

ZNAČAJ I EFEKAT BIOFERTILIZACIJE U TEHNOLOGIJI PROIZVODNJE BAŠTENSKE JAGODE

Marijana Pešaković^{1*}, Jelena Tomić¹, Jasmina Milivojević²

¹Institut za voćarstvo, Čačak, Kralja Petra I 9, 32000 Čačak, Republika Srbija

E-mail: marijanap@ftn.kg.ac.rs

²Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, 11080 Beograd, Republika Srbija

Izvod: Agrotehničke mere koje se danas primenjuju podložne su promenama, kojima se omogućavaju nova, racionalnija rešenja, zasnovana na manjim ulaganjima i nižoj ceni proizvoda uz istovremeno očuvanje prirodnih resursa. U cilju utvrđivanja mogućnosti unapređenja postojeće tehnologije proizvodnje baštenske jagode, a u svrhu dobijanja zdravstveno bezbednog proizvoda i očuvanja biološke ravnoteže, razmatrane su mogućnosti supstitucije mineralnih hraniva biofertilizatorima. U radu je dat prikaz rezultata komparativnih proučavanja uticaja biofertilizatora i mineralnih hraniva na produktivnost, vegetativnu razvijenost bokora i važne atribute kvaliteta ploda četiri sorte jagode ('Clery', 'Joly', 'Dely', 'Senga Sengana'). Pored toga, u radu su prikazani i rezultati koji se odnose na biogenost rizosfere pomenutih sorti.

Analiza rezultata dosadašnjih istraživanja sprovedenih kod nas i u svetu ukazuje na činjenicu da se uvođenjem biofertilizacije u tehnologiju proizvodnje baštenske jagode mogu zadovoljiti osnovni postulati održive poljoprivrede, odnosno, postići stabilnost i kvalitet prinosa, ostvariti povoljan ekonomski efekat i istovremeno očuvati ekološka ravnoteža.

Ključne reči: *Fragaria x ananassa* Duch., mikrobi inokulanti, mineralna ishrana, produktivnost, kvalitet ploda, ekonomski efekat.

Uvod

Intenzivan razvoj moderne tehnologije doveo je do opšteg progresa društva, ali i do pojave brojnih štetnih posledica. S tim u vezi, kao jedan od važnijih naučnih problema današnjice, nameće se pitanje racionalnog korišćenja prirodnih resursa, pre svega, zemljišta kao najznačajnijeg u lancu proizvodnje hrane.

Jedan od najvećih uzročnika degradacije zemljišta predstavljaju toksične materije koje je čovek svesno proizveo. Gubeći kontrolu nad njima, te iste materije, u ciklusu kruženja, preko lanaca ishrane, opet se vraćaju čoveku. Sve veći broj istraživanja upozorava na činjenicu da primena azotnih mineralnih hraniva, koja je u stalnom usponu i čija će se upotreba udvostručiti, pa čak i utrostručiti do 2050. godine (Tilman et al., 2001), može kontaminirati površinske i podzemne vode i izazvati eutrofizaciju vodenih basena (Beman et al., 2005; Wolfe i Patz, 2002). Opasnost od prekomerno upotrebe azotnih mineralnih hraniva u poljoprivrednoj proizvodnji, ogleda se i u pojačanoj emisiji N_2O u atmosferu (Tilman et al., 2001; Galloway et. al., 2003), kao i mogućnosti akumulacije nitrata iznad dozvoljenog nivoa u gajenim biljkama, a time i njihovom unosu u ljudski organizam.

U cilju prevazilaženja ovih problema, neophodno je intenzivirati poljoprivrednu proizvodnju na način da zadovolji osnovne kriterijume održivog koncepta proizvodnje, koji podrazumeva kvalitet životne sredine uz maksimalno očuvanje resursa sa ekonomskom i socijalnom dimenzijom (Milošević et al., 2003). Potreba za intenziviranjem poljoprivredne

proizvodnje ogleda se i u činjenici da će svetska populacija do 2050. godine narasti na 10 milijardi, te da će se potražnja za hranom povećati za 70%. Konvencionalnim metodama i uz stopu rasta od 1,8% na godišnjem nivou (Sheikh, 2009) poljoprivredna proizvodnja neće moći da zadovolji potrebe za hranom brzo rastuće populacije. Jedna od mogućnosti unapređenja poljoprivredne proizvodnje odnosi se i na tehnologiju proizvodnje jagode, posebno u oblasti mineralne ishrane, a podrazumeva i primenu supstanci ili bioloških agregata, koji sadrže žive ćelije mikroorganizama (mikrobeni inokulanti tj. biofertilizatori).

Dominantnost i aktivnost pojedinih grupa mikroorganizama nastanjenih u zemljištu određuje njihov uticaj na biljke, a rezultat je interakcije - tip zemljišta, biljna vrsta i lokalizacija mikroorganizma u rizosferi (Marschner et al., 2001). Korisni mikroorganizmi tzv. promotori biljnog rasta ispoljavaju efekat na rast, razviće i prinos biljaka putem različitih mehanizama, koji mogu biti direktni ili indirektni, a uključuju povećanje sadržaja hraniva u rizosferi kroz biološku fiksaciju azota i prevođenje nerastvorljivih fosfornih, kalijumovih i sumpornih jedinjenja u rastvorljive oblike, sintezu vitamina i fitohormona (auksini, giberelini, citokinini, abscisinska kiselina), regulisanje nivoa etilena u biljnom tkivu, produkciju siderofora i smanjenje ili sprečavanje štetnih efekata patogenih mikroorganizama. Interesovanje za dublje razumevanje odnosa između korisnih rizosferskih mikroorganizama i gajenih biljaka, kao i za način primene tih saznanja u poljoprivredi postaju sve aktuelniji. Stoga se, pojavljivanjem na tržištu većeg broja biofertilizatora različitog sastava, nameće potreba za ispitivanjem njihovih efekata i u proizvodnji baštenske jagode sa ciljem unapređenja postojeće tehnologije gajenja, a u svrhu dobijanja zdravstveno bezbednih plodova i očuvanja biološke ravnoteže.

Korisni mikroorganizmi kao biofertilizatori

Imajući u vidu značaj azota u ishrani biljaka, u biofertilizatorima dominiraju bakterije iz grupe azotofiksatora koje elementarni, atmosferski azot prevode u oblike pristupačne biljkama (biološka azotofiksacija). Količina fiksiranog azota ovim putem u području umerenog klimata iznosi $20\text{--}60 \text{ kg ha}^{-1}$, a po nekim rezultatima i do 150 kg ha^{-1} (Umarov, 1985). Rast biljaka, kao i mikrobiološka aktivnost zemljišta, osim azotom, uslovljeni su prisustvom fosfora, kalijuma i sumpora. Najveće rezerve fosfora nalaze se u zemljištu i iznose oko $96\text{--}160 \times 10^{12} \text{ kg}$, od čega je više od 50% u organskom obliku (Borie et al., 1989). I pored velike količine fosfora koji se nalazi u zemljištu, samo mali deo se nalazi u obliku koji je biljkama dostupan (Stevenson i Cole, 1999). Bakterije iz roda *Bacillus* i *Azotobacter* mogu sintetisati organske kiseline i fosfataze koje će nepristupačan fosfor prevesti u, za biljke, pristupačnu formu. Pored toga, zahvaljujući aktivnosti bakterija iz roda *Bacillus*, kalijum, koji je u zemljištu najčešće prisutan u nepristupačnoj formi, postaje pristupačan. Bakterije iz roda *Pseudomonas*, pored toga što učestvuju u transformaciji fosfora, produkuju materije rasta i vitamin B12, sposobne su i da transformišu organske forme sumpora u neorganski i na taj način ga prevode u forme pristupačne biljkama.

Efekat biofertilizacije na produktivnost baštenske jagode

Mikrobeni inokulanti se mogu primeniti kao pojedinačni sojevi određene vrste ili kao smeša sojeva više vrsta.

Proučavajući efekat biofertilizacije na produktivnost sorte jagode 'Senga Sengana' gajene u stakleniku, Pešaković et al. (2013) su utvrdili da je inokulacija i kulturom diazotrofne bakterije *Klebsiella planticola* TSHA-91 (Biofertilizator 1) i smešom kultura bakterija robova *Azotobacter*, *Dexia*, *Pseudomonas* i *Bacillus* (Biofertilizator 2) značajno uticala na povećanje prinosa po bokoru u odnosu na kontrolni tretman (Tabela 1), dok značajnost razlika u dobijenim vrednostima između primene biofertilizatora i mineralnog

hraniva nije ustanovljena. Dobijeni rezultati ukazuju na mogućnost supstitucije mineralnih hraniva biofertilizatorima bez negativnih efekata na visinu prinosa.

Tabela 1. Uticaj tipa hraniva na produktivnost sorte jagode 'Senga Sengana'
The influence of the fertilizer type on productivity of 'Senga Sengana' strawberry

Faktor Factor		Broj plodova/bokor Number of fruits/plant	Prinos/bokor (g) Yield/plant (g)
Hranivo (A) <i>Fertilizer (A)</i>	Biofertilizator 1 <i>Biofertilizer 1</i>	55,1±9,97 a	520±0,03 a
	Biofertilizator 2 <i>Biofertilizer 2</i>	62,1±3,34 a	490±0,03 a
	Mineralno hranivo <i>Chemical fertilizer</i>	63,3±5,34 a	510±0,03 a
	Kontrola <i>Control</i>	51,1±2,87 a	410±0,02 b
Godina (B) <i>Year (B)</i>	I	52,6±3,61 a	450±0,02 b
	II	63,2±4,47 a	520±0,01 a
ANOVA			
A		nz	*
B		nz	*
A × B		nz	nz

Prosečne vrednosti za tri ponavljanja ± standardna greška. Vrednosti u kolonama označene različitim slovima predstavljaju značajne razlike na nivou $p \leq 0,05$ (*LSD test*); nz - razlike nisu značajne.

Mean values of three replications ± standard error. Values in the columns followed by different letters are significantly different at $p \leq 0,05$; ns – no significant differences.

Biofertilizacija se pozitivno odrazila i na produktivnost konzumnih sorti 'Clery', 'Joly' i 'Dely' (Tabela 2). Veći prinos, kao i broj plodova po bokoru ostvaren je u varijanti biofertilizacije u poređenju sa kontrolnim tretmanom (Pešaković i Milivojević, 2014).

Tabela 2. Uticaj tipa hraniva na produktivnost jagode
The influence of the fertilizer type on strawberry productivity

Faktor Factor		Broj plodova/bokor Number of fruits/plant	Prinos/bokor (kg) Yield/plant (g)
Hranivo (A) <i>Fertilizer (A)</i>	Biofertilizator <i>Biofertilizer</i>	29,8±1,62a	0,71±0,03a
	Mineralno hranivo <i>Chemical fertilizer</i>	28,6±1,32a	0,67±0,03a
Sorta (B) <i>Cultivar (B)</i>	'Clery'	36,2±1,16a	0,78±0,02a
	'Joly'	26,1±1,05b	0,76±0,03a
	'Dely'	25,2±0,97b	0,53±0,01b
Hranivo x Sorta <i>Fertilizer x Cultivar</i> (A × B)	Biofertilizator <i>Biofertilizer</i>	'Clery'	37,7±1,86a
		'Joly'	26,2±1,62a
		'Dely'	25,5±1,43a
	Mineralno hranivo <i>Chemical fertilizer</i>	'Clery'	34,8±1,30a
		'Joly'	26,0±1,48a
		'Dely'	25,0±1,44a
ANOVA			
A		nz	nz
B		*	*
A × B		nz	nz

Prosečne 2-godišnje vrednosti sa tri ponavljanja \pm standardna greška. Vrednosti u kolonama označene različitim slovima predstavljaju značajne razlike na nivou $p \leq 0,05$ (LSD test); nz – razlike nisu značajne.

Mean 2-year values of three replications \pm standard error. Values in the columns followed by different letters are significantly different at $p \leq 0,05$; ns – no significant differences.

Slične rezultate, u pogledu prinosa, navode Güneş et al. (2009), proučavajući uticaj biofertilizatora na bazi fosfo-mineralizujućih bakterija (*Bacillus* FS-3 i *Aspergillus* FS9) kod sorte jagode 'Fern'. Lutfi i Murat (2009), takođe, ističu pozitivne efekte primene bakterija tzv. promotora biljnog rasta na prinos starnoradajuće sorte jagode 'Selva'. Proučavajući efekte biofertilizacije na rast, prinos i nutritivni sastav sorte jagode 'Sweet Charlie', Singh i Singh (2009) konstatuju da inokulacija bakterijama rodova *Azotobacter* i *Azospirillum* u kombinaciji sa 60 kg N ha⁻¹ (50% N u odnosu na standardnu dozu) i 100 ppm giberelinske kiseline rezultira najvišim prinosom. Pozitivne efekte biofertilizacije na prinos i čvrstinu ploda sorte jagode 'Senga Sengana' konstatovali su Sas-Paszt et al. (2008), a Frac et al. (2009) su utvrdili povećanje broja plodova 'Extra' klase od 71%, takođe u varijanti primene mikrobnih inokulanata. Povećanje prinosa pod uticajem biofertilizacije, može se objasniti činjenicom da mikroorganizmi sadržani u biofertilizatoru, tokom svoje životne aktivnosti, kroz slobodnu N₂ fiksaciju ostavljaju u zemljištu gotove izvore hrane za biljke i povećaju sadržaj regulatora rasta kao što su indolsirćetna kiselina, giberelinska kiselina, citokinini i etilen (Arshad i Frankenberger, 1993; Glick, 1995), a što se sve pozitivno odražava na rast i prinos.

Efekat biofertilizacije na vegetativni potencijal baštenske jagode

Imajući u vidu da je prinos u pozitivnoj korelaciji sa razvijenošću bokora, veoma je značajno da se primenom savremenih tehnologija gajenja dobije što bolja razvijenost svake pojedinačne krunice u bokoru i čitavog bokora. Među različitim faktorima koji utiču na razvoj bokora i prinos jagode, ishrana je jedan od najvažnijih, i čini jednu trećinu ukupnih troškova proizvodnje (Bhat, 1999; Nazir, 2005). Rezultati do kojih su došli Luković et al. (2012) ukazuju na značajan uticaj smeše kultura bakterija (*Azotobacter*, *Dexia*, *Pseudomonas* i *Bacillus*) na visinu bokora jagode sorti 'Clery' i 'Dely'. Istovremeno svi proučavani parametri vegetativnog potencijala (visina bokora, broj krunica u bokoru, broj listova u rozeti, ukupna površina listova jednog bokora) su u varijanti primene kompleksnog mineralnog NPK hraniva imali najniže vrednosti. Seo et al. (2009) navode da je upotreba tri različita komercijalna mikrobiološka hraniva ('Ofarmguard', 'O-sis', 'EXTN'), primenjenih sedam puta u intervalima od 15 dana, uticala na povećanje broja i površine listova bokora u odnosu na kontrolu. Značajan uticaj azotofiksirajućih bakterija zajedno sa bioregulatorima na vegetativni porast sorte jagode 'Sweet Charlie' evidentirali su Singh i Singh (2009). Takođe, prema rezultatima Umar et al. (2009) najveća dužina, širina i površina listova bokora jagode zabeležena je postepenim dodavanjem mineralnog azota zajedno sa *Azotobacter*-om.

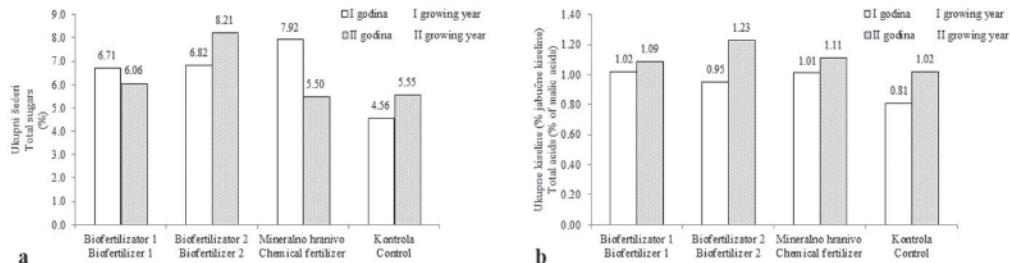
Efekat biofertilizacije na hemijske karakteristike ploda baštenske jagode

Inokulacije asimbiotskom azotofiksirajućom bakterijom *Klebsiella planticola* TSHA-91 (Biofertilizator 1), kao i smešom bakterija rodova *Azotobacter*, *Dexia*, *Pseudomonas* i *Bacillus* (Biofertilizator 2) pokazale su pozitivan efekat na hemijske karakteristike ploda jagode (Pešaković et al., 2013). Autori ističu da su vrednosti sadržaja rastvorljive suve materije, ukupne kiselosti, ukupnih i invertnih šećera u plodu sorte jagode 'Senga Sengana' bile veće u tretmanu sa Biofertilizatorom 2 (Tabela 3), što ukazuje na činjenicu da se na hemijske karakteristike ploda jagode može uticati različitim načinima ishrane. Stimulativni efekati Biofertilizatora 2 posebno su bili izraženi u drugoj godini istraživanja (Grafik 1).

Tabela 3. Uticaj tipa hraniwa na hemijske karakteristike ploda sorte jagode 'Senga Sengana'
The influence of the fertilizer type on chemical fruit traits of Senga Sengana strawberry

Faktor <i>Factor</i>	Rastvorljive suve materije <i>Soluble solids content</i> (°Brix)	Ukupni šećeri <i>Total sugars (%)</i>	Invertini šećeri <i>Reducing sugars (%)</i>	pH	Ukupne kiseline (% jabučne kiseline) <i>Total acids (% of malic acids)</i>	Saharoza <i>Sucrose (%)</i>
Hranivo (A) <i>Fertilizer (A)</i>	Biofertilizator 1 <i>Biofertilizer 1</i>	8,90±0,86 c	6,38±0,15 c	5,48±0,17 c	1,05±0,02 c	3,56±0,01 a
	Biofertilizator 2 <i>Biofertilizer 2</i>	10,18±0,39 a	7,51±0,31 a	6,60±0,31 a	1,09±0,06 a	3,57±0,02 a
	Mineralno hranivo <i>Chemical fertilizer</i>	9,50±0,72 b	6,71±0,54 b	5,79±0,48 b	1,06±0,02 b	3,56±0,01 a
	Kontrola <i>Control</i>	7,50±0,17 d	5,06±0,22 d	4,35±0,22 d	0,92±0,47 d	3,55±0,02 a
	Godina (B) <i>Year (B)</i>	I II	9,10±0,44 a 8,94±0,38 a	6,50±0,37 a 6,33±0,33 b	5,60±0,33 a 5,51±0,33 b	0,95±0,03 b 1,11±0,02 a
	Year (B)				3,58±0,01 a 3,55±0,01 a	0,84±0,04 a 0,79±0,03 b
ANOVA						
A	*	*	*	*	*	*
B	nz	*	*	*	nz	*
A x B	*	*	*	*	nz	*

Prosečne 2-godišnje vrednosti tri ponavljanja ± standardna greška. Vrednosti u kolonama označene različitim slovima predstavljaju značajne razlike na nivou $p \leq 0,05$ (LSD test); nz-razlike nisu značajne.
Mean 2-year values of three replications ± standard error. Values in the columns followed by different letters are significantly different at $p \leq 0,05$; ns – no significant differences.



Grafikon 1. Interakcijski uticaj (hranivo x godina) na sadržaj ukupnih šećera (a) i ukupnih kiselina (b) u plodu jagode 'Senga Sengana'

The interaction effect of the fertilizer type and growing year on total sugars (a) and total acids (b) of 'Senga Sengana' strawberry fruits

Brojna istraživanja ukazuju na prisustvo visokih koncentracija bioaktivnih supstanci u plodovima jagode. Budući da ova jedinjenja mogu značajno da smanje rizik od dobijanja kancerogenih, kardiovaskularnih i nekih drugih oboljenja, od posebnog značaja je identifikacija i kvantifikacija bioaktivnih i aromatičnih sastojaka prisutnih u plodovima, kao i definisanje optimalnih uslova gajenja, koji bi mogli dovesti do očuvanja i povećanja njihove koncentracije. Smatra se da se značajan deo antioksidativne aktivnosti plodova jagode može pripisati fenolnim kiselinama, među kojima je u plodu jagode najzastupljenija elaginska kiselina (Määttä-Riihin et al., 2004; Da Silva Pinto et al., 2008; Milivojević et al., 2011; Pešaković i Milivojević, 2014). Proučavajući uticaj različitih načina ishrane, Pešaković i Milivojević (2014) su utvrdili pozitivne efekte biofertilizacije na sadržaj elaginske, galne i protokatehinske kiseline, dok sadržaj *p*-kumarinske kiseline nije značajno varirao u odnosu na primjenjeni tip hraniva. Ovi rezultati ukazuju na mogućnost zamene određene količine mineralnog hraniva biofertilizatorima, sastavljenim od visoko efektivnih sojeva mikroorganizama.

Među fenolnim komponentama prisutnim u plodu jagode važno mesto pripada i flavonoidima, posebno antocijanima od kojih i potiče karakteristična crvena boja ploda. Prema Crespo et al. (2009) u jagodi je identifikovan veliki broj antocijana, a dominiraju pelargonidin i cijanidin, a što je u saglasnosti i sa rezultatima do kojih su došli Mikulič-Petkovšek et al. (2013), ističući da 85–95% antocijana identifikovanih u plodu jagode čine *pelargonidin-3-glucoside* i *pelargonidin-3-malonylglycoside*. Rezultati do kojih su došli Pešaković i Milivojević (2014), takođe, ukazuju na dominantno prisustvo cijanidina i pelargonidina (Tabela 4). Autori navode da je sadržaj cijanidina za 38% veći u varijanti biofertilizacije u odnosu na njegov sadržaj u varijanti mineralne ishrane, a pelargonidina za skoro 46%.

Isto istraživanje ukazuje i na pozitivan uticaj biofertilizacije na sadržaj ukupnih fenola i ukupni antioksidativni kapacitet (Tabela 4). Povećanje sadržaja ukupnih fenola i ukupnog antioksidativnog kapaciteta može biti rezultat intenzivnijih mineralizacionih procesa u zemljišu. U takvim uslovima povećava se i aktivnost samog korena, a njegove fiziološke funkcije postaju intenzivnije. Sa druge strane, primena mineralnih hraniva ispoljila je inhibitorni efekat, koji je označen niskim vrednostima većine fenolnih jedinjenja, nastalih najverovatnije, kao posledica promena u sadržaju organske materije zemljišta. Ovo je u saglasnosti i sa rezultatima do kojih je došao Kivistärvi (1999) ističući da se sinteza fenolnih jedinjenja u plodovima jagodastog voća može povećati ukoliko se tehnologija proizvodnje sprovodi bez primene pesticida i mineralnih hraniva.

Tabela 4. Uticaj tipa hraniva na sadržaj antioksidativnih komponenti u plodu jagode
The influence of the fertilizer type on the antioxidative compounds in strawberry fruits

Faktor <i>Factor</i>	Sadržaj antocijana <i>Anthocyanins content</i> (mg/100 g FW)				Ukupni antioksidativni kapacitet <i>Antioxidant activity</i> (Trolox, mmol/100 g FW)
	Cyanidin-3-glucoside	Pelargonidin-3-glucoside	Total phenolics (mg/100 g FW)	Ukupni fenoli	
	Cyanidin-3-glucoside	Pelargonidin-3-glucoside	Ukupni fenoli	Total phenolics (mg/100 g FW)	
Hranivo (A) <i>Fertilizer (A)</i>	Biofertilizator <i>Biofertilizer</i>	6,30±0,98a	15,97±0,78a	301,51±35,47a	482,77±1,29a
	Mineralno hranivo <i>Chemical fertilizer</i>	3,93±0,13b	8,60±0,97b	275,60±42,35b	419,09±16,31b
Sorta (B) <i>Cultivar (B)</i>	'Clerly'	3,72±0,24b	14,82±1,62a	162,30±18,67c	457,64±10,12a
	'Joly'	6,87±1,45a	10,63±1,75b	508,48 ±7,31a	432,94±18,25a
	'Dely'	4,77±0,08b	11,41±0,84b	194,91±8,58b	462,21±20,41a
Hranivo x Sorta x Fertilizator <i>Fertilizer x Cultivar (A x B)</i>	Biofertilizator <i>Biofertilizer</i>	3,64±0,51b	18,64±1,57a	205,71±19,69b	478,43±2,02a
	'Joly'	10,30±2,11a	16,01±0,39ab	503,36±11,47a	487,39±2,02 a
	'Dely'	4,97±0,10b	13,26±0,84bc	195,47±8,95b	482,49±0,95 a
	Mineralno hranivo <i>Chemical fertilizer</i>	3,80±0,01b	11,00±1,80cd	118,88±19,81c	436,85±16,53a
	'Clerly'	3,44±0,21b	5,24±1,33e	513,59±9,64a	378,49±16,61a
	'Joly'	4,56±0,05b	9,55±1,01d	194,34±15,62b	441,93±40,84a
ANOVA					
A	*	*	*	*	*
B	*	*	*		nz
A x B	*	*	*		nz

Prosečne vrednosti za tri ponavljanja ± standardna greška. Vrednosti u kolonama označene različitim slovima predstavljaju značajne razlike na nivou $p \leq 0,05$ (*LSD test*); nz-razlike nisu značajne.

Mean values of three replications ± standard error. Values in the columns followed by different letters are significantly different at $p \leq 0,05$; ns – no significant differences.

Efekat biofertilizacije na prisustvo određenih sistematskih i fizioloških grupa mikroorganizama u rizosferi baštenske jagode

Promene u brojnosti pojedinih sistematskih i fizioloških grupa mikroorganizama mogu poslužiti kao jedan od indikatora potencijalne i efektivne proizvodne sposobnosti zemljišta pri optimizaciji ishrane poljoprivrednih kultura (Hole et al., 2005). Ukupan broj mikroorganizama (ukupan broj bakterija koje izrastu na zemljišnom agaru u određenom ekosistemu) može se smatrati jednim od glavnih pokazatelja njegove biogenosti. Na osnovu kvantitativnih razlika ukupnog broja mikroorganizama mogu se proceniti svojstva zemljišta, te i njegova potencijalna i efektivna plodnost (Jarak i Hajnal, 2006). Budući da na minimalne promene uslova u zemljištu reaguje smanjenjem brojnosti, azotobakter se, takođe, može koristiti za indikaciju proizvodne sposobnosti zemljišta. Artursson et al. (2006) navode da primena mikrobnih inokulanata u biljnoj proizvodnji vodi ka povećanju broja i enzimske aktivnosti mikroorganizama, mikrobne biomase, mikrobnog diverziteta u rizosferi, što rezultira poboljšanjem proizvodne sposobnosti zemljišta. Međutim, nakon unošenja inokulanata u zemljište, postoji mogućnost da oni utiču na autohtone mikroorganizme, ali isto tako i da autohtonii mikroorganizmi utiču na inokulante, a kakav će se uticaj ostvariti zavisi od interakcije unutar i između autohtonih populacija, od biljke i zemljišta (Higa i Parr, 1994). Određene grupe mikroorganizama mogu biti stimulisane, druge inhibirane, a takođe se dešava

da introdukovani mikroorganizmi ne utiču na strukturu autohtone populacije (Dobbelaere et al., 2003).

Naša istraživanja primene mikrobnih inokulanata (*Klebsiella* sp., *Azotobacter* sp., *Bacillus* sp. i *Pseudomonas* sp.) pokazala su značajan uticaj na prisustvo pojedinih sistematskih i fizioloških grupa mikroorganizama u rizosferi baštenske jagode (Pešaković et al., 2013; Pešaković i Milivojević, 2014). Istraživanje sprovedeno, u uslovima stakleničke proizvodnje, na biljkama sorte 'Senga Sengana', kao i sortama 'Clery', 'Joly' i 'Dely' (Tabela 5) pokazalo je da korišćenje mikrobnih inokulanata utiče na povećanje opšte biološke aktivnosti zemljišta. Naime, inokulacija rizosfernog zemljišta jagode, pre svega, diazotrofnom bakterijom *Klebsiella planticola* TSHA-91, ali i smešom bakterija rođova *Azotobacter*, *Dexia*, *Pseudomonas* i *Bacillus*, stimulativno je uticala na ukupan broj mikroorganizama, broj amonifikatora, oligonitrofila, i azotobakteria, a u rizosferi sorte 'Senga Sengana' i aktinomiceta. Ova pojava rezultat je ne samo izražene azotofiksacione sposobnosti sojeva sadržanih u biofertilizatoru već i kumulativnog dejstva niza efekata, kao što su inhibicija razvoja fitopatogena, sinteza fitohormona (Sukhovitskaja et al., 2004), detoksifikacija teških metala i sinteza egzocelularnih polisaharida (Park et al., 2005; Biari et al., 2008). Sa druge strane, nije uočeno povećanje brojnosti zemljjišnih gljiva što se, prema navodima Sukhovitskaja et al. (2004) može objasniti činjenicom da *Klebsiella planticola*, kao i neki drugi asimbiotični diazotrofi, *Azotobacter* na primer, može produkovati fungicidne materije.

Tabela 5. Uticaj tipa hraniva na broj mikroorganizama
The influence of the fertilizer type on the soil microorganisms number

Faktor Factor		Ukupan broj mikroorganizama (br. cel.·10 ⁶ /g) Total number of microorganisms (CFU·10 ⁶ /g d.m. soil)	Broj Number			
			Gljiva Fungi CFU·10 ⁵ /g d.m. soil)	Aktinomiceta Actinomycetes CFU·10 ⁵ /g d.m. soil)	Azotobakteria Azotobacters CFU·10 ⁵ /g d.m. soil)	Oligonitrofila Oligonitrophils CFU·10 ⁵ /g d.m. soil)
Hranivo (A) <i>Fertilizer (A)</i>	Biofertilizator <i>Biofertilizer</i>	125,2±3,48a	57,9±2,55b	23,2±0,79b	39,1±1,10a	26,8±1,28a
	Mineralno hranivo <i>Chemical fertilizer</i>	121,5±3,32a	79,2±1,33a	33,5±1,71a	21,4±1,39b	22,9±0,97b
Sorta (B) <i>Cultivar (B)</i>	'Clery'	122,0±4,13a	66,0±3,85a	26,5±2,15a	30,8±3,11ab	22,1±0,87b
	'Joly'	118,2±4,60a	67,9±4,37a	28,4±2,14a	26,9±2,79b	29,0±1,67a
	'Dely'	129,9±3,13a	71,8±3,78a	30,2±2,36a	33,1±3,04a	23,5±0,99b
Dubrivo x Sorta <i>Fertilizer</i> x <i>Cultivar</i> (A x B)	Biofertilizator <i>Biofertilizer</i>	'Clery'	124,2±6,33a	55,0±3,07a	21,8±0,70a	40,0±1,77a
		'Joly'	121,0±8,27a	56,7±5,35a	22,7±1,76a	35,0±1,29a
		'Dely'	130,5±2,32a	62,2±4,74a	25,2±1,22a	42,2±1,45a
	Mineralno hranivo <i>Chemical fertilizer</i>	'Clery'	119,8±5,75a	77,0±2,76a	31,2±3,34a	21,5±2,28a
		'Joly'	115,3±4,64a	79,2±2,23a	34,2±1,96a	18,8±2,55a
		'Dely'	129,3±6,13a	81,3±1,89a	35,2±3,60a	24,0±2,34a
ANOVA						
A		nz	*	*	*	*
B		nz	nz	nz	*	*
A x B		nz	nz	nz	nz	nz

Prosečne vrednosti za tri ponavljanja ± standardna greška. Vrednosti u kolonama označene različitim slovima predstavljaju značajne razlike na nivou $p \leq 0,05$ (LSD test); nz-razlike nisu značajne.

Mean values of three replications ± standard error. Values in the columns followed by different letters are significantly different at $p \leq 0,05$; ns – no significant differences.

Ekonomski efekat biofertilizacije

Uprkos činjenici da bi biofertilizacija omogućila postizanje kvalitetnih i stabilnih prinosa, bez štete po zdravlje čoveka i životnu sredinu, obim proizvodnje organizovane na ovakav način, ne raste očekivanim tempom, najčešće zbog smanjivanja visine prinosa, ali i nedovoljne informisanosti i nedovoljno razvijene ekološke svesti proizvođača i potrošača.

Primena kompleksnih mineralnih vodotopivih đubriva (NPK), kao redovna mera nege zasada jagode tokom vegetacije, zasniva se uglavnom na korišćenju različitih formulacija đubriva (11:44:11; 11:35:11; 20:20:20; 16:8:32; 10:5:39; 12:0:43; 15,5:0:0 + 26,5 CaO), koje se prilagođavaju odgovarajućim fenološkim fazama razvoja biljaka. Na zemljištu srednje obezbeđenom lako pristupačnim mineralnim elementima (ukupan N, P₂O₅, K₂O), prosečna količina mineralnih đubriva sa uračunatim količinama đubriva na bazi mešavine mikrolemenata, potrebnih za vegetativni razvoj i plodnošenje jagode iznosi oko 500 kg/ha u jednoj vegetacionoj sezoni. Prema aktuelnim cenama mineralnih đubriva koja se prodaju na našem tržištu („Haifa“, „Everis“, „Yara“ itd.), troškovi nabavke potrebne količine iznose 89.600,00 RSD (oko 800 evra).

Sa druge strane, količina biofertilizatora neophodna za optimalan rast, razvoj i plodnošenje jagode kreće se od 2–8 l/ha. Budući da cena 1 l biofertilizatora (Bactofil B-10, Bacillomix specijal i dr.) iznosi 5.000,00, odnosno 1.300,00 RSD (po redosledu), to su ukupni troškovi njihove nabavke 9.100,00 RSD (75 evra), odnosno 10.400,00 RSD (85 evra), što je za oko 90% niže u odnosu na troškove nabavke odgovarajućeg mineralnog hraniva.

Uzimajući u obzir činjenicu da mala količina (nekoliko litara) biofertilizatora može da zameni i do 500 kg mineralnog hraniva, a pri tome je jeftiniji i ima jednostavniju primenu, pozitivno se odražava na strukturu, vodno-vazdušni režim zemljišta i kvalitet hrane, može se zaključiti da je ekomska isplativost ovakvog vida proizvodnje daleko povoljnija od konvencionalne.

Zaključak

Unošenjem mikrobioloških hraniva koja u sebi sadrže pojedinačne (*Klebsiella* sp.) i mešane populacije mikroorganizama (*Azotobacter* sp., *Dexia* sp., *Pseudomonas* sp. i *Bacillus*) u rizosferu baštenske jagode može se postići bolje snabdevanje biljaka neophodnim nutritijentima kroz stimulaciju biološke fiksacije N₂ i mineralizacionih procesa. Pored toga, unošenjem živih ćelija mikroorganizama povećava se aktivnost korenovog sistema biljke što se pozitivno odražava na rast i prinos jagode. Poboljšanjem strukture zemljišta, produžava se i vek njegove eksplotacije.

Polazeći od rezultata osnovnih proizvodnih svojstava privredno značajnih sorti jagode (prodiktivnosti, vegetativne razvijenosti bokora i najvažnijih karakteristika kvaliteta ploda), kao i bioloških karakteristika zemljišta u funkciji primene mikrobioloških đubriva, a sve u cilju unapređenja postojeće tehnologije proizvodnje jagode i dobijanja proizvoda koji nije štetan po zdravlje čoveka i životnu sredinu, može se preporučiti delimična ili potpuna supstitucija mineralnih đubriva biofertilizatorima.

Zahvalnica

Istraživanja u ovom radu su deo projekta TR 31093 i TR 46008, koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije

Literatura

- Artursson, V., Finlay, R., Jansson, J. 2006. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth. *Environmental Microbiology*, 8, 1–10.
- Arshad, M., Frankenberger, J.W.T. 1993. Microbial production of plant growth regulators. *Plant and Soil*, 133, 1–3.
- Bambal, A.S., Verma, R.M., Panchbhai, D.M., Mahorkar, V.K., Khankhane, R.N. 1998. Effect of biofertilizers and nitrogen levels on growth and yield of cauliflower (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*). *The Orissa Journal Of Horticulture*, 26, 14–17.
- Beman, J., Arrigo K., Matson, P. 2005. Agricultural runoff fuels large phytoplankton blooms in vulnerable areas of the ocean. *Nature*, 434, 211–214.
- Biari, A., Gholami, A., Rahmani, H.A. 2008. Growth promoting enhanced nutrient uptake of maize (*Zea mays* L.) by application of plant growth promoting rhizobacteria in arid region. *Journal of Biological Sciences*, 8(6), 1015–1020.
- Borie, F., Zunino, H., Martinez, L. 1989. Macromolecule-P associations and inositol phosphates in some Chilean volcanic soils of temperate regions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 20, 1881–1894.
- Crespo, P., Bordonaba, J.G., Terry, L.A., Carlen, C. 2010. Characterisation of major taste and health-related compounds of four strawberry genotypes grown at different Swiss production sites. *Food Chemistry*, 122, 16–24.
- Da Silva Pinto, M., Kwon, Y.I., Apostolidis, E., Lajolo, F.M., Genovese, M I., Shetty, K. 2008. Functionality of bioactive compounds in Brazilian strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivars: evaluation of hyperglycemia and hypertension potential using in vitro models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 4386–4392.
- Dobbelaere, S., Vanderleyden, J., Okon, Y. 2003. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 22, 107–149.
- Frąć M., Michalski P., Sas-Paszt, L. 2009. The effect of mulch and mycorrhiza on fruit yield and size of three strawberry cultivars. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 17(2), 85–93.
- Galloway, J., Aber, J., Erisman, J., Seitzinger, S., Howarth, R., Cowling, E., Cosby, B. 2003. The Nitrogen Cascade. *BioScience*, 53, 341–356.
- Glick, B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free living bacteria. *Canadian Journal of Microbiology*, 41, 109–114.
- Güneş, A., Ataoğlu, N., Turan, M., Eşitken, A., Ketterings, Q.M. 2009. Effects of phosphate-solubilizing microorganisms on strawberry yield and nutrient concentrations. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 172, 3, 385–392.
- Higa, T., Parr, J.F. 1994. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment. International Nature Farming Research Center, Atami, Japan.
- Hole, D.G., Perkins, A.J., Wilson, J.D., Alexander, I.H., Grice, P.V., Evans, A.D. 2005. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation*, 122, 113–130.
- Jarak, M., Hajnal, T. 2006. Ukupan broj mikroorganizama, broj gljiva i azotobakterija u sabijenom i rastresitom zemljištu. *Traktori i pogonske mašine*, 11(5), 37–40.
- Luković, J., Milivojević, J., Pešaković, M., Popović, B., Karaklajić-Stajić, Ž. 2012. The effect of fertilizer type on soil microbiological activity and vegetative potential of two strawberry varieties 'Clery' and 'Dely'. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 15(4), 865–872.
- Lutfi, P., Murat, K., 2009. Effects of plant growth promoting rhizobacteria on yield and some fruit properties of strawberry. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 32, 7, 1173–1184.

- Marschner, P., Yang, C.H., Lieberei, R., Crowley, D.E. 2001. Soil and plant specific effect on bacterial community composition in the rhizosphere. *Soil biology and Biochemistry*, 33, 1437–1445.
- Määttä Riihinen, K.R., Kamal Eldin, A., Törrönen, A.R. 2004. Identification and quantification of phenolic compounds in berries of *Fragaria* and *Rubus* species (family Rosaceae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 6178–6187.
- Mikulic-Petkovsek, M., Schmitzer, V., Slatnar, A., Weber, N., Veberic, R., Stampar, F., Munda, A., Koron, D. 2013. Alteration of the content of primary and secondary metabolites in strawberry fruit by *Colletotrichum nymphaeae* infection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(25), 5987–5995.
- Milivojević, J., Maksimović, V., Nikolić, M., Bogdanović, J., Maletić, R., Milatović, D. 2011. Chemical and antioxidant properties of cultivated and wild *Fragaria* and *Rubus* berries. *Journal of Food Quality*, 34 (1), 1–9.
- Milošević, N., Govedarica, M., Jeličić, Z., Protić, R., Kuzevski, J., Krstanović, S. 2003. Mikrobeni inokulanti kao biofertilizatori: testiranje, mogućnosti i značaj u održivoj poljoprivredi. *Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik*, 9, 1, 89–98.
- Park, M., Kim, C., Yang, J., Lee, H., Shin, W., Kim, S., Sa, T. 2005. Isolation and characterization of diazotrophic growth promoting bacteria from rhizosphere of agricultural crops of Korea. *Microbiological Research*, 160(2), 127–133.
- Pešaković, M., Karaklajić-Stajić, Ž., Milenović, S., Mitrović, O. 2013. Biofertilizer affecting yield related characteristics of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) and soil micro-organisms. *Scientia Horticulturae*, 150, 238–243.
- Pešaković, M., Milivojević, J. 2014. Comparative study of bio- and chemical fertilization in strawberry production. In: *Fertilizers: Components, Uses in Agriculture and Environmental Impacts* (Fernández-Luqueño F., López-Valdez F., eds.). Nova Science Publishers, Inc., New York, USA, pp. 127–154.
- Sas-Paszt, L., Zurawicz, E., Filipczak, J., Gluszek, S., 2008. Rola rizosfery wodzywianin rosłin truskawki. *Postnauk. Rol.* 1, 57–68.
- Seo, J.B., Shin, G.H., Cho, K.C., Kim, J.K., Choi, K.J., Yang, W.M. 2009. Effects of plant growth promoting microorganisms on the growth of strawberry. *Acta Horticulturae*, 842, 3114–3146.
- Singh, A., Singh, J.N. 2009. Effect of biofertilizers and bioregulators on growth, yield and nutrient status of strawberry cv. Sweet Charlie. *Indian Journal of Horticulture*, 66, 220–224.
- Stevenson, F.J., Cole, M.A. 1999. *Cycles of soil*. Second Edition. John Wiley & Sons, London, 428.
- Sheikh, B.A. 2009. Biotechnology and biofertilization: Key to sustainable agriculture. Proceedings of the National Conference on Management of the soil and Fertilizers Resources for Increased Productivity, NARC, Islamabad, Pakistan. Available online at <http://www.agriculturepak.com/index.php/a-pofile-of-afp/a-pofile-of-afp/14-sample-data-articles/144-list-of-contents-fertilizer-conf>.
- Sukhovitskaja, L.A., Mokhova, S.V., Safranova, H.V., Chernestova, I.B., Melnikova, N.V. 2004. Production of bacteria preparation rhizobacterin and efficiency of its application under grain crops. Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat, Prague, Czech Republic, 91–94.
- Tilman, D., Cassman, K., Matson, P., Naylor, R., Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418, 671–677.
- Umar, I., Wali, V.K., Kher R., Jamwal, M. 2009. Effect of fym, urea and azotobacter on growth, yield and quality of strawberry cv. Chandler. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj*, 37, 139–143.

- Umarov, M.M. 1985. Značenie nesimiotičeskoj azotofiksacii v balanse azota v počve. Izv.AN SSSR Ser.biol, 1, 92–105.
- Wang, Y., Lin, H.S. 2003. Compost as a soil supplement increases the level of antioxidant compounds and oxygen radical absorbance capacity in strawberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 6844–6850.
- Wolfe, A.H., Patz, J.A. 2002. Reactive nitrogen and human health: Acute and long-term implications. *Journal of Human Evolution*, 31, 120–125.

Importance and Effect of Biofertilization in Cultivated Strawberry Production

Marijana Pešaković^{1*}, Jelena Tomicić¹, Jasmina Milivojević²

¹*Fruit Research Institute, Cacak, Kralja Petra I 9, 32000 Cacak, Republic of Serbia*
E-mail: marijanap@ftn.kg.ac.rs

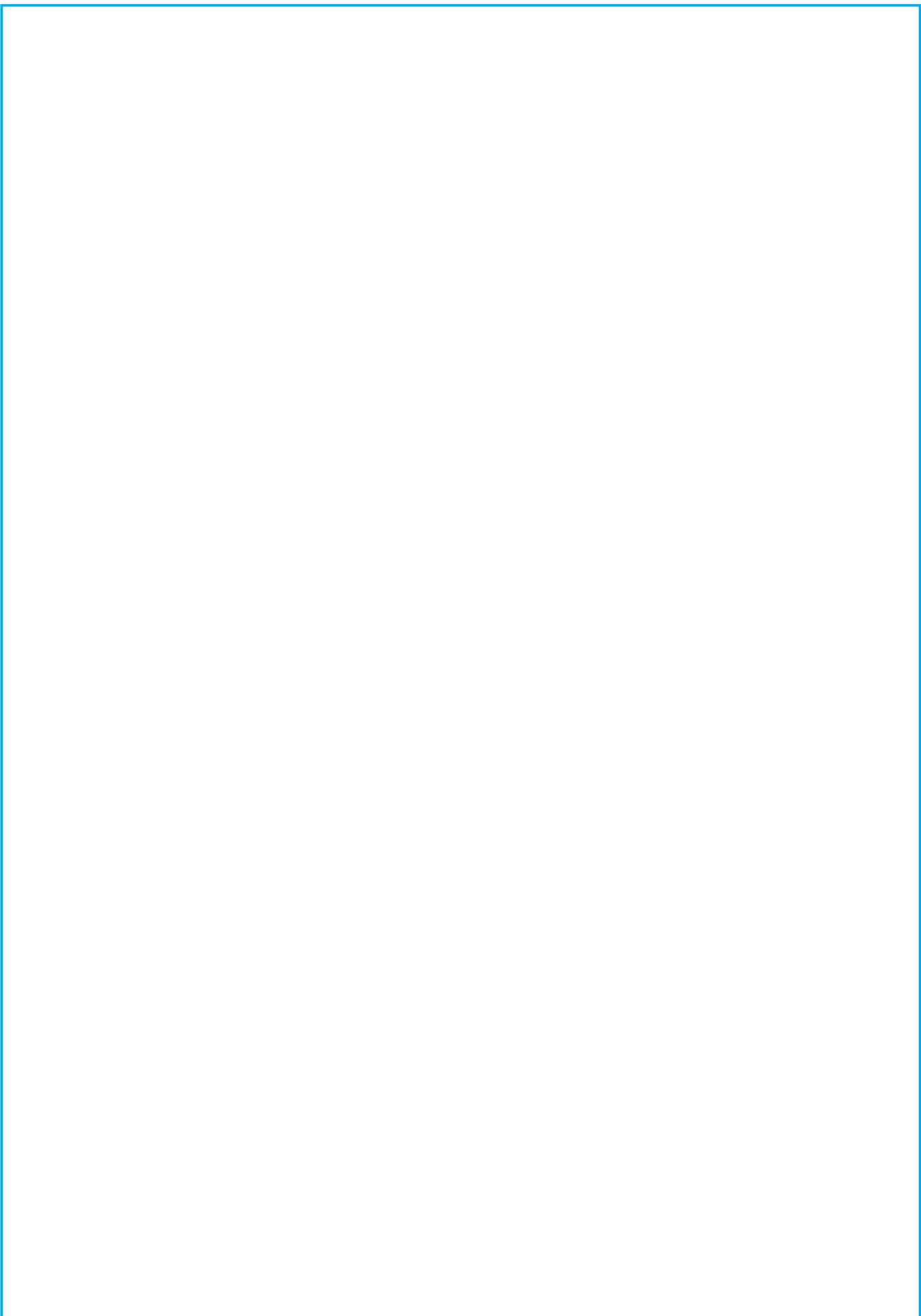
²*University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Belgrade, Nemanjina 6, 11080 Belgrade,
Republic of Serbia*

Summary

Modern agrotechnical measures applied today enable necessary changes which produce new reasonable solutions based on small investments and low product prices on the one hand, and natural resources safety on the other. In order to determine possibilities for the advancement of current technology of strawberry production for the purpose of obtaining a healthy product and preservation of biological balance, the substitution of chemical fertilizers by biofertilizers has been examined. The paper presents the results of the comparative study of the impact made by bio- and chemical fertilizers on productivity, vegetative growth of plant and important fruit quality attributes of four strawberry cultivars ('Clery', 'Joly', 'Dely', 'Senga Sengana'). In addition, the paper presents the results related to the soil biological properties in the rhizosphere of the above-mentioned cultivars.

The analysis of the results of previous studies conducted both in our country and worldwide points to the fact that the introduction of biofertilization in strawberry production can meet the basic principles of sustainable agriculture, i.e. sustainability and quality of yield, positive economic effect, while at the same time preserving the ecological balance.

Key words: *Fragaria x ananassa* Duch., microbial inoculants, mineral nutrition, productivity, fruit quality, economic effect.



UTICAJ TIPOA MALČA I ĐUBRIVA NA PRINOS I KVALITET PLODA JAGODE SORTE "ZENGA ZENGANA"

Čabilovski, R., Manojlović, M., Bogdanović, D., Magazin N., Popović, B. Radojčin, M.

Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, Srbija

E-mail: ranko@polj.uns.ac.rs

Izvod. U poljskom ogledu ispitan je uticaj dva načina održavanja zemljišta (slama i polietilenska folija) i primene različitih tipova đubriva (glistenjaka, tečnog ekstrakta gistenjaka i mineralnog NPK đubriva) na prinos i kvalitet ploda sorte jagode „Zenga zengana“. Ogled je postavljen kao dvofaktorijalni po metodi/planu podeljenih parcela i sastojao se od dve glavne parcele na kojima je ispitan uticaj malča (slama i crna polietilenska folija), dok je na osnovnim parcelama ispitan uticaj pet tretmana đubrenja (1. Kontrola – bez primene đubriva Ø; 2. Gistenjak primjenjen prilikom zasnivanja zasada; 3. Gistenjak primjenjen prilikom zasnivanja zasada + folijarna primena tečnog ekstrakta gistenjaka; 4. Primena tečnog ekstrakta gistenjaka putem fertigacije i folijarne aplikacije; 5. Standardni program đubrenja sa mineralnim NPK đubrivima). Primena tečnog ekstrakta gistenjaka putem fertigacije i folijarne aplikacije nije imala uticaja na prinos jagode, dok je primena gistenjaka prilikom sadnje jagode imala pozitivan uticaj na prinos samo u prvoj godini plodnošenja. U obe godine plodnošenja najviši prinos jagode izmeren je u tretmanu sa mineralnim NPK đubrivima. U prvoj godini plodnošenja tretmani đubrenja nisu imali uticaja na kvalitet ploda, dok je u drugoj godini plodnošenja primena tečnog ekstrakta gistenjaka putem fertigacije dovela do značajno višeg sadržaja rastvorljive suve materije, ukupnih antocijana i antioksidativne aktivnosti ploda, kao i nižeg sadržaja ukupnih kiselina u odnosu na tretman sa mineralnim NPK đubrivima. U obe godine plodnošenja na parcelama pokrivenim polietilenskom folijom izmeren je značajno viši prinos u odnosu na parcele pokrivenе slalom. Takođe, primena crne polietilenske folije uslovila je viši sadržaj rastvorljive suve materije, ukupnih antocijana, antioksidativne aktivnosti ploda i niži sadržaj ukupnih kiselina u plodu jagode u odnosu na slamu kao malč.

Ključne reči: jagoda, slama, polietilenska folija, organska đubriva, mineralna đubriva, proizvodna svojstva.

Uvod

Popularizacija sistema poljoprivredne proizvodnje kao što su organska, biodinamička, održiva poljoprivreda, u kojima je upotreba mineralnih đubriva ograničena ili potpuno isključena, skreću pažnju naučne javnosti na organska đubriva. Dalje, sa povećanjem svesti o očuvanju životne sredine i prirodnih resursa, kao i potrebi za recikliranjem organskog otpada poklanja se posebna pažnja. U tom smislu, proizvodnja komposta posredstvom kišnih glista, predstavlja efikasno sredstvo za pretvaranje otpada u hranljivi kompost-gistenjak (Orozco et al., 1996).

Gistenjak predstavlja mikrobiološki aktivnu organsku materiju, bogatu hranljivim elementima koja nastaje razgradnjom početnog organskog supstrata (komposta, stajnjaka i/ili drugog organskog otpada) radom i međusobnom interakcijom mikroorganizama i glista (Edwards i Burrows, 1988). Za razliku od običnog komposta, koji nastaje samo posredstvom mikroorganizama, kod gistenjaka su gliste glavni pokretači procesa dekompozicije.

Glistenjak, ne samo da sadrži veliki broj hranljivih elemenata koji se nalaze u pristupačnim oblicima za gajene biljke, već se njegovom primenom u velikoj meri može popraviti plodnost zemljišta usled pozitivnog uticaja na fizičke osobine i mikrobiološka svojstva zemljišta (Edwards i Burrows, 1988; Marinari et al., 2000; Chaoui et al., 2003; Zaller i Köpke, 2004). Tokom procesa kompostiranja, pored čvrste faze nastaje i tečna faza gistenjaka (ekstrakt gistenjaka), koja ne samo da sadrži visoku koncentraciju hranljivih elemenata, već sadrži i huminske kiseline i fitohormone koji imaju pozitivan uticaj na razvoj biljaka i usvajanje makro i mikroelemenata (Tomati et al., 1988; Atiyeh et al., 2002; Arancon et al., 2004; Jarecki et al., 2005; Gutierrez- Miceli et al., 2008; Tejada et al., 2008). Singh et al. (2010) navode pozitivan uticaj folijarne primene ekstrakta gistenjaka različitog porekla (govedi stanjak, biljni otpaci, i mešavina stajnjaka i biljnih otpadaka) na prinos i kvalitet jagode. Prema njihovom istraživanju primena ekstrakta dovela je do značajno višeg prinosa, povećanja sadržaja šećera u plodu jagode, veće čvrstine ploda, višeg sadržaja N, P, K i Ca u listu jagode i do bolje obojenosti ploda jagode u odnosu na kontrolu. Zaoravanje organskih đubriva u jesen predstavlja uobičajenu agrotehničku meru. Ukoliko se jagoda gaji kao višegodišnja biljka, dve ili tri godine na istom mestu, praktično jedina mogućnost primene čvrstih organskih đubriva je prilikom podizanja zasada što je u agroekološkim uslovima Srbije uobičajena praksa u drugoj polovini godine (jul-avgust). Zbog niskog rasta i plitkog korenovog sistema, jagoda spada među najosetljivije voćne vrste na pojavu korova (Galleta i Himelrick, 1990; Taylor et al., 1991). Obzirom da je suzbijanje korova u proizvodnji jagode potrebno sprovoditi tokom celog perioda vegetacije, što iziskuje veliki broj radnih časova i poskupljuje proizvodnju, naročito u sistemima organske proizvodnje gde je isključena mogućnost primene herbicida, rešenje je pronađeno u pokrivanju zemljišta različitim malčevima. Pokrivanje (malčiranje) zemljišta u proizvodnji jagode pored pozitivnog efekta u suzbijanju korova, u zavisnosti od vrste materijala koji se koristi za tu namenu, može imati različite efekte na gajene biljke i fizičko-hemijska svojstva zemljišta (Neuweiler et al., 2003; Obalum i Obi, 2010).

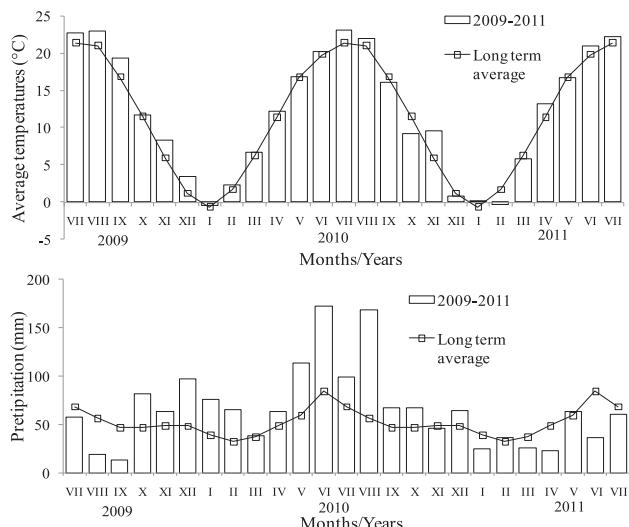
Cilj istraživanja bio je da se ispita uticaj zastiranja zemljišta organskim malčem (slama pšenice) i sintetičkim malčem (crna PE folija), kao i različitih tipova đubriva (organskih – gistenjak i mineralnih – NPK đubriva) sa različitim načinima primene na prinos i kvalitet ploda jagode.

Materijal i metode

Poljski ogled u okиру koga je ispitana uticaj različitih načina đubrenja i primene malča na prinos i kvalitet jagode (*Fragaria x ananassa* Duch.) sorte „Zenga zengana“, postavljen je na parceli Oglednog polja za voćarstvo, vinogradarstvo, hortikulturu i pejzažnu arhitekturu Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu, koje se nalazi na rimskim Šančevima (45°20'24.44"N, 19°50'22.32"E). Osnovna fizičko-hemijska svojstva zemljišta na kome je postavljen ogled bila su: 1.26 g cm⁻³ zapreminska masa zemljišta; 0,27% krupan pesak; 40,0% sitan pesak; 35,9% prah; 23,8% glina; pH, 7,92 (u H₂O); 0,83% CaCO₃; 0,18% total N; 5,7 mg 100 g⁻¹ AL-P₂O₅; 21,5 mg 100 g⁻¹ AL-K₂O.

Ogled je postavljen kao dvofaktorijsalni po metodi/planu podeljenih parcela (*Split/plot*), sa slučajnim rasporedom tretmana. Ogled se sastojao od dve glavne parcele na kojima je ispitana uticaj dva različita načina pokrivanja zemljišta (malča) na prinos i kvalitet jagode, dok je na potparcelama ispitana uticaj 5 različitih tretmana đubrenja. Potparcelu ogleda činilo je 10 biljaka jagode, zasadjenih u dvorednom sistemu sa medurednim rastojanjem od 35 cm i rastojanjem u redu 25 cm.

Mesečne sume padavina i prosečne temperature vazduha tokom trajanja poljskog ogleda prikazane su u Grafikonu 1.



Grafikon 1. Srednje mesečne temperature vazduha ($^{\circ}\text{C}$) i suma padavina (mm) za hidrološke godine 2009-2011 i višegodišnji proseci očitani na meteorološkoj stanici Rimski Šančevi.
The average monthly air temperature and total precipitation for hydrological years 2009-2011 and long-term averages recorded at meteorological station Rimski Šančevi.

Neposredno pre sadnje jagode formirani su bankovi 15 cm visine i 80 cm širine po kojima je razvuci dva reda creva za navodnjavanje sistemom *kap po kap*, sa kapacitetom kapaljki 2 l h^{-1} . Sistem za navodnjavanje je uključivan periodično u periodu april-septembar (svake godine), kada bi očitavanje na tenziometru sa keramičkim vrhom bilo manje od 15 kPa, u površinskom sloju zemljišta od 15 cm.

Pored tretmana sa primenom dva malč materijala (glavne parcele), poljski ogled se sastojao od 5 tretmana đubrenja (potparcele):

Ø, kontrola – bez đubrenja;

GL, primena glistenjaka prilikom sadnje jagode;

GL+EG, primena gistenjaka prilikom sadnje i folijarna primena tečnog ekstrakta gistenjaka tokom vegetacije jagode (četiri tretmana u periodu april - maj i tri tretmana u periodu jul-avgust u intervalima primene od 15 dana);

EG, primena tečnog ekstrakta gistenjaka putem fertigacije i folijarne aplikacije (četiri tretmana u periodu april - maj i tri tretmana u periodu jul-avgust u intervalima primene od 15 dana);

NPK, standardni program đubrenja sa mineralnim NPK đubrivima. Prilikom pripreme zemljišta za sadnju jagode primenjeno je 300 kg kompleksnog mineralnog đubriva formulacije 8:16:24 i 100 kg amonijum-nitrata (34% N). Tokom vegetacije jagode putem fertigacije primenjeno je 60 kg N ha^{-1} , $30\text{ kg P}_2\text{O}_5\text{ ha}^{-1}$ i $80\text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ kroz dodavanje đubriva, kao što su: amonijum-nitrat, monoamonijum-fosfat i kalijum-nitrat.

Neposredno pre sadnje jagode primenjeno je 11.000 kg ha^{-1} gistenjaka (tretmani GL i GL+EG), čime je u zemljište uneto 170 kg N ha^{-1} što je maksimalno dozvoljena količina N koja može biti primenjena u jednoj godini na parceli sertifikovanoj za organsku prizvodnju (*Sl. glasnik Republike Srbije*, br. 3/10 od 7. 5. 2010. god.).

Vodeni rastvor za folijarnu aplikaciju i fertigaciju pripreman je razblaženjem tečnog ekstrakta glistenjaka sa destilovanom vodom u odnosu 1:10 (vol/vol). Rastvor tečnog ekstrakta gistenjaka primjenjen je preko lista u količini od 200 ml m⁻² pomoću leđne prskalice, dok je istovremeno putem fertigacije primjenjen u količini od 2 L m⁻². Pre primene tečnog ekstrakta gistenjaka, sve parcele su navodnjavane sistemom *kap po kap* sat vremena (zalivna norma 4 L m⁻²). Hemijska svojstva gistenjaka i tečnog ekstrakta gistenjaka prikazana su u Tabeli 1.

Tabela 1. Hemijska svojstva organskih đubriva
Chemical properties of organic fertilizers

Hemijska svojstva <i>Chemical properties</i>	Organska đubriva <i>Organic fertilizers</i>	
	Gistenjak <i>Vermicompost</i>	Ekstrakt gistenjaka <i>Vermi-leachate</i>
Suva materija <i>Dry mater (%)</i>	75,46	-
pH	7,56	7,25
Ukupni sadržaj azota <i>Total N (%)</i>	2,05	0,036
Ukupni sadržaj ugljenika <i>Total C (%)</i>	25,2	-
Odnos ugljenika i azota <i>C/N ratio</i>	12,3	-
Ukupni sadržaj fosfora <i>Total P (%)</i>	3,06	0,028
Ukupni sadržaj kalijuma <i>Total K (%)</i>	1,35	1,61
Ukupni sadržaj kalcijuma <i>Total Ca (%)</i>	1,86	0,024
Ukupni sadržaj magnezijuma <i>Total Mg (%)</i>	0,65	0,075
Ukupni sadržaj gvožđa <i>Total Fe (mg kg⁻¹)</i>	1054	110
Ukupni sadržaj mangana <i>Total Mn (mg kg⁻¹)</i>	171	1,35
Ukupni sadržaj bakra <i>Total Cu (mg kg⁻¹)</i>	8,9	2,5
Ukupni sadržaj cinka <i>Total Zn (mg kg⁻¹)</i>	45,2	3,0

Uzorci ploda jagode za određivanje fizičkih i hemiskih svojstava uzeti su na sredini berbe. Nasumično odabranih 30 plodova su pojedinačno mereni radi određivanja prosečne mase ploda.

Ukupan sadržaj rastvorljive suve materije u svežoj masi ploda jagode meren je direktnim očitavanjem pomoću ručnog refraktometra (*Xin instruments, China*) i izražen je u ° Brix-a.

Ukupna kiselost svežeg ploda jagode merena je metodom titracije sa 0,1 M NaOH. Tačka ekvivalencije i utrošak NaOH su određeni na osnovu stabilizacije pH vrednosti rastvora pri vrednosti 8,1. Na osnovu utroška NaOH izračunata je ukupna kiselost, a pomoću

korekcionog faktora (0,64) izračunat je sadržaj dominantne limunske kiseline u plodu jagode. Rezultati su izraženi u procentima limunske kiseline u svežoj masi ploda jagode.

Sadržaj ukupnih antocijana u plodu jagode određen je pH diferencijalnom metodom sa dva puferska sistema kao puferskim rastvorima: kalijum hlorid, pH 1 (0,025 M) i natrijum acetat, pH 4,5 (0,4 M) (Lako et al., 2007). Sadržaj antocijana u svežoj masi ploda jagode izražen je u mg pelargonidin-3-glukozid ekvivalenta na 100 g sveže mase ploda jagode. U istim uzorcima u kojima je određen sadržaj antocijana, određena je i antioksidativna aktivnost ploda jagode FRAP metodom (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) prema proceduri koju su opisali Benzie i Strain (1999). Ukupan antioksidativni kapacitet ploda jagode izražen je u FRAP jedinicama, pri čemu je jedna FRAP jedinica ekvivalentna $100 \mu\text{M Fe}^{2+}$.

Rezultati su obrađeni metodom analize varijanse pomoću programa STATISTIKA 10 (StatSoft Inc, Tulsa, USA). Ogled je prilikom statističke obrade posmatran kao dvofaktorijski gde je primena malča predstavljala prvi, a tretmani đubrena drugi faktor.

Rezultati i diskusija

Primena glistenjaka (tretmani GL i GL+EG) u trenutku sadnje, kao i primena mineralnih NPK đubriva imala je pozitivan uticaj na ukupan prinos jagode u prvoj godini plodnošenja (2010. godina). U ovim tretmanima prinos jagode kretao se od 813,7, odnosno do 829,2 g biljci⁻¹, i bio je značajno viši u odnosu na kontrolni tretman (692,6 g plant⁻¹) i EG tretman (705 g plant⁻¹) (Tabela 2). Ovakvi rezultati su u saglasnosti sa prethodnim istraživanjem Arancon et al. (2004) i Singh et al. (2007), koji takođe navode pozitivan uticaj gistenjaka na prinos jagode. Međutim, u drugoj godini plodnošenja, značajno viši prinos jagode u odnosu na kontrolu, zabeležen je samo u tretmanu NPK, dok produženo dejstvo primene gistenjaka prilikom sadnje (GL i GL+EG), nije registrovano u drugoj godini plodnošenja (Tabela 2).

U našem istraživanju, čvrsta organska đubriva su primenjena pred sadnju jagode (28. jula 2009. god.). Usled povoljnih uslova za mineralizaciju (povoljne temperature za mineralizaciju tokom avgusta), verovatno da je najveći deo azota iz gistenjaka, postao pristupačan biljkama jagode još u godini primene (2009. godina). U tom slučaju oslobađanje hraniva, a pre svega azota iz gistenjaka, poklopilo se sa periodom diferenciranja cvetova. Prepostavlja se da su biljke obrazovale veću rezervu N, što je dovelo do većeg broja cvetova po biljci u prvoj godini plodnošenja (Tabela 2), i na kraju do većeg prinosa usled većeg broja plodova po biljci.

Opstad et al. (2007) navode da je najveća efikasnost đubriva u pogledu povećanja prinosa zabeležena ukoliko se primena izvede u vreme diferencijacije cvetova. Takođe, Tagliavini et al. (2005) navode da se tokom jeseni u kruni i korenju jagode akumulira značajna količina N, koja se remobiliše narednog proleća.

Primena tečnog ekstrakta gistenjaka nije imala uticaj na prinos i prosečnu masu ploda jagode, što je u suprotnosti sa istraživanjima Singh et al. (2010), koji navode povećanje prinosa u odnosu na kontrolni tretman usled folijarne aplikacije tečnog ekstrakta gistenjaka od 9,8-13,9%. Sa druge strane, Zaller (2006) i Haregreaves et al. (2008) navode da folijarna primena ekstrakata komposta i gistenjaka nije imala uticaj na prinos jagode i paradajza.

Tabela 2. Prosečna masa ploda jagode, ukupan broj cvetova i ukupan prinos jagode
Average berry weight, total number of flowers and total yield of strawberries

Tretmani <i>Treatments</i>	Prva godina plodonošenja (2010) <i>First fruiting year (2010)</i>			Druga godina plodonošenja (2011) <i>Second fruiting year (2011)</i>		
	Masa ploda <i>Berry weight (g)</i>	Broj cvetova <i>Number of flowers plant⁻¹</i>	Ukupan prinos <i>Total yield (g plant⁻¹)</i>	Masa ploda <i>Berry weight (g)</i>	Broj cvetova <i>Number of flowers plant⁻¹</i>	Ukupan prinos <i>Total yield (g plant⁻¹)</i>
Ø	11,98 a	82,9 b	692,6 b	9,52 a	106,5 b	665,5 b
GL	12,54 a	95,5 a	813,7 a	9,02 a	114,4 b	650,4 b
GL + EG	12,59 a	95,3 a	829,2 a	9,33 a	110,3 b	639,6 b
EG	12,23 a	84,4 b	705,0 b	9,97 a	103,4 b	694,5 b
NPK	12,71 a	97,3 a	859,6 a	8,68 a	133,9 a	829,6 a
SL.	12,67 A	88,0 B	759,1 B	9,40 A	100,28 B	654,5 B
FOL.	12,30 A	100,1 A	875,8 A	8,83 A	111,63 A	742,1 A

Ø, kontrola; GL, glistenjak; GL + EG, glistenjak i folijarna primena ekstrakta glistenjaka; EG, Ekstrakt glistenjaka (fertigacija + folijarna primena); NPK, mineralna NPK dubriva. SL., slama; FOL., crna PE folija. Vrednosti obeležene različitim velikim i malim slovima statistički se značajno razlikuju na nivou $p < 0,05$. Velika slova odnose se na razlike između tretmana malča, a mala slova odnose se na razlike između tretmana dubrenja.

Ø, Control; GL, Vermicompost; GL + EG, Vermicompost and foliar application of vermicompost leachate; EG, application of vermicompost leachate (fertilization + foliar application); NPK, mineral fertilizer. SL, straw mulch; PE, black polyethylene mulch. Values followed by different upper- (mulching) and lowercase (fertilization) letters are statistically significantly different at $p < 0.05$.

U obe godine plodonošenja značajno viši prinos jagode ostvaren je na parcelama pokrivenim crnom PE folijom ($875,8 \text{ g plant}^{-1}$ u 2010. god. i $742,1 \text{ g plant}^{-1}$ u 2011. god.) u odnosu na parcele pokrivene slamom ($759,1 \text{ g plant}^{-1}$ i $654,5 \text{ g plant}^{-1}$ u 2010 i 2011 god.), dok se prosečna masa ploda jagode nije značajno razlikovala u zavisnosti od tretmana malča (Tabela 2). Interakcije između tretmana malča i dubrenja nisu bili značajne ni u jednoj godini ispitivanja. Rezultati naših istraživanja su u saglasnosti sa rezultatima Kumar i Dey (2011), koji takođe navode viši prinos jagode gajene na crnoj PE foliji u poređenju sa slamom kao malčom, a kao osnovni razlog navode intenzivniji rast korena i veće usvajanje hranljivih elemenata usled boljih hidrotermalnih karakteristika crne PE folije.

Ukupan sadržaj rastvorljive suve materije (RSM) i ukupnih kiselina (UK) u plodu jagode prikazani su u Tabeli 3. U prvoj godini plodonošenja sadržaj RSM i UK nije se značajno razlikovao između tretmana dubrenja i malča. Međutim, u drugoj godini plodonošenja, najviši sadržaj RSM izmeren je u tretmanu gde je folijarno i putem fertigacije primenjen tečni ekstrakt gistenjaka, dok je sadržaj ukupnih kiselina ostao na nivou kontrole, što je dovelo da značajno šireg odnosa RSM/UK u poređenju sa drugim tretmanima. Singh et al. (2010) takođe navode viši sadržaj RSM i niže vrednosti UK u plodu jagode usled primene tečnog ekstrakta gistenjaka u odnosu na kontrolni tretman. Ipak, u našem istraživanju pozitivan uticaj utvrđen je samo u drugoj godini ispitivanja što ukazuje na postojanje interakcije između drugih spoljašnjih faktora (temperature, padavina i dr.) i dejstva tečnog ekstrakta gistenjaka.

Značajno više vrednosti UK izmerene u NPK tretmanu u drugoj godini plodonošenja, mogu se objasniti činjenicom da je na ovom tretmanu primenjeno više N tokom vegetacije u

odnosu na ostale tretmane đubrenja, što je moglo dovesti do veće kiselosti ploda i užeg RSM/UK odnosa (Ojeda-Real et al., 2009; Nestby et al., 2005).

Tabela 3. Sadržaj rastvorljive suve materije (RSM), ukupnih kiselina (UK) i odnos između RSM i UK (RSM/UK)

Content of total soluble soilids (TSS), total acids (TA) and ratio between TSS and TA

Tretmani <i>Treatments</i>	Prva godina plodonošenja (2010) <i>First fruiting year (2010)</i>			Druga godina plodonošenja (2011) <i>Second fruiting year (2011)</i>		
	RSM (° Brix) TSS (° Brix)	UK (%) TA (%)	RSM/UK TSS/TA	RSM (° Brix) TSS (° Brix)	UK (%) TA (%)	RSM/UK TSS/TA
Ø	6,11 a	0,449 a	13,6 a	6,52 b	0,452 ab	14,44 b
GL	6,28 a	0,438 a	14,3 a	6,71 b	0,450 ab	14,88 ab
GL + EG	6,82 a	0,488 a	14,0 a	7,16 ab	0,464 ab	15,53 ab
EG	6,49 a	0,425 a	15,4 a	7,46 a	0,439 b	17,37 a
NPK	6,54 a	0,513 a	12,8 a	6,91 ab	0,505 a	13,81 b
SL.	6,49 A	0,480 A	13,56 A	6,76 B	0,494 A	13,72 B
FOL.	6,63 A	0,468 A	14,04 A	7,04 A	0,441 B	15,96 A

Ø, kontrola; GL, glistenjak; GL + EG, glistenjak i folijarna primena ekstrakta gistenjaka; EG, Ekstrakt gistenjaka (fertigacija + folijarna primena); NPK, mineralna NPK dubriva. SL., slama; FOL., crna PE folija. Vrednosti obeležene različitim velikim i malim slovima statistički se značajno razlikuju na nivou $p < 0,05$. Velika slova odnose se na razlike između tretmana malča, a mala slova odnose se na razlike između tretmana đubrenja.

Ø, Control; GL, Vermicompost; GL + EG, Vermicompost and foliar application of vermicompost leachate; EG, application of vermicompost leachate (fertilization + foliar application); NPK, mineral fertilizer. SL, straw mulch; PE, black polyethilen mulch. Values followed by different upper- (mulching) and lowercase (fertilization) letters are statistically significantly different at $p < 0.05$.

Tretmani malča nisu imali uticaj na sadržaj RSM i UK u plodu jagode u prvoj godini plodonošenja, dok je u drugoj godini sadržaj RSM bio značajno viši u tretmanu sa PE malčom (7,04 ° Brix-a) u odnosu na malč od slame (6,76 ° Brix-a). Takođe, u drugoj godini plodonošenja značajno širi odnos RSM/UK izmeren je u plodu jagode gajene na PE malču (15,96) u odnosu na malč od slame (13,72). Naša istraživanja su u saglasnosti sa istraživanjem Wang et al. (1998), koji navode viši sadržaj RSM u plodovima jagode gajene na crnom PE malču u odnosu na malč od slame. Takođe, Casierra-Posada et al. (2011) navode viši sadržaj RSM u plodovima jagode gajene na crnom PE malču o odnosu na PE malčeve drugih boja (siva, plava i žuta).

Sadržaj ukupnih antocijana u plodu jagode kretao se u intervalu od 46,3 do 60,3 mg 100 g⁻¹ sveže mase ploda. U prvoj godini plodonošenja, tretmani đubrenja i malča nisu imali uticaj na sadržaj ukupnih antocijana i antioksidativnu aktivnost ploda jagode. U drugoj godini plodonošenja najviši sadržaj ukupnih antocijana izmeren je u tretmanu gde je primenjen tečni ekstrakt gistenjaka (Tabela 4). Takođe, u ovom tretmanu izmerene su i najviše vrednosti antioksidativne aktivnosti ploda jagode, što je u saglasnosti sa rezultatima Capocasa et al. (2008) i Roussos et al. (2009), koji navode jaku korelaciju između ukupnih antocijana i antioksidativne aktivnosti ploda jagode. Tečni ekstrakt gistenjaka koji je korišćen u našem istraživanju imao je relativno visok sadržaj kalijuma (Tabela 1), koji je mogao imati uticaj na sadržaj antocijana u plodu jagode (Khayyat et al., 2007). Pored hranljivih elemenata, ekstrakt gistenjaka sadrži i biljne hormone (Atiyeh et al., 2002; Arancon et al., 2004), koji su takođe mogli imati pozitivan uticaj na sadržaj antocijana u plodu jagode, posebno giberalinska kiselina (Roussos et al., 2009).

Tabela 4. Sadržaj ukupnih antocijana (mg pelargonidin-3-glukozid ekvivalenta / 100 g svežeg ploda) i antioksidativna aktivnost ploda jagode (FRAP jedinice)
Content of anthocyanins (mg cyanidin-3-glucoside/100 g of fruit) and antioxidant activity (FRAP units) in fresh strawberry fruit

Tretmani <i>Treatments</i>	Prva godina plodonošenja (2010) <i>First fruiting year (2010)</i>		Druga godina plodonošenja (2011) <i>Second fruiting year (2011)</i>	
	Antocijani <i>Anthocyanins</i>	Antioksidativna aktivnost <i>Antioxidant activity</i>	Antocijani <i>Anthocyanins</i>	Antioksidativna aktivnost <i>Antioxidant activity</i>
Ø	46,7 a	36,7 a	57,2 ab	63,5 b
GL	48,2 a	36,3 a	58,8 ab	65,1 ab
GL + EG	52,9 a	42,4 a	56,3 ab	66,6 ab
EG	49,5 a	37,5 a	60,3 a	70,6 a
NPK	52,8 a	38,1 a	50,6 b	56,5 b
SL.	48,7 A	38,0 A	53,0 B	59,8 B
FOL.	51,8 A	38,7 A	60,2 A	69,1 A

Ø, kontrola; GL, glistenjak; GL +EG, glistenjak i folijarna primena ekstrakta gistenjaka; EG, Ekstrakt gistenjaka (fertigacija + folijarna primena); NPK, mineralna NPK dubriva. SL., slama; FOL., crna PE folija. Vrednosti obeležene različitim velikim i malim slovima statistički se značajno razlikuju na nivou $p < 0,05$. Velika slova odnose se na razlike između tretmana malča, a mala slova odnose se na razlike između tretmana dubrenja.

Ø, Control; GL, Vermicompost; GL + EG, Vermicompost and foliar application of vermicompost leachate; EG, application of vermicompost leachate (fertilization + foliar application); NPK, mineral fertilizer. SL, straw mulch; PE, black polyethylene mulch. Values followed by different upper- (mulching) and lowercase (fertilization) letters are statistically significantly different at $p < 0.05$.

Značajno viši sadržaj antocijana i viša antioksidativna aktivnost ploda jagode izmereni su u plodu jagode gajene na crnoj PE foliji, u odnosu na slamu, samo u drugoj godini plodonošenja. Naši rezultati su u saglasnosti sa rezultatima Moor et al. (2005), Truax i Gagnon (1992) i Kumar i Dey (2011), koji navode da je viši sadržaj antocijana u plodovima jagode gajene na crnoj PE foliji u odnosu na slamu kao malč posledica viših temperatura zemljišta i vazduha iznad zemljišta kod parcella pokrivenih crnom PE folijom. Wang i Camp (2000) takođe navode direktnu povezanost procesa formiranja pigmenata i temperaturnog ražima biljaka jagode. Ipak, u našem istraživanju pozitivan uticaj crne PE folije na sadržaj antocijana nije registrovan u 2010. god., najverovatnije usled vremenskih uslova (Grafikon 1), koji su umanjili efekat malča (kišno i oblačno vreme).

U prvoj godini plodonošenja, u periodu pred berbu jagode i tokom berbe izmereno je značajno više padavina, ne samo u odnosu na drugu godinu plodonošenja, već i u odnosu na višegodišnji prosek padavina na području meteorološke stanice Rimski sančevi (Grafikon 2). Velika količina padavina u kombinaciji sa oblačnim vremenom, može biti razlog zašto razlike u sadržaju RSM, UK, ukupnih antocijana i antioksidativne aktivnosti ploda jagode nisu bile značajne između tretmana dubrenja i malča, pogotovo ako se ima u vidu da modifikacija mikroklimatskih uslova zemljišta usled primene malča nastaje u najvećoj meri usled optičkih svojstava malča Casierra-Posada et al. (2011). Del Pozo-Insfran et al. (2006) takođe navode veliki uticaj vremenskih uslova tokom berbe jagode na sadržaj RSM i hemijskog sastava ploda uopšte.

Zaključak

Primena glistenjaka prilikom sadnje jagode dovela je do značajnog povećanja prinosa jagode samo u prvoj godini plodonošenja, dok se u drugoj godini prinos jagode u ovom tretmanu nije značajno razlikovao od kontrole i bio je značajno niži u odnosu na tretman sa mineralnim NPK đubrivismom. Sa druge strane, primena tečnog ekstrakta gistenjaka u našem istraživanju nije imala uticaj na prinos jagode. Tretmani đubrenja nisu imali uticaja na kvalitet ploda jagode u prvoj godini plodonošenja, dok je u drugoj godini primena tečnog ekstrakta gistenjaka putem fertigacije i folijarne aplikacije dovela do višeg sadržaja rastvorljive suve materije, ukupnih antocijana i antioksidativne aktivnosti ploda jagode. U obe godine plodonošenja na parcelama pokrivenim polietilenskom folijom izmeren je značajno viši prinos u odnosu na parcele pokrivene slamom. Takođe, primena crne polietilenske folije dovela je do višeg sadržaja rastvorljive suve materije, ukupnih antocijana, antioksidativne aktivnosti ploda i nižeg sadržaja ukupnih kiselina u plodu jagode u odnosu na slamu kao malč.

Zahvalnica

Prezentovani rezultati su deo istraživanja u okviru projekata: "Organska poljoprivreda: Unapređenje proizvodnje primenom đubriva, biopreparata i bioloških mera" (TR 31027) i "Agricultural Adaptation to Climate Change – Networking, Education, Research and Extension in the West Balkans" (Norveški program u visokom obrazovanju, istraživanju i razvoju na Zapadnom Balkanu - HERD).

Literatura

- Alvarez-Fernandez, Ana, Pilar, P., Abadiäa, J., Anunciacioän, A. 2003. Effects of Fe deficiency chlorosis on yield and fruit quality in peach (*Prunus persica* L. Batsch). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 5738-5744.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., Metzger, J.D. 2004. Influence of vermicomposts on field strawberries: effect on growth and yields. *Bioresouce Technology*, 93, 145–153.
- Atiyeh, R.M., Lee, S., Edwards, C.A., Arancon, N.Q., Metzger, J.D. 2002b. The influence of humic acids derived from earthwormprocessed organic wastes on plant growth. *Bioresouce Technology*, 84, 7–14.
- Benzie I.F.F., Strain, J. J. 1999. Ferric reducing antioxidant power assay: Direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Methods in Enzymology*, 299, 15-27.
- Capocasa, F., Scalzo, J., Mezzetti, B., Battino, M. 2008. Combining quality and antioxidant attributes in the strawberry: the role of genotype. *Food Chemistry*, 111, 872-878.
- Casierra-Posada, F., Fonseca, E., Vaughan, G. 2011. Fruit quality in strawberry (*Fragaria* sp.) grown on colored plastic mulch. *Agronomía Colombiana*, 29(3), 407-413.
- Caylor, A.W., Dozier, W.A., Wehtje, G., Himelrick, D.G., McGuire, J.A., Pitts, J.A. 1991. Broadleaf weed control in strawberries with post emergence-applied diphenyl ether herbicides. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 116, 669–671.
- Chaoui, H.I., Zibilske, L. M., Ohno, T. 2003. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil Biology & Biochemistry*, 35, 295–302.

- Edwards, C.A., Burrows, I. 1988. The potential of earthworm composts as plant growth media. SPB Academic Publishing; The Hague, The Netherlands.
- Galletta G., Himmelrich F. 1990. Small fruit crop management. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Gutierrez-Miceli, F.A., Gracia-Gomez, R.C., Rincon, R.R., Abud-Archila, M., Maria-Angela, O.L., Gullin-Cruz, M.J., Dendooven, L. (2008): Formulation of liquid fertilizer for sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) using vermicompost leachate. *Bioresource Technology*, 99: 6174–6180.
- Hargreaves, J.C., Adl, M.S., Warman, P.R. 2008. Are compost teas an effective nutrient amendment in the cultivation of strawberries? Soil and plant tissue effects. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89, 390–397.
- Jarecki, M.K., Chong, C., Voroney, R.P. 2005. Evaluation of compost leachates for plant growth in hydroponic culture. *Journal of Plant Nutrition*, 28, 651–667.
- Khayyat, M, Tafazoli, E, Eshghi, S, Rahemi, M, Rajaei, S. 2007. Salinity, supplementary calcium and potassium effects on fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 2, 539–544.
- Kumar, S., Dey, P. 2011. Effects of different mulches and irrigation methods on root growth, nutrient uptake, water-use efficiency and yield of strawberry. *Scientia Horticulturae*, 127, 318–324.
- Lako, J., Trencerry, V.C., Wahlqvist, M., Wattanapenpaiboon, N., Sotheeswaran, S., Premier, R. 2007. Phytochemical flavonols, carotenoids and the antioxidant properties of a wide selection of Fijian fruit, vegetables and other readily available foods. *Food Chemistry*, 101, 1727-1741.
- Marinari, S., Masciandaro, G., Ceccanti, B., Grego, S. 2000. Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties. *Bioresource Technology*, 72, 9–17.
- Moor, U., Karp, K., Pöldma, P., Pae, A. 2005. Cultural systems affect content of anthocyanins and vitamin C in strawberry fruits. *European Journal of Horticultural Science*, 70(4), 195–201.
- Nestby, R., Lieten, F., Pivot D, Raynal-Lacroix, C., Tagliavini, M. 2005. Influence of mineral nutrients on strawberry fruit quality and their accumulation in plant organs: a review. *International Journal of Fruit Science*, 5, 141-158.
- Neuweiler R., Bertschinger L., Stamp P., Feil B. 2003. The impact of ground cover management on soil nitrogen levels, parameters of vegetative crop development, yield and fruit quality of strawberries. *European Journal of Horticultural Science*, 68 (4), 183–191.
- Obalum S.E., Obi M.E. 2010. Physical properties of a sandy loam Ultisol as affected by tillage-mulch management practices and cropping systems. *Soil & Tillage Research*, 108, 30–36.
- Ojeda-Real, L.A., Lobit, P., Cardenas-Navarro, R., Grageda-Cabrera, O., Farias-Rodriguez, R., Valencia-Cantero, E., Macias-Rodriguez, L. 2009. Effect of nitrogen fertilization on quality markers of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch. cv. Aromas). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89, 935–939.
- Opstad, N., Nes, A., Mage, F. 2007. Preplant fertilization and fertigation in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch. cv. 'Korona') in an open field experiment. *European Journal of Horticultural Science*, 72 (5), 206–213.
- Orozco, S.H., Cegarra, J., Trujillo, L.M., and Roig, A. 1996. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia fetida*: effects on C and N contents and the availability of nutrients. *Biology and Fertility of Soils*, 22, 162-166.

- Roussos, P.A., Denaxa, N. K., Damvakaris, T. 2009. Strawberry fruit quality attributes after application of plant growth stimulating compounds. *Scientia Horticulturae*, 119, 138–146.
- Sing, R., Gupta, R.K., Patil, R.T., Sharma, R.R., Asrey, R., Kumar, A., Jangra, K.K. 2010. Sequential foliar application of vermicompost leachates improves marketable fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae*, 124, 34–39.
- Singh, R., Sharma, R.R., Tyagi, S.K. 2007a. Pre-harvest foliar application of calcium and boron influences physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae*, 112, 215–220.
- Tagliavini M., Baldi, E., Lucchi, P., Antonelli, M., Sorrenti, G., Baruzzi, G., Faedi, W. 2005. Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (*Fragaria×Ananassa* Dutch.) grown in soil and soilless culture. *European Journal of Agronomy*, 23, 15–25.
- Tejada, M., Gonzalez, J.L., Hernandez, M.T., Gracia, C., 2008. Agricultural use of leachates obtained from two different vermicomposting processes. *Bioresource Technology*, 99, 6228–6232.
- Tomati, U., Grappelli, A., Galli, E. 1988. The hormone like effect of earthworm casts on plant growth. *Biology and Fertility of Soils*, 5, 288–294.
- Truax, B., Gagnon, D. 1992. Effects of straw and black plastic mulching on the initial growth and nutrition of butternut, white ash and bur oak. *Forest Ecology and Management*, 57, 17–27.
- Wang, S., Galletta, G., Camp, M., Kasperbauer, M. 1998. Mulch types affect fruit quality and composition two strawberry genotypes. *HortScience*, 33(4), 636-640.
- Wang, S.Y., Camp, M.J. 2000. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. *Scientia Horticulturae*, 85, 183–199.
- Zaller, J.G., Koepke, U. 2004. Effects of traditional and biodynamic farmyard manure amendment on yields, soil chemical, biochemical and biological properties in a longterm field experiment. *Biology and Fertility of Soils*, 40, 222-229.
- Zaller, J.G. 2006. Foliar spraying of vermicompost extracts: Effects on fruit quality and indications of late-blight suppression of field-grown tomatoes. *Biological Agriculture and Horticulture*, 24, 165-180.

Impact of Ground Cover Management System and Fertiliser Type on Yield and Fruit Quality of Strawberry Cultivar "Senga Sengana"

Čabilovski, R., Manojlović, M., Bogdanović, D., Magazin N., Popović, B., Radojčin, M.

¹*University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Trg Dositeja Obradovica 8, Serbia*
E-mail: ranko@polj.uns.ac.rs

Summary

In a field experiment we investigated the impact of two different ground cover management systems (black polyethylene and wheat straw mulch) and different type of fertilizers (vermicompost, vermicompost leachate and mineral NPK fertilizers) on yield and fruit quality of strawberry variety „Senga Sengana“. The field experiment was conducted using a 2-factorial split-plot completely randomized design, with ground cover management (mulch) as main-plot factor and fertilization treatments in sub-plots. On the main plots we examined the influence of two different mulches (straw and black polyethylene foil), while on sub-plots the effect of five different treatments of fertilization was examined (1. control - no fertilization; 2. Vermicompost applied at the time of strawberry planting; 3. Vermicompost applied at the time of strawberry planting + foliar application of vermicompost leachate; 4. Application of vermicompost leachate through fertigation and foliar application; 5. Standard program of fertilization with mineral NPK fertilizers). Application of vermicompost leachate through fertigation and foliar application had no effect on the yield of strawberries, while the application of solid vermicompost at the time of planting strawberries had a positive impact on yield only in the first fruiting year. In both fruiting years the highest yield was measured on treatment with mineral NPK fertilizers. In the first fruiting year, fertilization had no effect on strawberry fruit quality, while in the second fruiting year, application of vermicompost leachate through fertigation led to significantly higher content of total soluble solids, total anthocyanins, antioxidative activity, as well as lower content of total acid in comparison to mineral NPK fertilizer treatment. The application of polyethylene mulch led to higher strawberry yield in both fruiting years than straw mulch. Also, the use of black polyethylene foil led to higher content of soluble solids, total anthocyanins, antioxidant activity of fruit and lower content of total acids in the strawberry fruits in regards to straw as mulch.

Key words: strawberry, straw, polyethylene foil, organic fertilizers, mineral fertilizers, production traits.

TRENDOVI, PRIMENA PESTICIDA I DOBRA PRAKSA U PROIZVODNJI JAGODE

Trkulja Nenad, Pfaf-Dolovac Erika, Milosavljević Anja, Dolovac Nenad

Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu, Teodora Dražzera 9, Beograd

E-mail: trkulja_nenad@yahoo.com

Izvod. Da bi se pesticidi racionalno koristili neophodno je da se sproveđe intenzivan monitoring pojave bolesti i štetočina jagode u različitim proizvodnim rejonima, testira sortna otpornost prema najznačajnijim bolestima i sprovodi monitoring rezistentnosti patogena prema pesticidima. Štetočine koje nanose značajna oštećenja zasadu jagode su jagodin cvetojed, biljne vaši i grinje. Najznačajniji patogeni koji izazivaju oboljenja jagode su *Phytophthora fragarie* var. *fragarie*, *Mycosphaerella fragarie*, *Colletotrichum* spp. i *Botrytis cinerea* prouzrokovач sive truleži, bolesti koja u povoljnim uslovima dovodi do značajnog smanjenja prinosa jagode. Tokom 2013. godine izolovano je 154 izolata *B. cinerea* koji su testirani na diskriminatornim koncentracijama fungicida u cilju utvrđivanja učestalosti rezistentnosti. Utvrđena učestalost rezistentnih populacija bila je najviša prema benzimidazolima (14%), fenheksamidu (6%), iprodionu (4%), dok prema fludioksonilu nije utvrđena smanjena osetljivost. Tokom 2014. godine ispitivana je efikasnost fungicida za suzbijanje *B. cinerea* na lokalitetima Šabac i Topola. Najveću efikasnost na oba lokaliteta ispoljili su fungicidi ciprobindil+fludioksonil i fenheksamid (96,4 – 97,5%), dok su najmanju efikasnost ispoljili fungicidi piraklostrobin (66,5%) i boskalid+piraklostrobin (67,5%). Na 15 različitih sorti jagode praćena je pojava bolesti u tretmanima sa primenom fungicida boskalid+piraklostrobin i ciprobindil+fludioksonil. Fungicid ciprobindil+fludioksonil ispoljio je bolji efekat u kontroli *B. cinerea* na 15 različitih sorti jagode u odnosu na boskalid+piraklostrobin. Tolerantnost sorti prema *B. cinerea* praćena je u polju i u kontrolisanim uslovima, inkulacijom plodova micelijskim isećcima *B. cinerea*. Najviši nivo tolerantnosti ispoljile su sorte 'Jeny', 'Joly', 'VR4', 'Asia', 'Arosa' i 'Leatitia'.

Ključne reči: jagoda, pesticidi, primena, tolerantnost sorti, rezistentnost fungicida.

Uvod

Jagoda, kao vrsta voćaka, domaćin je većeg broja patogena i štetočina koji mogu izazivati značajna oštećenja svih biljnih delova, pa i samog ploda. Stoga upotreba fungicida u procesu proizvodnje predstavlja neizbežnu meru u cilju postizanja visokog kvaliteta, zdravstvene bezbednosti plodova i maksimalnih prinosa. Proizvodnja jagode u Srbiji zadnjih godina ima trend porasta, a istovremeno se povećava i potreba proizvođača da reše problem zaštite zasada jagode od bolesti i štetočina na što efikasaniji način. Odabir fungicida za zaštitu zasada ima veliki uticaj na ishod celokupne proizvodnje, a proidvođači često nisu dovoljno edukovani da izvrše pravi izbor pesticida za kontrolu određenih bolesti i štetočina. Zbog toga se javlja realna potreba da se stručne službe intenzivno uključe u pronaalaženje odgovarajućih rešenja, a državne službe pokrenu projekte koji će rezultirati konkretnim rešenjima.

U skladu sa dobrom praksom primena pesticida se svodi na najmanju moguću meru, a u cilju prevencije pojave bolesti sprovodi se niz agrotehničkih mera pre i nakon zasnivanja zasada. U tom pogledu mora se naglasiti značaj gajenja tolerantnih sorti prema bolestima, zbog čega je neophodno testirati sortnu tolerantnost prema najznačajnijim bolestima u različitim agroekološkim uslovima i rejonima gajenja jagode u našoj zemlji. U cilju što racionalnijeg korišćenja pesticida potrebno je da se sprovede intenzivan monitoring pojave bolesti i štetočina jagode u različitim proizvodnim rejonima, a od ključnog značaja je sprovođenje monitoringa rezistentnosti patogena prema pesticidima.

Veoma je bitno da proizvođači sami mogu da prepoznaju najbitnije bolesti i štetočine koje se mogu javiti u zasadu jagode, jer je pravilna identifikacija od ključnog značaja za odgovarajući primenu pesticida. Najznačajnije štetočine koje mogu izazvati značajna oštećenja biljnih delova i dovesti do smanjenja prinosa su: jagodin cvetojed, biljne vaši i grinje. Trend kontrole brojnosti štetočina sve više favorizuje biološki pristup, koji je u ekološkom pogledu bezbedniji, a često može dati veoma dobar efekat, koji se može porebiti sa daleko toksikološko rizičnijim hemijskim metodama. Iako preovladava mišljenje da biološki preparati nisu dovoljno efikasni, njihova primena može imati prednosti u odnosu na hemijsku primenu. Istraživanjima je utvrđeno da većina akaricida ne deluje na jaja grinja pa je tretmane neophodno ponavljati da bi se brojnost redukovala, dok primena predatora obezbeđuje njihovo prisustvo koje će kontinuirano redukovati njihovu brojnost. U Srbiji biološki preparati su veoma slabo primenjivani, dok se u Italiji u primeni nalazi veći broj preparata na bazi *Bauveria bassiana*, *Bacillus thuringensis*, *Lecanicillium muscarium* i *Metarhizium anisopliae*, koji se koriste za suzbijanje štetočina.

U zasadu jagode javlja se veći broj prouzrokača biljnih bolesti koje značajno utiču na prinos, stoga za njihovo suzbijanje proizvođači izdvajaju značajna sredstva. Među najznačajnije prouzrokače bolesti ubrajaju se *Phytophthora fragarie* var. *fragarie*, *Mycosphaerella fragarie*, *Colletotrichum* spp. i *Botrytis cinerea*.

Na području Evropske Unije velika pažnja se poklanja praćenju fitopatogene gljive *Phytophthora fragarie* var. *fragarie*, koja predstavlja veoma značajnog patogena u proizvodnji jagode. Ovaj patogen je prisutan u mnogim Evropskim zemljama, a osnovni način njegovog širenja je putem prometa sadnog materijala. Pored toga preporučuje se primena fungicida u cilju prevencije pojave bolesti, jer je na taj način verovatnoća održavanja patogena ukoliko se pojavi mala (EFSA, 2014). Simptomi koji prate pojavu ovog patogena su slabiji porast biljaka, dok se mlado lišće slabo razvija, krajem proleća pri višim temperaturama obolele biljke venu i propadaju. Simptomi su posledica propadanja korena, koji truli od vrha uz potpuno gubljenje korenčića. Na preseku korena uočava se crvenasta boja po kojoj se bolest naziva crvenilo srži korena.

Lisna pegavost koju izaziva fitopatogena gljiva *Mycosphaerella fragariae* se ubraja u najznačajnije bolesti lista jagode, a inficirani mogu biti i plodovi, cvetne i lisne drške. Ovu bolest karakteriše pojava pegavosti na licu lišća. U početku pege su crvenasto-ljubičaste, sa vremenom centar pege postaje svetlij, sivkast do skoro beo, a obod pege postaje tamno ljubičast. Gljiva produkuje dva tipa spora, askospore i konidije, koje vrše infekciju od proleća do jeseni. Najosetljivije je mlado lišće, pa je zaštitu jagode od ove bolesti potrebno sprovoditi s proleća i nakon obnavljanja zasada u jesen, kao i nakon zasnivanja zasada (Ellis et al., 2004).

Vrste roda *Colletotrichum* spp. izazivaju bolest koja se naziva antraknoza, na jagodi se najčešće javljaju vrste *C. acutatum* i *C. fragariae*. Pojavu antraknoze karakterišu lezije ulegnute u tkivo. Na početku lezije su svetle, sa vremenom postaju tamne, a deo ploda koji zahvataju

poprima sunđerastu strukturu značajno oštećujući plod koji propada ili se na njemu ostvaruje sekundarna infekcija drugim patogenima. Pojavi antraknoze pogoduje vlažno i toplo vreme sa temperaturom koja je oko 25°C, a na širenje bolesti značajno utiču padavine koje pored toga obezbeđuju i neophodno prisustvo vode za klijanje spora. Dobre rezultate u suzbijanju antraknoze imaju fungicidi azoksistrobin, piraklostrobin i boskalid+piraklostrobin, a u cilju prevencije pojave rezistentnosti kao dobar partner može biti kaptan (Ellis et al., 2004).

Siva truež koju izaziva fitopatogena gljiva *Botrytis cinerea* je najznačajnija bolest koja se svake godine redovno javlja u zasadu jagode. Štete koje mogu nastati usled neadekvatne zaštite mogu dovesti do značajnog smanjenja prinosa. Utvrđeno je da primena fungicida u cilju sprečavanja infekcije najbolje rezultate daje u fenofazi cvetanja (Mertely et al., 2002). Novootvoreni cvetovi su najosetljiviji na ostvarenje infekcije, a temperature od 15°C – 25°C, visoka vlažnost vazduha i prisustvo vode na biljkama pogoduju razvoju bolesti (Wilcox and Seem, 1994). U Srbiji je registrovano više fungicida iz nekoliko hemijskih grupa za suzbijanje sive truleži. Fungicidi koji su prvi počeli da se koriste za suzbijanje *B. cinerea* su benzimidazoli i dikarboksimidi. Njihova upotreba zadnjih godina značajno je smanjena pojmom drugih botriticida kao što su anilinopirimidini, fenheksamid, fludioksonil, boskalid i piraklostrobin. Obzirom da *B. cinerea* veoma intenzivno sporuliše i poseduje veoma visoku genetsku adaptibilnost, smatra se patogenom koji ima visok rizik za pojavu rezistentnosti prema fungicidima (Leroux et al., 2002). U cilju utvrđivanja pojave rezistentnosti prema fungicidima koji se koriste za suzbijanje *B. cinerea*, 2013. godine započet je monitoring pojave rezistentnosti. Tokom 2014. godine sprovedeni su ogledi efikasnosti na tri lokaliteta, a deo ispitivanja obavljen je na više sorti. Deo rezultata ispitivanja prikazan je u ovom radu, a dalja ispitivanja biće usmerena u detekciju rezistentnih populacija i njihovoj korelaciji sa ispoljenom efikasnošću fungicida. Ispitivanja imaju za cilj harmonizaciju primene fungicida u skladu sa principima dobre prakse.

Materijal i metode

Sakupljanje uzoraka, izolacija i identifikacija patogena.

Tokom 2013. godine uzorci plodova jagode sa vidljivim prisustvom micelije *B. cinerea* sakupljeni su u zasadima jagode na lokalitetima Beograd, Pančevo, Grocka i Kruševac. Izolovana su 154 monosporijalna izolata, koji su zatim korišćeni za testiranje osjetljivosti prema različitim fungicidima. Dimenzije i morfologija konidija u cilju identifikacije patogena određivani su pomoću mikroskopa Olympus BX51.

Testiranje osjetljivosti na diskriminatornim koncentracijama.

Fungicidi koji su korišćeni za ispitivanje su komercijalne formulacije: karbendazim (Galofungin, Galenika fitofarmacija), tiofanat metil (Galofungin T, Galenika fitofarmacija), fenheksamid (Teldor, BayerCrop Science), iprodion (Dional, Galenika fitofarmacija), fludioksonil (Geox, Syngenta). Fungicidi su razređivani u sterilnoj destilovanoj vodi i dodavani u KDA podlogu. Diskriminatorska koncentracija za tiofanat metil i karbendazim bila je 1 mg/l, fenheksamid 0,6 mg/l, iprodion 25 mg/l, fludioksonil 0,2 mg/l. Isečci micelije, 5 mm u prečniku postavljeni su u Petri kutije sa krompir dekstroznim agarom (KDA) sa diskriminatornim koncentracijama fungicida, a kao kontrola korišćena je KDA podloga sa dodatkom sterilne destilovane vode. Izolati su gajeni na 22°C bez prisustva svetlosti, a nakon tri dana obavljena je ocena merenjem poprečnog porasta micelije. Relativni porast (RP) je izražen kao procenat porasta izolata u odnosu na kontrolu i izračunavan na osnovu formule:

RP = porast u kontroli – porast u tretmanu / porast u kontroli x 100

Svi izolati koji su imali porast 50% u odnosu na kontrolu okarakterisani su kao rezistentni (Russell, 2004).

Ispitivanje efikasnosti fungicida.

Ogledi su izvođeni na dva lokaliteta Šabac (Metlić) i Topola (Šume) u periodu april-jun. 2014. godine. Eksperimentalni dizajn je bio potpuno slučani blok sistem sa četiri ponavljanja. Jedna eksperimentalna parcela obuhvatala je 26 biljaka. Za aplikaciju tečnosti korišćena je prskalica tip T4 (Bellspray, Inc., USA) sa konstantnim pritiskom od 4 atm. Fungicidi korišćeni za ispitivanje efikasnosti za suzbijanje *B. cinerea* u zasadu jagode i fenofaze u kojima su primenjeni prikazani su u Tabeli 1. Ocena efekta fungicida za suzbijanje *B. cinerea* obavljena je u Šapcu 27. maja, a u Topoli 23. maja. U svakoj eksperimentalnoj parseli na 20 biljaka utvrđivan je procenat plodova zaraženih sivom truleži. Efekat fungicida ocenjivan je i branjem zdravih plodova koji su zatim čuvani 48h na temperaturi 20°C, pri relativnoj vlažnosti vazduha 80% i pet dana na temperaturi od 6°C, nakon čega je utvrđivan procenat plodova zaraženih *B. cinerea*. Efekat fungicida Signum i Switch 62.5 WG, praćen je u oglednom zasadu u blizini Beograda na 15 sorti jagode. Nazivi sorata jagode, vreme tretiranja i fenofaza razvoja dati su u Tabeli 2. Fungicidima je tretirano 12 biljaka svake sorte, isti broj biljaka nije tretiran i posmatran je kao kontrola. Ocenjivanje efekta fungicida izvedeno je 09. i 22. maja 2014. godine, utvrđivanjem procenta obolelih plodova.

*Tolerantnost sorti prema *B. cinerea*.*

Tolerantnost sorti jagode praćena je u poljskim i laboratorijskim uslovima na 15 sorata jagode: 'Albion', 'Capri', 'Irma', 'Clery', 'Alba', '30.8', 'Primy', 'Brilla', 'Jeny', 'Joly', 'Garda', 'VR4', 'Asia', 'Arosa', 'Leatitia'. U polju je utvrđivan procenat obolelih plodova jagode u fenofazi zrenja na parseli koja nije tretirana fungicidima. U laboratorijskim uslovima plodovi navedenih sorti su veštački inokulisani micelijskim isećima *B. cinerea*. Plodovi su zatim inkubirani u termostatu tri dana na temperaturi 20°C, uz relativnu vlažnost vazduha 97%. U ogled je bilo uključeno 10 plodova u četiri ponavljanja.

Tabela 1. Fungicidi korišćeni za testiranje efikasnosti prema *B. cinerea* u zasadu jagode

*Fungicides used to test the efficacy to *B. cinerea* in strawberry field*

Komercijalni naziv Commercial name	Aktivna materija Active ingredient	Količina primene Dose	Datum primene/ <i>Date of application</i>	
			Šabac	Topola
Signum	boskalid 267 g/kg piraklostrobin 67 g/kg	1.5 kg/ha		
Bellis	boskalid 252 g/kg piraklostrobin 128 g/kg	1.5 kg/ha	10. april početak cvetanja <i>beginning of flowering</i>	14. april početak cvetanja <i>beginning of flowering</i>
Switch 62.5 WG	ciprodinil 375 g/kg fludioksonil 250 g/kg	0.8 kg/ha	22. april puno cvetanje <i>full-flowering</i>	24. april puno cvetanje <i>full-flowering</i>
Mythos	pirimetanil 300 g/l	2.5 l/ha	puno cvetanje <i>full-flowering</i>	puno cvetanje <i>full-flowering</i>
Teldor 500-SC	fenheksamid 500 g/l	1.5 l/ha	01. maj kraj cvetanja <i>late flowering</i>	01. maj kraj cvetanja <i>late flowering</i>
Dional-500 SC	iprodion 500 g/l	1.5 l/ha		
Cantus	boskalid 500 g/kg	1.5 kg/ha		
Retango	piraklostrobin 200 g/l	1 l/ha		
Zato 50-WG	trifloksistrobin 500 g/kg	0.4 kg/ha		

Tabela 2. Fungicidi i različite sorte korišćeni za testiranje efikasnosti fungicida i tolerantnosti sorti prema *B. cinerea*

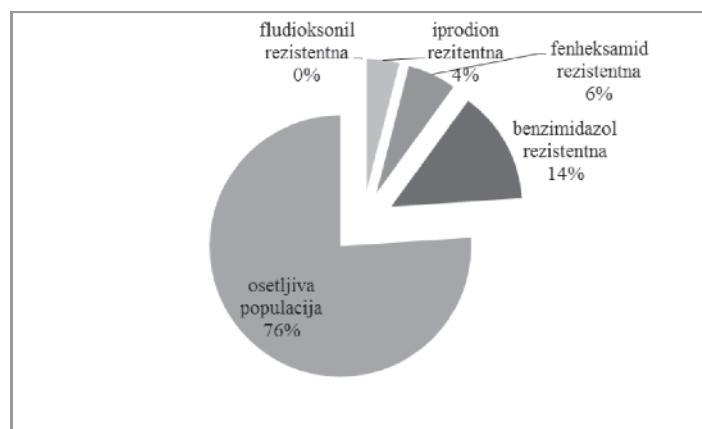
*Fungicides and different varieties used for testing the efficacy of fungicides and tolerance cultivars to *B. cinerea**

Fungicidi/Fungicides Količina primene/Dose	Sorta Cultivar	Grupa zrenja Group of cultivars according to ripening time	Vreme tretiranja/Date of application Fenofaza/Development stage
Signum 1.5 kg/ha	Albion	Remontantne Day neutral	12. april početak cvetanja/beginning of flowering
	Capri		
	Irma		
	Clery	Vrlo rane Very early	
	Alba		
Switch 62.5 WG 0.8 kg/ha	30.8.	Rane	25. april puno cvetanje/full-flowering
	Primy		
	Brilla	Early	01. maj kraj cvetanja/late flowering
	Jeny		
	Joly	Srednje rane Mid-early	07. maja ^a kraj cvetanja/late flowering
VR4	Garda		
	VR4		
	Asia	Srednje pozne Mid-late	
	Arosa		
	Leatitia	Pozna Late	

^a – tretman obavljen u sorti Leatitia; ^a – treatment done in cultivar Leatitia

Rezultati i diskusija

Testiranjem osetljivosti izolata *B. cinerea* na diskriminatornim koncentracijama fungicida najviša učestalost rezistentnih populacija utvrđena je prema benzimidazolima (14%). Prema fenheksamidu (6%) i iprodionu (4%) učestalost rezistentnosti bila je znatno niža, dok prema fludioksonilu nije utvrđena populacija *B. cinerea* sa smanjenom osetljivošću (Grafik 1).



Grafikon 1. Učestalost rezistentnosti izolata *B. cinerea* poreklom iz zasada jagode prema benzimidazolima, iprodionu, fenheksamidu i fludioksonilu.

*Frequency of resistance isolata of *B. cinerea* origin from strawberry fields to benzimidazoles, iprodione, fenhexamid and fludioxonil.*

Fungicidi iz grupe benzimidazola svrstavaju se u visoko rezistentno rizičnu grupu fungicida (Fungicide Resistance Action Committee, FRAC), pa njihova intenzivna upotreba može dovesti do naglog porasta rezistentne populacije što će uticati na njihovu efektivnost u kontroli *B. cinerea*. Iako je upotreba fungicida iz ove grupe zadnjih godina smanjena za suzbijanje *B. cinerea*, utvrđena učestalost rezistentnosti ukazuje da rezistentna populacija poseduje izuzetno visoku životnu sposobnost i da je sposobna da se održi u prirodi duži niz godina, bez obzira na upotrebu benzimidazola (Leroux, 2004; Malandrakis et al., 2011). Pojava rezistentnosti prema fenheksamidu od ranije je poznata (Albertini and Leroux, 2004), a najčešće je uzrokvana mutacijama na Erg27 genu koji kodira enzim Erg27 koji učestvuje u sintezi sterola putem redukcije keto grupe u položaju C-3. Utvrđena učestalost rezistentnosti ukazuje da je rezistentna populacija prisutna, te je stoga neophodno da se intenzivno prati, a primena fenheksamida prilagodi u skladu sa njenom pojmom. Učestalost rezistentnosti prema iprodionu takođe je bila niska na šta je uticalo njegovo relativno ređe korišćenje u suzbijanju *B. cinerea* nakon pojave botriticida novije generacije iz grupe anilonopirimidina, hidroksianilida, fenilpirola, karboksamida i strobilurina kako kod nas, tako i u ostalim zemljama u Evropi (Leroch et al., 2013). Tokom testiranja prema fludioksonilu nije utvrđeno prisustvo rezistentne populacije, a jedan od razloga je njegova upotreba zajedno sa ciprodinilom što znatno smanjuje mogućnost selekcionisanja rezistentne populacije. Primeri rezistentnosti *B. cinerea* prema ova dva fungicida su konstatovani u laboratorijskim uslovima (De Miccolis Angelini, 2014). Ovaj model selekcionisanja rezistentnosti može u budućnosti, usled intenzivnog dugogodišnjeg korišćenja ovih fungicida, dovesti do pojave rezistentnosti prema njima i u poljskim uslovima. Ostvarena efikasnost fungicida za kontrolu *B. cinerea* bila je veoma slična na oba lokaliteta (Tabela 3). Najvišu efikasnost ispoljili su fungicidi Switch 62.5 WG i Teldor, na lokalitetu Topola efikasnost im je bila identična 96,5%, dok je na lokalitetu Šabac nešto višu efikasnost ispoljio fungicid Teldor 97,5% u odnosu na Switch 62.5 WG koji je bio efikasan sa 96,4% u odnosu na kontrolu. Fungicidi Dional (92,6% – 96,0%) i Mithos (89,0% – 94,2%) takođe su ispoljili visoku efikasnost u suzbijanju *B. cinerea*. Nešto nižu efikasnost ispoljio je fungicid Cantus (boskalid), koji je ostvario efikasnost od (77,7% – 88,4%). Fungicidi iz grupe strobilurina (piraklostrobin i trifloksistrobin), kao i fungicidi Signum i Bellis koji su formulisani sa dve aktivne materije boskalid+piraklostrobin na lokalitetu Topola ostvarili su efikasnost od 66,5% do 71,8%, dok su nešto bolju efikasnost ostvarili na lokalitetu Šabac (75,4% - 83,0%). Rezultati ispitivanja efikasnosti fungicida na oba lokaliteta ukazuju na visoku efikasnost u suzbijanju *B. cinerea* u zasadu jagode fungicidima fludioksonil+ciprodinil, fenheksamid, pirimetanil i iprodion, dok su fungicidi boskalid+piraklostrobin, boskalid, piraklostrobin i trifloksistrobin imali slabiji efekat u suzbijanju sive truleži tokom 2014. godine. Ostvareni rezultati ukazuju na potrebu da se sprovede intenzivan monitoring rezistentnosti fungicida prema *B. cinerea* u zasadu jagode kako bi se primena fungicida prilagodila mogućoj pojavi rezistentnih populacija patogena. Nešto slabija efikasnost fungicida iz grupe strobilurina (piraklostrobin, trifloksistrobin) i boskalida ukazuje na moguću pojавu rezistentnosti prema njima usled njihove intenzivne primene prethodnih godina i ostvarenog selekcionog pritiska na populaciju *B. cinerea*. Slična pojava pada efikasnosti ovih fungicida usled pojave rezistentnosti konstatovana je u zasadima jagode u Grčkoj, Nemačkoj i Italiji (Myresiotis et al., 2008; Leroch et al., 2013; De Miccolis Angelini et al., 2014). Prema istraživanjima De Miccolis Angelini et al. (2014) u četvorogodišnjim ogledima sprovedenim u nekoliko zasada jagode u Italiji, nakon nekoliko uzastopnih tretmana sa jednim fungicidom, došlo je do drastičnog porasta rezistentne populacije *B. cinerea* prema primjenom fungicidu i prema fungicidima sa istim mehanizmom dejstva.

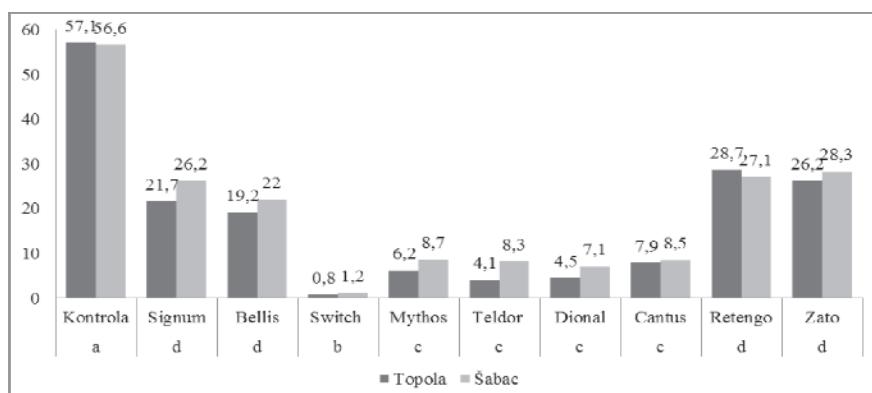
Učestalost rezistentne populacije prema pirimetanilu, fenheksamidu i trifloksistrobinu prelazila je 90%, a prema fludioksnoilu i boskalidu 70%. Ova istraživanja ukazuju da i fungicidi koji nisu od strane FRAC-a okarakterisani kao visoko rezistentno rizični usled intenzivne primene dovode do značajne pojave rezistentnosti *B. cinerea* prema njima. Stoga se fungicidi moraju racionalno koristiti, a svaka neadekvatna primena može dovesti do pojave rezistentnosti populacije *B. cinerea* što će imati značajan uticaj na kontrolu bolesti.

Tabela 3. Efikasnost fungicida za kontrolu *B. cinerea* na lokalitetima Topola i Šabac
*Efficacy of fungicides for the control of *B. cinerea* on localities Topola and Šabac*

Fungicid Fungicide	Topola			Šabac		
	Ms	Sd	E%	Ms	Sd	E%
Signum	16.6	0.52	67.5 b	4.9	0.76	82.2 b
Switch 62.5 WG	1.8	0.18	96.5 a	1.0	0.08	96.4 a
Mithos	5.6	0.27	89.0 a	1.6	0.14	94.2 a
Teldorf 500-SC	1.8	0.10	96.5 a	0.7	0.18	97.5 a
Dional 500 SC	3.8	0.31	92.6 a	1.1	0.40	96.0 a
Bellis	15.1	0.49	70.4 b	6.8	1.37	75.4 b
Cantus	11.4	0.59	77.7 b	3.2	0.06	88.4 b
Retengo	17.1	0.73	66.5 b	4.7	0.57	
Zato 50-WG	14.4	0.81	71.8 b	6.3	0.89	77.2 b
Kontrola	51.1	2.73	-	27.6	2.16	-

^a – istim slovima označeni su tretmani koji nisu statistički različiti (Duncan's testa)

^a – the same letters are marked treatments that are not statistically different (Duncan's testa)

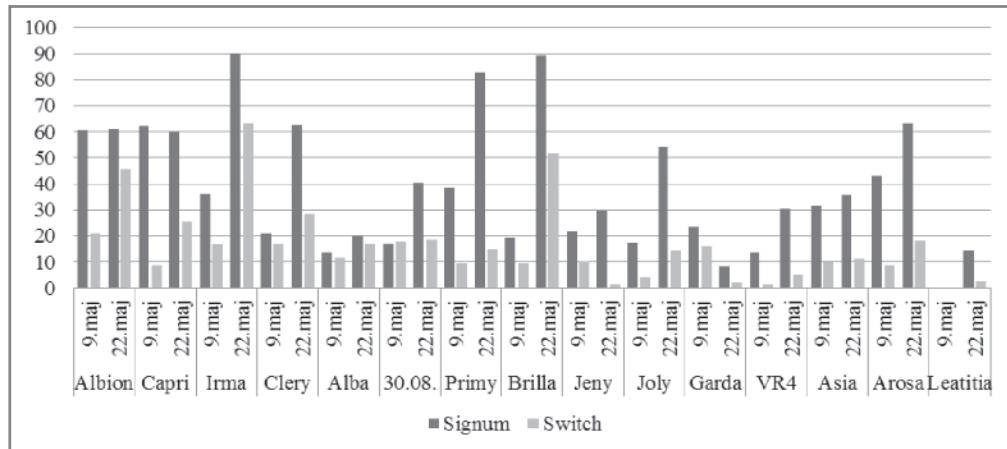


Grafikon 2. Procenat (%) plodova obolelih od sive truleži ubran u kontrolnoj i varijantama tretiranim fungicidima nakon 48h skladištenja na 20°C i RH= 80% (slove predstavljaju iste sredine tretmana na osnovu Duncan's testa).

Percent (%) fruits infected with gray mould harvested in control and fungicides treated plots after 48h storage at 20°C and RH= 80% (the letters represent the same middle of treatment based on Duncan test).

Efikasnost fungicida utvrđena u poljskim uslovima je u skladu sa utvrđenim procentom plodova obolelih od sive truleži, koji su ubrani iz eksperimentalnih parcela tretiranih različitim fungicidima nakon perioda skladištenja. Ovi rezultati ukazuju da primena fungicida značajno utiče kako na pojavu bolesti u polju tokom perioda cvetanja i sazrevanja plodova, tako i na

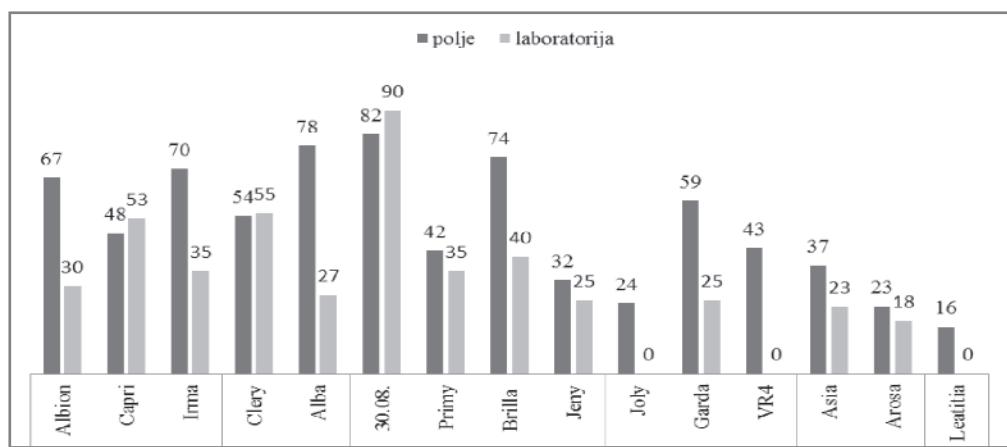
pojavu bolesti tokom perioda skladištenja i transporta plodova (Grafik 2). Fungicid Switch 62.5 WG ispoljio je bolji efekat u suzbijanju *B. cinerea* od fungicida Signum na 15 sorti jagode ($F=16.33$; $p=0.0001$). Postoje značajna variranja u ostvarenom efektu za oba fungicida u zavisnosti od sorte (Grafik 3).



Grafikon 3. Procenat (%) plodova obolelih od sive truleži ubran u eksperimentalnim parcelama tretiranim fungicidima Signum i Switch 62.5 WG.

Percent (%) of fruits infected with gray mould harvested in experimental plots treated with Signum and Switch 62.5 WG fungicides.

Tolerantnost sorti prema *B. cinerea* ispitivana je u poljskim i u kontrolisanim uslovima u laboratoriji. Analiza varijanse nije pokazala statistički značajnu razliku između tretmana i sorte, ali su sorte 'Jeny', 'Joly', 'VR4', 'Asia', 'Arosa' i 'Leatitia' imale nešto manji procenat obolelih plodova (Grafik 4).



Grafikon 4. Procenat (%) plodova različitih sorti obolelih od sive truleži testiran u polju i laboratoriji

Percent (%) of fruits of different cultivars infected with gray mold tested in the field and laboratory

Zaključak

Ispitivanja rezistentnosti *B. cinerea* prema fungicidima otkrila su prisustvo rezistentnih populacija prema benzimidazolima, fenheksamidu i iprodionu u zasadima jagode na više lokaliteta, što ukazuje na potrebu sprovođenja monitoringa rezistentnosti. Ogledi efikasnosti ukazali su da između fungicida koji se primenjuju u cilju suzbijanja *B. cinerea* postoje značajne razlike. Neophodno je da se dalja ispitivanja u pogledu razvoja rezistentnosti sprovedu sa svim fungicidima, koji su ispoljili niži nivo efikasnosti od očekivanog. Primena fungicida ima veliki uticaj na razvoj bolesti u toku skladištenja i transporta plodova. Sortna tolerantnost ima uticaj na pojavu bolesti i njenu kontrolu fungicidima. Na osnovu rezultata ispitivanja rezistentnosti i efikasnosti, primenu fungicida za suzbijanje *B. cinerea* treba bazirati na korišćenju fungicida sa različitim mehanizmom dejstva.

Literatura

- Albertini, C., Leroux, P. 2004. A *Botrytis cinerea* putative 3-keto reductase gene (*ERG27*) that is homologous to the mammalian 17 β -hydroxysteroid dehydrogenase type 7 gene (17 β -HSD7). European Journal of Plant Pathology, 110, 723–733.
- De Miccolis Angelini, R. M. Rotolo, C., Masiello, M., Gerin, D., Pollastro, S., Faretra, F. 2014. Occurrence of fungicide resistance in populations of *Botryotinia fuckeliana* (*Botrytis cinerea*) on table grape and strawberry in southern Italy. Pesticide Management Science, 70, 1785-1796.
- EFSA 2014. Scientific Opinion on the risks to plant health posed by *Phytophthora fragariae* Hickman var. *fragariae* in the EU territory, with the identification and evaluation of risk reduction options. EFSA Journal, 12(1), 3539, pp. 63.
- Ellis, M., Welty, C., Funt., R., Doohan, D., Williams, R., Brown, M., Bordelon, B. 2004. Midwest Small Fruit Pest Management Handbook. Ohio State University Extension, pp. 234.
- Leroch, M., Plesken, C., Weber, R.W.S., Kauff, F., Scalliet, G., Hahn, M. 2013. Gray Mold Populations in German Strawberry Fields Are Resistant to Multiple Fungicides and Dominated by a Novel Clade Closely Related to *Botrytis cinerea*. Applied and Environmental Microbiology, 79, 159–167.
- Leroux, P., Fritz, R., Debieu, D., Albertini, C., Lanen, C., Bach, J., Gredt, M., Chapeland, F. 2002. Mechanisms of resistance to fungicides in field strains of *Botrytis cinerea*. Pesticide Management Scienc, 58, 876–888.
- Leroux, P. 2004. Chemical control of *Botrytis* and its resistance to chemical fungicides. In Botrytis: Biology, Pathology and Control (Elad, Y., Williamson, B., Tudzynski, P., Delen N., eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 195–222.
- Malandrakis, A., Markoglou, A., Ziogas, B. 2011. Molecular characterization of benzimidazole-resistant *B. cinerea* field isolates with reduced or enhanced sensitivity to zoxamide and diethofencarb. Pesticide Biochemistry and Physiology, 99, 118–124.
- Mertely, J. C., MacKenzie, S. J., Legard, D. E. 2002. Timing of fungicide applications for *Botrytis cinerea* based on development stage of strawberry flowers and fruit. Plant Disease, 86, 1019-1024.

- Myresiotis, C. K., Bardas, G. A., Karaoglanidis, G. S. 2008. Baseline sensitivity of *Botrytis cinerea* to pyraclostrobin and boscalid and control of anilinopyrimidine-and benzimidazole resistant strains by these fungicides. Plant Disease, 92, 1427-1431.
- Russell, P. E. 2004. Sensitivity baselines in fungicide resistance research and management. FRAC Monograph No. 3. Brussels: Crop Life International.
- Wilcox, W. F., Seem, R. C. 1994. Relationship between strawberry gray mold incidence, environmental variables and fungicide applications during different periods of the fruiting season. Phytopathology, 84, 264-270.

Trends, Pesticides Application and Good Agricultural Practices in Strawberry Production

Trkulja Nenad, Pfaf-Dolovac Erika, Milosavljević Anja, Dolovac Nenad

Institute for Plant Protection and Environment, Teodora Dražzera 9, Belgrade
E-mail: trkulja_nenad@yahoo.com

Summary

In terms of environmentally safe use of pesticides, it's essential to conduct the monitoring of pathogens and pests incidence in strawberry fields in various growing regions. Additionally, to test the resistance of different cultivars to the most severe diseases, as well as to monitor the resistance to pesticides within the pathogens. Pests which cause significant damage are the strawberry clipper, aphids and mites. The most important pathogens causing severe losses in strawberry production determined for on are *Phytophthora fragarie* var. *fragarie*, *Mycosphaerella fragarie*, *Colletotrichum* spp. and *Botrytis cinerea* causing the gray mold. In 2013, a total of 154 isolates of *B. cinerea* were tested on discriminatory concentrations of fungicides in terms of detection of the resistance frequency. The highest frequency of resistance was determined for benzimidazoles 14%, fenheksamid 6%, iprodion 4%, while the sensitivity to fludioxonil was not determined to decrease. In 2014 efficacy of fungicides in control of *B. cinerea* was examined on localities Šabac and Topola. The highest efficacy on both localities was registered for ciprodinil+fludioxonil and fenheksamid (96.4 - 97.5%), whereas the lowest efficacy expressed by the pyraclostrobin (66.5%) and boskalid+pyraclostrobin (67.5%). We have monitored the appearance of disease in treatments with boskalid+pyraclostrobin and ciprodinil+fludioxonil on 15 different cultivars of strawberry. Fungicides ciprodinil+fludioxonil accomplished higher effect in control of *B. cinerea* on 15 different cultivars of strawberry in relation to boskalid+pyraclostrobin. Tolerance of cultivars to *B. cinerea* was observed in the field and controlled conditions, by inoculation of strawberry fruits with a mycelial cutoffs of *B. cinerea*. It's determined that cultivars 'Jeny', 'Leatitia', 'Joly', 'Arosa' and 'Asia' have expressed the highest level of tolerance to *B. cinerea*, while the lowest tolerance have been determined for 'Alba', '30.8', 'Brilla', 'Clery', 'Albion' and 'Irma'.

Key words: strawberry, pesticides, chemical treatments, cultivar tolerance, resistance to fungicides.