznosi svega nekoliko *Hz* ($f_2 = sf$). To doprinosi povećanju gubitaka u gvožđu rotora.

Osnovni razlog narušavanja simetrije napona napajanja trofaznih asinhronih motora jeste nesimetrično opterećenje pojedinih faza na koje posebno utiče prisustvo većih monofaznih potrošača ili nesimetričnih kondenzatorskih baterija sa oštećenim ili isključenim kondenzatorima zbog pregorevanja osigurača jedne faze. Nesimetrično opterećenje pojedinih faza posebno je izraženo u poljoprivredi, gde postoji veliki broj monofaznih izvoda i monofaznih potrošača, zbog čega je često opterećenje pojedinih faza veoma različito.

Posledice koje se javljaju pri nesimetričnom napajanju trofaznog asinhronog motora su negativne i višestruke. One se ogledaju u povećanju klizanja, povećanju gubitaka, nejednakom zagrevanju pojedinih faza, pojavi gubitaka inverznog redosleda, smanjenju stepena korisnog dejstva, smanjenju dozvoljenog opterećenja, smanjenju maksimalnog i polaznog momenta i dr. Povećanje gubitaka i smanjenje stepena korisnog dejstva prouzrokuje povećani utrošak električne energije i smanjenje energetske efikasnosti motora.

Što je stepen nesimetrije faznih napona napajanja veći pomenuti efekti su izraženiji. Tako npr. prema NEMA standardu (*National Electrical Manufacturers Association*), [6], pri nesimetriji napona 2%, 3%, 4% i 5% vrednosti koeficijenata dozvoljenog opterećenja („*derating factor*"), redom iznose: 0,95, 0,93, 0,87 i 0,81. Primenom nacionalnih i međunarodnih standarda dozvoljeni stepen nesimetrije napona treba da bude manji od 2%. Pri opterećenjima manjim od nominalnog motor može raditi i sa većim stepenom nesimetrije.

Harmonijska distorzija napona napajanja trofaznog asinhronog motora uslovljena je nesinusoidalnim oblikom napona napajanja, koji se javlja kada se motor napaja preko poluprovodničkih pretvarača napona i učestanosti u cilju regulisanja brzine ili zbog postojanja nelinearnih potrošača ili pretvarača koji se napajaju iz te mreže. U slučaju nesinusoidalnog napona napajanja pored osnovnog harmonika, javljaju se i viši vremenski harmonici i njihovo prisustvo dovodi do više efekata koji negativno utiču na rad motora [7]. U elektromotornim pogonima u poljoprivredi praktično ne postoje razlozi za pojavu harmonijske distorzije napona, pa se zato taj parametar kvaliteta napona ovde neće analizirati.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Radi uvida u efekat promene napona napajanja na gubitke i stepen korisnog dejstva trofaznog kaveznog asinhronog motora, odnosno na njegovu energetsku efikasnost, primenom originalne metode za proračun radnih karakteristika asinhronog motora, izložene u [8], izvršeni su odgovarajući proračuni za trofazni kavezni asinhroni motor snage $P_n = 4\ kW$, koji se može smatrati tipičnim asinhronim motorom za primenu u poljoprivredi.

Kataloški podaci i podaci dobijeni eksperimentalnim putem, [9], [10] za taj motor su:

$P_n = 4\ kW$, $U_n = 380\ V$, $f = 50\ Hz$, $2p = 4$, $n_n = 1425\ o/\min$, $\eta = 0,84$, $\cos\varphi = 0,855$, $P_{fv} = 21\ W$, $P_{Fe} = 128\ W$, $\cos\varphi_o = 0,092$, $R_1 = 1,62\ \Omega$, $R_2 = 1,5\ \Omega$, $X_{\gamma_1} = 2\ \Omega$, $X'_{\gamma k_2} = 3,42\ \Omega$, $X_m = 31,85\ \Omega$, $M_{\max} / M_n = 2,92$.

Izračunate su vrednosti stepena korisnog dejstva (η) i faktora snage ($\cos\varphi$) u relativnim jedinicama pri opterećenjima $p = P / P_n = 0,25 - 1,00$ (*r.j.*) i u oblasti napona napajanja $u = U / U_n = 0,9 - 1,1$ (*r.j.*). Dobijeni rezultati dati su u Tab. 1 i 2.

Tabela 1. Stepen korisnog dejstva za opterećenja p=0,25-1,00 u oblasti napona u=0,9-1,1 (r.j)
Table 1. Power efficiency for load p=0.25-1.00, within voltage domain u=0.9-1.1 (p.u)

$p=P/P_n$	0,25	0,50	0,75	1,00
$u=U/U_n$	Stepen iskorišćenja (η) *Power efficiency (η)*			
0,90	0,801	0,842	0,853	0,826
0,95	0,790	0,831	0,850	0,827
1,00	0,761	0,820	0,850	0,840
1,05	0,735	0,806	0,847	0,831
1,11	0,694	0,795	0,819	0,828

Tabela 2. Faktor snage za opterećenja p=0,25-1,00 u oblasti napona u=0,9-1,1 (r.j)
Table 2. Power factor for load p=0.25-1.00, within voltage domain u=0.9-1.1(p.u)

$p=P/P_n$	0,25	0,50	0,75	1,00
$u=U/U_n$	Faktor snage ($cos\varphi$) *Power factor ($cos\varphi$)*			
0,90	0,640	0,816	0,882	0,890
0,95	0,580	0,780	0,851	0,870
1,00	0,520	0,720	0,820	0,855
1,05	0,460	0,651	0,781	0,830
1,11	0,400	0,595	0,719	0,790

Rezultati sređeni u Tab. 1 i 2, dobijeni primenom navedene metode, pokazuju dobro slaganje sa zaključcima izloženim u literaturi koja se bavi ovom problematikom [11], [12], [13].

Analizom rezultata prikazanih u Tab. 1 i 2 može se zaključiti sledeće:

- Stepen korisnog dejstva raste ukoliko se napon smanjuje ispod nominalnog, ako je opterećenje do 50% nominalnog opterećenja (p < 0,5). To povećanje iznosi od 2,2% do 4%.
- Pri povećanju napona iznad nominalne vrednosti stepen korisnog dejstva se smanjuje pri svim vrednostima opterećenja, pri čemu je to smanjenje veće pri nižim vrednostima snage opterećenja. To smanjenje iznosi oko 1,5%.
- Faktor snage se povećava pri smanjivanju napona napajanja, pri čemu je to povećanje izraženije pri nižim vrednostima snage opterećenja, što dovodi do smanjenja potrošnje reaktivne energije. Tako se u konkretnom slučaju, pri opterećenju $P = 0,25P_n$, i naponu $U = 0,95U_n$ potrošnja reaktivne energije smanjuje za 14,7%, a pri naponu $U = 0,9U_n$ i istom opterećenju to smanjenje iznosi 26,9%.
- Promena faktora snage je izraženija što su relativna opterećenja niža i što su motori manjih snaga.

Radi uvida u uticaj nesimetrije napona na karakteristike asinhronog motora izvršen je proračun za navedeni motor nominalne snage $P_n = 4\ kW$ za slučaj kada je vrednost pojedinih faznih napona: $\underline{U}_A = 220\ V$, $\underline{U}_B = 200e^{j150^o}\ V$ i $\underline{U}_C = 240e^{j90^o}\ V$.

Pri tome je dobijeno da je pri nominalnoj brzini motora momenat smanjen za 6,2%, ali glavni problem je u tome što se struje pojedinih faza veoma razlikuju i u datom slučaju one, u relativnim jedinicama, iznose: $i_A = 1,49$, $i_B = 1,22$ i $i_C = 0,46$, što znači da se pojedine faze jako zagrevaju zbog čega može doći do pregorevanja motora.

ZAKLJUČAK

Asinhroni motori su jedan od najvećih potrošača električne energije u poljoprivredi. Zato je neophodno preduzimanje mera za povećanje energetske efikasnosti pogona sa tim motorima u toj oblasti i postizanje što veće uštede električne energije. Jedan od faktora koji utiče na energetsku efikasnost asinhronih motora jeste kvalitet napona napajanja koga definiše vrednost napona, nesimetrija napona i harmonijska distorzija napona napajanja.

U poljoprivredi se najčešće primenjuju trofazni kavezni asinhroni motori nominalne snage do 10 kW. Analize sprovedene u ovom radu pokazuju da kod ove vrste motora stepen korisnog dejstva raste ukoliko se napon smanjuje ispod nominalnog, ako je opterećenje manje od 50% nominalne snage, dok se stepen iskorišćenja pri povećanju napona iznad nominalnog smanjuje pri svim vrstama opterećenja, pri čemu je to smanjenje veće pri nižim vrednostima snage opterećenja. Nominalni napon je približno optimalan pri opterećenjima koja su približna nominalnoj snazi motora, dok je pri opterećenjima manjim od nominalnih optimalni napon niži od nominalnog, i to utoliko više što su motori manjih nominalnih snaga i što su opterećenja motora niža. Faktor snage se povećava pri smanjivanju napona napajanja, pri čemu je to povećanje izraženije pri nižim snagama opterećenja. Povećanje faktora snage je izraženije što su relativna opterećenja niža i što su motori manje snage. Povećanju faktora snage odgovara

smanjenje potrošnje reaktivne energije, odnosno smanjenje gubitaka, povećanje stepena korisnog dejstva i smanjenje troškova za utrošenu električnu energiju.

Navedeni rezultati su posebno značajni za primenu u trofaznih kaveznih asinhronih motora u poljoprivredi, [4], [14], [15], pošto tada motori često rade sa opterećenjima manjim od nominalnog, posebno u slučajevima kada su motori predviđeni da pokreću više različitih radnih mašina.

Nesimetrija napona napajanja trofaznih asinhronih motora je prouzrokovana najčešće nejednakim opterećenjem pojedinih faza na šta posebno utiče veliki broj monofaznih izvoda i velikih monofaznih potrošača, što je posebno prisutno u poljoprivredi. Posledice koje se imaju pri nesimetričnom naponu napajanja su negativne i višestruke i značajno utiču na energetsku efikasnost motora. Zato prema važećim propisima i standardima maksimalni stepen nesimetrije mora da bude manji od 2%. Harmonijska distorzija napona napajanja praktično ne postoji u elektromotornim pogonima u poljoprivredi.

LITERATURA

[1] Kostić, M., 2010. *Povećanje energetske efikasnosti elektromotora u pogonima*, Elektrotehnički institut Nikola Tesla, Beograd, Srbija.

[2] Vukić, Đ., Radičević, B., Floranović, N., Kocić, M. 2011. Energetska efikasnost asinhronih motora u poljoprivredi. *Poljoprivredna tehnika*, br. 3, Beograd, Srbija, pp. 1-9.

[3] Vukić, Đ. 2011. *Električni motori*, VISER, Beograd, Srbija

[4] Vukić, Đ. 1992. *Pogonske mašine u poljoprivredi – Elektromotori u poljoprivredi*, Poljoprivredni fakultet, Beograd, Srbija

[5] Stajić, Z., Vukić, Đ., Radić, M. 2011. *Asinhrone mašine*, Elektronski fakultet, Niš, Srbija

[6] NEMA MG 10-2001, 2007. *Energy Management Guide for Selection and Use of Fixed Frequency Medium AC Squirrel-Cage Polyphase Induction Motors*, Rosslyn, Virginia, USA

[7] Vukić, Đ., 1985. Uticaj viših harmonika na rad asinhronog motora. *Tehnika*, separat Elektrotehnika, br. 12, Beograd, Srbija, pp. 11-14

[8] Vukić, Đ., Stojanović, D. 1991. Jedna nova metoda za proračun radnih karakteristika asinhronog motora. *Tehnika*, II Zbornik radova Elektrotehničkog fakulteta u Prištini, Srbija, pp. 157-166

[9] Vukić, Đ., Stajić, Z., Radić, M. 2004. *Asinhrone mašine – zbirka zadataka*, Akademska misao, Beograd, Srbija

[10] Vukić, Đ., Ercegović, Đ., Raičević, D., Oljača, M. 2006. Merenje momenta asinhronog motora. *Poljoprivredna tehnika*, br. 4, Beograd, Srbija, pp. 71-79

[11] Kostić, M., 1998. Smanjenje opterećenja i potrošnje energije podešavanjem vrednosti napona motora. *Elektroprivreda*, No. 3, Beograd, Srbija, pp. 65-78

[12] Liuders, J.R., 1972. Effects of Power Supply Variations on AC Motor Characteristics. IEEE *Transaction on Ind. Appl.*, Vol. 1A-8, USA, pp. 383-400

[13] Ivanov - Smolensky, A. 1992. *Electrical Machines*, Vol. 2, Energia, Moscow, Russia

[14] Vukić, Đ., Stajić, Z., Ercegović, Đ. 1998. Optimizacija elektromotornog pogona pumpi sa asinhronim motorima. *Poljoprivredna tehnika*, br. 2, Beograd, Srbija, pp. 65-77

[15] Radić, M., Nikolić, D., Stajić, Z., Vukić, Đ. 2005. Praktičan primer poređenja energetske efikasnosti malih pumpnih stanica. *Poljoprivredna tehnika*, br. 2, Beograd, Srbija, pp. 43-53

INFLUENCE OF VOLTAGE QUALITY ON ENERGY EFFICIENCY OF INDUCTION MOTORS IN AGRICULTURE

Đukan Vukić [1], Branko Radičević[1], Žarko Milkić[2], Nenad Floranović[3]

[1]University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering, Belgrade-Zemun, Republic of Serbia
[2] University of Pristina, Faculty of Technical Sciences, Kosovska Mitrovica, Republic of Serbia
[3] Research and Development Center ALFATEC, Niš, Republic of Serbia

Abstract: Voltage quality of power supply for three-phased induction motors is defined with value of voltage, voltage asymmetry and harmonic distortion of voltage. In this paper, an influence of voltage quality on energy efficiency of three-phased induction motors has been pointed, with particular review on energy efficiency of induction motors with squirrel-cage rotors in agriculture. Increase of energy efficiency of induction motors is achieved not only with applying energy efficient induction motors, but also with optimization of costs of consumed electrical energy, on which significantly influences the quality of voltage power supply and the choice of optimal value of voltage power supply, considering nominal power, working mode, load and constructive characteristics of induction motors being applied.

Key words: *induction motor, voltage, energetic efficiency, electrical energy, losses, power efficiency coefficient*

Datum prijema rukopisa: 04.11.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama:
Datum prihvatanja rada: 14.11.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 2, decembar 2012.
Strane: 25 - 30

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku

UDK: 664.933

Originalni naučni rad
Original scientific paper

STUDY ON TRANSPIRATION OF CHICKPEA SPROUTS (*Cicer arietinum* L.) IN CLOSED MODIFIED ATMOSPHERIC SYSTEM

Ranjeet Singh[1*], Ashok Kumar[2], Sitaram D. Kulkarni[1]

[1] Central Institute of Agricultural Engineering, Agro-Produce Processing Division, Nabi Bagh, Bhopal, India
[2] Punjab Agricultural University, Department of Processing and Food Engineering, Ludhiana, Punjab, India

Abstract: Transpiration is an important physiological process that affects the quality attributes of chickpea sprouts, such as package weight, color, appearance and texture. A loss in weight of only 5% may cause fresh produce to lose freshness and appear wilted and it is an important parameter to be considered while designing appropriate packaging system. To measure the transpiration rate an experimental setup was developed to monitor the mass loss of chickpea sprouts at different atmospheric temperatures (5, 10 and 15°C) and 75, 85 and 95% relative humidity. Mass loss of fresh packed chickpea sprouts was measured and transpiration rates were calculated for each treatment. Transpiration rate of sprouts varied from 1.85 $mg \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1}$ to 2.15 $mg \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1}$ under all the combinations of temperature and humidity tested.

Key words: *diffusion, moisture loss, packaging, storage, transpiration rate*

INTRODUCTION

The moisture accumulation under MAP depends upon transpiration rate [9]. It is influenced by several factors such as surface area, respiration rate, temperature, and humidity and air movement. Other than these factors, crop biological variables like physical properties of the skin, air film resistance, respiration heat generation, temperature distribution inside the produce etc. have also been analyzed as affecting the transpiration rate [13]. These biological variables are complex and difficult to measure, but the transpiration could be easily accessed by the measuring of mass loss of produce

[*] Corresponding author: E-mail: razi100@rediffmail.com.

and the difference between partial pressure of water vapor at the produce surface and the environment [8].

During post-harvest handling and storage, chickpea sprouts lose moisture by the transpiration process [2]. Deterioration, such as shriveling or impaired flavor, may result if moisture loss is high. In order to minimize losses due to transpiration, and thereby increase both market quality and shelf life, sprouts must be stored in a controlled temperature and humidity environment such as MAP [4]. In addition to proper storage conditions, moisture-proof films can be used during commodity packaging to significantly reduce transpiration and extend storage life [1]. Properly designed and operated storage system (MAP) facilities will extend the storage life of commodities by providing a suitable atmospheric condition, which reduces moisture loss and decreases respiratory activity [11]. A thorough knowledge of the transpiration processes will allow both the designer and producer to achieve optimum storage conditions [9].

The objective of this study was to measure the transpiration rate of sprout samples under different temperature and relative humidity condition.

MATERIALS AND METHODS

Plant Material

Chickpea seeds (*Cicer arietinum* L.) var. PBG-5 was collected in local farm in autumn at full maturity. Samples were uniformly treated with Ca $(OCl)_2$ @ 20,000 ppm for 15 min for sterilization and soaked in clean water (1: 3, w/v) for 12 h overnight at ambient room temperature. The washed seeds (soaked) were then shifted to clean sterile muslin cloth and placed in dark at ambient temperature for sprout growth. After 48 h the sprouts were harvested for experimentation.

Experimental Setup

The experimental setup consisted of one test glass container located within a large insulated, controlled atmospheric chamber with internal air temperature controlled at test levels by a refrigeration unit. Humidity within the test containers was independently controlled by using saturated salts solutions of sodium chloride, potassium chloride and potassium nitrate giving desired RH [10]. Salt solution was placed at the bottom of the container. This setup was found to maintain a constant relative humidity throughout the experimental run. An electronic balance was located at the top of the container to record the change in mass of the packed sprouts during the storage period. The mass of each sample could be measured without opening the test containers. Temperature and RH inside the container was monitored continuously using a data logger (Humidiprobe, Pico Tech, UK).

Transpiration measurement of sprout

The transpiration rate of chickpea sprouts was determined as per the weight loss technique adopted by [7]. The samples (150±1g) were equilibrated at experimental conditions for two hours before the start of the experiment and hanged independently

inside the set-up using cotton string. Caps were placed on the container and sealed with grease. The sealed container was placed inside walk-in type cold room maintained at set temperature and RH. The change in mass of the sample at regular intervals was recorded by electronic balance (Precisa 205A SCS, Dietikan, Switzerland) using the string arrangement. The entire set of experiments for particular temperature was replicated thrice. The fresh and graded chickpea sprouts were taken to keep the size and quality during the experiment. Sprouts transpiration rate, TR ($mg \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1}$) was then calculated from the changes in sprouts mass over time and expressed by dividing the mass loss with respect to its area. The mathematical expression for transpiration rate (TR) is as bellow:

$$TR = -\frac{1}{A_{Sp}} \times \frac{dm}{dt} \tag{1}$$

With:

$$A_{Sp} = A_{Seed} + A_{Hypo\,cot\,yl} \tag{2}$$

Where:

TR	$[mg \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1}]$	- transpiration rate,
A_{Sp}	$[mm^2]$	- total surface area of seed sprout,
A_{Seed}	$[mm^2]$	- surface area of seed,
$A_{Hypocotyl}$	$[mm^2]$	- surface area of sprout,
dm	[mg]	- differential change in mass,
dt	[h]	- differential change in time,
Dg	[mm]	- geometric mean diameter,
L	[mm]	- length of seed,
W	[mm]	- width of seed,
r	[mm]	- radius of hypocotyl,
s	[mm]	- side length of hypocotyl,
π	[3.14]	- constant.

$A_{seed} = \pi\,(Dg)^2$; and $Dg = (L\,W^2)^{1/3}$ calculated from the relationship given by Baryeh [14]. Where, S is the surface area of the sprouts, Dg is geometric mean diameter, linear dimensions of fruits as length (L) and width (W) were measured by using a digital caliper gauge with a sensitivity of 0.01 mm. and;

$A_{Hypocotyl} = \pi r^2 + \pi rs$; calculated by assuming hypocotyls surface area identical to standard cone surface area. Where, r is radius of hypocotyls and s is side length of hypocotyls. To reduce the variability in collected data, transpiration rate was measured on 25 sprouts weighing between 20 and 50 mg and the values were averaged.

RESULTS AND DISCUSSION

Transpiration Rate (TR) of Chickpea Sprouts

Transpiration rate was calculated by fitting the experimental data to Eq. (1) for each of the experimental conditions tested. The detail observation for transpiration rate of chickpea sprouts is given in Tab. 1. It was observed that the transpiration rate

was 1.84, 1.34 and 1.17 $mg \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1}$ at 75, 85 and 95% RH respectivily at 5°C; 1.97, 1.46 and 1.25 $mg \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1}$ respectivily at 75, 85 and 95% RH at 10°C and 2.15, 1.98, 1.43 $mg \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1}$ respectivily at 75, 85 and 95% RH at 15°C with an average surface area of 160.52 cm^2.

These values are higher than other products as reported by Kang and Lee [6] for cut onion (transpiration rate: 0.448 $g \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$) at 10°C and 82% RH in normal air. Tomato fruits (TR: 0.1 $mg \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1}$) at the same vapor pressure deficit of 0.45 kPa as reported by [7, 12]. This is because chickpea sprouts do not have a protective skin that leads to higher moisture loss due to increasing respiration during sprout growth and development.

The effect of temperature and humidity on TR of chickpea sprouts was found to be significant at 95% significant level. This analysis showed that, in the range of conditions studied, both temperature and humidity were the influential variables [3]. The effect of temperature and humidity on TR was more pronounced. The interactive effects between temperatures were also significant, with the effect of temperature on TR, increasing with increasing temperature. The results stress the importance of maintaining proper in-pack humidity levels as well as storage temperature in order to extend the shelf life of chickpea sprouts. In-package temperature of 10°C and 75% relative humidity was found to be optimum for fresh chickpea sprouts.

Table 1. Transpiration rate of chickpea sprouts at different temperature and relative humidity condition

Temperature (°C)	Relative Humidity (%)	*Transpiration Rate ($mg \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1}$)
5 ± 1	75 ± 2	1.85
	85 ± 2	1.34
	95 ± 2	1.17
10 ± 1	75 ± 2	1.97
	85 ± 2	1.46
	95 ± 2	1.25
15 ± 1	75 ± 2	2.15
	85 ± 2	1.98
	95 ± 2	1.43

** Statistically significant (Temp, RH and TempXRH) at P ≤ 0.05 and average of means of three replications.*

CONCLUSIONS

The transpiration rate of chickpea sprout sample was significantly affected by temperature as well as relative humidity. The effect of increasing temperature on TR increases with increasing temperature and the effect of humidity on TR increases with decreasing transpiration rate of chickpea sprouts. At the highest humidity, temperature has little effect on TR whereas the effect was more pronounced at 75% RH.

BIBLIOGRAPHY

[1] Ben-Yehoshua, S. 1987. Transpiration, water stress, and gas exchange. In J. Weichmann (ed.). *Post harvest physiology of vegetables.* New York: Marcel Dekker Inc. 113–170.

[2] Chau, K.V., Romero, R.A., Baird, C.D., Gaffney, J.J. 1987. Transpiration coefficients of fruits and vegetables in refrigerated storage. *ASHRAE Report 370-RP*. Atlanta: ASHRAE.

[3] Das, K.K., Ravindra, M.R., Goswami, T.K. 2008. Modeling of respiration rate of sapota fruit under aerobic conditions**.** *J. Food Proc. Engng*, *32*, 528–543.

[4] Gaffney, J.J., Baird, C.D., Chau, K.V. 1985. Influence of airflow rate, respiration, evaporative cooling, and other factors affecting weight loss calculations for fruits and vegetables. *ASHRAE Trans. 91*, 690-707.

[5] Halachmy, I.B., Mannheim, C.H. 1991. Modified atmosphere packaging of fresh mushrooms. *Pack. Technol. Sci. 4*, 279-286.

[6] Kang, J.S., Lee, D.S. 1998. A kinetic model for transpiration of fresh produce in a controlled atmosphere. *J Food Engng. 35*, 65–73.

[7] Leonardi, C., Baille, A., Guichard, S. 2000. Predicting transpiration of shaded and non-shaded tomato fruits under greenhouse environments. *Scientia Horti. 84*, 297–307.

[8] Lentz, C.P. 1966. Moisture loss of carrots under refrigerated storage. *Food Technol. 20*: 201-204.

[9] Mannapperuma, J.D., Singh, R.P., Montero, M.E. 1991. Simultaneous gas diffusion and chemical reaction in foods stored in modified atmospheres. *J Food Engng. 14*, 167-183.

[10] Patel, P.N., Pai, T.K., Sastry, S.K. 1988. Effects of temperature, relative humidity and storage time in the transpiration coefficients of selected perishables. *DA-88-20-3 (RP-442)*, 1563–1587.

[11] Singh, R. 2011. Design, evaluation and mathematical modeling of chickpea sprouts under modified atmospheric packaging, *PhD Thesis, Punjab Agricultural University*, Ludhiana, Punjab India-141004

[12] Sastry, S.K., Baird, C.D., Buffington, D.E. 1978. Transpiration rates of certain fruits and vegetables. *ASHRAE Trans. 84*, 237-254.

[13] Sastry, S.K., Buffington, D.E. 1982. Transpiration rates of stored perishable commodities: A mathematical model and experiments on tomatoes. *ASHRAE Trans. 88*, 159–184.

[14] Baryeh EA. 2001. Physical properties of Bambara groundnuts. *J. Food Eng.* 47: 321-326.

ISPITIVANJE TRANSPIRACIJE KLICA LEBLEBIJA (*Cicer arietinum* L.) U ZATVORENOM MODIFIKOVANOM ATMOSVERSKOM SISTEMU

Ranjeet Singh[1], Ashok Kumar[2], S.D. Kulkarni[1]

[1] Centralni institut za poljoprivrednu tehniku, Odsek za preradu poljoprivrednih proizvoda, Nabi Bagh, Bhopal, India
[2] Poljoprivredni Univerzitet Punjab, Institut za preradu i inženjering prehrambenih proizvoda, Ludhiana, Punjab, India

Sažetak: Transpiracija je značajan fiziološki proces koji utiče na osobine kvaliteta klica leblebija, kao što su težina pakovanja, boja, izgled i tekstura. Smanjenje težine od samo 5% može da izazove gubitak svežine svežeg proizvoda i pojavu uvenuća, što je važan parametar, koji se uzima u razmatranje pri projektovanju odgovarajućeg sistema pakovanja. Za merenje intenziteta transpiracije razvijen je eksperimentalni uređaj za praćenje gubitka mase klica leblebija pri različitim temperaturama (5, 10 i 15°C) i relativnim vlažnostima (75, 85 i 95%) vazduha. Meren je gubitak mase sveže upakovanih klica leblebija i izračunavani su intenziteti transpiracije za svaki tretman. Intenzitet transpiracije klica je varirao od 1.85 $mg \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1}$ do 2.15 $mg \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1}$ pri svim ispitivanim kombinacijama temperature i vlažnosti.

Ključne reči: *difuzija, gubitak vlage, pakovanje, skladištenje, transpiracija*

Datum prijema rukopisa: *Paper submitted:*	09.08.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama: *Paper revised:*	01.09.2012.
Datum prihvatanja rada: *Paper accepted:*	11.09.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 2, decembar 2012.
Strane: 31 - 40

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku

UDK: 631.67:633.15

Originalni naučni rad
Original scientific paper

UTICAJ NAVODNJAVANJA NA PRINOS I SADRŽAJ GLAVNIH ELEMENATA ISHRANE U ZEMLJIŠTU POD KUKURZOM

Branka Kresović*[1] Angelina Tapanarova[2], Boško Gajić[2], Vesna Dragićević[1], Borivoje Pejić[3], Đorđe Glamočlija[4]

[1]Institut za kukuruz „Zemun Polje“, Beograd
[2] Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za zemljište i melioracije, Beograd
[3] Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad
[4]Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Beograd

Sažetak: Cilj rada bio je da se u irigacionom vodnom režimu utvrde prinosi kukuruza i sadržaj NPK hraniva u zemljištu nakon tri godine primene iste količine đubriva. Rezultati pokazuju da su najveće razlike u sadržaju pristupačnog azota u zemljištu utvrđene u odnosu na prirodni vodni režim, koji je na kraju izvođenja ogleda bio sa najvećim sadržajem azota (9,84 $mg \cdot kg^{-1}$) i sa najmanjim prosečnim prinosom (10,2 $t \cdot ha^{-1}$). Najmanji sadržaj azota u zemljištu bio je u varijanti održavanja zemljišne vlage na nivou 70–75% PVK (7,84 $mg \cdot kg^{-1}$) na kojoj je dobijen prosek prinosa 13,55 $t \cdot ha^{-1}$. U uslovima prisustva veće količine vode (80–85% PVK) bila je najveća rodnost kukuruza (15,08 $t \cdot ha^{-1}$), ali i veća pokretljivost azota po dubini profila, kao i zadržavanje nitrata u humusnom horizontu. U poređenju sa prirodnim vodnim režimom, varijante sa navodnjavanjem su imale manji sadržaj P_2O_5 i K_2O u zemljištu što je, između ostalog, zbog ostvarenih većih prinosa u navodnjavanju.

Ključne reči*: navodnjavanje, zemljište, azot, fosfor, kalijum, prinos, kukuruz*

UVOD

Kukuruz, kao visokoprinosna biljka, velike vegetativne mase i dugog vegetacionog perioda, ima velike potrebe u pogledu ishrane i potrošnje vode. U navodnjavanju potrebe za vodom i hranivima su još veće i ako se one ispoštuju prema zahtevima rasta i razvića

* Kontakt autor: E-mail: bkresovic@mrizp.rs

Rad je rezultat dela istraživanja u okviru projekta III 43009: „Nove tehnologije za monitoring i zaštitu životnog okruženja od štetnih hemijskih supstanci i radijacionog opterećenja“, koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

biljaka usev kukuruza će uloženo zahvalno vratiti prinosom. Međutim, manje i veće količine vode i đubriva nepovoljno utiču i na biljku i na zemljište koje se navodnjava.

U navodnjavanju deficit zemljišne vlage se ređe dešava i ako nastupi najčešće je u pitanju neblagovremeno zalivanje usled manjeg kapaciteta izvorišta ili opreme za navodnjavanje u odnosu na površinu useva koje treba zalivati. Deficit zemljišne vlage, koji je neminovno praćen visokim temperaturama vazduha tokom vegetacionog perioda kukuruza, utiče na intenzitet fotosinteze, transpiraciju, apsorpciju vode i mineralnih materija, kao i na trajanje fenoloških faza. Korenov sistem nije u stanju da biljku snabdeva potrebnom vodom i mineralnim hranivima, biljka se iscrpljuje i usled fiziološkog stresa reaguje smanjenjem većine parametara rasta [13] [3] [8]**.** Biljke na isti način reaguju i kad je u pitanju višak zemljišne vlage. Velike zalivne norme, koje nisu prilagođene zemljišnim karakteristikama, dovode do smanjenja vazdušnog kapaciteta u zemljištu usled čega je smanjena aktivnost korenovog sistema i mineralizacija organskih materija, a pospešuje se razvoj patogenih mikroorganizama [4]**.** Zbog nepravilnog navodnjavanja u zemljištu se narušava strukura, remete se agrohemijske osobine, kao i vodno–vazdušni i toplotni režim [7] [1]**.** Poremećaji su uglavnom privremenog karaktera, jer se ublažavaju i anuliraju primenom adekvatnih agrotehničkih mera. Međutim, dugogodišnje nepravilno navodnjavanje uz odsustvo odgovarjuće agrotehnike može dovesti do trajnog narušavanja njegove plodnosti.

Veoma značajna agrotehnička mera, koja održava plodnost navodnjavanog zemljišta i doprinosi da biljka bolje koristi genetički potencijal rodnosti, je đubrenje. Gradeći veliku organsku masu tokom svoga rasta i razvića, kukuruz iznosi veliki deo hranljivih elemenata iz zemljišta. Najviše iznosi azot, fosfor i kalijum pa su i potrebe za unošenjem većih količina NPK hraniva neminovne, kako bi se zemljištu vratilo ono što je usev sa prinosom izneo. U uslovima većeg sadržaja vlage u zemljištu je povećana pokretljivost hraniva, naročito azota, tako da unošenjem većih, nepotrebnih količina dovodi do njegovog ispiranja u dublje slojeve, sa posledicama zagađenja agroekosistema i neracionalnog korišćenja đubriva. Za efikasno korišćenje resursa**,** Paolo i Rinaldi [12] naglašavaju da uvek treba imati u vidu pozitivnu interakciju vode i đubrenja, te snabdevanje zemljišta azotnim hranivom treba svesti na minimum norme za visok prinos. U tom pravcu su sprovedena proučavanja u ovom radu. Naime, u našim uslovima za prinos kukuruza 10–12 $t \cdot ha^{-1}$ na plodnim zemljištima Manojlović [11] preporučuje 150 kg $N \cdot ha^{-1}$, 60–100 kg P_2O_5 ha^{-1} i 40–100 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$, a Džamić i sar. [6] veće količine fosfora i kalijuma uz istu količinu azota (150 kg $N \cdot ha^{-1}$, 120 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ i 110 kg K_2O ha^{-1}). Na navodnjavanom černozemu rezultati Kresović i sar. [10] ukazuju na potrebu unošenja više azota, pri čemu su najbolji rezultati prinosa ostvareni u kombinaciji primene 180 kg N ha^{-1}, 160 kg P_2O_5 ha^{-1} i 80 kg K_2O ha^{-1} [16] [17]**.** Cilj ovog rada bio je proučavanja uticaja primene manjih količina NPK hraniva u navodnjavanju na prinos kukuruza, kao i utvrđivanje njihovog sadržaja u zemljištu zavisno od vodnog režima. Ovim proučavanjima tražio se odgovor na pitanje da li je moguće visoku produkciju biomase kukuruza održati unošenjem manje količine azota u zemljištu visoke proizvodne sposobnosti.

MATERIJAL I METODE RADA

Eksperimentalna istraživanja (2006–2008) su obavljena u agroekološkim uslovima Zemun Polja [15]**.** Ogled na černozemu pod kukuruzom je postavljen po metodi

slučajnog blok sistema u četiri ponavljanja. Površina elementarne parcele bila je 10 m^2. Proučavane su varijante: zalivni režim prema vlažnosti zemljišta 80–85%, 70–75% i 60–65% poljskog vodnog kapaciteta (PVK) i prirodni vodni režim (kontrola). Vreme i norme zalivanja određivani su na osnovu sadržaja vlage u sloju zemljišta 0–60 cm, a sadržaj vlage utvrđivan je termogravimetrijskom metodom. Predusev je bila ozima pšenica (uneto 128 kg N ha^{-1}, 84 kg P_2O_5 ha^{-1} i 56 kg K_2O ha^{-1}) i na ogledu su primenjene agrotehničke mere koje se redovno koriste u proizvodnji kukuruza. Mineralno đubrivo je unošeno u količini 136 kg N ha^{-1}, 68 kg P_2O_5 ha^{-1} i 68 kg K_2O ha^{-1}), sejan je hibrid grupe zrenja FAO 600 (ZPSC 684). Berba je obavljana ručno, a prinosi zrna kukuruza (14% vlage) obrađeni su statističkom metodom analize varijanse (LSD – nivou značajnosti 5% i 1%).

Tabela 1. Temo-pluviometrijski podaci proučavane lokacije

Table 1. Thermo-pluviometric data of studied locations

Godina/Period *Year/Period*	Meseci – *Months*						Prosek/Suma *Mean/Sum*
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Srednja temperatura vazduha (°C) *Average air temperature (°C)*							
2006.	12,2	15,8	18,8	22,8	19,6	18,5	17,9
2007.	13,2	18,8	22,5	23,9	23,7	15,1	19,5
2008.	13,4	18,3	22,3	22,6	22,8	16,6	19,3
2006–2008.	12,9	17,6	21,2	23,1	22,0	16,7	18,9
1980–2005.	11,8	17,2	20,3	21,9	22,1	17,8	18,5
Suma padavina (mm) *Precipitation sum (mm)*							
2006.	93,1	33,3	143,6	27,3	109,0	10,8	417,1
2007.	31,1	42,0	63,0	18,7	51,6	73,0	279,4
2008.	27,3	39,7	36,3	46,2	19,7	55,4	224,6
2006–2008.	50,5	38,3	81,0	30,7	60,1	46,4	307,0
1980–2005.	57,7	56,4	92,3	61,0	62,2	53,8	383,3

Tabela 2. Norme navodnjavanja po varijantama (mm)

Table 2. Norms of irrigation per variant (mm)

Godina *Year*	Varijante u navodnjavanju *Irrigation variants*		
	I 80-85% PVK[1] *80-85% FWC*[2]	II 70-75% PVK *70-75% FWC*	III 60-65% PVK *60-65% FWC*
2006.	100	70	-
2007.	155	115	95
2008.	280	200	145

[1] PVK - poljski vodni kapacitet

[2] *FWC - filed water capacity*

Za trogodišnji period izvođenja ogleda prosečna temperatura vazduha od aprila do septembra (18,9°C) bila je viša, a suma padavina (307 mm) manja u odnosu na višegodišnji prosek (1980–2005) ovog lokaliteta (Tab. 1).

Sa aspekta snabdevenosti kukuruza sa vodom, povoljniji vodni režim bio je u 2006, a nepovoljniji u 2008.god. U ovim godinama su dodate najmanje i najveće količine vode (Tab. 2).

Proučavanja su obavljena na karbonatnom černozemu koji po dubini profila ima zapreminsku masu 1,17–1,41 g cm^{-3}, specifičnu 2,35–2,60 g cm^{-3}, ukupnu poroznost 54,65–46,15%; u površinskom sloju humusnog horizonta je slabo karbonatan, u podpovršinskom srednje, dok su dublji slojevi jako karbonatni; spada u srednje humozna zemljišta; dobro je obezbeđen ukupnim azotom, pristupačnim fosforom i kalijumom koja se smanjuje sa porastom dubine. Sadržaj NPK u zemljištu utvrđen je u prvoj i trećoj godini izvođenja ogleda (ukupni azot po Kjeldahl-u; pristupačni azot po Bremner-u i lako pristupačni fosfor i kalijum Al-metodom po Egner-Riehm-u).

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Zavisno od meteoroloških uslova godine između varijanti proučavanja ostvarene su razlike u sumi vode (padavine ili padavine + navodnjavanje), koja je bila na raspolaganju kukuruzu tokom vegetacionog perioda (Tab. 3). Kod varijanti navodnjavanja, po pravilu, održavanje većeg nivoa vlažnosti zemljišta usevima obezbeđuje i veću sumu raspoložive vode tokom vegetacionog perioda. Za trogodišnji period, prosečno raspoloživa suma vode tokom vegetacionog perioda kukuruza u prirodnom vodnom režimu bila je 307 mm i u odnosu na nju, kukuruz je u proseku u prvoj varijanti imao na raspolaganju više vode za 178 mm, u drugoj za 123 mm, a u trećoj za 80 mm.

Tabela 3. Raspoložive količine vode od padavina i navodnjavanja tokom vegetacionog perioda kukuruza po varijantama proučavanja (mm)

Table 3. Available water from rainfall and irrigation during the maize growing season for variants of study (mm)

Godina *Year*	Varijante u navodnjavanju *Irrigation variants*			Kontrola *Control variant*
	I 80-85% PVK[1] *80-85% FWC*[2]	II 70-75% PVK *70-75% FWC*	III 60-65% PVK *60-65% FWC*	
2006.	517	487	417	417
2007.	434	394	374	279
2008.	504	424	369	224
Prosek *Average*	485	430	387	307

Različite količine prispele vode na površinu zemljišta tokom vegetacionog perioda takođe su uticale (F – 801.9051, $P < 0.01$, C_v – 1.95%) da se ostvare veoma značajne razlike prinosa po proučavanim varijantama (Tab. 4).

U prirodnom vodnom režimu prosečni prinosi zrna kukuruza bili su najniži u 2008. godini (8,73 t ha^{-1}). Vegetacioni period ove godine, kao što je već napomenuto, karakteriše prosečna temperaturu vazduha 19,3°C i suma padavina od samo 224,6 mm.

U junu, julu i avgustu palo je ukupno 102 mm, što je izrazito mala suma da bi se zadovoljile potrebe biljaka za vodom u fazama intenzivnog porasta, cvetanja-nalivanja zrna. Vegetacioni period 2007. godine bio je topliji, imao je bolji raspored i veću sumu padavina za oko 55 mm, što je rezultiralo višim prinosima u odnosu na 2008. godinu (10,74 t ha^{-1}). Biljkama kukuruza najviše su pogodovali uslovi u 2006. godine, tako da je ostvaren i najbolji rezultati prinosa (11,14 t ha^{-1}). U odnosu na prinose iz ove godine, smanjenje prinosa kukuruza u 2007. godini bilo je za 3,4%, a u 2008. godini za 21,6%.

Za trogodišnji period istraživanja u prirodnom vodnom režimu, sa prosečnim padavinama od 307 mm tokom vegetacionog perioda ostvaren je prinos od 10,20 t ha^{-1}.

Tabela 4. Prosečni prinosi kukuruza po varijantama proučavanja (t ha^{-1})

Table 4. Average yields of maize by studying variants (t ha^{-1})

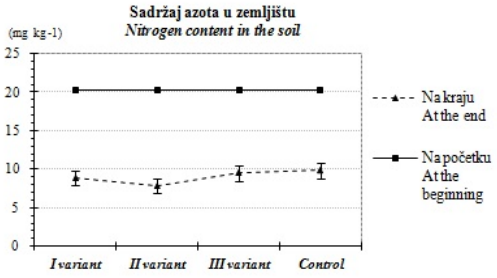
Godine *Year*	Varijante u navodnjavanju *Irrigation variants*			Kontrola *Control variant*	Prosek *Average*
	I 80-85% PVK[1] *80-85% FWC*[2]	II 70-75% PVK *70-75% FWC*	III 60-65% PVK *60-65% FWC*		
2006.	14,59	12,46	11,41	11,14	12,40
2007.	16,33	14,54	13,51	10,74	13,78
2008.	14,31	13,65	12,69	8,73	12,35
Prosek *Average*	15,08	13,55	12,54	10,20	12,84

Analiza varijanse – Prinos zrna kukuruza *Analysis of variance - Maize grain yield*				
Izvor varijacije (C_v – 1.95) *Surce of variation*	F value	Prob.	L S D: 0.05	L S D: 0.01
Godina *Year*	120.9282	0.0000 **	0.2359	0.3389
Varijante *Variants*	801.9051	0.0000 **	0.2103	0.2839
Godina x Varijante *Year x Variants*	51.678	0.0000 **	0.3642	0.4917

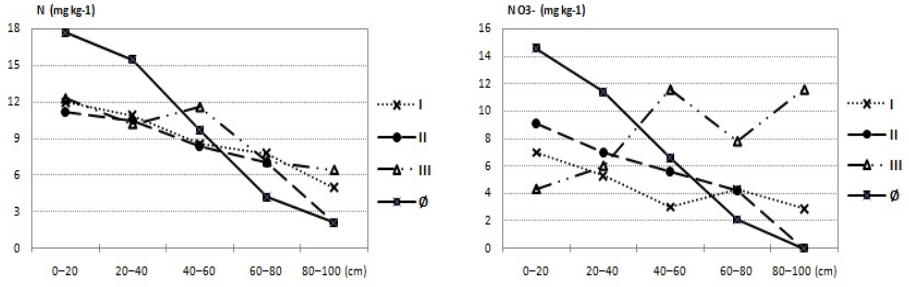
U navodnjavanim varijantama najmanja vrednost prinosa (11,41 t ha^{-1}) bila u 2006. godini u varijanti 60–65 % PVK (koja nije imala potrebe za zalivanjem ove godine), a najveća 16,33 t ha^{-1} u 2007. godini u varijanti sa predzalivnom vlažnošću 80-85% PVK (padavine+navodnjavanje 434 mm). Za trogodišnji period istraživanja, u varijanti sa predzalivnom vlažnošću zemljišta 80–85% PVK ostvarena je najveća prosečna vrednost prinosa zrna 15,08 t ha^{-1} i to u uslovima 485 mm prispele vode tokom vegetacionog perioda. U drugim varijantama dobijeni su veoma značajno niži prosečni prinosi. Biljke kukuruza u varijanti 70–75% PVK u trogodišnjem proseku raspolagale su sa 430 mm i ostvarile prinos od 13,55 t ha^{-1}, a u varijanti 60-65% PVK sa 387 mm vode ostvaren je prosečan prinos od 12,54 t ha^{-1}.

Rezultati analiza pokazuju da su različite količine prispele vode na površinu zemljišta tokom vegetacionog perioda, takođe uticale su da se po varijantama u poslednjoj godini istraživanja u odnosu na početno stanje, ostvare razlike sadržaja pristupačnih elemenata (azota, fosfora, kalijuma) u zemljištu.

Na početku izvođenja ogleda, 2006. godine u vreme setve kukuruza, po dubini profila (0–100 cm) prosečna vrednost sadržaja ukupnog azota iznosila je 20,3 mg kg^{-1}, pristupačnog fosfora 17,8 mg 100 g^{-1} zemlje i pristupačnog kalijuma 13,2 mg $100g^{-1}$ zemlje. Posle tri puta unošenja NPK hraniva i tri izneta prinosa, u zemljištu su ostale različite količine N, P_2O_5 i K_2O zavisno od proučavanih varijanata (Ggraf. 1a, Graf. 2). Obzirom da se porede uzorci sa početka i kraja vegetacionog perioda, logično je da je sadržaj pristupačnog azota u zemljištu na početku ogleda bio veći nego na kraju, jer dobar deo usvajaju biljke i to intenzivno tokom vegetacije sve do početka mlečne zrelosti nakon čega se prekida usvajanje. Po varijantama proučavanja, najveći sadržaj azota na kraju vegetacije ostao je u prirodnom vodnom režimu, sa prosekom 9,84 mg kg^{-1} na dubini 0–100 cm, a najmanji u drugoj varijanti (7,84 mg kg^{-1}), pri održavanju zemljišne vlage na nivou 70–75% PVK. Visok sadržaj azota (9,52 mg kg^{-1}) se zadržao i na trećoj varijanti (60–65 %PVK). Po dubini profila uočljivo je premeštanje azota (Graf. 1b), kao i zadržavanje nitrata u humusnom horizontu (0–40 cm) kod svih varijanata, osim u III varijanti (60–65 %PVK). Kod ove varijante navodnjavanja sadržaj nitrata se povećava sa dubinom i od ukupnog sadržaja azota na dubini do 100 cm ima najveći udeo nitrata (86,8%) u odnosu na sve druge varijante.



(a)



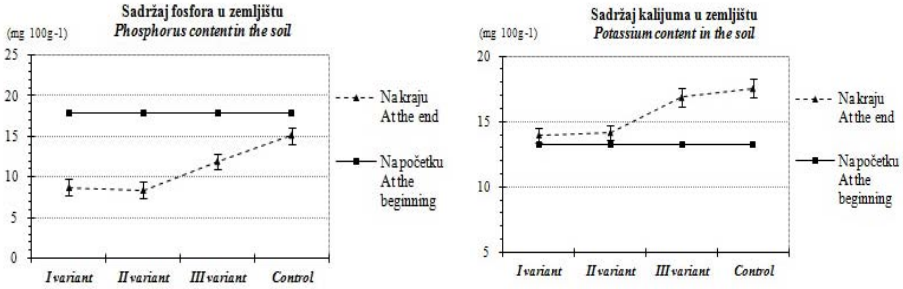
(b)

Grafik. 1. (a) Sadržaj N u zemljištu po varijantama na početku i na kraju izvođenja ogleda; (b) sadržaj $N–NO_3^-$ po dubini profila zemljišta na kraju izvođenja ogleda

Chart 1. (a) N content in the soil by variants at the biginning and the end of the trail; (b) content of $N–NO_3^-$ to the depth of soil at the end of trail

U odnosu na azot, biljke usvajaju iz zemljišta manje količine fosfora i kalijuma i to fosfor intenzivno od nicanja do početka cvetanja, a kalijum u fazi klijanja i formiranja klijanaca. Na kraju izvođenja ogleda kod svih varijanata proučavanja sadržaj

pristupačnog fosfora bio je manji, a pristupačnog kalijuma veći u odnosu na početno stanje (Graf. 2). Po varijantama proučavanja najveći sadržaj P_2O_5 na kraju vegetacije ostao je u prirodnom vodnom režimu, sa prosekom 15,08 mg $100g^{-1}$ zemlje na dubini 0–100 cm. Takođe, visok sadržaj (11,9 mg $100g^{-1}$ zemlje) bio je u varijanti sa najmanjom normom navodnjavanja (60–65 % PVK), dok je kod varijanata sa većom količinom vode (I i II) zabeležen znatno manji sadržaj (8,76 i 8,42 mg $100g^{-1}$ zemlje). Najveća koncentracija P_2O_5 bila je do 40 cm dubine kod svih varijanata, osim u prirodnom vodnom režimu kod koga se ona zadržala u delu zemljišta 0–60cm. Sadržaj K_2O po varijantama proučavanja je imao istu tendenciju kao i P_2O_5. Prosečan sadržaj K_2O na dubini do 100 cm, takođe je bio najveći u prirodnom vodnom režimu (17,54 mg 100 g^{-1} zemlje), imao visok sadržaj (16,86 mg 100 g^{-1} zemlje) u trećoj varijanti i približne vrednosti u II i I varijanti (14,6 i 13,98 mg 100 g^{-1} zemlje). Po dubini profila zemljišta K_2O je imao opadajuće vrednosti.



Grafik. 2. Sadržaj P_2O_5 i K_2O u zemljištu po varijantama na početku i na kraju izvođenja ogleda

Chart 2. Content of P_2O_5 and K_2O in the soil by variants at the biginning and the end of the trail

Dosadašnji rezultati proučavanja pokazuju različite potrebe kukuruza za vodom tokom vegetacionog perioda, jer je ispitivan veliki broj hibrida i sorata starije ili novije generacije, različitih dužina vegetacionog perioda, agrotehničkih zahteva, kao i različitih potreba u odnosu na agroekološke uslove. U određivanju optimalnog režima zalivanja putem dinamike vlažnosti zemljišta, mnogi autori su saglasni da je granica predzalivne vlažnosti 60–65% PVK, što je uslovljeno zemljištem i vrstom useva, tako da se optimum može odrediti samo na osnovu konkretnih uslova [2] [5]**.** U agroekološkim uslovima izvođenja ogleda vodni režim zemljišta, koji je osnov za realizaciju režima ishrane biljaka, u varijanti 60–65% PVK nije bio povoljan kako za korišćenje unetih hraniva tako i za formiranje prinosa kukuruza. U predhodno pomenutoj varijanti, kao i u prirodnom vodnom režimu, iako je zemljište bilo dobro snabdeveno hranivima, bila je smanjena vlažnost zemljišta, pa samim tim smanjena i brzina usvajanja hranjivih materija od strane biljaka, [9]**.** Ovo se pre svega odnosi na azot i fosfor, koji direktno utiču na rast i produktivnost kukuruza.

Na svim varijantama unete količine NPK hraniva su bile veće od potrebnih i nakon berbe u trećoj godini izvođenja ogleda u zemljištu su ostale znatne količine, koje svakako treba imati u vidu pri zasnivanju sledećeg useva (Tab. 5). Rezultati pokazuju da se visoka produkcija biomase kukuruza može održati unošenjem i manjih količine azota na navodnjavanom černozemu, što je pozitivno i sa ekološkog stanovišta i sa aspekta racionalnosti proizvodnje. Međutim, količine treba da su kontrolisane kontinuiranim

praćenjem sadržaja NPK hraniva u zemljištu, jer kukuruz iznosi veliki deo, a žetvenim ostacima deo vraća u navodnjavano zemljište. Prema Veskoviću [18], za prinos od 10 t ha^{-1} kukuruz prinosom iznese iz zemljišta 226 kg N ha^{-1}, 98 kg P_2O_5 ha^{-1} i 159 kg K_2O ha^{-1}.

Tabela 5. Sadržaj N, P_2O_5 i K_2O u zemljištu na kraju izvođenja ogleda (kg ha^{-1})

Table 5. Content N, P_2O_5 and K_2O in the soil by variants on the end of the trail

Dubina *Depth* *(cm)*	I			II			III			Kontrola *Control variant*		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
0–20	120	22,8	21,8	112	21,8	23,0	123	28,2	26,6	177	32,0	24,7
20–40	109	12,8	18,9	105	13,3	18,9	102	20,8	23,8	155	24,0	22,2
40–60	86	3,2	11,1	84	2,7	11,6	116	4,1	13,1	97	10,9	17,2
60–80	78	2,7	9,6	70	2,2	8,8	71	3,2	10,8	42	5,3	14,0
80–100	50	2,3	8,5	21	2,1	85	64	3,2	10,0	21	3,2	9,6
Prosek *Average*	89	8,8	14,0	78	8,4	14,2	95	11,9	16,9	98	15,1	17,5

Kad je uključeno dejstvo faktora vode koja je dodata navodnjavanjem, najpovoljniji odnos između zahteva da se održi plodnost zemljišta, kao i da se dobiju ekonomski opravdani prinosi, ne može se ostvariti bez praćenja ne samo sadržaja NPK, već ostalih agrohemijskih osobina. Za razliku od redovne kontrole sadržaja NPK, ostale agrohemijske osobine (pH, karbonati, humus i mikro elementi) se povremeno proveravaju, jer su u kraćem vremenskom periodu manje podložne promenama [14]**.**

ZAKLJUČAK

Rezultati proučavanja na černozemu pokazuju da su različite količine prispele vode na površinu zemljišta tokom vegetacionog perioda uticale da se po proučavanim varijantama ostvare veoma značajne razlike prinosa zrna kukuruza. U varijanti sa predzalivnom vlažnošću zemljišta 80–85% PVK ostvarena je najveća prosečna vrednost prinosa zrna 15,08 t ha^{-1}. U drugim varijantama utvrđeni su statistički veoma značajno niži prosečni prinosi: 13,55 t ha^{-1} (70–75%), 12,54 t ha^{-1}(60–65% PVK) i 10,20 t ha^{-1} (kontrola). Unete količine NPK hraniva su bile veće od potrebnih i nakon berbe u trećoj godini izvođenja ogleda u zemljištu su ostale malo više ne iskorišćene količine N, P_2O_5 i K_2O na svim varijantama. Najveći sadržaj svih elemenata bio je u prirodnom vodnom režimu i na varijanti 60–65% PVK, a najmanji u zalivnom režimu prema vlažnosti zemljišta 70–75% PVK. Po dubini profila uočljivo je premeštanje azota, kao i zadržavanje nitrata u delu zemljišta 0–40 cm kod svih varijanata, osim u varijanti 60–65 % PVK. Kod ove varijante sadržaj nitrata se povećavao sa dubinom i od ukupnog sadržaja azota na dubini do 100 cm udeo nitrata je bio 86,8%.

LITERATURA

[1] Belić, M., Pejić, B., Hadžić, V., Nešić, Lj., Bošnjak, Đ., Sekulić, P., Maksimović, L., Vasin, J., Dozet, D. 2003. Uticaj navodnjavanja na svojstva černozema. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 38, pp. 21–36.

[2] Bošnjak, Đ. 1999. Kukuruz. *Navodnjavanje poljoprivrednih useva*, Stošić, M, i Stefanović, J., pp. 186–195. Novi Sad, Srbija: Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.

[3] Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative andreproductive growth of corn. *Field Crops Research*, 89, pp. 1–6.

[4] Delibašić, G., Babović M., Jakovljević, D. 2000. Uticaj abiotičkih činilaca na pojavu i razvoj biljnih bolesti. *Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik*, 6 (1), pp. 281–290.

[5] Dragović, S., Maksimović, L., Radojević, V., Cicmil, M. 2006. Navodnjavanje kukuruza. *Navodnjavanje u biljnoj proizvodnji*. Mitrović, M., Beograd, Srbija: Partenon. pp. 133–147.

[6] Džamić, R., Stevanović D. 2000. Neophodni biogeni elementi u zemljištu. *Agrohemija*. Poljoprivredni fakultet Beograd, Milošević, S., Beograd, Srbija: Partenon. pp. 105–134.

[7] Gajić, B., Stojanović, S., Pejković, M., Živković, M., Đurović, N. 1997. Uticaj navodnjavanja na strukturu černozema. *Zbornik radova IX Kongresa Jugoslovenskog društva za proučavanje zemljišta*, Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta, Novi Sad, Srbija: Mala knjiga, Novi Sad. pp. 45–51.

[8] Hussain, A., Ghaudhry, R. M., Wajid, A., Ahmed, A., Rafiq, M., Ibrahim, M. and Goheer, R. A. 2004. Influence of water stress on growth, yield and radiation use efficiency of various wheat cultivars. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6, pp. 1074–1079.

[9] Ibrahim, S.A., Kandil, H. 2007. Growth, yield and chemical constituents of corn *(Zea Maize L.) a*s affected by nitrogen and phosphors fertilization under different irrigation intervals. *Journal of Applied Sciences Research*, 3 (10), pp. 1112–1120.

[10] Kresović, B., Dumanović, Z., Vasić G. 1993. The Effect of Irrigation, Ammount and Time of Application of N on Maize Yield. *Acta Biologica Iugoslavica, Zemljište i biljka*, 42 (3), pp. 213–219.

[11] Manojlović, S. 1988. Aktuelni problemi upotrebe đubriva sa posebnim osvrtom na mogućnost zagađivanja zemljišta i predlozi za njihovo rešavanje kroz uvođenje i funkcionisanje kontrole plodnosti zemljišta i upotrebe đubriva. *Agrohemija (Yugoslavia)*, 5–6, pp. 393–442.

[12] Paolo, E. D., Rinaldi, M. 2008. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 105, pp. 202–210.

[13] Pejić, B. 2000. *Evapotranspiracija i morfološke karakteristike kukuruza u zavisnostiod dubine navlaženog zemljišta i njihov odnos prema prinosu.* Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.

[14] Silveira, M. J., Vendramini, M.B., Sollenberger, L.E. 2010. Phosphorus management and water quality problems in grazingland eco systems. *International Journal of Agronomy, 2010, ID* 517603, pp. 8. Dostupno na: http://www.hindawi.com/journals/ija/2010/517603/ [datum pristupa: oktobar, 2012].

[15] Tapanarova, A. 2011. *Produkcija biomase kukuruza i soje na černozemu u uslovima različite vlažnosti zemljišta.* Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu.

[16] Vasić, G., Tolimir, M., Kresović B. 1997. Uticaj višegodišnjeg đubrenja kalijumom na prinos kukuruza u uslovima navodnjavanja. *Uređenje, korišćenje i očuvanje zemljišta*. Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta (ed), pp. 279–285. Novi Sad, Srbija: Stylos Novi Sad.

[17] Vasić, G., Kresović, B., Tolimir, M. 1998. Effect of longterm phosphorous fertilisers on grain yield of maize grown under irrigation conditions. *16th World Congress of Soil Science*,I (14), pp.1–7. Dostupno na: http://natres.psu.ac.th/Link/SoilCongress/en/symt14.htm [datum pristupa: oktobar, 2012].

[18] Vesković, M. 1989. *Bilans organske materije u zemljištu i prinos kukuruza na černozemu Zemun Polja pri različitim sistemima đubrenja*. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu.

EFFECTS OF IRRIGATION ON YIELD AND COMPOSITION OF PRINCIPAL ELEMENTS OF NUTRIENTS IN MAIZE-GROWING SOIL

Branka Kresović[1], Angelina Tapanarova[2], Boško Gajić[2], Vesna Dragićević[1], Borivoje Pejić[3], Đorđe Glamočlija[4]

[1] Maize Research Institute „Zemun Polje“, Belgrade
[2] University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Soil Menagment, Belgrade
[3] University in Novi Sad, Faculty of Agriculture, Novi Sad
[4] University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Crop Science, Belgrade

Abstract: Extensive organic production under irrigation conditions requires greater amounts of NPK fertilisers. Furthermore, the mobility of fertilisers, especially of nitrogen, is greater under the increased soil moisture content, hence the incorporation of unnecessary amounts leads to nitrogen leaching into deeper layers causing pollution of the agro ecosystem. The objective of the present study was to determine maize yields and the content of NPK in soil under irrigation conditions after three years of the application of the same fertiliser amounts. There were four variants of water regime in the trail and the following amounts of fertilisers were incorporated: 136 kg N ha^{-1}, 68 kg P_2O_5 ha^{-1} and 68 kg K_2O ha^{-1}. The obtained results show that the greatest differences in the content of the available soil nitrogen were established in relation to the rainfed regime. Moreover, under rainfed conditions, the highest nitrogen content (9.84 mg kg^{-1}) and the lowest yield (10.2 t ha^{-1}) were recorded at the end of the performed experiment. The lowest nitrogen content in the soil (7.84 mg kg^{-1}) was established in the variant in which soil moisture had been maintained at the level 70–75% of filed water capacity (FWC). At the same time the average yield in this variant amounted to 13.55 t ha^{-1}. The higher moisture was (80–85% FWC) the higher maize yield was (15.08 t ha^{-1}), but also the nitrogen mobility over a profile depth was, and a greater holding capacity of nitrite in the humus horizon was. In comparison with rainfed conditions, irrigation variants had lower contents of P_2O_5 and K_2O in the soil, which is, among other things, a consequence of higher yields obtained under irrigation conditions.

Key words: *irrigation, soil, nitrogen, phosphorus, potassium, yield, maize*

Datum prijema rukopisa:	15.11.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama:	16.11.2012.
Datum prihvatanja rada:	21.11.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 2, decembar 2012.
Strane: 41 - 49

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku

UDK: 631.372

Originalni naučni rad
Original scientific paper

РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА УТИЦАЈА САБИЈАЊА ЗЕМЉИШТА НА ПРИНОС ОЗИМЕ ПШЕНИЦЕ

Саша Бараћ[1*], Бојана Миленковић[1], Александар Вуковић[1], Драгослав Ђокић[2]

[1]Универзитет у Приштини, Пољопривредни факултет, Лешак
[2] Институт за Крмно биље, Крушевац

Сажетак: Кретање мобилних система и трактора може бити подељено на кретање по унутрашњости парцеле и кретање на увратинама. На увратинама је изражено веће сабијање због малих брзина при окретању, тако да оне омогућују да земљиште буде дуже времена изложено деловању нормалних напона чиме се више сабија. Под притиском мобилних машина и других фактора у земљишту се одвијају промене којима се стварају неповољни услови за раст и развој гајених култура, што се манифестује трајним оштећењем земљишта, смањењем приноса и повећањем трошкова производње. Циљ наших истраживања је био да се испита утицај сабијања земљишта на увратинама и унутрашњем делу парцеле на принос пшенице у агроеколошким условима северног Косова и Метохије. Сабијеност је мерена помоћу пенетрометра Eijkelkamp на дубинама 0-20 cm. Добијени резултати истраживања показују да је током 2 године испитивања сабијеност земљишта на увратинама након ницања била за 36,57% већа у односу на унутрашњи део, док је повећање сабијености земљишта на увратини пре убирања износило просечно 54,29%. Принос зрна пшенице је на унутрашњем делу парцеле био већи у односу на увратину за 31,75%.

Кључне речи*: увратина, сабијање земљишта, принос, пшеница, механизација*

УВОД

Кретањем различитих машинско-тракторских агрегата у току извођења агротехничких операција у производним условима, долази до прекомерног

[*] Kontakt autor. E-mail: sbarac@eunet.rs

Рад представља део истраживања на пројекту "Унапређење биотехнолошких поступака у функцији рационалног коришћења енергије, повећања продуктивности и квалитета пољопривредних производа", евиденциони број 31051, који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

сабијања земљишта. Као последица прекомерног сабијања земљишта настају веома неповољни услови за одвијање биљне производње, као и за примену савремене технологије производње, тако да долази до значајног смањења приноса и повећања трошкова производње и до 40%. Сабијање земљишта је више изражено на увратинама у односу на унутрашњи део парцеле, као резултат мањих брзина при окретању трактора и мобилних система као и због великог броја прохода. У Републици Србији је у току 2010. године засејано 3.066000 ha, од чега је под житима било 1.894000 ha [13]. Под пшеницом је засејано око 493000 ha, пожњевено 484242 ha, уз остварени просечни принос од 3,4 $t \cdot ha^{-1}$. Анализирајући проблеме сабијања земљишта и утицај сабијања на промене у земљишту и висину остварених приноса, може се констатовати да су у свету обављена бројна истраживања у контролисаним и лабораторијским условима, како би се обавило моделирање сабијања земљишта. Испитивање сабијености пољопривредног земљишта је теже обавити због динамичких процеса који се у њему одвијају. [2], наводи да нагли пораст популације човечанства повећава потребу за површинама обрадивог земљишта које се полако се смањују, док тежња за већим приносима захтева интензивну хемизацију и механизацију чиме се погоршавају земљишна својства. Деградација земљишта, узрокована природним процесима или људском активношћу, смањује способност земљишта за гајење биљака, као регулатор водног режима и филтер значајан за очување животне средине. [10], наводе да кретање трактора и мобилних система по парцели у току основне обраде земљишта, припреме, сетве, заштите, убирања и при транспорту доводи до сабијања земљишта. Посебан утицај везан је за транспортна средства јер је велико оптерећење по осовинама приколица и висок притисак у пнемуматицима, при чему после убирања остаје веома сабијено земљиште, а нарочито увратине у односу на унутрашњи део. [8], наводе да сабијеност земљишта проузрокована саобраћајем тешких машина и возила резултира кварењем структуре земљишта у горњем површинском и доњем дубоком слоју. Према истим ауторима промене у пољопривредној техници су биле велике задњих деценија, при чему се интензитет обраде повећавао или смањивао у зависности од локалних околности, али је у свим случајевима тренд сталног повећавања снаге мотора трактора и осовинског оптерећења машина. Повећање оптерећења проузрокује оштећење структуре земљишта, повећава ризик од ерозије и повећава потрошњу енергије за обраду. Сабијање земљишта значајно је смањило принос нарочито у прве три године након мерења сабијености. [5], наводе да је сабијање један од главних облика деградације земљишта и присутно је у укупној деградацији са 11%. [14], истиче да збијање земљишта значајно смањује принос гајених усева. Не постоји рутинска процедура којом може да се предвиди овај ефекат, али је одговор земљишта на притисак и стрес којем је изложено важан аспект проблема сабијања земљишта. Према [6], штете од прекомерног сабијања земљишта огледају се у повећању трошкова производње од 20-40%, просечном смањењу приноса за 10-25%, просечном повећању потрошње горива за 20-25% и повећању инвестиција за машински парк, објекте и кадрове за 10-25%. Остварени губици као последица прекомерног сабијања земљишта су 224,5 $USD \cdot ha^{-1}$ годишње или за највеће пољопривредног газдинство од око 15.000 ha обрадивог земљишта губици достижу 3.367500 USD годишње. [3] су истраживали утицај три метода обраде на отпор смицања, отпор конуса, запреминску масу земљишта и варијацију

влажности при производњи пшенице и кукуруза. Измерене вредности наведених параметара нису превазишле критичне вредности осим отпора конуса на дубини од 20-30 cm који је износио 2 MPa. До повећања отпора конуса дошло је услед великих оптерећења земљишта током убирања комбајнима. [4], проучавају утицај сабијања на својства земљишта и принос пшенице и кукуруза на увратинама и закључују да је под пшеницом на почетку фазе влатања сабијеност земљишта на увратинама била за 25,96% већа у односу на унутрашњост парцеле, а у фази убирања за 31,17%. Исти аутори наводе да је микробиолошка активност нижа на увратинама, а остварени принос зрна пшенице био је већи за 51,35% у односу на увратине. Велики број прохода, нарочито на увратинама условљава интензивније гажење земљишта што се негативно одражава на промене у земљишту и принос свих биљних врста наводе [7]. Према њима је утврђено смањење приноса на увратинама код пшенице 44,86%, кукуруза 54,48%, сунцокрета 19,09%, соје 11,41% и код шећерне репе за 52,72%. [11], закључују да је сабијеност земљишта у току вишегодишњих испитивања после сетве била за 30,56% већа у односу на унутрашњи део парцеле, док је повећање на увратини пре убирања износило 37,65%, па је смањење биолошког приноса износило 31,55%, а масе сувог зрна 26,39%. Према истим ауторима у фази ницања сабијеност земљишта на увратинама била је 14,45 daN·cm^{-2} на дубини од 7-21cm, док је у унутрашњем делу парцеле сабијеност земљишта била 10,48 daN·cm^{-2}. Пре убирања сабијеност земљишта на увратинама била је 14,21 daN·cm^{-2} на истој дубини, а у унутрашњем делу парцеле била 9,73 daN·cm^{-2}. [1], наглашавају да поред природног збијања, веома важну улогу у сабијању земљишта има и сабијање које је генерисано контактом гума или гусеница трактора и других пољопривредних машина. [12], разматрају проблеме сабијања земљишта код озимог јечма и наводе да да је отпор конуса пре прихране био већи на увратини и износио је у просеку 2,73 MPa, док је у унутрашњем делу парцеле износио је 1,51MPa, што представља повећање сабијености за 57,27%. Након убирања отпор конуса је био већи на увратини и износио је у просеку 3,82 MPa, док је у унутрашњем делу мањи 2,53 MPa, тако да је отпор конуса на увратини већи у односу на унутрашњи део парцеле за 50,97%, наводе исти аутори. [9], наводе да је пољопривредна механизација кључни елемент у пољопривредној производњи јер њена примена доноси бројне користи. Међутим, веома је важна правилна примена механизације јер непотребно и прекомерно коришћење сабија земљиште и ствара низ проблема, који се манифестују негативним утицајем на раст и принос гајених биљака.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

У току 2011/12. на северу Косова и Метохије испитиван је утицај сабијености земљишта на принос озиме пшенице сорте "Победа". Ручним пенетрометром *Eijkelkamp 06.01 SA* мерена је сабијеност земљишта у унутрашњем делу парцеле и на увратинама, на дубини од 0-20cm, узимајући у обзир да је у питању дубина слоја земљишта који је обрађиван плуговима. Конус је утискиван у земљиште константном брзином од 2 cm·sec^{-1}. У циљу разматрања праве увратине одабрана је парцела поред које је пут, тако да је окретање механизације обављано само на парцели при чему је тако формирана права увратина. Ширина увратине износила

је 15m. Мерења сабијености земљишта обављана су два пута: на почетку вегетације након ницања усева и на крају вегетације пре убирања. Сви узорци узимани су у пет понављања на три места по ширини, уз размак од 2m између мерних трака. На средини увратине налазила се средња трака. Када је унутрашњи део парцеле у питању, примењена је слична шема, при чему се средња трака налазила се на 40 m од почетка парцеле. Огледи су постављени на алувијуму. Биолошки принос и принос сувог зрна пшенице на унутрашњости и на увратинама утврђиван је са 1 m^2 а прорачунат је на цео оглед.

РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

У Табели 1 приказани су резултати сабијености земљишта под пшеницом на увратини и унутрашњем делу парцеле.

Табела 1. Интензитет сабијености земљишта на дубини од 0-20 cm

Table 1. Intensity of soil compaction at depth of 0-20 cm

Време мерења *Measuring period*	Понављање *Repetition*	Место узорка и сабијеност *Place of sample and soil compaction* (MPa)		Повећање сабијености *Compaction increase* (%)
		Унутрашњи део *Inner part*	Увратина *Headland*	
Ницање *Germination*	1	1,94	2,75	41,75
	2	1,72	2,36	37,20
	3	1,17	1,53	30,76
	4	1,67	2,10	25,74
	5	2,23	3,19	43,04
	Просек *Average*	1,75	2,39	36,57
Убирање *Harvesting*	1	2,31	3,47	50,22
	2	2,14	3,38	57,97
	3	2,81	4,28	52,31
	4	2,49	3,90	56,63
	5	2,51	3,86	53,78
	Просек *Average*	2,45	3,78	54,29

На основу резултата приказаних у Табели 1, запажа се да су на увратинама измерене значајно веће вредности сабијености земљишта под усевом пшенице, како у фази ницања тако и пре убирања, по свим варијантама.

Сабијеност земљишта на унутрашњем делу парцеле након ницања пшенице варирала је у распону од 1,17-2,23 *MPa*, а на увратинама од 1,53-3,19 *MPa*. На унутрашњем делу парцеле, сабијеност земљишта у фази ницања износила је просечно 1,75 *MPa*, а на увратини 2,39 *MPa*. Сабијеност земљишта на увратинама у односу на унутрашњи део парцеле била је већа у просеку за 36,57% .

Сличан утицај великог број прелаза машинско-тракторских агрегата на сабијање на увратини и унутрашњем делу парцеле запажа се и пре убирања пшенице. На унутрашњем делу парцеле сабијеност је варирала од 2,14-2,81 *MPa*,

док је на увратинама била у распону од 3,38-4,28 *MPa*. Повећање сабијености земљишта на увратинама у односу на унутрашњи део парцеле пре убирања пшенице било је веће у просеку за 54,29% (Табела 1).

На Графиконима 1 и 2 приказана је сабијеност земљишта под пшеницом у фази након ницања и пре убирања.

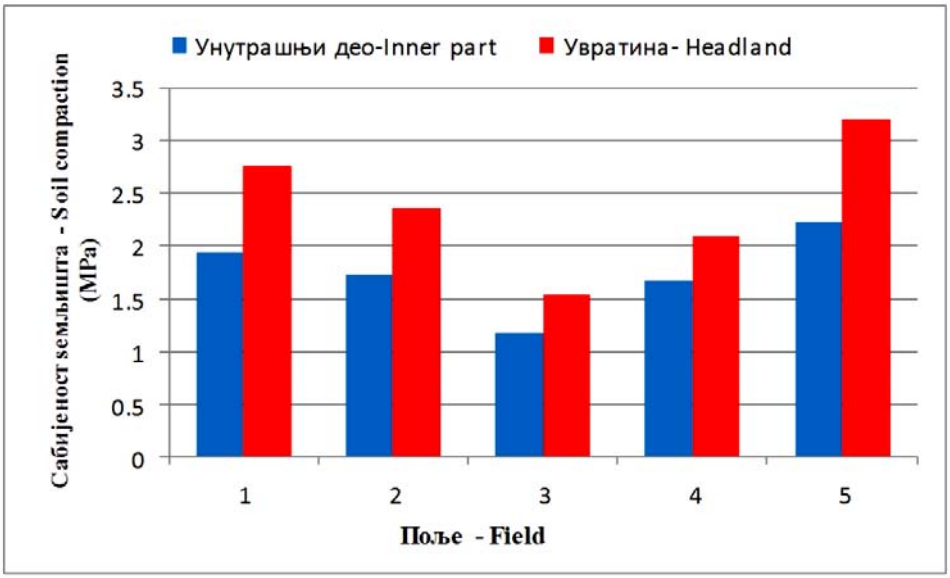


График 1. Сабијеност земљишта након ницања пшенице

Chart 1. Soil compaction after germination of wheat

Табела 2. Принос пшенице на увратинама и унутрашњем делу парцеле

Table 2. Wheat yield on headland and inner part of a field

Параметар *Parameter*	Понављање *Repetition*	Принос ($t \cdot ha^{-1}$) *Yield* ($t \cdot ha^{-1}$)		Смањење приноса *Yield decrease* (%)
		Унутрашњи део *Inner part*	Увратина *Headland*	
Маса зрна *Grain mass*	1	3,69	3,14	17,52
	2	3,85	2,78	38,48
	3	3,24	2,69	20,44
	4	3,37	2,58	30,62
	5	3,90	2,53	54,15
	Просек *Average*	3,61	2,74	31,75
Биолошки принос *Harvesting*	1	7,30	5,57	31,06
	2	8,24	5,83	41,33
	3	8,17	6,73	21,39
	4	6,89	5,17	33,27
	5	9,35	6,20	50,81
	Просек *Average*	7,99	5,90	35,42

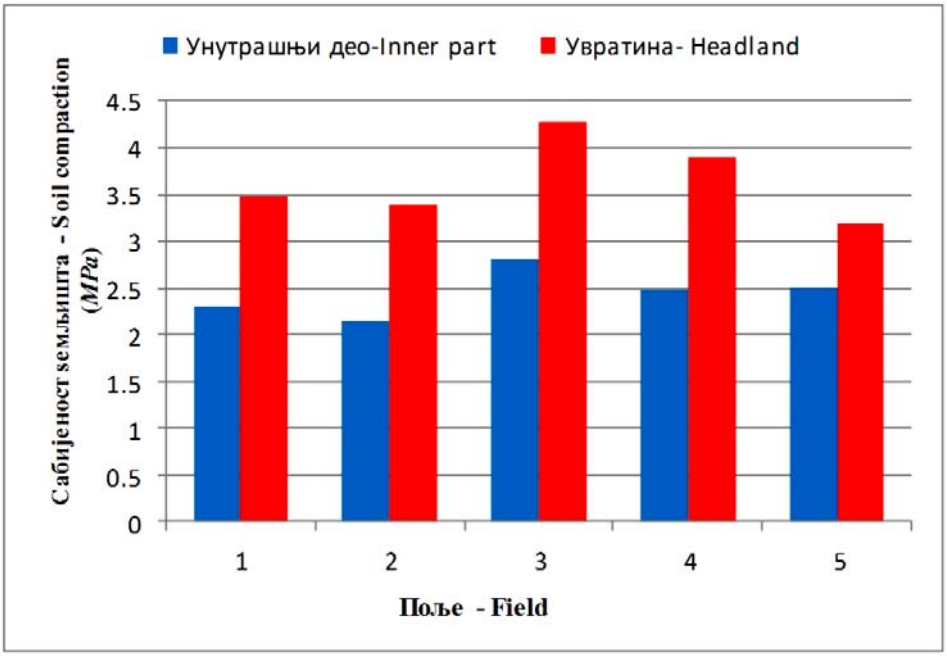


График 2. Сабијеност земљишта пре убирања пшенице

Chart 2. Soil compaction before harvesting wheat

Интензивније сабијање земљишта на увратини у односу на унутрашњи део парцеле испољило је значајан утицај на стварање неповољних услова за раст и развој усева озиме пшенице, због чега су остварене велике разлике у погледу висине остварених приноса.

Принос сувог зрна пшенице у унутрашњем делу парцеле кретао се у распону од 3,24-3,90 t ha^{-1}, а на увратини у распону од 2,53-3,14 t ha^{-1}. Мање вредности остварених приноса на увратини у односу на унутрашњи део парцеле измерен је по свим понављањима.

Сличан је утицај сабијености земљишта у централном делу парцеле и увратинама и на биолошки принос.

Најмањи биолошки принос измерен је на увратини и износио је 5,17 t ha^{-1}, а највећи у унутрашњем делу праделе 9,35 t ha^{-1}, при чему се биолошки принос пшенице у унутрашњем делу парцеле кретао у распону од 6,89-9,35 t ha^{-1} (просечно 7,99 t ha^{-1}), а на увратинама у распону од 5,17-6,73 t ha^{-1}, односно просечно 5,90 t ha^{-1} (Табела 2).

Велики број прелаза машинско-тракторских агрегата довео је до интензивнијег сабијања земљишта на увратини у односу на централни део огледне парцеле, што је резултирало смањењем приноса на увратини у односу на унутрашњи део.

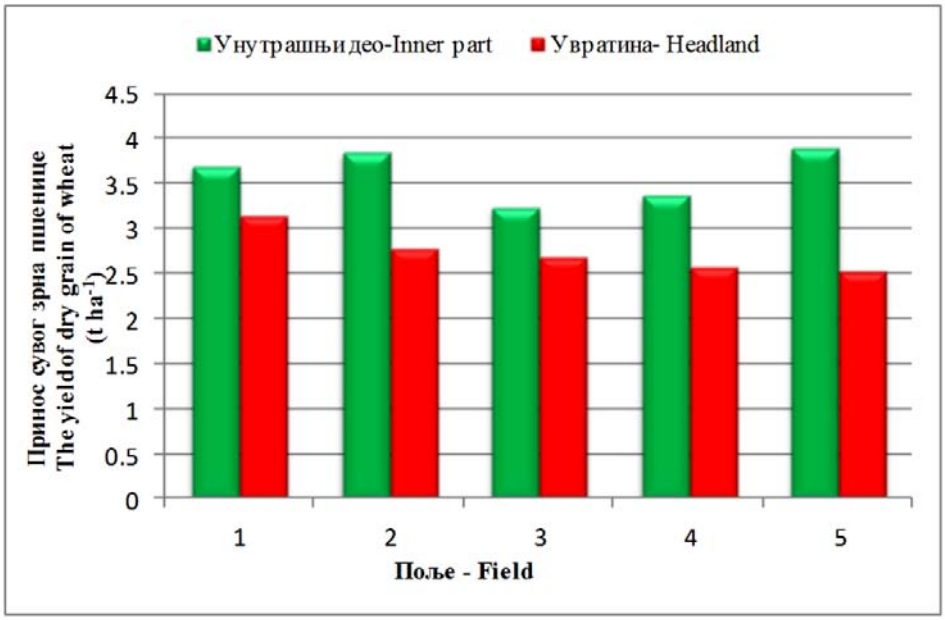


График 3. Принос сувог зрна пшенице

Chart 3. The yield of dry grain of wheat

Просечно смањење приноса сувог зрна пшенице у току испитивања износило је 31,75%, а биолошког приноса 35,42% (Табела 2).

ЗАКЉУЧАК

На основу резултата истраживања може се закључити да је на увратини измерена већа сабијеност земљишта у односу на унутрашњи део парцеле по свим фазама испитивања.

Након ницања пшенице у унутрашњем делу парцеле сабијеност земљишта износила је просечно 1,75 MPa, док је на увратини измерена просечна сабијеност земљишта од 2,39 MPa.

Сабијеност земљишта на увратинама након ницања пшенице била је већа у просеку за 36,57% у односу на унутрашњи део парцеле.У фази убирања пшенице запажен је сличан утицај великог број прелаза машинско-тракторских агрегата на сабијање земљишта.

На унутрашњем делу парцеле сабијеност земљишта је варирала у распону од 2,14-2,81 MPa, а на увратинама од 3,38-4,28 MPa. Повећање сабијености земљишта на увратинама у односу на унутрашњи део парцеле износило је просечно 54,29%.

Повећање сабијености земљишта на увратинама у односу на централни део парцеле довело је до великих разлика у погледу остварених приноса.

Принос сувог зрна пшенице у унутрашњем делу парцеле кретао се у распону од 3,24-3,90 t ha^{-1}, а на увратини у распону од 2,53-3,14 t ha^{-1}.

Најмањи биолошки принос измерен је на увратини и износио је 5,17 t ha^{-1}, а највећи у унутрашњем делу праселе 9,35 t ha^{-1}, при чему се биолошки принос пшенице у унутрашњем делу парцеле кретао у распону од 6,89-9,35 t ha^{-1}, а на увратинама у распону од 5,17-6,73 t ha^{-1}.

Велики број прелаза машинско-тракторских агрегата, довео је до интензивнијег сабијања земљишта на увратини у односу на централни део огледне парцеле, па је просечно смањење приноса сувог зрна пшенице у току испитивања износило 31,75%, док је биолошки принос био у просеку мањи за 35,42%.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Biris, S.S., Vladut, V., Ungureanu Nicoleta, Paraschiv G., Voicu, G., 2009. *Agriculturae Conspectus Scientifi cus*. Vol. 74, No. 1, 21-29.

[2] Вучић, Н. 1992. *Хигијена Земљишта*. Монографија. Војвођанска академија науке и уметности, Нови Сад.

[3] Güclü Yavuzcan H., Vatandas M., Gürhan R.. 2002. Soil strength as affected by tillage systemand wheel traffic in wheat-corn rotation in central Anatolia. *Journal of Terramechanics*, 39(1):23-34.

[4] Јарак Мирјана, Фурман, Т., Глигорић Радојка, Ђурић Симонида, Савин, Л., Јеличић Зора, 2005. Својства земљишта и принос пшенице и кукуруза на увратинама. *Трактори и погонске машине*. Вол.1.Бр.3.,98-103.

[5] Lynden V., G.W.J. 2000. *The assessment of the Status of human-induced degradation*. 56(3-4): 117-129.. FAO Report, (37).

[6] Николић,Р., Савин, Л., Фурман, Т., Глигорић Радојка, Томић, М., 2002. Истраживање проблема сабијања земљишта. *Трактори и погонске машине*. Вол.7.Бр.1, 5-13.

[7] Николић, Р., Савин, Л., Фурман, Т., Томић, М., Глигорић Радојка, Симикић, М:, Секулић, П., Васин, Ј:, Кекић, М., Берток, З., 2006. Утицај сабијања на промене у земљишту и принос кукуруза, сунцокрета, соје и шећерне репе. *Трактори и погонске машине*. Вол.11.Бр.5., 25-31.

[8] Радојевић, Р., Раичевић, Д., Ољача, М. В., Глигоревић, К., Пајић, М. 2006. Утицај јесење обраде на сабијање тешких земљишта. *Пољопривредна техника*, 31(2), 63-71.

[9] Ramazan M., Daraz G. K., Hanif M. and Shahid A. 2012. Impact of Soil Compaction on Root Length and Yieldof Corn (Zea mays) under Irrigated Condition. *Middle-East Journal of Scientific Research* 11 (3): 382-385.

[10] Ronai D, Shmulevich I. 1995. Tire footprint characteristics as a function of soil properties and tire operations. *Journal of Terramechanics*, 32(6) 311-323.

[11] Савин, Л., Николић, Р., Симикић, М., Фурман, Т., Томић, М., Глигорић Радојка, Јарак Мирјана, Ђурић Симонида, Секулић, П., Васин, Ј., 2007. Истраживање утицаја сабијености на принос пшенице и промене у земљишту и на унутрашњем делу парцеле. *Летопис научних радова*, бр.1, 167-173.

[12] Савин, Л., Симикић, М., Фурман, Т., Томић, М., Глигорић Радојка, Јарак Мирјана, Ђурић Симонида, Секулић, П., Васин, Ј. 2009. Утицај агротехничких мера на отпор конуса код озимог јечма. *Трактори и погонске машине*. Вол.14. Бр. 2/3. 172-177.

[13] *Статистички годишњак Републике Србије*, 2011. Републички завод за статистику, Београд.

[14] Fritton, D. D. 2001. An Improved Empirical Equation for Uniaxial Soil Compression for a Wide Range of Applied Stresses. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 65:678–684.

RESULTS OF THE INVESTIGATION EFFECTS OF SOIL COMPACTION ON YIELD OF WINTER WHEAT

Sasa Barac[1], Bojana Milenkovic[1], Aleksandar Vukovic[1], Dragoslav Djokic[2]

[1]University of Pristina - K. Mitrovica, Faculty of Agriculture, Republic of Serbia
Institute for forage crops, Kruševac, Republic of Serbia

Abstract: Moving of tractors and mobile systems can be divided in two groups: moving trough the inner parts of fields, and through the headlands. On headlands, soil compressing is more intensive due to lower moving speeds while turning, which enable soil to be exposed longer time to the normal charge, and to get more compressed. Under the influence of pressure of mobile machines and other factors, change of soil appears causing unfavorable conditions for growth and development of crops, which is being manifested by permanent soil damage, yield decrease, and other costs increase. The aim of these trials was to determine influence of soil compressing at headlands and inner parts of fields on wheat yields, as the most present crops in agro-ecological conditions of Northern Kosovo and Metohia. Soil compressing has been measured by Eijkelkamp penetrometer, at the following depths: 0-20cm. Results of the trial indicate that during two years of trials, soil compressing at headlands was germination 31,88% higher compared to the inner parts of fields, while increase of soil compressing at the headlands before harvesting was 40,52 in average. The yields of wheat at the inner parts of the fields compared to those at the headlands were 50.98% higher.

Key words: *headland, soil compressing, yield, wheat, mechanization*

Datum prijema rukopisa: 19.11.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama:
Datum prihvatanja rada: 21.11.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 2, decembar 2012.
Strane: 51 - 60

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku

UDK: 631.331

Originalni naučni rad
Original scientific paper

METHOD FOR MEASURING OF N_2O EMISSIONS FROM FERTILIZED SOIL AFTER THE USING OF FERTILIZER SPREADER

Tomáš Šima[*1], Ladislav Nozdrovický[1], Koloman Krištof[1], Monika Dubeňová[2], Josef Krupička[3], Stanislav Králik[1]

[1] Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Department of Machines and Production Systems, Nitra, Slovak Republic
[2] Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Department of Production Engineering, Nitra, Slovak Republic
[3] Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Machines, Prague, Czech Republic

Abstract: The use of fertilizer spreaders is accompanied by a different quality of work these machines, which can cause local overdosing of the fertilizers. Consequently, there may occur the increased formation of nitrous oxide (N_2O) emissions from the soil to the atmosphere. The aim of the paper was to compare the field and the laboratory method, which can be used for measuring of the N_2O emissions released from the soil to the atmosphere. For the purpose of emissions measuring the INNOVA devices with measurement system based on the photo-acoustic infrared detection method was used. Experiment was conducted 10 days after the field was fertilized. During experiment were used the VICON RS-L fertilizer spreader and the Calk Ammonium Nitrate fertilizer. There were found statistically significant differences between the size of the application rate and concentration of the N_2O emissions released from soil to the atmosphere. No statistically significant differences were found in comparison of this two methods and this fact indicate the possibility to replace the field method by the laboratory method.

Key words*: nitrogen fertilizer, soil emissions, nitrous oxide, measuring methods*

[*] Corresponding author: E-mail: tomasko.sima@gmail.com

The paper has been prepared within the project: "Application of the information technologies to increase the environmental and ecological sustainability of the production agro system", activity 2.1 project ITMS 26220220014, EU Operational programme RESEARCH and DEVELOPMENT

INTRODUCTION

Nitrogen is an essential element for plant growth, which has fostered an extensive anthropogenic alternation of the natural nitrogen cycle by the application of fertilizer to optimize crop yields in agriculture and forestry [1]. Emissions of the nitrous oxide (N_2O) from agriculture are from about 60% [2] to more than 75% [3, 4] of the total global anthropogenic emissions. Lifetime of the N_2O in the atmosphere is about 150 years and it directly destruct the stratospheric ozone layer. For a better comparability emissions are commonly expressed as CO_2 equivalent using the global warming potential (GWP), which is defined as the cumulative radiative forcing between the present and selected time in the future, caused by a unit mass of gas emitted now [5]. The GWP (with a time span of 100 years) of CO_2 and N_2O is 1 and 298, respectively [2]. Nitrous oxide is produced in soils during nitrification and denitrification [6-8] and chemo-denitrification at low pH<5.5 [9]. Nitrogen fertilization strongly has influenced the releasing of the emissions. Increasing of the application rate of N fertilizer causes the increase of N_2O emissions [10-16]. There are also other factors affecting the N_2O releasing from the soil: soil texture [17-19], soil organic matter content [20], pH [21] and temperature [22]. Different types of measuring methods are used - the closed chamber technique is widely used [23-26] and there are also used both micrometeorological methods - gradient method and eddy correlation method. A comparison of these methods were done by many authors [27-30]. Cuvette surface material strongly affects the result of N2O measurement [31]. For simulating of the N_2O emissions it is possible to use a different types of models, mainly DNDC [32-36], CANDY [37], DAISY [38] and other models (DAYCENT, ExpertN). Implementation of measurement directly on the field is not always possible. From these reasons it is necessary to use the laboratory methods instead of the field methods. The laboratory method consists of collecting soil samples from the field and their subsequent analysis in laboratory. The field method measurement is placed directly on the field.

The main aim of the study was to compare these two methods for the measurement of the nitrous oxide emission released from soil to the atmosphere by using of INNOVA devices and also investigate the impact of the size of application rate of nitrogen fertilizer on amount of released N_2O emissions from soil to the atmosphere.

MATERIAL AND METHODS

During experiments we have used the INNOVA measuring devices (LumaSense Technologies, Inc., Denmark) which consist of three main parts. Photo-acoustic field gas monitor INNOVA 1412 with measurement system based on the photoacoustic infrared detection method is used for gas analysis, multipoint sampler INNOVA 1309 serves for gas sampling from 12 sampling points and transport gas samples to the INNOVA 1412 for analysis [39]. Notebook equipped with the necessary operating software is the third major component. Software is supplied by the manufacturer and it is used for setup and control of the analysis.

Sampling probes were made from seamless steel pipe with 114.3 mm outer diameter and 4 mm wall thickness.

Sampling probes were made in two variants (Figure 1):
- small sampling probes, length 170 mm (for the field method),
- big sampling probes, length 300 mm (for the laboratory method).

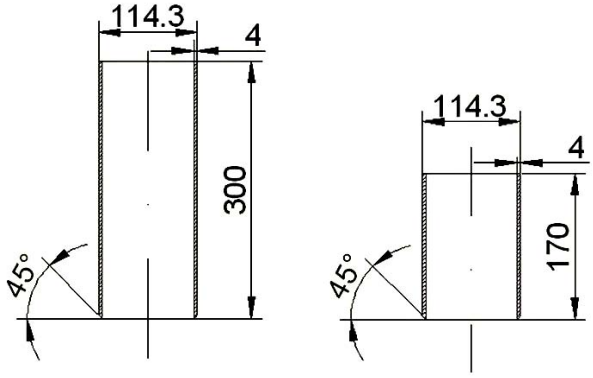


Figure 1. Big (left side) and small (right side) sampling probes

Both variants of sampling probes had on the bottom created outside bevel angle of 45° for easier penetration into the soil. As the end cap there were used „smoked cap" made of a combination of copper and steel with 118 mm diameter. Sampling probe needs one or two caps for the field and the laboratory method, respectively. Cap placed on the top of sampling probe have drilled a hole with 5 mm diameter due to the teflon suction hose introduction.

Air pipes - each of twelve air pipes consist of:
teflon suction hose EN-2007, type AFO614,
air filter EN-2026, type DS2306,
fitting for the air filter EN-2247, type UD-5041.

Table 1. Chemical composition of Calk Ammonium Nitrate [40]

Technical specification	*Content, %*
Total nitrogen content (N)	*27.0 %*
Ammonium nitrogen content	*13.5 %*
Nitrate nitrogen content	*13.5 %*
Content of total magnesium oxide (MgO)	*4.1 %*
Content of magnesium oxide (MgO) soluble in water	*1.0 %*

Table 2. Soil properties

Soil type	*Haplic luvisol*
Clay	*37.700 %*
Silt	*39.430 %*
Sand	*22.870 %*
pH H2O	*7.78*
pH KCl	*6.87*
Cox	*1.624 %*
Hm	*2.799 %*

Fertilizer CAN 27 (calk ammonium nitrate) was used in the form of a grey-white ammonium nitrate granulates with the grounded dolomite decreasing the natural acidity of the fertilizer. Fertilizer was protected by anti-caking surface treatment. Chemical composition is shown in Table 1. The official trade mark of this fertilizer produced by the manufacturer DUSLO Šala, Ltd. is LAD 27 [40].

Soil properties (Tab. 2) were analyzed on Department of Soil Science a Geology at the Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovakia. Soil moisture content of the soil samples varied within the range 26-28 % and it was measured by gravimetric method.

Methodical procedure

Used fertilizer CAN 27 was applied on the field surface by VICON RS-L fertilizer spreader. Application of the fertilizer on the field and spread pattern measurement of distributed fertilizer were explained in our previous study [41]. In this case there was realized only one pass with no overlaps. Fertilizer applied on the field was incorporated to the soil by tillage (power harrow PÖTTINGER LION 301) during the seedbed preparation after six hours on the same day. Knowing of the real spread pattern has allowed us to determine the places with different size of the applied fertilizer. There were conducted three variants of experiment with different size of application rates. Measuring places were chosen in measuring points with equivalent application rate to 0 $kg.ha^{-1}$, 150 $kg.ha^{-1}$ and 300 $kg.ha^{-1}$, what have corresponded to 0 kg N ha^{-1}, 40.5 kg N ha^{-1} and 81 kg N ha^{-1} of the total amount of nitrogen applied to the field. Measurement with three replications was carried out from 10 to 11 days after soil tillage during the significant N_2O emissions releasing [5, 42]. The field method measurement was placed directly on the field. Small sampling probes were incorporated to 20 mm depth into the soil (Fig. 2).

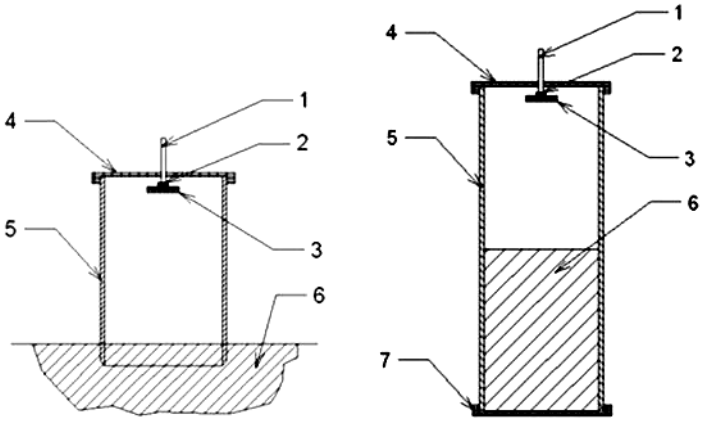


Figure 2. Sampling probes used during the measurement - small (left) and big (right), 1 - suction teflon hose, 2 - fitting for air filter, 3 - air filter, 4 - top cap, 5 - sampling probe, 6 - soil, 7 - lower cap

The laboratory method consists of collecting soil samples from field and their subsequent analysis in laboratory. Big sampling probes were incorporated to 150 mm

depth into the soil, surrounding soil has been removed and the sampling probes were closed up from the bottom (Fig. 2). For this case the big sampling probes were left directly on the field with a goal to eliminate nature effects (temperature, air humidity, pressure). Air column in both methods is 150 mm [23]. Consequent close up from the top was done by top caps. Then the measuring devices INNOVA was connected. Measurement started one hour after soil sampling with the aim to eliminate the soil surface disturbance effect during incorporation of sampling probes to production nitrous oxide emissions from the soil to the atmosphere.

Statistical analysis

Data were analyzed by using of the ANOVA test after normality test provide by the Kolmogorov-Smirnov test and homogeneity of variance by using of Levene's test. With ANOVA P-Value < 0.05 we have continued post-hoc LSD Test. There was used software STATGRAPHICS Centurion XVI.I (Statpoint Technologies, Inc.; Warrenton, Virginia, USA). Graphic processing of results was performed by using of software STATISTICA 7 (Statsoft, Inc.; Tulsa, Oklahoma, USA).

RESULTS AND DISCUSSION

During the measurement we have used a design with six sets of values:

- FM-Z - Field Method - Zero application rate of fertilizer 0 kg.ha^{-1} (0 kg N ha^{-1})
- FM-L - Field Method - Low application rate 150 kg.ha^{-1} (40.5 kg N ha^{-1})
- FM-H - Field Method - High application rate 300 kg.ha^{-1} (81 kg N ha^{-1})
- LM-Z - Laboratory Method - Zero application rate 0 kg.ha^{-1} (0 kg N ha^{-1})
- LM-L - Laboratory Method - Low application rate 150 kg.ha^{-1} (40.5 kg N ha^{-1})
- LM-H - Laboratory Method - High application rate 300 kg.ha^{-1} (81 kg N ha^{-1})

Table 3. Analysis of variance for N2O emissions measurement

Source	*Sum of Squares*	*Df*	*Mean Square*	*F-Ratio*	*P-Value*
Between groups	*0.107258*	*5*	*0.021451600*	*26.41*	*0.0000*
Within groups	*0.116970*	*144*	*0.000812292*		
Total (Corr.)	*0.224228*	*149*			

By using of Kolmogorov-Smirnov test we have found out a normal distribution for all tested sets of values. P-Value of Kolmogorov-Smirnov test for all samples - set of values determined the normal distribution of data obtained (all P-Value > 0.5). Next, Levene's test confirmed homogeneity of variance P-Value = 0.563128 (P > 0.5). ANOVA test was used after the values verification. The P-value of the ANOVA is less than 0.05 (Table 3).

There is a statistically significant difference between the means of values of the six variables at the 95.0 % confidence level. To determine which mean values are significantly different from which others, we have selected Multiple Range Tests – LSD Test at the 99.0 % confidence level (Tab. 4). Three homogeneous groups are identified by using of different letters ($_{\mathbf{a,b,c}}$) in the column of mean. There are no statistically significant differences between the means with the same letter.

Table 4. LSD Test at 99.0% confidence level

Sample	*Count*	*Mean*
FM-Z	*25*	0.449159_a
LM-Z	*25*	0.449916_a
FM-L	*25*	0.486911_b
LM-L	*25*	0.487352_b
FM-H	*25*	0.511825_c
LM-H	*25*	0.517482_c

**Different letters ($_{a,b,c}$) in the column indicate that treatment means are significantly different at P < 0.01 according to LSD multiple-range test at the 99.0 % confidence level.*

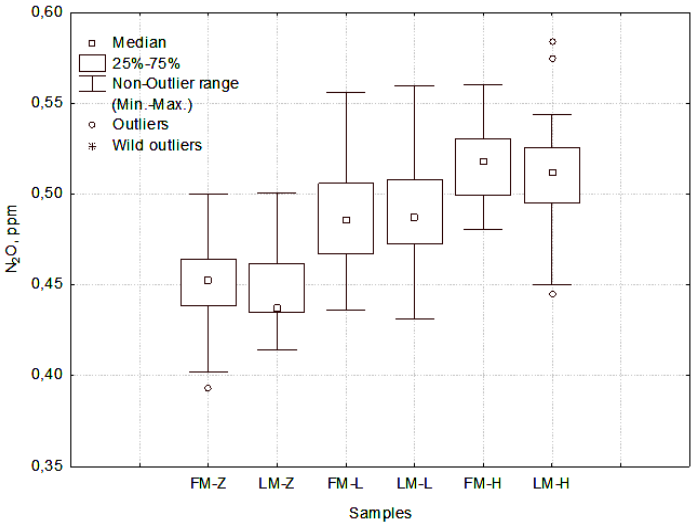


Figure 3. Box-and-Whisker diagram of concentration N_2O

Between the field and the laboratory methods are not statistically significant differences at the 99.0% confidence level at the same size of application rate N fertilizer. From this reason it is possible to replace the field method by the laboratory method. As shown in Table 4 and Figure 3, amount of nitrogen applied to the soil have an effect on the nitrous oxide emissions.

Average value of concentration of nitrous oxide emission during the field and the laboratory methods for nitrogen application rate 0, 40.5 and 81 kg N ha^{-1} were 0.4492, 0.4500, 0.4870, 0.4874, 0.5175 and 0.5118 ppm (parts per million), respectively. These results agree with previous researches [10-16, 42] where nitrogen fertilization strongly influenced releasing emissions.

Increasing application rate of N fertilizer has causes the increase of the N_2O emissions. Comparison of measuring methods and practical verification of the laboratory method allow to use this method for measuring nitrous oxide emission released from soil to the atmosphere. Used method allows measuring of nitrous oxide soil emissions from 12 points at the same time and creates the possibility for long-term complex monitoring of the fertilized soil.

CONCLUSIONS

Field experiment focused for measuring of nitrous oxid emission released from soil to the atmosphere requires specific experimental conditions. Realize a field measurement is not always possible. Traffic measurement equipment, remoteness of the field, difficulties of entry into the vegetation, the need of electric power supply and many other factors are complicating the experimental activities. From this reason it was necessary to replace the field method by the laboratory method.

Field measurement may be influenced by many factors with unwanted side effects. From this reason it is necessary to control most of these factors masking the influences of fertilization [5]. Nitrogen fertilizer application rate has affected amount of released nitrous oxide emission and increasing of the application rate of N fertilizer has caused the increas of the N_2O emissions what corresponds with the results obtained by other researchers [10-16, 42].

In this study was verified the laboratory method of measuring nitrous oxide emissions released from soil to the atmosphere. At 99.0 % confidence level there were no significant differences between methods. Used method has no statistically significant effect on the results obtained, and based on this fact, there can be replaced the field method by the laboratory method. It is possible to state that the used method allows to provide the long-term measurement of N_2O emissions released from soil to the atmosphere and for 12 points in the same time and at the same conditions what reduce the influence of a lot side effect factors.

BIBLIOGRAPHY

[1] Ambus, P., Skiba, U., Butterbach-Bahl, K., Sutton, M., 2011. Reactive nitrogen and greenhouse gas flux interactions in terrestial ecosystems. *Plant and Soil*, 343, 1-3.

[2] IPCC, 2007. Intergovernmental panel on climate change. Synthesis report

[3] Abdalla, M., Jones, M., Ambus, P., Williams, M., 2009. Emissions of nitrous oxide from Irish arable soils: effects of tillage and reduced N input. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 86, 53-67.

[4] Jackson, J., Choudrie, S., Thistlethwaite, G., Passant, N., Murrells, T., Watterson, J., Mobbs, D., Cardenas, L., Thomson, A., Leech, A., 2009. UK greenhouse gas inventory 1990 to 2007. *Convention on Climate Change. AEA Technology*, 71.

[5] Inselsbacher, E., Wanek, W., Ripka, K., Hackl, E., Sessitsch, A., Strauss, J., Zechmeister-Boltenstern, S., 2011. Greenhouse gas fluxes respond to different N fertilizer types due to altered plant-soil-microbe interactions. *Plant and Soil*, 343, 17-35.

[6] Davidson, E.A., 1991. Fluxes of nitrous oxide and nitric oxide from terrestial ecosystems. In: Rogers and Whitman (eds.), *Microbial production and comsumption of greenhouse gases: Methane, nitrogen oxides and halomethanes*. The American Society for Microbiology, 219-235.

[7] Ložek, O., Bizík, J., Fecenko, J., Kováčik, P., Vnuk, Ľ., 1997. *Výživa a hnojenie rastlín*. Nitra, SUA in Nitra.

[8] Ambus, P., Zechmeister-Boltenstern, S., Butterbach-Bahl, K., 2006. Sources of nitrous oxide emitted from European forrest soils. *Biogeosciences*, 3, 135-145.

[9] Van Cleemput, O., Samater, A.H., 1996. Nitrite in soils: accumulation and role in the formation of gaseous N compounds. *Fertilizer Research*, 45, 81-89.

[10] Eichner, M.J., 1990. Nitrous oxide emissions from fertilized soils: Summary of available data. *Journal of Environmental Quality*, 19, 272-280.

[11] Bouwman, A.F., 1996. Direct emissions of nitrous oxide from agricultural soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 46, 53-70.

[12] Verma, A., Tyagi, L., Yadav, S., Singh, S.N., 2006. Temporal changes in N_2O efflux from cropped and fallow agricultural fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 116, 209-215.

[13] Jones, S.K., Rees, R.M., Skiba, U.M., Ball, B.C., 2007. Influence of organic and mineral N fertiliser on N_2O fluxes from a temperate grassland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 121, 74-83.

[14] He, F.F., Jiang, R.F., Chen, Q., Zhang, F.S., Su, F., 2009. Nitrous oxide emissions from an intensively managed greenhouse vegetable cropping system in Northern China. *Environmental Pollution*, 157, 1666-1672.

[15] Pang, X.B., Mu, Y.J., Lee, X.Q., Fang, S.X., Yuan, J., Huang, D.K., 2009. Nitric oxides and nitrous oxide fluxes from typical vegetables cropland in China: Effects of canopy, soil properties and field management. *Atmospheric Environment*, 43, 2571-2578.

[16] Lin, S., Iqbal, J., Hu, R.G., Feng, M.L., 2010. N_2O emissions from different land uses in mid-subtropical China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 136, 40-48.

[17] Ruser, R., Flessa, H., Russow, R., Schmidt, G., Buegger, F., Munch, J.C., 2006. Emission of N_2O, N_2 and CO_2 from soil fertilized with nitrate: Effect of compaction, soil moisture and rewetting. *Soil Biology and Biochemistry*, 38, 263-274.

[18] Beare, M.H., Gregorich, E.G., Georges, P.S., 2009. Compaction effects on CO_2 and N_2O production during drying and rewetting of soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 41, 611-621.

[19] Majdan, R., Tkáč, Z., Kosiba, J., Cvíčela, P., Drabant, Š., Tulík, J., Stančík, B., 2011. Zisťovanie súboru vlastností pôdy z dôvodu merania prevádzkových režimov traktora pre aplikáciu ekologickej kvapaliny. In: *Technics in Agrisector Technologies: proceedings of scientific works*, November 3, 2011. SUA in Nitra, 71-75

[20] Hayakawa, A., Akiyama, H., Sudo, S., Yagi, K., 2009. N_2O and NO emissions from Andisol field as influenced by pelleted poultry manure. *Soil Biology and Biochemistry*, 41, 521-529.

[21] Mørkved, P.T., Dorsch, P., Bakken, L.R., 2007. The N_2O product ratio of nitrification and its dependence on long-term changes in soil pH. *Soil Biology and Biochemistry*, 39, 2048-2057.

[22] Kesik, M., Blagodatski, S., Papen, H., Butterbach-Bahl, K., 2006. Effect of pH, temperature and substrate on N_2O, NO and CO_2 production by Alcaligenes faecalis p., *Journal of Applied Microbiology*, 101, 655-667.

[23] Smith, K.A., Clayton, H., Mctaggart, I.P., Thomson, P.E., Arah, J.R.M., Scott, A., Goulding, K.W.T., Monteith, J.L., Phillips, V.R., 1995. The measurement of nitrous oxide emissions from soil by using chambers. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, physical & engineering sciences*, 351, 327-338.

[24] Livingston, G.P., Hutchinson, G.L., 1995. Enclosure-based measurement of trace gas exchange: applications and sources of error. In: Matson and Harriss (Eds.), *Biogenic Trace Gases: Measuring Emissions from Soil and Water*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 14–51.

[25] Davidson, E.A., Savage, K., Verchot, L.V., Navarro, R., 2002. Minimizing aftifacts and biases in chamber-based measurements of soil respiration. *Agricultural and Forest Meteorology*, 113, 21-37.

[26] Kitzler, B., Zechmeister-Boltenstern, S., Holtermann, C., Skiba, U., Butterbach-Bahl, K., 2006. Nitrogen oxides emissions from two beech forests subjected to different nitrogen loads. *Biogeosciences*, 3, 293-310.

[27] Laville, P., Hénault, C., Renault, P., Cellier, P., Oriol, A., Flura, D., Germon, J.C., 1997. Field comparison of nitrous oxide emission measurements using micrometeorological and chamber methods. *Agronomie*, 17, 375-388.

[28] Laville, P., Jambert, C., Cellier, P., Delmas, R., 1999. Nitrous oxide fluxes from a fertilised maize crop using micrometeorological and chamber methods. *Agricultural and Forest Meteorology*, 96, 19-38.

[29] Kusa, K., Sawamoto, T., Hu, R., Hatano, R., 2008. Comparison of the closed-chamber and gas concentration gradient methods for measurement of CO_2 and N_2O fluxes in two upland field soils. *Soil Science and Plant Nutrition*, 54, 777-785.

[30] Jones, S.K., Famulari, D., Di Marco, C.F., Nemitz, E., Skiba, U.M., Rees, R.M., Sutton, M.A., 2011. Nitrous oxide emissions from managed grassland: a comparison of eddy covariance and statis chamber measurements. *Atmospheric Measurement Techniques*, 4, 1079-1112.

[31] Predotova, M., Kretschmann, R., Gabauer, J., Buerkert, A., 2011. Effects of cuvette surface material on ammonia-, nitrou oxide-, carbon dioxine-, and methane-concentration measurements. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 174, 347-349.

[32] Horák, J., Šiška, B., 2006. Evaluation of N_2O emissions by DNDC model for sandy loam soils of Danubian lowland. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 14, 165-171.

[33] Abdalla, M., Wattenbach, M., Smith, P., Ambus, P., Jones, M., Williams, M., 2009. Application of the DNDC model to predict emissions of N_2O from Irish agriculture. *Geoderma*, 151, 327-337.

[34] Balashov, E.V., Horák, J., Šiška, B., Buchkina, N.P., Rizhiya, E., Pavlik, S., 2010. N_2O fluxes from agricultural soils in Slovakia and Russia – direct measurements and prediction using the DNDC model. *Folia oecologica*, 37, 8-15.

[35] Chirinda, N., Kracher, D., Laegdsmand, M., Porter, J.R., Olesen, J.E., Petersen, B.M., Doltra, J., Kiese, R., Butterbach-Bahl, K., 2011. Simulating soil N_2O emissions and heterotrophic CO_2 respiration in arable system using FASSET and MoBiLE-DNDC. *Plant and Soil*, 343, 139-160.

[36] Ludwig, B., Jäger, N., Priesack, E., Flessa, H., 2011. Application of the DNDC model to predict N_2O emissions from sandy arable soils with differing fertilization in a long-term experiment. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 174, 350-358.

[37] Franko, U., Kuka, K., Romanenko, I.A., Romanenkov, V.A., 2007. Validation of the CANDY model with Russian long-term experiments. *Regional Environmental Change*, 7, 79-91.

[38] Kröbel, R., Sun, Q., Ingwersen, J., Chen, X., Zhang, F, Müller, T., Römheld, V., 2010. Modelling water Dynamics with DNDC and DAISY in a soil of the North China Plain: A comparative study. *Environmental Modelling & Software*, 25, 583-601.

[39] Innova devices, 2007. Available at: www.lumasenseinc.com (accessed October 1, 2012).

[40] Calk ammonium nitrate – Properties of CAN 27 fertilizer, 2010. Available at: www.duslo.sk (accessed October 1, 2012).

[41] Šima, T., Nozdrovický, L., Krištof, K., 2011. Analysis of the work quality of the VICON RS-L fertilizer spreader with regard to application attributes. *Poljoprivredna tehnika*, 36, 1-11.

[42] Mapanda, F., Wuta, M., Nyamangara, J., Rees, R.M., 2011. Effects of organic and mineral fertilizer nitrogen on greenhouse gas emissions and plant-captured carbon under maize cropping in Zimbabwe. *Plant and Soil*, 343, 67-81.

[43] Šima, T., Nozdrovický, L., Krištof, K., Dubeňová, M., Macák, M., 2012. A comparison of the field and laboratory methods of measuring CO2 emissions released from soil to the atmosphere. *Poljoprivredna tehnika*, 37, 63-72.

METOD MERENJA EMISIJA N_2O IZ ZEMLJIŠTA POSLE ĐUBRENJA RASIPAČEM MINERALNOG ĐUBRIVA

Tomáš Šima[1], Ladislav Nozdrovický[1], Koloman Krištof[1], Monika Dubeňová[2], Josef Krupička[3], Stanislav Králik[1]

[1]Slovčki Poljoprivredni Univerzitet u Nitri, Tehnički fakultet, Departman za mašine i proizvodne sisteme, Nitra, Republika Slovačka
[2] Slovčki Poljoprivredni Univerzitet u Nitri, Tehnički fakultet, Departman za proizvodno mašinstvo, Nitra, Republika Slovačka
[3]Češki Univerzitet Prirodnih Nauka Prag, Tehnički fakultet, Departman za poljoprivredne mašine, Prag, Republika Češka

Sažetak: Upotreba rasipača đubriva je praćena je različitim kvalitetom rada ovih mašina, što može da dovede do lokalnog predoziranja đubriva. Kao posledica toga može se javiti povećana emisija azotnog oksida (N_2O) iz zemljišta u atmosferu. Cilj ovog rada je bio poređenje poljskog i laboratorijskog metoda za merenje emisija N_2O, oslobođenih iz zemljišta u atmosferu. Za potrebe merenja emisije korišćen je uređaj INNOVA sa mernim sistemom zasnovanim na metodu foto-akustične infracrvene detekcije. Ogled je izveden 10 dana posle đubrenja parcele. Tokom eksperimenta korišćen je rasipač VICON RS-L za rasipanje azotnog đubriva. Utvrđene su statistički značajne razlike između primenjene norme đubrenja i koncentracije N_2O oslobođenog iz zemljišta u atmosferu. Poređenjem ova dva metoda nije utvrđena statistički značajna razlika, što ukazuje na mogućnost zamene poljskog laboratorijskim metodom.

Ključne reči*: azotno đubrivo, zemljišne emisije, azotni oksid, merne metode*

Datum prijema rukopisa: 03.10.2012.
Paper submitted:
Datum prijema rukopisa sa ispravkama:
Paper revised:
Datum prihvatanja rada: 19.10.2012.
Paper accepted:

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 2, decembar 2012.
Strane: 61 - 69

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku

UDK: 613.3

Originalni naučni rad
Original scientific paper

TEHNIČKI PARAMETRI VENTILATORA OROŠIVAČA I KVALITET ZAŠTITE VINOGRADA

Mirko Urošević, Milovan Živković*

Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku, Beograd-Zemun

Sažetak: Tehnika aplikacije pesticida u vinogradarstvu odlikuje se skoro isključivo postupkom raspršivanja pomoću vazdušne struje proizvedenom ventilatorom orošivača. Primena takvog postupka je bitno doprinela kvalitetu zaštite i produktivnosti rada. Osnovni kriterijum napretka u primeni pesticida predstavlja aplikacioni tehnički stepen korisnog dejstva. Ovaj stepen korisnog dejstva se iskazuje kroz zadržavanje, raspodelu i iskorišćavanje aktivnih supstanci koji može još znatno da se poboljša. Zato su u radu prikazani rezultati istraživanja uticaja ugla usmerenja i brzine vazdušne struje na nanošenje zaštitnog sredstva na vinovu lozu u područje zone grozdova. Rezultati pokazuju da pri smanjivanju ugla usmerenja vazdušne struje koso unazad posmatrano u horizontalnoj ravni od 90° na 45°, pri brzini vožnje od 5 $km \cdot h^{-1}$ dolazi do povećanja deponovanja zaštitne tečnosti do 18% na ciljnoj površini.

Dosadašnja ispitivanja pojave drifta pri primeni orošivača su pokazala da tehnički parametri ventilatora koji definišu mogućnost podešavanja struje vazduha po količini, brzini i smeru, ima odlučujući uticaj na kvalitet zaštite. Zato je veoma je značajno potpunije ispitati moguća ponašanja vazdušne struja i njen uticaj, naročito na zadržavanje zaštitnog sredstva na tretiranoj površini.

Ključne reči: *orošivači, kvalitet zaštite, vazdušna struja, zasad vinograda*

UVOD

Zaštitno sredstvo koje ne dospe do ciljne površine predstavlja ekološko opterećenje i ekonomski gubitak. Gubitak pesticida tokom aplikacije može da bude znatno manji u zavisnosti od tehničkih parametara mašine i uslova vegetacije zasada

* Kontakt autor: E-mail: mzivko@agrif.bg.ac.rs

Rad je deo istraživanja u okviru projekta «Unapređenje biotehničkih postupaka racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda, TR 31051, Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

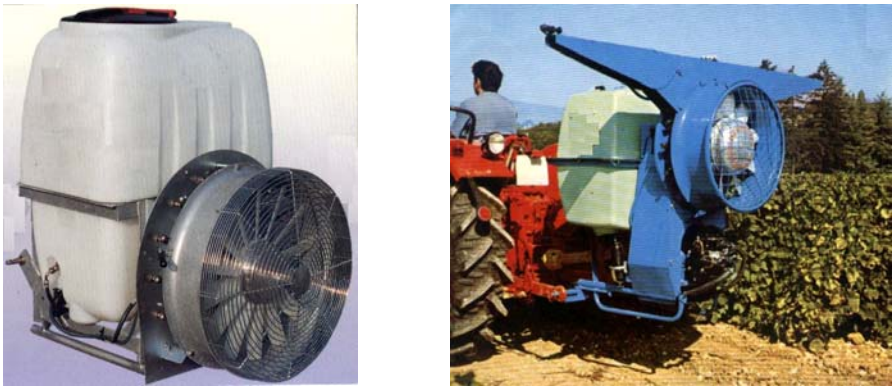
[7]. Za razliku od finansijskih gubitaka koji se mogu definisati, dugoročni uticaji pesticida na ekosistem dospevanjem u zemljište i atmosveru, nisu poznati. Imajući na umu tu činjenicu poželjna su sva poboljšanja koja dovode do redukovanja drifta na površini zemljišta u zasadima vinograda. Za ostvarenje tog cilja potrebno je pronaći optimum između bioloških i tehničkih parametara i treba ih međusobno uskladiti.

Sadašnjim tehničkim osnovama, za razliku od poznatih tehničko-konstrukcionih znanja o ventilatorima, nedostaju informacije o kinetičkom ponašanju kapljica u vazdušnoj struji koja ih nosi, tokom prodiranja, raspodeljivanja, zadržavanja i skretanja pri tretiranju zasada vinove loze. Kada se potpuno definišu te pojave, biće moguće da se ventilatori za raspršivanje na orošivačima bolje prilagode biološko-fizičkim uslovima, u cilju ostvarivanja veće aplikaciono-tehničke efikasnosti uz istovremeno manje zagađenje čovekove sredine.

U procesu tretiranja red vinove loze u zavisnosti od strukture [1] [3], predstavlja manje-više polupropustivu prepreku za vazdušnu struju i zato se može smatrati filterom sa svim karakterističnim svojstvima. Radom orošivača dvofazna struja [5], koja se sastoji od vazduha i tečnosti prodire u red vinove loze pri čemu se mogućnost prodiranja određuje prema ulaznoj kinetičkoj energiji, mehaničkom otporu listova i uglu usmerenja vazdušne struje u horizontalnoj i vertikalnoj ravni. Prolaskom kroz red vinove loze tečna faza treba da se odvoji od vazdušne i da se raspodeli po površini biljaka. U idealnom slučaju bi se čitava površina biljaka kao filtera, ravnomerno obložila zaštitnim filmom, a iz reda bi izašao čist vazduh. Proces razdvajanja dvofazne struje i odlaganja tečnosti na biljnu površinu je vrlo složen.

Orošivači koji poseduju ventilatore koji sa stanovišta tehnike strujanja su konstruisani tako da proizvedena vazdušna struja dopire na ravan zida od lišća pod uglom od oko 90° u odnosu na pravac kretanja uzrokuje velike gubitke i imaju mali stepen korisnog dejstva. Ovo se javlja zbog toga što se veliki deo zaštitnog sredstva prenosi na susedni red ili pada na zemljište ili, pod uticajem vetra skreće van ciljne površine. U gornjem području zida lišća vazdušna struja ima komponentu koja se odvodi naviše iz zone vrha pri čemu dolazi do znatnih gubitaka aktivne supstance usled drifta [6]. Primenom orošivača u procesu zaštite sa ventilatorom koji se nalaze neposredno iznad zemlje (Sl.1a) ima za posledicu veliki potencijal skretanja zbog smera tretiranja naviše. Suprotno prethodnom, ventilatori koji rade u gornjem području (Sl. 1b) nalaze se u obrnutom položaju, jer je smer pokrivanja prvo horizontalan, pa onda usmeren naniže. Primena ovih rešenja orošivača u zaštiti višegodišnjih zasada manje zagađuje životnu sredinu.

Karakteristika načina orošavanja ventilatorima koji su visoko postavljeni povoljniji su za okolinu, jer zemljište zagađuju za oko 33% manje a imaju 50% manje zagađenje prostora [2] [4]. Međutim, imaju manje pokrivanje donjih površina listova (u poređenju sa standardnim orošivačima čiji ventilatori stoje u donjem položaju) a naročito u zoni gde su grozdovi. To se objašnjava činjenicom da je manja mogućnost prodiranja struje, koja je usmerena naniže, pošto zid od lišća vinove loze ima sličnu strukturu kao krov pokriven crepovima.

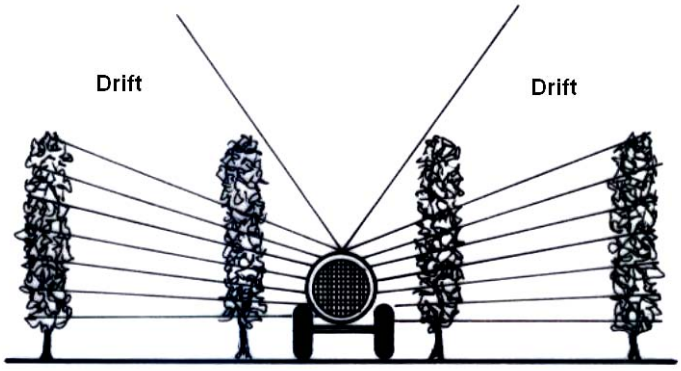


a. b.

Slika 1. Orošivači sa ventorom:
a. donje područje rada, b. gornje područje rada

Figure 1. Sprayer with Ventor:
a. lower operation area, b. upper operation area

Obzirom na takav položaj listova koji se preklapaju, vazdušna struja koja ide odozdo naviše jedino može da odigne listove i da ih ovlaži sa donje strane. Pošto je takav postupak zaštite u suprotnosti sa zahtevima očuvanja čovekove sredine, s jedne strane i fitopatološkim sa druge strane, treba pronaći određeni kompromis. Kod orošivača čija je snaga ventilatora u odnosu na lozu takva da vazdušna struja dopire i do redova loze koji su iza onih koji se orošavaju, primenjuje se postupak i uz pomoć deflektora za usmerenje vazduha, ograničava se vazdušna struja naviše, tako da tek kod drugog reda loze dostiže vrh zone (Sl. 2.).



Slika 2. Pojava drifta kod rada orošivača sa niskovođenim aksijalnim ventilatorom

Figure 2. The occurrence of drift in mistblowers with lower axial fan

Smanjivanjem napadnog ugla vazdušne struje znatno se sprečava potencijalno skretanje, a postiže se i dobro tretiranje zone sa grozdovima do koje je teško prodreti. Da bi vazdušna struja bila što horizontalnija, ventilatori ne treba da budu postavljeni suviše nisko na orošivaču.

MATERIJAL I METODE RADA

Polazeći od osnovne hipoteze da smer vazdušne struje ima presudan uticaj na kvalitet zaštite, izvršena su eksperimentalna ispitivanja na vinogradima zasađenom na ravnoj površini čiji je razmak između redova 2 m x 1,2 m. Red vinove loze (koji predstavlja zid od lišća) je bio visok 2,3 m a širok (dubok) prosečno 0,5 m.

Ogled je izveden u mesecu avgustu kada je vinova lozu sa najvećom lisnom masom što predstavlja maksimalne zahteve u pogledu ostvarivanja tehnike aplikacije. Orošivač je bio opremljen aksijalnim ventilatorom prečnika 0,5 m koji se nalazio iza rezervoara sa usisavanjem vazduha iz smera suprotno smeru kretanja. Promenom položaja krilaca rotora postojala je mogućnost promene zapremine potisnute struje u području od 14000 do 22000 $m^3 \cdot h^{-1}$. Izlazni otvori ventilatora orošivača su mogli da se podešavaju prema željenom uglu strujanja u horizontalnoj i vertikalnoj ravni.

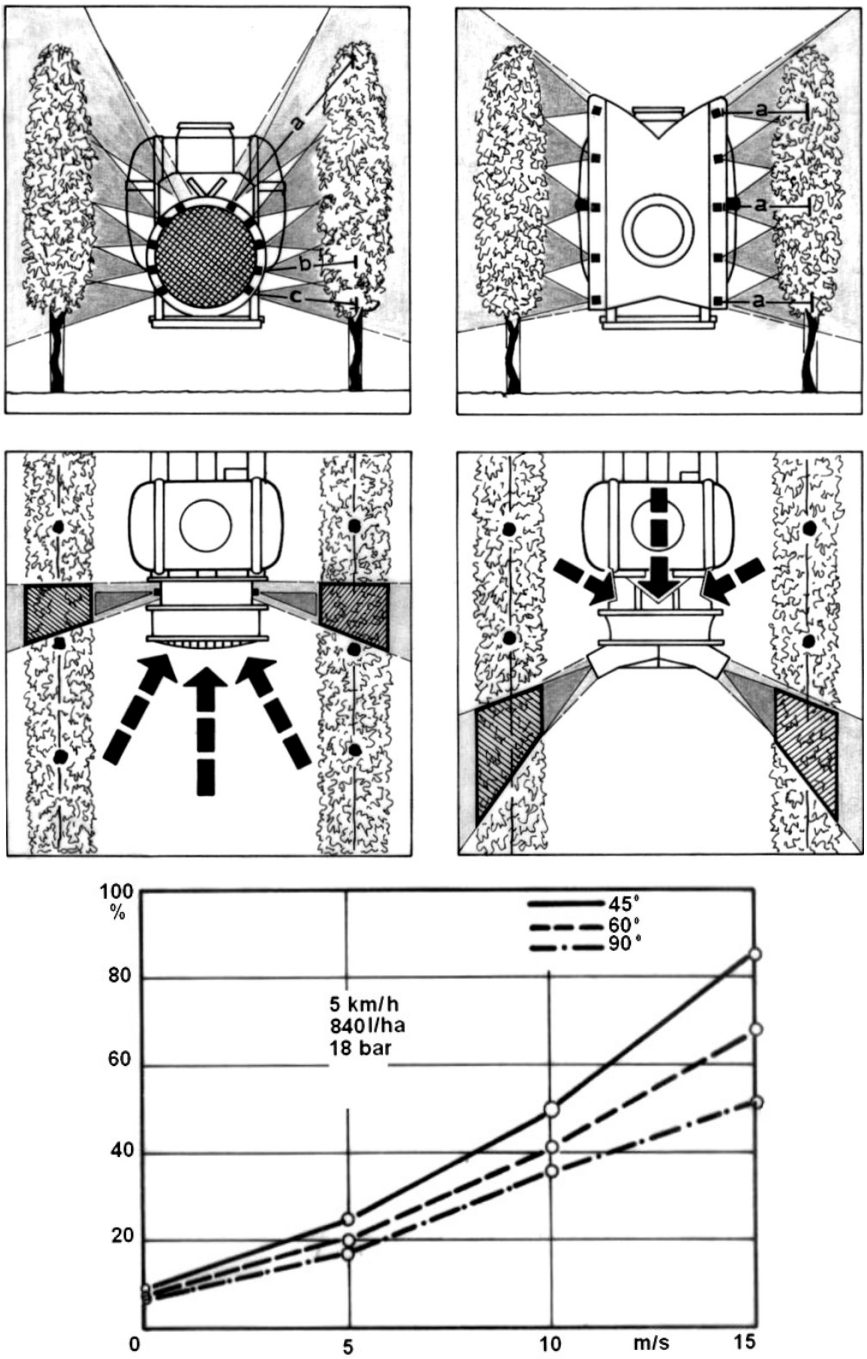
Ispitivanja su vršena brzinom vožnje od 5 $km \cdot h^{-1}$ i pri normi tretiranja od 840 $l \cdot ha^{-1}$, pritiskom tečnosti od 18 bar i rasprskivačima koji daju šuplji konusni mlaz. Brzine strujanja vazduha su merene direktno pomoću digitalnog Anemometra (Kestrel® 4000 Pocket Weather Meter) ispred zida od lišća i mogla su da se menjaju promenom broja obrtaja rotora i položaja lopatica.

Hvatanje kapi tokom eksperimenta obavljano je pomoću vodosenzibilnih papirića (TeeJet) dimenzija 52x76 mm. Papirići su postavljeni u redove biljaka (pričvršćeni sa donje strane lišća) i na drvene stalke van reda, u tri mesta po prohodu, na rastojanju od 20 m. Tretiranje je započinjano i završavano 50 m pre, odnosno posle mesta uzorkovanja kapi. Neposredno nakon prolaska orošivača merena je masa listića pomoću elektronske vage serije PS/C1 vage preciznost 0,001g. Na osnovi razlike mase listića pre i posle obavljanja oglede utvrđena je količina tečnosti po jedinici površine mernih vodosenzibilnih listića. Merenje strukture mlaza i pokrovnosti tretirane površine (papirića) obavljeno je Doppler Partcle Analyser-om.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Dijagramom na Slici 3 prikazan je uticaj ugla strujanja i brzine vazdušne struje na nanošenje zaštitne tečnosti na vinovu lozu u području zone grozdova. Vrednosti na dijagramu pokazuju da usmeravanje vazdušne struje koso unazad dovodi do većeg pokrivanja bez obzira na prethodno odabrane brzine vazdušne struje. Na osnovu toga može se konstatovati da postoji upravna srazmera između boljeg odlaganja i smanjivanja ugla tretiranja od 90° na 45°, tako da pri brzini vožnje od 5 $km \cdot h^{-1}$ dolazi do povećanja do 18%. To se objašnjava sledećim činjenicama:

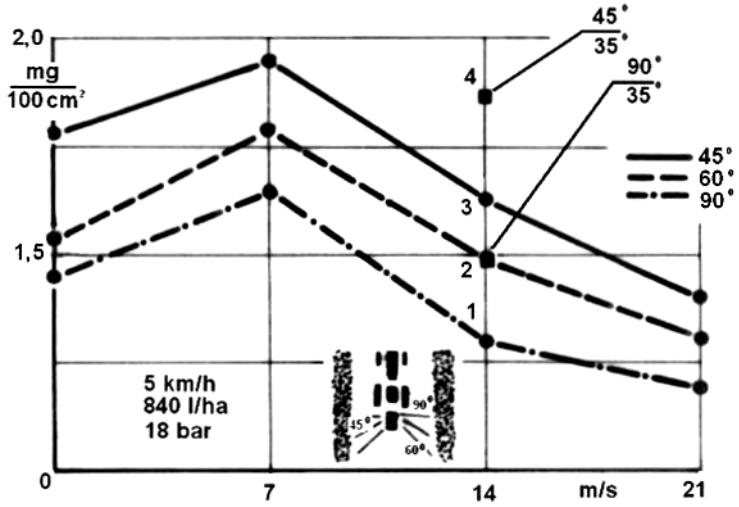
- koso usmerene vazdušne struje omogućuje lako prodiranje u zid od lišća loze, a pri tom može da se uštedi na snazi koju angažuje ventilator za svoj pogon,
- usmerenjem vazdušne struje koso unazad povećava se put prolaska kroz redove vinove loze, kod 45° za 41% a kod npr. 30° 100%, tako da se produžava vreme zadržavanja dvofazne struje, a time i filtriranje što daje veću mogućnost za odvajanje i deponovanje tečne faze.
- povećava se zona dodira vazdušne struje sa površinom lišća što omogućuje da zaštitno sredstvo potpunije prekrije lisnu površinu.



Slika 3. Uticaj usmerenja vazdušne struje u horizontalnoj ravni na intenzitet pokrivanja

Figure 3. The influence of air flow direction in the horizontal plane to coverage intensity

Logična je pretpostavka da pri maloj brzini strujanja veći broj kapljica dospeva na lice lišća i ostaje tamo, dok je sposobnost za prodiranje, ravnomernost raspoređivanja i stepen pokrivanja donje strane lišća smanjen zato što nema dovoljno energije. Usmerenjem vazdušne struje za 35° naviše, doprinosi se poboljšanju oblaganja, naročito u oblasti zone sa grozdovima, što je pokazano u tačkama 2 i 4 na Sl. 4.



Slika 4. Uticaj usmerenja vazdušne struje na količinu deponovanja zaštitne tečnosti

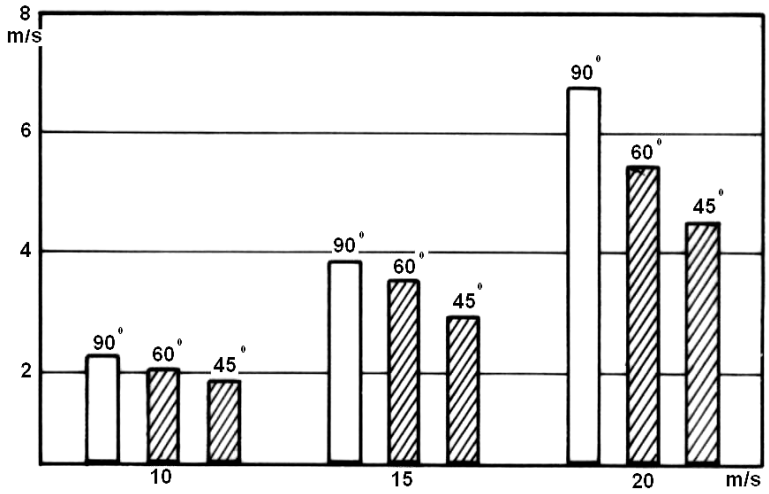
Figure 4. The influence of current direction to the amount of the protective fluid deposit

Pri tome se vrednost oblaganja povećava od 1 na 2, a za vazdušnu struju usmerenu pod uglom od 45° unazad od 3 na 4. Bolja sposobnost prodiranja, pri čemu naročito sa donje strane listova dobro prekrivaju što se može porediti sa vetrom koji podiže crepove na krovu odozdo naviše.

Ako se uzme da je gornja površine listova pri svim ispitivanjima uzeta kao 100% obloženost, prikaz na Slici 4. je ograničen na prevlaku ostvarenu na donjoj strani listova. Dijagram pokazuje da oba faktora utiču na stepen oblaganja a raste sa povećanjem brzine vazdušne struje i sa smanjenjem ugla usmerenja vazdušne struje. To se može objasniti boljom sposobnošću prodiranja u zid od lišća sa povećanjem kinetičke energije. Tako na primer pri uglu usmerenja vazdušne struje od 90° i pri brzini od 15 $m \cdot s^{-1}$ naličja listova su bila pokrivena najviše 50% u poređenju sa 85% što je postignuto sa uglom usmerenja od 45° unazad.

Dijagram na Slici 5. pokazuje uticaj brzine i ugla usmerenja vazdušne struje na opadanje brzine vazdušnog mlaza. Rezultati pokazuju da pri strujanju od 10, 15 i 20 $m \cdot s^{-1}$ sa promenom ugla strujanja od 90° na 60° na 45°, dolazi do opadanja brzine strujanja. To se objašnjava pojavom da se sa povećanjem dužine puta povećava i otpor filtera.

Analizom dijagrama uočava se da je gubitak-pad brzine vazdušne struje u redu-zidu vinove loze utoliko veći ukoliko je veća brzina vazdušne struje van zida vinove loze. Intenzivan pad kinetičke energije znatno doprinosi poboljšanju efikasnosti filtriranja i zadržavanja zaštitnog sredstava na lišću vinove loze.



Slika 5. Uticaj početne brzine i ugla usmerenja vazdušne struje na opadanje brzine vazdušnog mlaza

Figure 5. Influence of initial velocity and angle of air flow direction to the air streamvelocity decrease

Slika 6. Ispitivani tip orošivača

Figure 6. The tested type mistblowers

ZAKLJUČAK

Usmeravanje vazdušne struje koso unazad dovodi do većih vrednosti pokrivanja i boljeg zadržavanja zaštitnog sredstava na tretiranoj površini. Činjenica je da postoji zavisnost između boljeg odlaganja i smanjenja ugla usmerenja vazdušne struje sa 90° na 60° na 45°.

Rezultati ispitivanja pokazuju da je deponovanje zaštitnog sredstva bolje a ekološko opterećenje manje ukoliko je ugao usmerenja vazdušne struje manji u odnosu na pravac kretanja a ventilator na orošivaču postavljen u položaju tako da obavlja tretiranje gornjih

delova redova vinove loze. Veći uspeh u tretiranju zasada orošivačima, a manje ekološko zagađenje, nameće iznalaženje kompromisa između bioloških, hemijskih i tehničkih parametara u procesu zaštite vinove loze.

LITERATURA

[1] Koch, H., Weisser, P. 2002. Expression of dose rate with respect to orchard sprayer function. *Advances of Applied Biology* 66, 353–358.

[2] Pergher, G., Petris, R. 2007. Canopy structure and deposition efficiency of vineyard sprayers. *Rivista di Ingegneria Agraria* 2, 53–60.

[3] Sutton, T.B., Unrath, C.R. 1984. Evaluation of the tree-row-volume concept with density adjustments in relation to spray deposits in apple orchards. *Plant Disease* 68 (6), 480–484.

[4] Walklate, P.J., Cross, J.V., Richardson, G.M., Baker, D.E., Murray, R.A. 2003. Ageneric method of pesticide dose expression: application to broadcast spraying of apple trees. *Annals of Applied Biology* 143, 11–23.

[5] Walklate, P.J., Cross, J.V., Richardson, G.M., Baker, D.E. 2006. Optimising the adjustment of label-recommended dose rate for orchard spraying. *Crop Protection* 25, 1080–1086.

[6] Walklate, P.J., Cross, J.V. 2010. A webpage calculator for dose rate adjustment of orchard spraying products. *Aspects of Applied Biology* 99, 359–366.

[7] Živković, M., Komnenić, V., Urošević, M. 2006. Uticaj konstruktivnih rešenja orošivača na kvalitet zaštite i smanjenja drifta, *Poljoprivredna tehnika, broj* 3, Beograd, стр. 11-17.

TECHNICAL PARAMETERS AND FAN SPRAYER QUALITY OF VINEYARDS

Mirko Urošević, Milovan Živković

University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering, Belgrade-Zemun, Republic of Serbia

Abstract: The technique of pesticide applications in viticulture, in most cases is characterized by dispersion method using air mistblowers fan. Application of this procedure essentially contributes to the quality of care and productivity. The main technical criteria of progress in pesticide application is efficiency coefficient. This parameter is expressed by collection, distribution and utilization of active substances, and can still be improved considerably. This paper presents the results of research on influence of air stream angle and flow velocity on application of protection layer on the vine to the area of the zone clusters. The results show that the reduction of air flow angle relative to the direction of movement of aggregates, from 90° to 45°. Driving speed of 5 $km \cdot h^{-1}$ causes absolute increase of deposit of the working fluid for 18% on the target surface. Previous investigations of drift phenomena in plant protection have shown that the technical parameters that define the possibility of fan setup of the air stream in size,

current speed and direction have significant impact on the quality of care. It is useful to examine further the possible behavior of air currents and its impact, particularly on the retention of preservative in the treated area.

Key words: *air assisted sprayers, quality of care, air stream, vineyards*

Datum prijema rukopisa: 19.11.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama: 20.11.2012.
Datum prihvatanja rada: 21.11.2011.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 2, decembar 2012.
Strane: 71 - 79

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku

UDK: 631.614.86

Originalni naučni rad
Original scientific paper

NESREĆE SA VOZAČIMA TRAKTORA U JAVNOM SAOBRAĆAJU NA TERITORIJI BEOGRADA

Kosta Gligorević[*1], Mićo V. Oljača[1], Miloš Pajić[1], Zoran Dimitrovski[2], Milan Dražić[1], Dušan Radojičić[1]

[1]Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku, Beograd-Zemun
[2] Univerzitet Goce Delčev, Poljoprivredni fakultet, Štip, Republika Makedonija

Sažetak: Prema istraživanju, poljoprivredni traktori imaju visok rizik pojave izazivanja nesreća i različitog stepena povređivanja učesnika u javnom saobraćaju. U periodu od 2005. do 2010. godine, u javnom saobraćaju na teritoriji grada Beograda, tragično je nastradalo 26 traktorista. U istom periodu utvrđen je broj od 79 teško povređenih (trajna invalidnost) vozača traktora, kao i 167 lako povređenih osoba. Različite i opasne nesreće i povrede u javnom saobraćaju koje izazivaju vozači traktora, i dalje su realnost na teritoriji Beograda, kao najvećeg grada u Srbiji. Prema istraživanju Autora nedostaju: osnovna i posebno dodatna stručna obuka rukovaoca traktora i mašinama, kao stručno-tehnički kursevi za sigurno i pravilno korišćenje traktora, i strogo poštovanje zakonskih saobraćajno-tehničkih regulativa.

Ključne reči*: javni saobraćaj u Beogradu, vozači traktora, nesreće, različite povrede*

UVOD

Zbog značajnosti traktora u poljoprivrednoj proizvodnji i obima njihovog korišćenja u različitim uslovima eksploatacije, on predstavlja potencijalno opasnu vučno pogonsku jedinicu, naročito u slučaju kada se ne koristi prema određenim pravilima sigurnosti, preventivne zaštite i zakonskih regulativa.

Specifičnosti korišćenja koje karakterišu traktore i druge samohodne poljoprivredne mašine sa mogućnošću učešća u javnom saobraćaju, bitno ukazuju na značajnost pojave saobraćajnih nezgoda koje se dešavaju ovom prilikom.

[*] Kontakt autor: E-mail: koleg@agrif.bg.ac.rs

Agrotehničke operacije često se izvode na parcelama koje su udaljene od ekonomskog dvorišta. Ovakve okolnosti zahtevaju izlazak traktora na javni put i uključivanje u javni saobraćaj, što predstavlja rizik i potencijalnu opasnost za pojavu nastanka saobraćajne nezgode.

Prema podacima literature [1], [11], [12], [13], traktori i druge samohodne poljoprivredne mašine koje imaju mogućnost učestvovanja u javnom saobraćaju Republike Srbije, imaju značajno učešće u izazivanju saobraćajnih udesa sa opasnim posledicama.

Oljača et al., [12] navode da je u saobraćajnim nezgodama i nesrećama sa traktorima, u periodu 1999. godine do 2009. godine u javnom saobraćaju Republike Srbije, u proseku godišnje, poginulo 62 vozača traktora ili učesnika, dok je 144 teško povređeno. Utvrđeno je da su: nepažnja i nedovoljna obučenost vozača i tehnička neispravnost i zastarelost traktora, veoma često najčešći uzroci saobraćajnih nezgoda koje se događaju sa traktorima (Sl. 1.).

Slika 1. Nesreće sa traktorima, i tragične posledice

Figure 1. Accidents with tractors and tragic consequences

Pešić et al., [13] ukazuju na značaj najmanje dva problema kod učešća poljoprivredne mehanizacije u saobraćaju. Jedan je neosvetljenost (nedovoljna ili potpuna) tih vozila, a drugi je gabarit, odnosno dimenzije vozila. Kao jedan od uzroka nastanka saobraćajne nezgode, javlja se i psiho-fizički faktor, kao što je premor vozača traktora kao posledica intenzivnog korišćenja mehanizacije u sezoni poljoprivrednih radova . Nije retkost, prema podacima [3], [4], da, u sezoni, traktoristi rade i preko 12h u smeni, pri čemu su konstantno izloženi mnogobrojnim faktorima radne sredine.

Prema podacima o broju traktora, [7], može se videti da je u Republici Srbiji bilo oko 325.000 dvoosovinskih traktora u 2006. godini. Tendencija godišnjeg porasta ovih mašina je od 5.000 do 20.000 komada zbog povećanih obima i vrste poljoprivrednih radova. Pored ovog broja traktora, Republika Srbija ima preko 200.000 jednoosovinskih traktora, i približno 30.000 kombajna. Znači, približni broj pokretnih poljoprivrednih mašina sa sopstvenim motorom i mogućnosti učestvovanja u javnom saobraćaju u Republici Srbiji, danas prelazi 600.000. Ovom broju pokretnih jedinica, treba dodati i druge slične pokretne jedinice upotrebljene u oblasti šumarstva i građevinarstva, od približno 400.000 jedinica.

Ukupni broj pokretnih mašina koje učestvuju u javnom saobraćaju Republike Srbije dostiže skoro jedan milion jedinica, tako postoji visok rizik godišnjeg povećanja pojave nesrećnih događaja u javnom saobraćaju ili u samim procesima poljoprivrede i sličnim proizvodnim granama.

Istraživači ove problematike u Svetu [2], [5], traktor smatraju jednim od glavnih uzročnika saobraćajnih nezgoda u kojima su učestvovali traktori. Danas se u Svetu posvećuje velika pažnja bezbednosti [15], sigurnosti kao i podizanju tehničke kulture farmera, a posebno rukovaoca svih radnih mašina koje mogu učestvovati i u javnom saobraćaju, pre svega, preko edukacije sa organizovanjem raznih programa obuke.

Teritorija grada Beograda zauzima površinu od približno 322.300 ha, dok je uže gradsko područje na površini od približno 36.000 ha, i administrativno je podeljeno na 17 gradskih opština (Čukarica, Voždovac, Vračar, Novi Beograd, Palilula, Rakovica, Savski venac, Stari grad, Zemun, Zvezdara, Barajevo, Grocka, Lazarevac, Obrenovac, Mladenovac, Sopot, Surčin). Na osnovu prikazanih podataka [17], može se konstatovati da veliki deo teritorije grada Beograda obuhvata ruralna područja na kojima je dosta zastupljena poljoprivredna proizvodnja. Struktura poseda i poljoprivrednih radova, zahteva stalnu manipulaciju poljoprivrednom mehanizacijom, a to podrazumeva veoma često uključivanje sredstava mehanizacije (traktori i druge samohodne poljoprivredne mašine) u javni saobraćaj na teritoriji grada Beograda. Zbog ovih razloga dolazi do pojava saobraćajnih nezgoda u kojima učestvuje poljoprivredna mehanizacija, sa lakim, teškim i tragičnim posledicama uz obaveznu pojavu visokih materijalnih šteta.

MATERIJAL I METODE RADA

Nesreće sa traktorima i drugim samohodnim poljoprivrednim mašinama u javnom saobraćaju grada Beograda u periodu od 2005. godine do 2010. godine, analizirane su u oblasti transportnih aktivnosti traktora i mašina na različitim kategorijama puteva na teritoriji grada Beograda. Podaci o broju nesreća [6], u kojim su učestvovali traktori i druge samohodne poljoprivredne mašine u javnom saobraćaju, dobijeni su od Ministarstva unutrašnjih poslova Republike Srbije – Policijska uprava za Beograd, Uprave saobraćajne policije.

Prikazani podaci u ovom radu analizirani su numeričko-analitičkom metodom, a statistička obrada izvršena je metodama za analizu vremenskih serija.

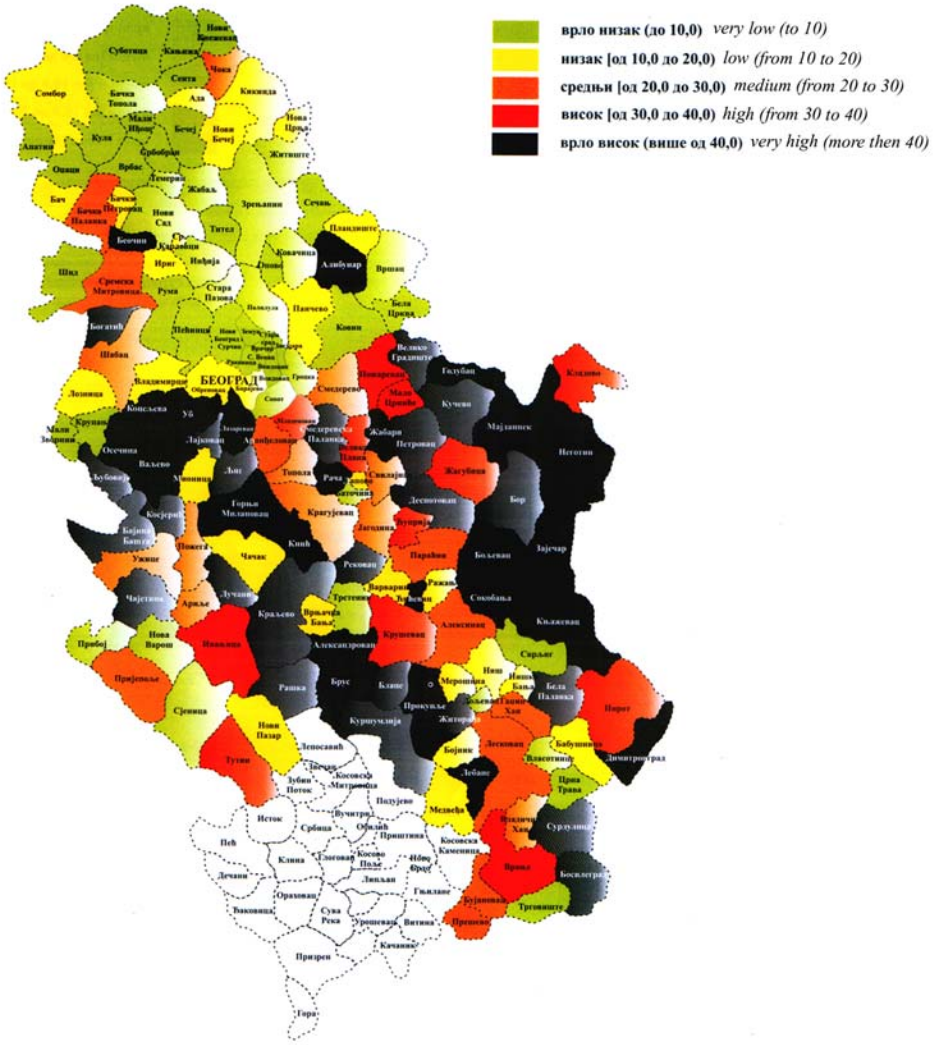
Podaci su predstavljeni tabelarno i grafički i analizirani po godinama i različitim posledicama događanja nesreća za period 2005-2010. godine.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Na teritoriji Republike Srbije, prema istraživanjima [9], [11], [12], u poslednjoj deceniji od 1999. do 2010. godine, u direktnim nezgodama u javnom saobraćaju, često učestvuju vozači traktora (Sl. 2.).

Najčešći uzroci događanja nesreća u poljoprivrednoj proizvodnji i javnom saobraćaju, [1], [3], [12], sa traktorima i drugim samohodnim poljoprivrednim mašinama su:

- nepažnja rukovaoca mašina,
- upotreba alkohola,
- nedovoljan stepen obučenosti za rad,
- nepoštovanje saobraćajnih propisa,
- nepoznavanje bezbednosnih mera i
- upotreba tehnički zastarelih ili neispravnih mašina.



Slika 2. Raspored rizika događanja saobraćajnih nezgodama sa traktorima i drugim samohodnim poljoprivrednim mašinama, R. Srbija, period 2008-2010. godina [16]

Figure 2. Schedule of events risks of accidents with tractors and other self-propelled agricultural machinery, R. Serbia, 2008-2010 [16]

Podaci o broju nastradalih lica u saobraćajnim nesrećama (Tab. 1.), koje su prouzrokovali vozači traktora ili bili direktni učesnici u njima, na teritoriji grada Beograda, za period od 2005. do 2010. godine prikazuju posebno težak aspekt nezgoda i nesreća koje prouzrokuju čovek i traktor.

Tabela 1. Posledice u saobraćajnim nezgodama koje u kojima su učestvovali vozači traktora i drugih samohodnih mašina na teritoriji grada Beograda od 2005-2010. godine

Table 1. Consequences of road traffic accidents which involved tractor drivers and other self-propelled machines in the city of Belgrade from 2005 to 2010

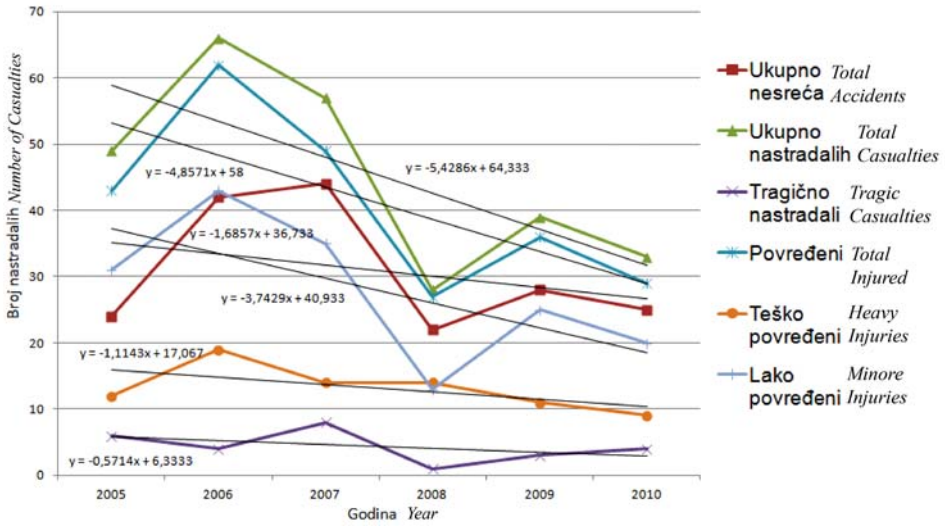
Godina *Year*	Posledice *Consequences*					
	Ukupno nesreća *Total accidents*	Ukupno nastradalih *Total casualties*	Tragično nastradali *Tragic casualties*	Povređeni *Total injured*	Teško povređeni *Heavy injuries*	Lako povređeni *Minore injuries*
2005	24	49	6	43	12	31
2006	42	66	4	62	19	43
2007	44	57	8	49	14	35
2008	22	28	1	27	14	13
2009	28	39	3	36	11	25
2010	25	33	4	29	9	20
Ukupno *Total*	185	272	26	246	79	167
%		100	9,6**	90,4**	32,2*	67,8*
Prosečno godišnje *Annual average*	30,83	45,33	4,33	41	13,17	27,83

* u odnosu na povređene
* *in relation with total injured*
** u odnosu na ukupno nastradale
** *in relation with total casualties*

Analizom prikazanih podataka (Tab. 1.), dolazi se do zabrinjavajućih podataka o broju nastradalih ili povređenih lica.

U javnom saobraćaju grada Beograda, za period istraživanja od 2005 – 2010. godine ukupno je nastradalo 272 lica u nezgodama u kojima su učestvovali rukovaoci traktora i drugih poljoprivrednih mašina, od toga je 9,6% ili 26 lica tragično nastradalo. Povrede sa lakim i teškim posledicama, imalo je 246 lica ili 90,4%. Od ukupnog broja povređenih 67,8% ili 167 lica ima lakše telesne povrede, dok je 32,2% ili 79 lica ima teške telesne povrede, koje najčešće za posledicu imaju trajni invaliditet [2], [5], [14], [15].

Statističkom analizom utvrđeno da je u periodu istraživanja od 2005 – 2010. godine prosečno godišnje nastrada 45,33 lica, od čega 4,33 lica tragično. Ukupno je bilo 41 lice povređeno, lakše 27,83 i teže povređenih 13,17.



Grafik 1. Trend i grafički prikaz tipova i broja povreda u nesrećama sa traktorima i drugim samohodnim poljoprivrednim mašinama na teritoriji Beograda za period 2005-2010.

Chart 1. The trend and graphic view of injury types and number of injuries in accidents with tractors and other self-propelled agricultural machines in the Belgrade for the period 2005-2010

Na osnovu statističke analize vremenske serije podataka o broju saobraćajnih nezgoda sa učešćem traktora i drugih samohodnih poljoprivrednih mašina u javnom saobraćaju na teritoriji grada Beograda, (Graf. 1.) može se zaključiti da je trend ukupnog broja nesreća u opadanju (y = -1,6857x + 36,733).

Analizom vremenske serije za različite tipove povreda (Grafik 1.) trend ukupnog broja nastradalih lica je u naglom padu (y = -5,4286x + 64,333), kao i trend ukupnog broja povređenih (y = -4,8571x + 58) i trend lako povređenih lica (y = -3,7429x + 40,933).

Za razliku od ovih pokazatelja, trend broja nastradalih lica sa teškim telesnim povredama (y = -1,1143x + 17,067), kao i trend tragično nastradalih lica (y = -0,5714x + 6,3333), nemaju značajnu tendenciju opadanja, ali se ipak smanjuju.

Na osnovu analiziranih podataka, može se zaključiti da se smanjuje broj nesreća i broj nastradalih u nesrećama u kojima su učestvovali traktori i druge samohodne mašine u javnom saobraćaju grada Beograda u periodu od 2005. do 2010. godine.

Razlog za smanjenje broja nastradalih osoba, nije samo uticaj ljudskog faktora, već i uticaj faktora poboljšanja tehničkih karakteristika savremenih mašina i traktora [8], [10], koji su sve više zastupljeni u poljoprivrednoj proizvodnji Srbije (dodatni sigurnosni uređaji, kabine, signalno-alarmni sistemi i sl.), kao i novi zakon o bezbednosti saobraćaja koji je u periodu ispitivanja stupio na snagu.

Rad sa traktorima i drugim poljoprivrednim mašinama ima i danas teške i tragične posledice, najčešće iz razloga što rukovaoci poljoprivrednom mehanizacijom ne rade prema propisima i pravilima koja postoje i koja se dovoljno i dosledno ne poštuju.

To je pre svega rezultat: psihofizičkih faktora, upotrebe alkohola, nepažnje, nestručnog rukovanja, neispravnosti mašina (Sl. 3.), nedovoljnog obrazovanja i nediscipline, nepoznavanja saobraćajno-tehničkih propisa i slično.

Slika 3. Neispravni traktori u javnom saobraćaju Srbije

Figure 3. Faulty tractors in Serbian public transport

Istraživači navedene problematike [3], [9], [12], [13], kao i autori, smatraju da nesrećni slučajevi nastaju i zbog nedostataka permanentne stručne obuke i propratno-stručnih kurseva za pravilno korišćenje i održavanje traktora i mašina, koji se moraju organizovati i sprovoditi u visoko i stalno koordinisanoj ozbiljnoj akciji svih zainteresovanih, pre svega institucija društva (Ministarstvo poljoprivrede, Ministarstvo za infrastrukturu i saobraćaj, Ministarstvo unutrašnjih poslova, obrazovne institucije, udruženja poljoprivrednih proizvođača, i drugih relevantnih institucija i pojedinaca).

ZAKLJUČAK

Analize pokazuju da saobraćajne nezgode sa traktorima i drugim poljoprivrednim mašinama u javnom saobraćaju grada Beograda za period od 2005. do 2010. godine, imaju glavna obeležja:

- tragično nastradalih vozača traktora ili učesnika, (smrtni slučajevi), u periodu istraživanja, bilo je 26 ili prosečno godišnje 4,33,
- teško povređenih učesnika (kasnije teški invalidi rada i socijalni slučajevi) je bilo 79, ili prosečno godišnje 13,17,
- lako povređenih učesnika je 167, ili prosečno godišnje 27,83,
- ukupan broj nastradalih lica u nezgodama iznosio je 272 osobe ili 45,33 prosečno godišnje,
- veoma bitan rezultat ovog istraživanja, dobijen analizom vremenskih serija za pomenuti period istraživanja, pokazuje da je trend svih ispitivanih kategorija saobraćajnih nezgoda u opadanju.

Nezgode i nesreće u radu sa poljoprivrednim mašinama i traktorima danas su veoma česta pojava u Srbiji, jer nedostaje permanentna obuka, propratni stručni kursevi za pravilno korišćenje i održavanje ovih mašina.

Takođe postoje znatni propusti u poznavanju i primeni osnovinih saobraćajnih

propisa kod vozača traktora, kao i neodgovornost i nedisciplina prilikom upotrebe traktora i ostalih mobilnih poljoprivrednih mašina.

U narednom periodu, neophodno je smanjiti broj nezgoda i nesreća u toku rada poljoprivrednih mašina i traktora, na najmanji mogući broj. To prvenstveno znači obezbediti odvijanje radnog procesa u poljoprivrednoj proizvodnji, uz najveće poštovanje svih propisanih mera i zakona iz oblasti sigurnosti rada mašina, i posebno Zakona o bezbednosti saobraćaja na putevima, kada se ove mašine nađu u transportnom procesu na javnim saobraćajnim površinama.

LITERATURA

[1] Bean, T. L. 1991. Farm Machinery and Vehicles. *Papers and Proceedings of the Surgeon General's Conference on Agricultural Safely and Health*. Des Moines, IA, Apr. 30-May 3, pp. 274-277.

[2] Cogbill, T.H., Busch, H.M.Jr. 1985. The spectrum of agricultural trauma. *Journal of Emerg. Med.* 3 (3); pp. 205-10.

[3] Dolenšek, M., Oljača, V.M. 2002. Sprečavanje udesa i očuvanje zdravlja radnika u poljoprivredi Republike Slovenije. *Deseto jubilarno Savetovanje sa međunarodnim učešćem, Sistemska analiza šteta u privredi, osiguranje i preventivno inžinjerstvo.* Dunav Preving, Beograd, str. 325-331.

[4] Hetzel, G. H. 1996. Guide for Safe Tractor Operation. *NASD, Fact Sheet: No1*.

[5] Lewis, M.Q., Sprince, N.L., Burmeister, L.F., Whitten, P.S., Torner, J.C., Zwerling, C. 1998. Work-related injuries among Iowa farm operators. An analysis of the Iowa Family Helath and Hazard Surveillance Project. *American Journal of Ind. Medicine* 33(5), pp. 510-7.

[6] MUP Srbije-direkcija policije, policijska uprava za grad Beograd, uprava saobraćajne policije 2012. Izveštaj o nesrećama u kojma su učestvovali traktori i druge poljoprivredne mašine. *Interna policijska dokumentacija*. Beograd.

[7] Nikolić, R., Malinović N., Bajkin A., Furman T., Brkić M., Potkonjak V., Mehandžić R., Savin L., Tomić M., Ponjičan O., Simikić M., Bugarin R., Gligorić R., Sedlar A., Žigić N. 2006. Stanje i potrebe mehanizacije u 2007. godini u Republici Srbiji. *Poljoprivredna tehnika,* 31 (1), Beograd, str. 1-13.

[8] Nikolić, R., Furman, T., Gligorić, R., Savin, L., Hristov, S. 1998. Poljoprivredna tehnika kao faktor humanizacije rada u poljoprivredi. *Traktori i pogonske mašine,* 4(2), Novi Sad, str. 191-196.

[9] Oljaca, V. M., Đokic, M., Ruzic, L., Radoja, L., Bandic, J. 2001. The accidents and their causes in work with the agricultural machines. *2001 Annual International Meeting -The American Society of Agricultural Engineers, Section No74, Advancing in the Science of Agricultural Safety and Health, ASAE paper No 018036*, USA, Sacramento, CA.

[10] Oljača, V. M., Ružičić, L., Tanevski, D., Dimitrovski, Z. 2002. Kontrolno-računarski sistemi u radnim procesima poljoprivredne mehanizacije. *Godišnji zbornik radova, Poljoprivredni fakultet, Skopje*, R. Makedonija, Vol. 47, str. 37- 44.

[11] Oljača, V.M., Raičević, D., Ružičić, L., Ercegović, Đ., Đokić, M., Radojević, R., Gligorević, K., Todorović, J., Vujović, R., Vujović, I., Radoja, L., Đenić, J., Pajić, M., Branković, M., Ristić, Ž., Tanevski, D., Dimitrovski, Z., Dolenšek, M. 2007. *Opasnosti i nesreće u eksploataciji mobilne poljoprivredne mehanizacije u Republici Srbiji (Dangers and Accidents in exploatation of mobil agricultural mechanization is Republic of Serbia*). Monografija, Beograd, ISBN:86-7834-023-1, str. 1-258.

[12] Oljača, V.M, Kovačević, D., Radojević, R., Gligorević, K., Pajić, M., Dimitrovski, Z. 2010. Nesreće sa vozačima traktora u javnom saobraćaju Republike Srbije. *Poljoprivredna tehnika*, 35(1.), Beograd, str. 75-82.

[13] Pešić, D., Antić, B., Pešić, D., Vujanić, M. 2010. Stvaranje opasnosti od strane poljoprivrednih mašina u noćnim uslovima. *IX simpozijum „Opasna situacija i verodostojnost nastanka saobraćajne nezgode*", Zlatibor. Zbornik radova, str. 27-48.

[14] Read, K.O., Campbell, I.A, Kitchen, G. 1996. Auger injuries in the Wimmera region 1987-95. *Aust. N Z J. Surg Apr*; 66 (4), pp. 229-300.

[15] Shutske, M. J. 2001. Within Minnesota-Related to Tractor and Mashinery, Desise and Injury prevention. *NIOSH/CDC Agreement Program* #U07/CCU.

[16] Zalimpić, A., Kukić, D., Brborić, N. 2012. *Poljoprivredna mehanizacija kao učesnik u saobraćaju. Cenovnik mašinskih usluga u poljoprivredi 2012*. Zadružni savez Vojvodine, Novi Sad, str. 17-21.

[17] Činjenice o Beogradu - Teritorija područja grada Beograda. Dostupno na: www.beograd.rs/cms/view.php?id=1195 [datum pristupa: 17.11.2012.]

ACCIDENTS WITH TRACTOR DRIVERS IN PUBLIC TRANSPORT IN BELGRADE

Kosta Gligorević[1], Mićo V. Oljača[1], Miloš Pajić[1], Zoran Dimitrovski[2], Milan Dražić[1], Dušan Radojičić[1]

[1] University of Belgrade, Faculty of Agriculture- Institute for Agricultural Engineering, Belgrade-Zemun, Serbia
[2] University Goce Delcev, Faculty of Agriculture, Stip, FR Makedonia

Abstract: According to research agricultural tractors have a high risk of causing accidents and injuries of various degrees of participants in public transport. In the period from 2005. to 2010. in public transport in the city of Belgrade, 26 tractor drivers were tragically killed. In the same period, 79 tractor drivers were heavy injured (permanent disability), and 167 tractor drivers suffered minor injuries. Different and dangerous accidents and injuries caused by the tractor drivers, are still a reality in Belgrade, the largest city in Serbia. According to research of author, measures like: basic and special professional training of tractor drivers, professional and technical courses for the safe and proper use of the tractor, and the strict observance of traffic laws and technical regulations are missing.

Key words: *public transport in Belgrade, tractor drivers, trafic accidents, injuries*

Datum prijema rukopisa: 15.11.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama: 17.11.2012.
Datum prihvatanja rada: 21.11.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 2, decembar 2012.
Strane: 81 - 90

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku

UDK: 631.3

Originalni naučni rad
Original scientific paper

EKONOMSKI OPRAVDAN IZNOS ULAGANJA U KUPOVINU UNIVERZALNOG ŽITNOG KOMBAJNA NA PORODIČNIM GAZDINSTVIMA

Saša Todorović[*1], Sanjin Ivanović[1], Todor Marković[2]

[1] Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za agroekonomiju, Beograd - Zemun
[2] Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za ekonomiku poljoprivrede i sociologiju sela, Novi Sad

Sažetak: U radu se razmatra mogućnost kupovine univerzalnog žitnog kombajna na porodičnim gazdinstvima. U tom cilju korišćeni su metodi analitičke i diferencijalne kalkulacije, kao i dinamičke metode za utvrđivanje ekonomske efektivnosti investicionih ulaganja. Razmatrana problematika je prikazana na modelu porodičnog gazdinstva usmerenog na ratarsku proizvodnju. Podaci za ovo istraživanje prikupljeni su anketiranjem nosioca odabranih porodičnih gazdinstava. Analiza je pokazala pod kojim uslovima je ovakva poslovna odluka ekonomski opravdana i finansijski prihvatljiva.

Ključne reči*: investicije, porodično gazdinstvo, univerzalni žitni kombajn, ratarska proizvodnja, prinosna vrednost*

UVOD

Samo poljoprivredna mehanizacija koja osigurava izvođenje tehnoloških operacija u optimalnim rokovima i po kvalitetu koji odgovara zahtevima gajenih useva može obezbediti proizvodnju ekonomične i zdravstveno bezbedne hrane kako za domaće tržište tako i za izvoz. Međutim, dosadašnja istraživanja navode da brojno stanje i struktura poljoprivredne mehanizacije u Srbiji ne odgovara potrebama savremene poljoprivredne proizvodnje i stoga se ne mogu očekivati visoki, stabilni i ekonomski opravdani prinosi u biljnoj proizvodnji. S obzirom na izrazito nepovoljno brojno stanje i

[*] Kontakt autor: E-mail: sasat@agrif.bg.ac.rs

Rad je rezultat istraživanja na projektu Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije broj 179028, pod nazivom: „Ruralno tržište rada i ruralna ekonomija Srbije – diverzifikacija dohotka i smanjenje siromaštva“.

strukturu postojeće poljoprivredne mehanizacije, ulaganje u kupovinu poljoprivredne mehanizacije se nameće kao jedna od prioritetnih investicionih mera.

U praksi, kao i u naučnim istraživanjima, javljaju se dosta heterogeni podaci o obimu upotrebe pogonskih mašina po ha. Analizom na konstruisanom modelu porodičnog gazdinstva pokazano je da je obim upotrebe sopstvenih pogonskih mašina, posebno univerzalnog kombajna, za gazdinstva veličina do 115 ha u koje spada i analizirano gazdinstvo (model), manji od raspoloživog [7]. Imajući to u vidu očigledno je da samo ako postoji dovoljna površina za ubiranje useva moguće je troškove upotrebe univerzalnog žitnog kombajna rasporediti tokom korisnog veka njegove upotrebe na troškovno konkurentan način.

Porodična gazdinstva koja se bave isključivo ratarskom proizvodnjom naročito imaju potrebu za ulaganjem u kupovinu poljoprivredne mehanizacije. S obzirom da kupovina poljoprivredne mehanizacije dovodi do značajnih izmena u funkcionisanju samog gazdinstva neophodno je proveriti i ekonomsku opravdanost i finansijsku izvodljivost takve poslovne odluke.

Imajući to u vidu cilj istraživanja prikazanog u ovom radu je da se uradi:

- ekonomska ocena (utvrdi najveći iznos koji je ekonomski opravdano uložiti u nabavku univerzalnog žitnog kombajna, odnosno utvrđivanje njegove prinosne vrednosti, kao i ostalih pokazatelja ekonomske efektivnosti ove investicije) i
- finansijska ocena kupovine univerzalnog žitnog kombajna (analiza likvidnosti posmatrane investicije).

MATERIJAL I METODE RADA

Razmatranje mogućnosti kupovine univerzalnog žitnog kombajna prikazano je na modelu porodičnog gazdinstva usmerenog isključivo na ratarsku proizvodnju. Podaci za ovo istraživanje prikupljeni su anketiranjem nosioca odabranih porodičnih gazdinstava sa teritorije Sremskog upravnog okruga tokom 2011. i 2012. godine. Pri formiranju modela gazdinstva pošlo se od sledećih pretpostavki:

- gazdinstvo se nalazi u ravničarskom području;
- raspolaže sa 75 ha oranične površine ujednačenog kvaliteta i optimalne veličine parcela;
- bavi se intenzivnom ratarskom proizvodnjom;
- na gazdinstvu su stalno angažovana 2 člana porodice;
- oranična površina isključivo se koristi za proizvodnju žita (kukuruz i ozima pšenica) i industrijskog bilja (suncokret i soja);
- čitava ratarska proizvodnja je tržišno orijentisana, odnosno ne postoji ni jedan vid interne realizacije dobijenih ratarskih proizvoda;
- gazdinstvo raspolaže (opremljeno je) neophodnom mehanizacijom (osim univerzalnog žitnog kombajna) za realizaciju projektovane tehnologije proizvodnje (traktor 10 kN, traktor 20 kN i sve potrebne priključne mašine).

Kao osnova za utvrđivanje ekonomskih koristi od ovakvog vida ulaganja poslužili su visina vrednosti proizvodnje, visina varijabilnih troškova (po pojedinim kulturama i ukupno za čitavo gazdinstvo), kao i ukupan iznos fiksnih troškova za čitavo gazdinstvo.

Na bazi ovih elementa utvrđeni su pokazatelji ekonomskih efekata poslovanja ratarskog gazdinstva, a to su marža pokrića gazdinstva (kao razlika između vrednosti proizvodnje i ukupnih varijabilnih troškova) i profit koji se ostvaruje na gazdinstvu (kao razlika između vrednosti proizvodnje i zbira ukupnih fiksnih i varijabilnih troškova). Da bi se utvrdila prinosna vrednost univerzalnog žitnog kombajna (kao i ostali dinamički pokazatelji ekonomske efektivnosti investicija), diferencijalnom kalkulacijom su obuhvaćene promene u vrednosti proizvodnje i troškovima proizvodnje, koje nastaju kupovinom univerzalnog žitnog kombajna na gazdinstvu.

Veoma važnu ulogu u ekonomskoj i finansijskoj oceni investicionog ulaganja u kupovinu univerzalnog žitnog kombajna ima setvena struktura na gazdinstvu kao i troškovi troškovi ubiranja useva (Tabela 1).

Tabela 1. Struktura setve na gazdinstvu

Table 1. Sowing structure on the farm

Usev *Crop*	Površina *Area* (ha)	Struktura *Structure* (%)
Kukuruz *Maize*	37,5	50,0%
Pšenica *Wheat*	22,5	30,0%
Suncokret *Sunflower*	7,5	10,0%
Soja *Soybean*	7,5	10,0%
Ukupno *Total*	75,0	100,0%

Izvor: Obračun autora

Source: Authors' calculation

U modelu je pretpostavljeno da u setvenoj strukturi dominira merkantilni kukuruz, druga po važnosti je pšenica, a zatim dolazi industrijsko bilje (odnosno suncokret i soja, koji u strukturi setve učestvuju sa po 10%). Ovakva setvena struktura bazirana je na realnoj setvenoj strukturi koja postoji na ratarskim porodičnim gazdinstvima u Sremskom upravnom okrugu i usaglašena je sa zahtevima plodoreda i ograničenjima vezanim za korišćenje isključivo sopstvene radne snage.

U vezi sa razmatranjem mogućnosti za investiranje u univerzalni žitni kombajn važno je da su u setvenoj strukturi zastupljeni isključivo usevi koji se ubiraju univerzalnim žitnim kombajnom. S obzirom da gazdinstvo (model) po početnoj pretpostavci ne raspolaže univerzalnim žitnim kombajnom - ubiranje useva se plaća (usluga sa strane). To je veoma važno imati u vidu prilikom razmatranja mogućnosti za investiranje u univerzalni žitni kombajn, tako da su troškovi usluga kombajna za različite kulture (kao i u ukupnom iznosu) važan element u procesu odlučivanja o nabavci univerzalnog kombajna (Tabela 2).

Ocena investicionog ulaganja u kupovinu univerzalnog žitnog kombajna u ovom istraživanju oslanja se na dinamičke metode za utvrđivanje ekonomske efektivnosti

investicionog ulaganja [1] [2] [3] [5]. Pokazatelji generisani primenjenim dinamičkim metodskim postupkom uključuju:

- neto sadašnju vrednost (NPV),
- internu stopu povraćaja (IRR) i
- prinosnu vrednost (PV).

Tabela 2. Troškovi ubiranja useva (usluga sa strane) na gazdinstvu pre kupovine univerzalnog žitnog kombajna

Table 2. Harvesting costs on the farm before purchasing of harvester

Usev *Crop*	Troškovi ubiranja *Harvesting costs* (RSD)	Struktura *Structure* (%)
Kukuruz *Maize*	412.500,0	50,7%
Pšenica *Wheat*	236,250,0	29,0%
Suncokret *Sunflower*	82.500,0	10,1%
Soja *Soybean*	82.500,0	10,1%
Ukupno *Total*	813.750,0	100,0%

Izvor: Obračun autora
Source: Authors` calculation

Neto sadašnja vrednost se izračunava prema sledećoj formuli:

$$NPV=\sum_{k=1}^{n} r_k(1+i)^{-k} + B(1+i)^{-n} - A_o \quad (1)$$

gde je:
NPV - neto sadašnja vrednost investicije,
r_k - niz očekivanih čistih godišnjih koristi od investicije,
B - novčana primanja u momentu likvidacije investicije,
A_0 - novčana izdavanja učinjena za pribavljanje investicije,
I - kalkulativna kamatna stopa izražena decimalnim brojem i
N - broj godina korišćenja investicije.
Interna stopa povraćaja se izračunava prema sledećoj formuli:

$$-A_o + \sum_{k=1}^{n} r_k(1+i)^{-k} + B(1+i)^{-n} = 0 \quad (2)$$

gde je:
i - interna stopa povraćaja izražena decimalnim brojem,
dok ostali simboli imaju isto značenje kao u prethodnoj formuli.
Prinosna vrednost se izračunava prema sledećoj formuli:

$$CV = \sum_{k=1}^{n} r_k(1+i)^{-k} + B(1+i)^{-n} \quad (3)$$

gde je:

CV - prinosna vrednost investicije,

dok ostali simboli imaju isto značenje kao u prethodnim formulama.

Prinosna vrednost pokazuje najveći ekonomski opravdani iznos ulaganja u neko osnovno sredstvo [6] i u nauci je često korišćena metoda, ali se u praksi znatno manje upotrebljava. Prinosna vrednost univerzalnog žitnog kombajna se poredi s investicionim ulaganjima potrebnim za njegovo pribavljanje. Nabavka kombajna je ekonomski opravdana, ukoliko je prinosna vrednost veća ili jednaka njegovoj tržišnoj ceni.

Cena univerzalnog žitnog kombajna koja je poslužila kao polazna osnova za sprovođenje ove analize predstavlja prosečnu cenu po kojoj se na tržištu može kupiti polovan univerzalni žitni kombajn sa odgovarajućim priključcima (adapterima) za ubiranje kukuruza, pšenice, suncokreta i soje. Imajući u vidu relativno dug period korišćenja investicije (10 godina), a radi dobijanja što potpunije slike o ekonomskoj efektivnosti i finansijskoj prihvatljivosti ulaganja, bilo je neophodno u obračun uključiti predviđenu godišnju stopu rasta dodatnih koristi koje su posledica kupovine univerzalnog žitnog kombajna (godišnja stopa rasta gotovinskog toka). Osim toga, vrednost univerzalnog žitnog kombajna na kraju investicionog perioda uključena je u analizu da bi se na što potpuniji način sagledao finansijski povraćaj na investiciona ulaganja u toku perioda korišćenja investicije (Tabela 3).

Tabela 3. Polazne pretpostavke za ekonomsku i finansijsku ocenu kupovine kombajna

Table 3. Key assumptions for examining economic efficiency and financial feasibility of investment in harvester

Podaci o investiciji: *Investment information:*	
Cena univerzalnog žitnog kombajna (RSD) *Price of harvester (RSD)*	2.000.000,0
Godišnja stopa rasta gotovinskog toka (%) *Annual cash flow growth rate (%)*	1,0
Vrednost univerzalnog žitnog kombajna na kraju investicionog perioda (RSD) *Value of harvester at the end of the investment period (RSD)*	500.000,0
Uslovi finansiranja investicije: *Financing information:*	
Sopstveno učešće u finansiranju investicionog ulaganja (%) *Share of equity (%)*	25,0
Granična očekivanja poljoprivrednog proizvođača (%) *Marginal expectations of agricultural producer (%)*	4,0
Učešće kredita (%) *Share of loan (%)*	75,0
Godišnja kamatna stopa na pozajmljena sredstva (kredit) (%) *Annual interest rate on loan (%)*	8,0
Rok otplate kredita (godina) *Length of loan (years)*	5,0
Kalkulativna kamatna stopa (diskontna stopa) (%) *Discount rate (%)*	7,0

Izvor: Obavljeni intervjui sa odabranim nosiocima porodičnih gazdinstava sa teritorije Sremskog upravnog okruga tokom 2011. i 2012. godine.

Source: Conducted interviews with selected holders of family farms in the territory of Srem administrative district in 2011 and 2012.

Kada su uslovi finansiranja investicije u pitanju, pošlo se od pretpostavke da se ulaganja ne finansiraju u potpunosti sopstvenim sredstvima, s obzirom da je utvrđeno da je mešovit slučaj finansiranja investicionih ulaganja često zastupljen u praksi. Dakle, polazi se od pretpostavke da se investicija realizuje ulaganjem delom sopstvenog kapitala poljoprivrednog proizvođača (pretpostavlja se da 25% potrebnih investicionih ulaganja čine sopstvena sredstva poljoprivrednog proizvođača), a delom ulaganjem pozajmljenog kapitala (pretpostavlja se da poljoprivredni proizvođač preostalih 75% potrebnih investicionih ulaganja pribavlja putem kredita uz kamatnu stopu od 8% godišnje i rok otplate od 5 godina).

Pitanje određivanja kalkulativne kamatne stope prilikom procene ekonomske efektivnosti investicija predstavlja problem o kome se često raspravljalo i izražavala suprotna mišljenja u teoriji investiranja [4] [8]. U radu je kao diskontna stopa korišćena ponderisana kamatna stopa, koja je utvrđena na osnovu strukture izvora finansiranja i visine odgovarajućih kamatnih stopa.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

S obzirom na promenu u funkcionisanju porodičnog gazdinstva, zbog kupovine univerzalnog žitnog kombajna, neophodno je sagledati i uporediti rezultate poslovanja porodičnog gazdinstva izražene pre i nakon kupovine polovnog univerzalnog žitnog kombajna kako bi se ustanovilo do kojih promena je došlo i kako bi se izvršilo njihovo kvantifikovanje (Tabela 4).

Tabela 4. Rezultati poslovanja porodičnog gazdinstva pre i nakon kupovine univerzalnog žitnog kombajna

Table 4. Results of family farms before and after the purchase of harvester

Pokazatelji *Indicators*	Pre kupovine kombajna *Before purchase of harvester*	Nakon kupovine kombajna *After the purchase of harvester*	Promena *Change*	
			RSD	%
Varijabilni troškovi *Variable costs* (RSD)	5.907.045,93	5.515.876,72	-391.169,21	-6,62%
Fiksni troškovi *Fixed costs* (RSD)	1.794.196,50	1.943.973,30	149.776,80	8,35%
Ukupni troškovi *Total costs* (RSD)	7.701.242,43	7.459.850,02	-241.392,41	-3,13%
Marža pokrića *Gross margine* (RSD)	5.677.454,07	6.068.623,28	391.169,21	6,89%
Profit *Profit* (RSD)	3.883.257,57	4.124.649,98	241.392,41	6,22%

Izvor: Obračun autora

Source: Authors` calculation

Sprovedeno istraživanje pokazuje da se rezultati poslovanja gazdinstva (marža pokrića i profit) razlikuju pre kupovine univerzalnog žitnog kombajna i nakon kupovine univerzalnog žitnog kombajna. Evidentna je pozitivna promena rezultata poslovanja gazdinstva nakon kupovine univerzalnog žitnog kombajna, koja se ogleda u rastu marže pokrića za 6,89% i profita gazdinstva za 6,22%. To govori o povoljnom uticaju kupovine univerzalnog žitnog kombajna na poslovne rezultate gazdinstva. Međutim, postavlja se pitanje da li će ovo povećanje poslovnih rezultata biti dovoljno da opravda planiranu investiciju. Ovde dolazimo do pitanja ekonomske efektivnosti ulaganja u kupovinu univerzalnog žitnog kombajna i njegove finansijske izvodljivosti.

S obzirom da je neophodno da se kupovinom univerzalnog žitnog kombajna ostvaruju prihodi kojima će biti moguće podmiriti sve odgovarajuće troškove kao i vratiti investiciono ulaganje potrebno je proučiti tok novca odnosno prilive i odlive novca tokom perioda trajanja investicionog projekta. Ekonomska efektivnost investicionog projekta pri desetogodišnjem periodu korišćenja investicije (Tabela 5) može se utvrditi na osnovu prethodno pomenutih dinamičkih pokazatelja za ocenu investicija.

Tabela 5. Ekonomska ocena kupovine univerzalnog žitnog kombajna

Table 5. Economic evaluation of the purchase of harvester

Godina *Year*	Gotovinski tok *Cash flow*	Početna ulaganja *Initial investment*	Krajnja vrednost kombajna *Salvage value of harvester*	Neto gotovinski tok *Net cash flow*	Diskontni faktor *Discount factor*	Diskontovani neto gotovinski tok *Discounted net cash flow*
-	(RSD)	(RSD)	(RSD)	(RSD)	-	(RSD)
0		-2.000.000,0		-2.000.000,0	1	-2.000.000,0
1	376.000,0			376.000,0	0,934579439	351.401,9
2	379.760,0			379.760,0	0,873438728	331.697,1
3	383.557,6			383.557,6	0,816297877	313.097,3
4	387.393,2			387.393,2	0,762895212	295.540,4
5	391.267,1			391.267,1	0,712986179	278.968,0
6	395.179,8			395.179,8	0,666342224	263.325,0
7	399.131,6			399.131,6	0,622749742	248.559,1
8	403.122,9			403.122,9	0,582009105	234.621,2
9	407.154,1			407.154,1	0,543933743	221.464,9
10	411.225,7		500.000,0	911.225,7	0,508349292	463.220,9
Neto sadašnja vrednost (NPV)						1.001.895,7
Interna stopa povraćaja (IRR)						15,91%
Prinosna vrednost (PV)						3.001.895,7

Izvor: Obračun autora

Source: Authors` calculation

Pozitivna neto sadašnja vrednost u iznosu od 1.001.895,7 RSD pokazuje da je kupovina univerzalnog žitnog kombajna po ceni od 2.000.000,0 RSD pri kalkulativnoj kamatnoj stopi od 7% ekonomski opravdana u desetogodišnjem vremenskom periodu. To pokazuje i ostvarena stopa efektivnog ukamaćenja finansijskih sredstava uloženih u

investiciju od 15,91% koja je viša od kalkulativne kamatne stope koja iznosi 7%. Imajući to u vidu, najveći iznos investicionih ulaganja koji bi smeo da bude uložen u kupovinu univerzalnog žitnog kombajna, a da takva investicija pri datoj kalkulativnoj kamatnoj stopi i planiranom periodu korišćenja bude ekonomski opravdana iznosi 3.001.895,7 RSD.

Takođe, s obzirom da se investicija delimično finansira kreditom, tokom perioda otplate kredita mora se osigurati dovoljno novca za podmirenje kreditnih obaveza (anuiteta). S tim u vezi neophodno je uraditi finansijsku izvodljivost investicionog projekta pri petogodišnjem periodu otplate kredita (Tabela 6).

Tabela 6. Finansijska ocena kupovine kombajna (petogodišnji period otplate kredita)

Table 6. Financial evaluation of the purchase of harvester (five-year length of loan)

Godina *Year*	Neto gotovinski tok *Net cash flow*	Anuitet *Annual payment*	Ostatak duga *Outstanding balance*	Kamata *Interest*	Glavnica *Principal payment*	Finansijska korist *Financial benefits*
	(RSD)	(RSD)	(RSD)	(RSD)	(RSD)	(RSD)
0					1.500.000,0	
1	376.000,0	375.684,7	1.500.000,0	120.000,0	255.684,7	315,3
2	379.760,0	375.684,7	1.244.315,3	99.545,2	276.139,5	4.075,3
3	383.557,6	375.684,7	968.175,9	77.454,1	298.230,6	7.872,9
4	387.393,2	375.684,7	669.945,2	53.595,6	322.089,1	11.708,5
5	391.267,1	375.684,7	347.856,2	27.828,5	347.856,2	15.582,4

Izvor: Obračun autora

Source: Authors` calculation

Pozitivna finansijska korist u godinama otplate kredita pokazuje da je kupovina univerzalnog žitnog kombajna po ceni od 2.000.000,0 RSD pri datim uslovima finansiranja finansijski prihvatljiva (investicija je likvidna). Međutim, finansijske koristi su u prvim godinama korišćenja kombajna veoma niske (posebno u prvoj godini). To znači da u prvim godinama otplate kredita veoma mali rast anuiteta može dovesti do negativne finansijske koristi. Navedeni rizik može se smanjiti na različite načine, a najčešće rastućim periodom otplate kredita. Time se godišnji iznosi anuiteta smanjuju, što olakšava podnošenje kredita sa gledišta likvidnosti, dok sa druge strane troškovi kapitala u formi obaveze za kamatu na kredit u ukupnom iznosu rastu.

ZAKLJUČAK

U radu je ukazano na potrebu modernizovanja poljoprivredne mehanizacije na porodičnim gazdinstvima. Analiza ekonomske efektivnosti i finansijske izvodljivosti investicionog ulaganja u kupovinu univerzalnog žitnog kombajna pokazuje specifičnosti ovog ulaganja. Uz obezbeđenje određenih preduslova, ulaganje u kupovinu univerzalnog žitnog kombajna može da pokaže visok stepen ekonomske efektivnosti. Rezultati istraživanja pokazali su da je kupovina univerzalnog žitnog kombajna po ceni od

2.000.000,0 RSD pri kalkulativnoj kamatnoj stopi od 7% ekonomski opravdana u desetogodišnjem vremenskom periodu (neto sadašnja vrednost je pozitivna, stopa efektivnog ukamaćenja finansijskih sredstava uloženih u investiciju je viša od kalkulativne kamatne stope, a najveći iznos investicionih ulaganja koji bi smeo da bude uložen u kupovinu univerzalnog žitnog kombajna iznosi 3.001.895,7 RSD i veći je od potrebnih investicionih ulaganja).

Kupovina univerzalnog žitnog kombajna po ceni od 2.000.000,0 RSD pri datim uslovima finansiranja finansijski je prihvatljiva (investicija je likvidna) s obzirom na pozitivnu finansijsku korist u godinama otplate kredita.

LITERATURA

[1] Andrić, J., Vasiljević, Z., Sredojević, Z. 2005. *Investicije - osnove planiranja i analize*. Beograd. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu.

[2] Brigham, E.F., Ehrhardt, M.C. 2008. *Financial management: theory and practice.* Thomson South-Western.

[3] Fabozzi, F.J., Peterson, P.P. 2003. *Financial management and analysis* (Second ed.): John Wiley & Sons Inc.

[4] Gogić, P. 2002. Specifičnosti formiranja novčanih tokova za ocjenu investicija u poljoprivredi. *Ekonomika poljoprivrede*, 49(3-4): 137-150.

[5] Herbst, A.F. 2002. *Capital asset investment: strategy, tactics and tools*. New York: John Wiley & Sons, Ltd.

[6] Krištof M. 1977. *Kalkulacije u poljoprivredi*. Beograd. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu.

[7] Munćan, M., Todorović, S., Ivkov, I. 2008. Model porodičnog gazdinstva kao osnova za eksperimentisanje u agroekonomskim istraživanjima. Objavljeno u: *Agroekonomska nauka i struka u tranziciji obrazovanja i agroprivrede*, Jelić S., Rajić Z. (ed.), pp. 211-221. Beograd, Srbija: Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu.

[8] Vasiljević, Z. 1995. *Metode ocene ekonomske efektivnosti investicija i njihov uticaj na donošenje investicionih odluka u poljoprivrednoj proizvodnji*. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.

ECONOMICALLY JUSTIFIED AMOUNT OF INVESTMENT IN PURCHASE OF HARVESTER AT FAMILY FARMS

Saša Todorović[1], **Sanjin Ivanović**[1], **Todor Marković**[2]

[1]*University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Belgrade – Zemun, Republic of Serbia*
[2]*University of Novi Sad, Faculty of Agriculture,Department of Agricultural Economics and Rural Sociology, Novi Sad, Republic of Serbia*

Abstract: In the paper is analyzed possibility of purchase of harvester at family farms. Therefore, enterprise budgeting and partial budgeting methods were used, as well

as discounting methods for evaluation of economical efficiency of investments. The problem has been shown using model of family farms directed to field crop production. The data for this survey were collected by interviewing holders of chosen family farms. The analysis has pointed out under which conditions such business decision is economically justified and financially feasible.

Key words: *investments, family farm, harvester, field crop production, present value*

Datum prijema rukopisa: 19.11.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama: 21.11.2012.
Datum prihvatanja rada: 21.11.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 2, decembar 2012.
Strane: 91 - 100

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku

UDK: 63:004 (497.11)

Originalni naučni rad
Original scientific paper

ISPITIVANJE UJEDNAČENOSTI ISEJAVANJA SEMENA METODOM ODZIVNIH POVRŠINA

Dragan Marković, Žarko Čebela, Vojislav Simonović, Ivana Marković*

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet

Sažetak: Predmet ovog rada je optimizacija ujednačenosti isejavanja semena korišćenjem metode odzivnih površina i provera optimalnog nivoa promenljivih. Promenljive su modelirane kao potpritisak na setvenim pločama, prečnik setvenih otvora i periferna brzina setvenih ploča. Metoda može da se koristi za optimizaciju međusetvenog rastojanja svih ratarskih i povrtarskih kultura za čiju setvu se koristi pneumatska sejalica sa potpritiskom. Modeli su shodno usvojenim koeficijentima važeći za brzinu rotacije setvenih ploča od 0.053 $m \cdot s^{-1}$ do 0.192 $m \cdot s^{-1}$, za prečnik otvora na setvenim pločama od 1.66 mm do 3.34 mm i za potpritisak na setvenim pločama od 2.64 kPa do 9.36 kPa.

Ključne reči*:* sejalica, razmak, pritisak, odzivna površina.

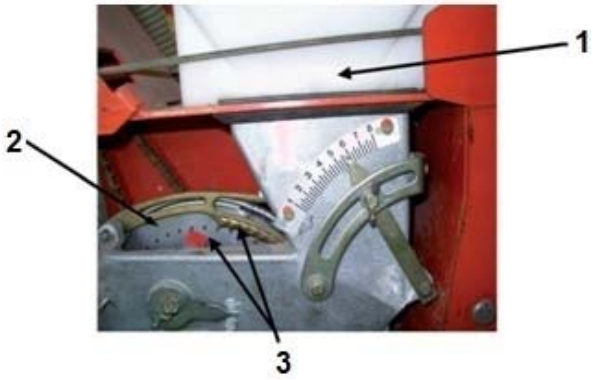
UVOD

Vazdušna struja u kojoj vlada potpritisak u setvenim aparatima pneumatskih sejalica koristi se da usisnim efektom nanese i zadrži seme na setvenoj ploči. Setvene ploče koje služe za distibuciju semena od ispusta rezervoara za seme do brazdice u zemljišu su tanke i kružnog oblika. Razmak isejanog semena zavisi od: broja zahtevanih semena po m^2, podešenog međurednog razmaka, odabrane setvene ploče i od spregnutih prenosnika u menjačkoj kutiji. Razmak između semena u redu zavisi od norme setve, a određuje se i na osnovu biološkog zahteva određenog hibrida. Broj posejanog semena treba da je veći za 10-12% od broja biljaka u sklopu u nicanju [9].

* Kontakt autor. E-mail: dmarkovic@mas.bg.ac.rs
Rezultati istraživanja su deo projekta Ministarstva za nauku i obrazovanje, program Tehnološki razvoj, pod nazivom „Istraživanje i razvoj opreme i sistema za industrijsku proizvodnju, skladištenje i preradu povrća i voća“, broj TR 35043.

MATERIJAL I METODE RADA

Precizna sejalica koja je korišćena u eksperimentu sastojala se od setvenog aparata sa vertikalnim setvenim pločama opstrujavanih vazdušnom strujom u kojoj vlada potpritisak. Seme iz levkastog otvora rezervoara za seme dospeva na otvore rotacione setevne ploče pod dejstvom potpritiska u vazduhu sa suprotne strane ploče. Potpritisak se prekida na donjoj strani sekcije i seme propada u sprovodnu cev pod dejstvom gravitacije. Ukoliko se na jednom otvoru nalazi više semena, upravljiv uređaj uklanja višak i vraća ih u levak. Opšti prikaz uređaja koji je korišćen u eksperimentu prikazan je na slici 1.



Slika 1. Opšti prikaz setvene jedinice:
1. levak rezervoara za seme, 2. setvena ploča, 3. skidač viška semena
Figure 1. An overview of the planting unit:
1. funnel seed box, 2. seed plate, 3. excess seed remover

Traka probnog stola, dužine 15 m i širine 14 cm, postavljena je ispod setvenog aparata. Njena uloga je da prihvati isejano seme i da obezbedi uslove za određivanje položaja semena koje se koristi za testove u laboratoriji u cilju određivanja performansi setvenog aparata. Merenje razmaka semena vrši se sa onim brojem isejanog semena koji odgovara pređenom putu sejalice od 10 metara pri datoj brzini za svaki test [4]. Setveni aparat postavljen je što je bliže traci da bi se eliminasalo skakanje semena, a setvena ploča je pogonjena elektromotorom dok je ventilator za stvaranje potpritiska različitih nivoa pogonjev priključnim vratilom traktora. Traka je pogonjena nezavisno od setvene ploče. Brzina kretanja sejalice manifestovana brzinom trake i brzina rotacije setvene ploče su sinhronizovani. Setveni aparat bio je podešen za teorijsko međusetveno rastojanje od 11.8 cm [3].

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Kao statistička i matematička tehnika, metoda odzivnih površina bila je potrebna za optimizaciju rukovanja (periferna brzina setvene ploče i potpritisak) i konstruktivnih promenljivih (prečnik otvora).

Problem odzivne površine obično je usmeren na neki odziv *Y*, koji je u funkciji *k* nezavisnih promenljivih ξ_1, ξ_2, ..., ξ_k, odnosno:

$$Y = f(\xi_1, \xi_2, \ldots\ldots, \xi_k)$$

i odzivna površina može uzeti različite oblike u zavisnosti od tipa funkcije odziva. U ovom radu je izbrana odzivna funkcija definisana oblikom kvadratnog polinoma na sledeći način:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i X_i + \sum_{i=1}^{k} \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i} \sum_{j} \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon, \qquad i \leq j, \tag{1}$$

gde je:

Y - zavisna promenljiva (odziv),
$X_{i,j}$ - kodirane nezavisne promenljive,
β_o - prekid,
$\beta_{i,j,k}$ - koeficijenti regresije,
ε - greška.

Kodirana nezavisna promenljiva X_i se izračunava pomoću sledeće jednačine:

$$X_i = \frac{\xi_i - \xi^*}{d_S} \tag{2}$$

gde je:

ξ - nezavisna promenljiva u originalnim jedinicama,
ξ^* - vrednost nivoa (centralna tačka) nezavisne promenljive,
d_s - vrednost koraka u originalnim jedinicama.

Određivanje centralne tačke za svaku nezavisnu promenljivu bazirana je na uslovima u polju i fizičkim osobinama semena. Konstruisanje zahteva pet nivoa za svaku nezavisnu promenljivu. Ovi nivoi bili su kodirani: -1.682, -1, 0, 1 i 1.682 (redom) [1].

Korišćeno je pet različitih setvenih ploča sa različitim prečnikom. Centralna tačka u ovom konstruisanju je kodirana kao nula a centralna tačka za prečnik otvora izabrana je da bude 2.5 mm. Vrednost koraka je 0,5mm i na osnovu toga su izračunati prečnici otvora setvenih ploča 1.66; 2.0; 3.0 i 3.34 mm. U eksperimentu su bile korišćene setvene ploče sa prečnika 185 mm i sa 48 otvora po obodu. Ploče su dobavljane od proizvođača sejalica, a otvori na pločama su bili bušeni laserskim mašinama sa tolerancijom od ±0,1 mm. Maksimalan prečnik otvora je takav da ne dozvoljava semenu da prođe kroz njega.

Sejalica korišćena u eksperimentu poseduje točak koji se kotrlja po zemljištu i koji prenosi kretanje do setvene ploče pomoću prenosnika snage.

Sejalica je funkcionisala sa pet različitih perifernih brzina setvenih ploča. Ovo su bile brzine 0.05; 0.08; 0.12; 0.16 i 0.19 m s^{-1}. Selektovanje periferne brzine setvene ploče ostvareno je uzimajući u obzir brzinu kretanja sejalice u polju [2, 6, 7].

Potpritisak u pet nivoa je menjan promenama brzine priključnog vratila. Nivo potpritiska je bio centriran u 6.0 kPa dok su drugi nivoi bili izračunati za vrednost koraka od 2.0 kPa kao 2.64; 4.0; 8,0 i 9.36 kPa.

U tabeli 1 data je lista nezavisnih promenljivih i kodirani nivoi faktora.

Tabela 1. Kodirani nivo za nezavisne promenljive korišćenjem funkcija odzivne površine

Table 1. Coded levels for independent variables using response surface functions

Faktor *Factor*	Jedinica *Unit*	Kod *Cod*	Kodirani nivoi *Coded levels*				
			-1.682	-1	0	+1	+1.682
Periferna brzina *Peripheral speed*	$m \cdot s^{-1}$	X_1	0.05	0.08	0.12	0.16	0.19
Prečnik otvora *Diameter of hole*	mm	X_2	1.66	2.00	2.50	3.00	3.34
Potpritisak *Vacuum*	kPa	X_3	2.64	4.00	6.00	8.00	9.36

Svaki operativni uslov postavljen je pažljivo, a nivo potpritiska se meri korišćenjem vakuum metra. Ispitivanje je obavljeno u tri ponavljanja.

Performanse ujednačenosti sejanja pomoću preciznih sejalica definisane su merama: indeks izostavljanja semena, indeks višestrukosti semena, indeks kvaliteta setve i preciznost, koeficijent varijacije ostvarenih razmaka itd. Indeks izostavljanja semena I_{miss} je procenat rastojanja većih 1,5 puta od željenog međusetvenog rastojanja. Indeks višestrukosti semena I_{mult} je procenat rastojanja manjih ili jednakih polovini željenog međusetvenog rastojanja. Indeks kvaliteta setve I_{qf} je procenat rastojanja koja su veća od polovine, a manja od 1,5 puta željenog međusetvenog rastojanja.

U idealno preciznom procesu sejanja, ne postoji izostavljanje i višestrukost i indeks kvaliteta setve je 100%. Međutim, u realnim uslovima, neka odstupanja od teorijskog razmaka tokom srtve su očekivana. Ovo znači da indeks kvaliteta setve može biti u upotrebi, ali rastojanja između semena nisu identična teorijskom razmaku. Iz ovog razloga, potreban je drugi indikator za ujednačenost sejanja. Stoga, ustanovljen je dodatni kriterijum za performanse nazvan geometrijskim odstupanjem od teorijskog razmaka. Ova definicija je data sledećom jednačinom:

$$E_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(Z - Z_{th})^2}{N}} \tag{3}$$

gde je:

Z [cm] - izmereni razmak,
Z_{th} [cm] - teorijski razmak,
N [-] - broj posmatranja;

Trebalo bi zabeležiti da je ova definicija različita od dobro poznate standardne devijacije. To je mera koliko tačno se seme smešta u zemljište i odstupa od teorijskog razmaka. Ova funkcija bi mogla da se posmatra kao funkcija nepovoljnosti pošto je neko odstupanje od teorijskog razmaka nepovoljno.

Tabela 2 Kodirane i nekodirane nezavisne promenljive i vrednosti performansi

Table 2. Coded and uncoded independent variable values and performance

R.B. *No.*	Nezavisne promenljive *Independent variable values*			Zavisne promenljive (vrednosti performansi) *Dependent variable values (performance values)*			
	X_1 v [m·s^{-1}]	X_2 d [mm]	X_3 P [kPa]	I_{qf} [%]	I_{miss} [%]	I_{mult} [%]	E_{rms} [%]
1	-1	-1	-1	54.13	45.86	0	23.53
	0.08	2	4	2.69	2.69	0	1.74
2	-1	1	-1	97.92	2.08	0	2.19
	0.08	3	4	0.90	0.90	0	0.11
3	1	-1	-1	26.51	72.48	1.01	41.19
	0.16	2	4	0.69	2.42	1.75	3.78
4	1	1	-1	93.23	4.69	2.08	2.93
	0.16	3	4	5.49	2.71	3.65	0.67
5	-1	-1	1	91.15	7.81	1.04	4.38
	0.08	2	8	0.90	0.00	0.90	0.88
6	-1	1	1	97.40	1.04	1.56	2.06
	0.08	3	8	0.90	0.90	0	0.15
7	1	-1	1	73.81	25.08	1.01	8.11
	0.16	2	8	1.21	3.02	1.75	0.73
8	1	1	1	95.31	3.12	1.56	2.93
	0.16	3	8	1.57	1.57	1.57	0.11
9	-1.682	0	0	93.23	4.69	2.09	3.77
	0.053	2.5	6	0.91	1.57	1.81	1.08
10	1.682	0	0	70.43	24.27	4.30	7.35
	0.192	2.5	6	1.86	2.46	3.36	0.75
11	0	-1.682	0	39.49	52.50	0.90	34.01
	0.12	1.66	6	8.44	5.99	1.56	5.27
12	0	1.682	0	88.53	5.20	6.26	4.08
	0.12	3.34	6	2.38	3.25	2.68	1.07
13	0	0	-1.682	61.21	49.39	3.00	21.55
	0.12	2.5	2.64	7.39	4.44	1.34	4.58
14	0	0	1.682	84.69	11.26	4.05	5.33
	0.12	2.5	9.36	2.06	2.06	0	0.63
15	0	0	0	89.06	8.85	2.08	4.79
	0.12	2.5	6	4.69	3.93	0.91	0.31
16	0	0	0	86.98	8.33	4.69	4.45
	0.12	2.5	6	1.80	2.38	1.56	0.41
17	0	0	0	89.42	6.35	4.23	4.32
	0.12	2.5	6	1.83	1.59	2.42	0.61
18	0	0	0	88.56	9.88	1.56	4.87
	0.12	2.5	6	2.41	0.92	1.57	0.92
19	0	0	0	86.46	7.29	6.25	4.84
	0.12	2.5	6	5.49	0.90	4.69	0.48
20	0	0	0	88.02	9.37	2.61	5.87
	0.12	2.5	6	1.81	1.57	0.91	0.91

Pri idealnom rasporedu semena u zemljištu ne treba da postoji izostavljanje ili višestrukost, indeks kvaliteta setve treba da bude 100%, a geometrijsko odstupanje takođe da bude nula [10].

Kao što se može videti sejalica koja vrši isejavanje pri perifernoj brzini 0,08 m·s^{-1}, s prečnikom otvora setvene ploče 3mm i potpritiskom 4 kPa (eksperiment 2, Tab. 2) daje odgovarajući rezultat kvadratnog člana indeksa kvaliteta setve, indeksa izostavljanja i višestrukosti semena i geometrijskog odstupanja [8]. Rezultati mogu biti tumačeni dobro izabranim opsegom nezavisnih promenljivih i vrednošću koraka.

Sledeće polinomne funkcije sa transformisanim zavisnim promenljivim za preciznije predviđanje razvijeni su korišćenjem tri ponavljanja u svakom slučaju za:

- model indeksa kvaliteta setve (I_{qf})

$$\sqrt{I_{qf}} = 9{,}33 - 0{,}412X_1 + 0{,}943X_2 + 0{,}702X_3 + \\ + 0{,}351X_1X_2 + 0{,}693X_2X_3 - 0{,}361X_2^2 - 0{,}385X_3^2, \tag{4}$$

- model indeksa izostavljanja semena (I_{miss})

$$\sqrt{\frac{I_{miss}}{100 - I_{miss}}} = 0{,}317 + 0{,}129X_1 - 0{,}307X_2 - 0{,}208X_3 - \\ - 0{,}103X_1X_2 + 0{,}197X_2X_3 - 0{,}101X_2^2 - 0{,}112X_3^2, \tag{5}$$

- i model geometrijsko odstupanja E_{rms}:

$$\sqrt{E_{rms}} = 2{,}165 - 0{,}304X_1 + 1{,}192X_2 + 0{,}752X_3 + \\ + 0{,}23X_1X_2 + 0{,}788X_2X_3 - 0{,}511X_2^2 - 0{,}353X_3^2. \tag{6}$$

Rezultati postepene regresivne analize za svaku funkciju data je u Tabelama 3-5.

Sejalica je delovala u optimalnom nivou da verifikuje rezultate od svakog modela. Napravljeni su takođe neki dodatni potvrdni testovi za dalju verifikaciju modela. Sejalica je takođe testirana za različite teorijske razmake od 7 do 14,2 cm. Ovi testovi bili se preduzeti za dalju potvrdu optimalnog nivoa nađenih promenljivih. Sva ponavljanja bila su upotrebljavana za razvijanje funkcija odzivnih površina. Funkcije odzivnih površina bile su razvijene za svaki kriterijum ispitivanih osobina.

Model za indeks višestrukosti semena nije izvođen pomoću raspoloživih podataka. Modeli su važeći za brzinu rotacije setvenih ploča od 0.053 m s^{-1} do 0.192 m s^{-1}, za prečnik otvora na setvenim pločama od 1.66 mm do 3.34 mm i za vakum na setvenim pločama od 2.64 kPa do 9.36 kPa.

Na osnovu rezultata postepene regresivne analize, najvažnija promenljiva koja je merodavna za setvu je prečnik rupe, pošto je odgovoran za 38%, 43% i 47% varijacija u posmatranim indeksima, (Jednačine 1-3, Tabele 3-5). U sva tri modela opisana jednačinama i tabelarno uočava se nedostatak kvadratnog uticaja periferne brzine setvene ploče. Ovo znači da periferna brzina ploče linearno utiče na ovaj fizički problem i da manja brzina znači veći indeks kvaliteta setve [5]. Manja brzina ploče takođe

redukuje indeks izostavljanja semena i kvadratnokoreno odstupanje. Optimalni nivoi prečnika otvora i vakuma vrednovani po sva tri modela veoma su bliski (Tab. 6).

Tabela 3. Rezultati postepene regresije za model indeksa kvaliteta setve

Table 3. Results for the gradual regression model index quality planting

Promenljiva *Variable*	Koeficijent *Coefficient*	Prosečna greška *Average error*	Verovatnoća, p *Probability, p*	Koeficijent određenosti, R^2 [%] *Coefficient of Determination, R^2 [%]*
const	9,330	0,0616	2×10^{-70}	-
X_2	0,943	0,0481	1×10^{-25}	38,67
X_3	0,702	0,0481	1×10^{-20}	60,12
X_2X_3	-0,693	0,0629	3×10^{-15}	72,36
X_1	-0,412	0,0481	3×10^{-11}	79,76
X_3^2	-0,385	0,0629	9×10^{-7}	85,66
X_2^2	-0,361	0,0466	3×10^{-10}	91,61
X_1X_2	0,351	0,0629	9×10^{-7}	94,75

Tabela 4. Rezultati postepene regresije za model indeksa izostavljanja semena

Table 4. Results for gradual regression model index omitting seeds

Promenljiva *Variable*	Koeficijent *Coefficient*	Prosečna greška *Average error*	Verovatnoća, p *Probability, p*	Koeficijent određenosti, R^2 [%] *Coefficient of Determination, R^2 [%]*
const	0,317	0,0196	6×10^{-22}	-
X_2	-0,307	0,0153	4×10^{-26}	43,28
X_3	-0,208	0,0153	1×10^{-18}	63,14
X_2X_3	0,197	0,0200	1×10^{-13}	73,61
X_1	0,129	0,0153	3×10^{-11}	81,24
X_3^2	0,112	0,0140	6×10^{-10}	86,50
X_2^2	0,101	0,0140	1×10^{-8}	91,50
X_1X_2	-0,103	0,0200	3×10^{-6}	94,39

Tabela 5. Rezultati postepene regresije za model geometrijskog odstupanja

Table 5. Results gradual regression model for geometric tolerances

Promenljiva *Variable*	Koeficijent *Coefficient*	Prosečna greška *Average error*	Verovatnoća, p *Probability, p*	Koeficijent određenosti, R^2 [%] *Coefficient of Determination, R^2 [%]*
const	2.165	0.064	2×10^{-70}	-
X_2	-1.192	0.050	1×10^{-29}	47.60
X_3	-0.752	0.050	1×10^{-20}	66.55
X_2X_3	0.788	0.065	1×10^{-16}	78.74
X_1	0.511	0.048	3×10^{-14}	87.01
X_3^2	0.353	0.048	2×10^{-9}	91.45
X_2^2	0.304	0.050	1×10^{-7}	94.54
X_1X_2	-0.230	0.065	9×10^{-4}	95.58

Interesantno je primetiti da su površine indeksa izostavljanja semena i E_{rms} vrlo sličnog oblika. Gubici koji su se dogodili za vreme testova prouzrokovali su odstupanja u teorijskom međusetvenom rastojanju, i kao rezultat, E_{rms} funkcija ima slični oblik kao funkcija indeksa izostavljanja zrna.

Tab. 6 Optimalni nivoi promenljivih za razvijene modele

Tab. 6 Optimal levels of variables in developed models

Model *Model*	Optimalni nivo za prečnik otvora *The optimal level for hole diameter*		Optimalni nivo za vakuumski pritisak *The optimal level of vacuum pressure*	
	Kodirano *Coded*	Nekodirano [mm] *Uncoded [mm]*	Kodirano *Coded*	Nekodirano [kPa] *Uncoded* [kPa]
I_{qf}	1,173	3,08	-0,11	5,8
I_{miss}	1,250	3,12	-0,17	5,7
E_{rms}	1,320	3,16	-0,41	5,2

Da bi se pronašao optimalan opseg korišćenja je optimizacija nivoa prečnika rupe i vakuumskog pritiska pomoću tri različita modela, a konture odzivnih površina indeksa izostavljanja semena, indeksa kvaliteta setve i kvadratnokorenog odstupanja bili su preklapani. Optimalni nivo koji je prikazan za svaki model je u istačkanom regionu i ovo je takav region u kome se može očekivati indeks kvaliteta setve približno 99% ili 100% i minimalna kvadratnokorena greška i indeks izostavljanja semena. Prečnik rupe od 3.1 mm i potpritisak od 5.5 kPa su podesni nivoi za rad sejalice u optimalnom radnom režimu, respektivno, za odabrane koeficijente.

ZAKLJUČAK

Metodologija odzivnih površina je koristan alat i daje vrednosti optimalnih performansi preciznih sejalica. Razvijene jednačine mogu biti korišćenje za postavljanje performansi u zavisnosti od promenljivih poput indeksa kvaliteta setve, indeksa izostavljanja semena i odstupanja od teorijskog međusetvenog rastojanja za sličan tip sejalice kao što je ona korišćena u studiji pod poznatim radnim uslovima. Tačnost međusetvenog rastojanja najviše zavisi od prečnika otvora na setvenim pločama. Optimalna vrednost ovog prečnika je oko 3 mm. Nivo potpritiska je važan i povezan sa prečnikom otvora a izbor za njegov optimalni nivo na osnovu fizičkih osobina semena je oko 5.5 kPa.Periferna brzina setvenih ploča takođe utiče na međusetveno rastojanje, ali porast u brzini odražava se obrnuto proporcionalno na kvalitet setve, indeks izostavljanja semena i kvadratnokoreno odstupanje. U praktičnim uslovima povećavanje kapaciteta sejalice, broj otvora na setvenim pločama trebao bi biti maksimalan pošto će ovo smanjiti perifernu brzinu setvenih ploča, a sledstveno, maksimalan indeks kvaliteta setve povećava tačnost međusetvenog rastojanja, kao i smanjenje izostavljanja i višestrukosti semena.Geometrijsko odstupanje trebalo bi da bude korišćeno kao pokazatelj, pošto tačnost razmaka ne treba da bude zasnovana samo na gornjem maksimumu indeksa kvaliteta setve već takođe na minimiziranju izostavljanja i višestrukosti semena i odstupanju od teorijskog razmaka.

LITERATURA

[1] Box, G.E.P, Draper, N. 1987. *Empirical Model-Building and Response Surfaces*. John Wiley & Sons, New York, 669.

[2] Kachman, S.D., Smith, J.A. 1995. Alternative measures of accuracy in plant spacing for planters using single seed metering. *Transactions of the ASAE*. 38(2): 379–387.

[3] Karayel, D., Barut, Z.B., Özmerzi, A. 2008. Mathematical Modelling of Vacuum Pressure on a Precision Seeder. *Biosystems Engineering*. 87(4): 437-444.

[4] Karayel, D. 2007. Performance of a modified precision vacuum seeder for no-till sowing of maize and soybean. *Soil and Tillage Research*. 41(2): 56-67

[5] Marković, D., Veljić, M., Simonović, V. 2009. Razvoj rešenja za softversko upravljanje brzinom setvenih ploča sejalica. *Poljoprivredna tehnika*. 34(1): 137-144

[6] Milenković, B., Barać, S. 2010. Uticaj brzine rada setvenih agregata na ostvareni prinos kukuruza. *Poljoprivredna tehnika*. 35(2): 73-77.

[7] Milenković, B., Barać, S. 2008. Uticaj brzine rada setvenih agregata na distribuciju semena u redu i ostvareni sklop biljaka kukuruza. *Poljoprivredna tehnika*. 33(2): 65-71.

[8] Mileusnić, Z., Đević, M., Petrović, D., Miodragović, R. 2008. Optimizacija traktorsko-mašinskih sistema za obradu zemljišta. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 34(3-4).

[9] Moody, F.H., Hancock, J.H., Wilkerson, J.B. 2003. Evaluating planter performance-cotton seed placement accuracy. *ASAE Paper*. 3: 1146.

[10] Yazgi, A., Degirmencioglu, A. 2007. Optimisation of the seed spacing uniformity performance of a vacuum-type precision seeder using response surface methodology. *Biosystems Engineering*. 97(3): 347-356.

RESEARCH OF SEEDING DISTANCE UNIFORMITY BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

Dragan Marković, Žarko Čebela, Vojislav Simonović, Ivana Marković

University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, Republic of Serbia

Abstract: The subject of this paper is to optimize the uniformity seeding distances using response surface methodology and validated optimal level variables. Variables are modeled as a vacuum on the seed plate, diameter planting holes and peripheral speed of sowing records. The method can be used to optimize seeding distance of field and vegetable crops for which sowing is used pneumatic vacuum seeding machine. The models are valid for the speed of rotation of the plate seeding 0.053 $m \cdot s^{-1}$ to 0.192 $m \cdot s^{-1}$, the diameter of the holes in the seed plate from 1.66 mm to 3.34 mm and the vacuum of the seed plate 2.64 kPa to 9.36 kPa. Accuracy seeding distance depends on the diameter of the holes in the seed plate. The optimum value of about 3 mm in diameter is used for cotton seeds in the experiment. The level of vacuum pressure is important and connected

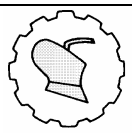
with a diameter holes and the choice of its optimal level based on the physical properties of the seeds is about 5.5 kPa.

***Key words*:** seeding machine, distance, pressure, response surface.

Datum prijema rukopisa: *Paper submitted:*	12.10.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama: *Paper revised:*	
Datum prihvatanja rada: *Paper accepted:*	23.10.2012.

ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА
AGRICULTURAL ENGINEERING
✧
Научни часопис
Scientific Journal

Пољопривредни факултет
Институт за пољопривредну технику



Предмет и намена: ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА је научни часопис који објављује резултате основних и примењених истраживања значајних за развој у области биотехнике, пољопривредне технике, енергетике, процесне технике и контроле, као и електронике и информатике у биљној и сточарској производњи и одгова-рајућој заштити, доради и преради пољопривредних производа, контроли и очу-вању животне средине, ревитализацији земљишта, прикупљању отпадака и њихо-вом рециклирању, односно коришћењу за производњу горива и сировина.

.....

УПУТСТВО ЗА АУТОРЕ

Захваљујући вам на интересовању за часопис ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА молимо вас да се обратите Уредништву ако ова упутства не одговоре на сва ваша питања.

Рад доставити у писаној и електронској форми на адресу Уредништва

Часопис ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА
Пољопривредни факултет, Институт за пољопривредну технику
11080 Београд-Земун, Немањина 6; п. фах 127

Мада сви радови подлежу рецензији за оригиналност, квалитет и веродостој-ност података и резултата одговарају искључиво аутори. Подразумева се да рад није публикован раније и да је аутор регулисао објављивање рада с институцијом у којој је запослен.

Тип рада

Траже се оригинални научни радови и прегледни чланци. Прегледни радови треба да дају нове погледе, уопштавање и унификацију идеја у односу на одређени садржај и не би требало да буду превасходно изводи раније објављених радова. Поред тога, траже се и прелиминарни извештаји истраживања у форми краћих прилога. Ова врста прилога мора да садржи нека нова сазнања, методе или тех-нике који очигледно представљају нове домете у одговарајућој области. Кратки прилози објављиваће се у посебном делу часописа. У часопису је предвиђен прос-тор за приказе књига и информације о научним и стручним скуповима.

Рад треба да буде написан на српском језику, по могућству ћирилицом, а прих-ватају се и прилози на енглеском језику. Будући да су области пољопривредне технике интердисциплинарне, потребно је да бар увод буде писан разумљиво за шири круг читалаца, не само за оне који раде у одређеној ужој области. *Научни значај рада и његови закључци требало би да буду јасни већ у самом уводу* - то значи да није довољно дати само проблем који се изучава већ и његову историју, значај за науку и технологију, специфичне појаве за чији опис или испитивање могу бити употребљени резултати, као и осврт на општа питања на која рад може да да одговор. Одсуство оваквог прилаза може да буде разлог неприхватања рада за објављивање.

Поступак ревизије

Сви радови подлежу ревизији ако уредник утврди да садржај рада није прикладан за часопис. У том случају се враћа аутору. Уредништво ће улагати напоре да се

одлука о раду донесе у што краћем периоду и да прихваћени рад буде објављен у истој години када је први пут поднет.

Припрема рада

Рад треба да буде штампан на хартији стандардног А4 формата, у фонту Times New Roman (tnr), font size 10 pt, проред Single space, са Justify поравнањем (justified alignment), уз увлаку првог реда 0,63 cm (Format→Paragraph→Indents and Spacing→Special→First Line 0,63), маргине: Top 4,6 cm, Bottom 4,6 cm, Left 4,25 cm, Right 4,25 cm. Дужина рада је ограничена на 10 страна, укључујући слике, табеле, литературу и остале прилоге.

Наслов - Наслов рада треба да буде кратак, описан и да одговара захтевима индексирања **(**фонт: **tnr 12 PT BOLD, centrirano)** . Испод наслова навести име сваког од аутора и установе у којој ради *(tnr 10 pt italic, (centrirano)* . Сугерише се да број аутора не буде већи од три, без обзира на категорију рада. Евентуално, шира прегледна саопштења могу се у том смислу посебно размотрити, у току ревизије.

Сажетак - У изводу треба дати кратак садржај онога шта је у раду дато, главне резултате и закључке који следе из њих. Дозвољени обим сажетка је 100 до 250 речи. У оквиру сажетка није дозвољено приказивање података табелама, графиконима, схемама или сликама, те навођење литературних извора. Уз сажетак навести максимално десет кључних речи, одвојених зарезом.

Abstaract - дати на крају рада на енглеском језику у форми као сажетак, са кључним речима.

Литература - У попису литературе се не смеју наводити референце које у тексту нису цитиране. Литературу писати са фонтом tnr 9 pt, нумерисати са бројевима у великој загради. Референце треба да садрже аутора(е), наслов, тачно име часописа или књиге и др., број страна од-до, издавача, место и датум издавања.

Табеле - Табеле треба бројати по реду појављивања. Табеле, графикони и фотографије (црно беле с високим контрастом) морају бити укључене у текст (Таб. 1). Бројеве табела и наслове писати изнад табела. Текст у табелама писати у Font size 9 pt. Све текстуалне уносе у табелама дати упоредо на српском и енглеском језику. Свака табела мора да има означене све редове и колоне, укључујући и јединице у којима су величине дате, да би се могло разумети шта је у табели представљено. Свака табела мора да буде цитирана у тексту рада.

Слике - Слике треба да буду доброг квалитета укључујући ознаке на њима. Све слике по потреби треба да имају легенду. Објашњења симбола и мерне јединице треба да се дају у легендама слика. Све слике треба да буду цитиране у тексту. Слике и графиконе (Граф. 1) такође треба нумерисати, а бројеве и наслове писати испод графикона или слика (Сл. 1). Наслов слике или графикона треба да буде написан на српском и енглеском као и сви остали словни уноси у графиконима и сликама (*italic*).

Математичке ознаке (формуле) - писати у едитору формула (MS Equation ili Mathtype) са величином основног фонта tnr 10 pt. Формуле (центриране) обавезно нумерисати бројевима у загради (1) са десним уравњањем.

CIP – Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

631(059)

ПОЉОПРИВРЕДНА техника : научни часопис = Agricultural engineering : scientific journal / главни и одговорни уредник Горан Тописировић. – Год. 1, бр. 1 (1963)- . - Београд; Земун : Институт за пољопривредну технику, 1963- (Београд : Штампарија "Академска издања") . – 25 cm

Тромесечно. – Прекид у излажењу
од 1987-1997. године
ISSN 0554-5587 = Пољопривредна техника
COBISS.SR-ID 16398594

МОГУЋНОСТИ И ОБАВЕЗЕ СУИЗДАВАЧА ЧАСОПИСА

У одређивању физиономије часописа ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА, припреми садржаја и финансирању његовог издавања, поред сарадника и претплатника (правних и физичких лица), значајну подршку Факултету дају и суиздавачи - радне организације, предузећа и друге установе из области на које се мисија часописа односи.

ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА је научни часопис који објављује резултате основних и примењених истраживања значајних за развој у области биотехнике, пољопривредне технике, енергетике, процесне технике и контроле, као и електронике и информатике у биљној и сточарској производњи и одговарајућој заштити, доради и преради пољопривредних производа, контроли и очувању животне средине, ревитализацији земљишта, прикупљању отпадака и њиховом рециклирању, односно коришћењу за производњу горива и сировина.

Права суиздавача

Суиздавач часописа може бити свако правно лице односно грађанско-правно лице, предузеће или установа које је заинтересовано за ширење и пласирање информација у области пољопривредне технике, односно науке, струке и других делатности од значаја за модерну пољопривредну производњу и производњу хране или модерније речено - за успостављање и развој одрживог ланца хране.

Фирма која жели да постане суиздавач, уплатом, једном годишње, на рачун издавача суме која је једнака отприлике износу 10 годишњих претплата стиче следећа права:

- Делегирање свога представника - стручњака у Савет часописа;
- У сваком издању часописа који излази једанпут годишње, као четвороброј у тиражу од по 350 примерака, могуће је у форми рекламног додатка остварити право на бесплатно објављивање по једне целе стране свог огласа, а једном годишње та страна може да буде у пуној боји; Напомињемо овде да цена једне рекламно-информативне стране у пуној боји у једном броју износи 20.000 динара.
- Од сваког броја изашлог часописа бесплатно добија по 3 примерка;
- У сваком броју рекламног додатка му се објављује, пуни назив, логотип, адреса, бројеви телефона и факса и др., међу адресама суиздавача;
- Има право на бесплатно објављивање стручно-информативних прилога, производног програма, информација о производима, стручних чланака, вести и др.;

Како се постаје суиздавач часописа ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА

Пошто фирма изрази жељу да постане суиздавач, од ПОЉОПРИВРЕДНОГ ФАКУЛТЕТА добија четири примерка уговора о суиздавању потписана и оверена од стране издавача. Након потписивања са своје стране, суиздавач враћа два примерка Факултету, после чега прима фактуру на износ суиздавачког новчаног дела. Уговор се склапа са важношћу од једне (календарске) године, тј. односи се на два броја часописа.

Приликом враћања потписаних уговора суиздавач шаље уредништву и своју адресу, логотип, текст огласа и рукописе прилога које жели да му се штампају, као и име свог представника у Савету часописа. На његово име стижу и бесплатни примерци часописа и сва друга пошта од издавача.

Суиздавачки део за часопис у 2013. год. износи 20.000 динара. Напомињемо, на крају, да суиздавачки статус једној фирми пружа могућност да са Факултетом, односно уредништвом часописа, разговара и договара и друге послове, посебно у домену издаваштва.

Научно-стручно информативни медијум у правим рукама

Када се има на уму да часопис, са два обимна броја са информативно-стручним додатком, добија значајан број фирми и појединаца, треба веровати у велику моћ овог средства комуницирања са стручном и пословном јавношћу.

Наш часопис стиже у руке оних који познају области часописа и њима се баве, те је свака понуда коју он садржи упућена на праве особе. Већ та чињеница осмишљава бројне напоре и трајне резултате који стоје иза подухвата званог издавање часописа.

За сва подробнија обавештења о часопису, суиздаваштву, уговарању и др., обратите се на:

Уредништво часописа
ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА
Пољопривредни факултет,
Институт за пољопривредну технику
11080 Београд-Земун, Немањина 6, п. фах 127,
тел. (011)2194-606, факс: 3163317.
e-mail: gogi@agrif.bg.ac.rs