

## Utjecaj bakterizacije i prihrane dušikom na prinos novog genotipa ozimog graška u smjesi sa pšenicom cv. Sana

Darko Uher, Zvonimir Štafa, Mihaela Blažinkov, Ana Pisačić,  
Natalija Sadorski, Dražen Kaučić

Izvorni znanstveni rad – Original scientific paper

UDK: 631.1

### Sažetak

Trogodišnjim istraživanjima (2002. do 2005.g.) utvrđivan je utjecaj djelotvornosti bakterizacije sjemena novog genotipa ozimog graška L4 i prihrane dušikom na broj i masu suhe tvari kvržica, te prinose suhe tvari smjese ozimog graška i pšenice cv. Sana. Prije sjetve izvršena je predsjetvena bakterizacija sjemena graška sojem *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* 1001 iz zbirke Zavoda za Mikrobiologiju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Ukupno je najveći broj kvržica na korijenu graška utvrđen na bakteriziranoj varijanti 2 (39 kvržice/biljci), kao i masa suhe tvari kvržica (0,194 g/biljci). Prosječni prinosi suhe tvari graška kretali su se od 2,36 t ha<sup>-1</sup> (kontrola) do 3,50 t ha<sup>-1</sup> (bakterizacija). Prosječni prinosi suhe tvari pšenice varirali su od 5,63 t ha<sup>-1</sup> (kontrola) do 7,31 t ha<sup>-1</sup> (prihrana dušikom). Ukupni prinosi suhe tvari iznosili su od 7,99 t ha<sup>-1</sup> (kontrola) do 10,69 t ha<sup>-1</sup> (prihrana dušikom).

*Ključne riječi:* bakterizacija sjemena ozimog graška, prihrana dušikom, broj kvržica, suha tvar kvržica, prinos suhe tvari graška i pšenice

### Uvod i pregled literature

U cijelom svijetu, pa tako i u Republici Hrvatskoj, teži se proizvodnji što većih količina hrane, a istovremeno se nastoji maksimalno štedjeti energiju pokušavajući pri tom, gdje god je to moguće, zamijeniti fosilna goriva obnovljivim izvorima energije. Međutim, ova dva postulata nije lako uskladiti pogotovo kad se zna da je upravo dušik, najčešće limitirajući činitelj u dobivanju visokih prinosa suhe tvari poljoprivrednih kultura. Za proizvodnju 1 kg dušika industrija potroši oko 80 MJ energije, dok je za proizvodnju 1 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> potrebno 12 MJ, a za proizvodnju 1 kg K<sub>2</sub>O potrebno je svega 8 MJ energije (Strunjak i Redžepović, 1986.).

Mahunarke sadrže velike količine bjelanjčevina u nadzemnoj masi, te zato trebaju i veće količine dušika za formiranje prinosa. One mogu znatan dio

potrebnog dušika osigurati putem biološke fiksacije iz atmosfere koja ga sadrži 78,09 %, ili nad svakim hektarom 6 400 kg (FAO, 1984.). Da bi mahunarke mogle koristiti dušik iz atmosfere, moraju živjeti u simbiozi s djelotvornim sojevima kvržičnih bakterija iz rodova *Rhizobium* i *Bradyrhizobium*. Bez kvržičnih bakterija na svom korijenu, ni mahunarke ne mogu koristiti dušik iz atmosfere, već su onda kao i sve ostale biljke upućene isključivo na korištenje dušika iz tla.

Za vezanje dušika iz atmosfere, mahunarke troše solarnu energiju akumuliranu u asimilatima biljke domaćina. Uzimajući u obzir da, na primjer, soja po jedinici prinosa zrna treba četiri puta više dušika nego žitarice (Hardy i Havelka, 1975.), i da za vezanje tog dušika industrija treba utrošiti određene količine skupe fosilne energije koja je ograničena, stoga su razumljiva nastojanja da se mahunarkama omogući maksimalno korištenje dušika iz atmosfere, tim više što se za njegovu redukciju koristi solarna energija koja je svake godine obnovljiv izvor (Strunjak i Redžepović, 1986.).

Za poljoprivrednu proizvodnju vrlo je značajna simbioza kvržičnih bakterija iz rodova *Rhizobium* i *Bradyrhizobium* i mahunarki, čime se biološki veže atmosferski dušik koji se odmah koristi za sintezu bjelančevina i na taj se način sprječava opasnost od onečišćenja podzemnih voda nitratima, koja se inače javljaju kod intenzivne primjene mineralnih dušičnih gnojiva. Mahunarke uzgajane za zrno, sijeno, ispašu, zelenu gnojidbu ili druge svrhe, vežu putem svojih simbionata na cijeloj zemlji oko  $80 \times 10^6$  tona atmosferskog dušika godišnje, što je više od polovice ukupne količine biološki vezanog dušika na zemlji (Evans i Barber, 1977.), odnosno u svijetu se industrijskim Haber-Bosch postupkom osigurava  $60 \times 10^6$  t dušika godišnje (FAO Technical Handbook, 1989.).

Mahunarke, po hektaru nakon skidanja, u tlu ostavljaju nekoliko tona lako razgradljive korijenove mase i strni kojom obogaćuju tlo organskom tvari, bogatom dušikom (Russel, 1950.). Na taj se način održava plodnost tla i omogućuje kulturama koje slijede u plodoredu da koriste vezani atmosferski dušik (Bonnier i Brakel, 1969.).

Zbog čitavog niza prednosti vezanja dušika, nastoji se tom vezanju dati veće značenje i što je moguće više ga intenzivirati bakterizacijom sjemena mahunarki, za tu svrhu djelotvornim sojevima bakterija radi što uspješnijeg uzgajanja mahunarki, većeg prinosa, više kakvoće, a uz smanjena ulaganja.

### **Materijal i metode rada**

U Maksimiru su, u razdoblju od 2002./2003. do 2004./2005. godine, provedena istraživanja utjecaja bakterizacije i prihrane dušikom (KAN) na prinos novog genotipa ozimog graška L4 u smjesi s pšenicom cv. Sana. Istraživanja su provedena slučajnim bloknom rasporedom u četiri ponavljanja.

Novi genotip ozimog graška (L4) - bijelog cvijeta nedeterminiranog tipa rasta, izraženog grananja - Zavoda za specijalnu proizvodnju bilja, bio je bakteriziran sojem *R. leguminosarum* *bv. viciae* 1001 Zavoda za Mikrobiologiju Agronomskog fakulteta. Opskrba dušikom bila je u tri varijante: **kontrola** (bez bakterizacije i prihrane KAN-om), **bakterizacija** sjemena graška bez gnojidbe mineralnim dušikom i **prihrana KAN-om** (u busanju i vlatanju pšenice 2 x 110 kg ha<sup>-1</sup>KAN-a s 60 kg ha<sup>-1</sup> dušika).

Osnovna obrada tla obavljena je na dubinu 30 cm. Predsjetvena obrada obavljena je tanjuračom i sjetvospremačem. Osnovna gnojidba tla prije sjetve bila je na osnovici 500 kg NPK kombinacije 8:26:26 (40 kg ha<sup>-1</sup> N, 130 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i 130 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O). Sjetva je obavljena sijačicom Wintersteiger s raoničnim ulagačima na međuredni razmak 12 cm s razmakom među parcelicama 0,75 m. Duljina parcele je bila 6,0 a širina 1,2 m. Ukupna površina parcelice iznosila je 7,2 m<sup>2</sup>. Prvo su sijane varijante kontrole i prihrane KAN-om, a zatim bakterizirane varijante. Norma sjetve bila je: 100 zrna graška/m<sup>2</sup> L4 i 200 zrna/m<sup>2</sup> pšenice cv. Sana. Dubina sjetve za pšenicu i grašak iznosila je 5 cm. Datumi sjetve po godinama istraživanja: 17. 10. 2002., 23. 10. 2003. i 21. 10. 2004.g. Broj i masa kvržica utvrđivana je na 5 biljaka u početku cvatnje graška, odnosno neposredno pred utvrđivanje prinosa. Prosječni uzorci svake varijante kvržica sušeni su na 105 °C do konstantne mase radi utvrđivanja sadržaja suhe tvari. Prinosi su utvrđivani na obračunskoj parcelici površine 2,4 m<sup>2</sup> početkom cvatnje graška: 13. 05. 2003., 18. 05. 2004. i 15. 05. 2005.g. Prosječni uzorci svake varijante komponenata smjese sušeni su na 60 °C do konstantne mase uzorka radi utvrđivanja sadržaja suhe tvari. Rezultati su obrađeni u statističkom programu SAS (SAS Institut, 1997.).

Prema podacima meteorološke postaje Zagreb-Maksimir, područje Zagreba prema Langovom kišnom faktoru (75,9) ima humidnu klimu (tablica 1). Tijekom tri godine istraživanja bile su prosječne temperature zraka više od desetogodišnjeg prosjeka, osobito 2003. godine u ožujku, svibnju i lipnju. Tijekom ožujka, travnja, svibnja i lipnja 2003. godine pala je znatno manja količina oborina od desetogodišnjeg prosjeka.

Tlo na pokušalištu Agronomskog fakulteta u Maksimiru je aluvijalno-koluvijalno smeđe tlo razvijeno na aluviju. Reakcija tla je neutralna, pH u

nKCl iznosi 7. Tlo je slabo humozno i sadrži 1,8 % humusa. Na osnovi sadržaja ukupnog dušika tlo dobro je opskrbljeno dušikom (0,14 %). Prema sadržaju  $P_2O_5$  i  $K_2O$  u tlu može se zaključiti, da je tlo u Maksimiru dobro do osrednje opskrbljeno tim hranivima, odnosno sadrži 40,1 mg  $P_2O_5/100$  g tla i 20,0 mg  $K_2O/100$  g tla.

*Tablica 1: Srednje mjesečne temperature zraka i količine oborina (2002., 2003., 2004. i 2005. godine, te višegodišnji prosjek) - meteorološka postaja Zagreb-Maksimir*

*Table 1: Average monthly air temperature and rainfalls (during 2002, 2003, 2004, 2005 and multi-year average) - weather station Zagreb-Maksimir*

Mjesec Month	Srednja mjesečna temperatura zraka °C Average monthly air temperature °C				Prosjek Average 1996.- 2005.	Srednja količina oborina, mm Average rainfall, mm				Prosjek Average 1996.- 2005.
	2002.	2003.	2004.	2005.		2002.	2003.	2004.	2005.	
I.	0,9	-1,0	-0,1	0,1	0,5	22,0	61,0	57,1	15,7	44,9
II.	6,4	-1,6	3,0	-1,7	2,7	46,0	35,7	42,0	61,8	34,6
III.	8,8	7,2	5,6	5,0	6,9	33,0	7,5	60,1	25,1	40,7
IV.	10,8	10,8	11,6	11,8	11,4	131,0	28,8	135,8	64,9	76,1
V.	18,4	19,3	14,8	16,5	17,1	86,0	20,2	39,3	66,3	69,2
VI.	21,1	23,9	19,1	19,9	20,5	71,0	65,6	102,2	68,6	84,2
VII.	21,9	23,0	21,2	21,5	21,3	124,0	62,3	69,7	137,1	91,3
VIII.	20,8	25,0	21,1	18,9	21,4	143,0	16,7	56,4	175,3	79,2
IX.	15,4	15,9	16,2	16,9	16,0	78,0	111,8	80,6	67,7	107,9
X.	11,4	9,4	13,1	12,3	11,8	109,0	102,0	186,2	26,7	85,9
XI.	9,7	8,1	7,0	5,2	6,4	73,0	57,5	39,7	78,7	82,1
XII.	2,1	1,7	2,1	1,5	1,1	64,0	25,0	49,3	113,4	68,6
Prosjek Average	12,3	11,8	11,2	10,7	11,4					
Ukupno Total						980,0	594,1	918,4	901,3	864,7

### **Rezultati istraživanja**

#### **Broj aktivnih kvržica na korijenu graška po biljci**

Signifikantno najveći broj aktivnih kvržica na korijenu graška (tablica 2) prve godine istraživanja utvrđen je na bakteriziranoj varijanti 2 (38), a najmanji na KAN-om prihranjivanoj varijanti 3 (21). U drugoj godini najveći broj aktivnih kvržica na korijenu graška utvrđen je na kontrolnoj varijanti 1 (34), a najmanji na varijanti 3 (26). U trećoj godini, također najveći broj aktivnih kvržica na korijenu graška utvrđen je na bakteriziranoj varijanti 2 (37), a najmanji na KAN-om prihranjivanoj varijanti 3 (23).

Tablica 2: Broj aktivnih kvržica na korijenu graška  
Table 2: Number of active nodules on winter pea root

Varijanta Variant	Broj aktivnih kvržica na korijenu graška/biljci Number of active nodules on winter pea root			
	Godina/Year			Prosjek varijanata Average variant
	2003.	2004.	2005.	
Kontrola/Control	26	34	36	32,0
Bakterizacija/Inoculation	38	33	37	36,0
Prihrana dušikom Nitrogen Top-Dressing	21	26	23	23,3
Prosjek godina Average year	28,3	31,0	32,0	
LSD 0,05				0,28 kvržica/nodle
LSD 0,05 †				0,50 kvržica/nodle
LSD 0,05 ‡				0,61 kvržica/nodle
				Signifikantnost Significant
Godina/Year				***
Varijanta /Variant				***
Godina x varijanta Year x variant				***

† za usporedbu srednjih vrijednosti unutar godine ‡ za usporedbu srednjih vrijednosti između godina  
† values for comparing means within year ‡ values for comparing means across year

U prosjeku je signifikantno veći broj aktivnih kvržica na korijenu graška imala bakterizirana varijanta 2 (36,0) u odnosu na ostale istraživane varijante, a između varijante 3 (23,3) i varijante 1 (32,0) bilo je također značajnih razlika. Interakcija godina x varijanta u broju aktivnih kvržica na korijenu graška bila je signifikantna. Bakterizirana varijanta 2 prve je godine istraživanja imala veći broj aktivnih kvržica na korijenu graška (38) u odnosu na drugu (33) i treću godinu istraživanja (37).

#### Broj neaktivnih kvržica na korijenu graška po biljci

Najveći broj neaktivnih kvržica na korijenu graška (tablica 3) prve godine istraživanja utvrđen je na prihranjivanoj varijanti 3 (9), a najmanji na bakteriziranoj varijanti 2 (2). U drugoj godini najveći broj neaktivnih kvržica na korijenu graška utvrđen je na prihranjivanoj varijanti 3 (8), a najmanji na kontrolnoj varijanti 1 (2). U trećoj godini također je najveći broj neaktivnih kvržica na korijenu graška utvrđen na prihranjivanoj varijanti 3 (11), a najmanji na bakteriziranoj varijanti 2 (3).

Tablica 3: Broj neaktivnih kvržica na korijenu graška

Table 3: Number of nonactive nodules on winter pea root

Varijanta Variant	Broj neaktivnih kvržica na korijenu graška/biljci Number of nonactive nodules on winter pea root			
	Godina/Year			Prosjeak varijanata Average variant
	2003.	2004.	2005.	
Kontrola/Control	3	2	4	3,0
Bakterizacija/Inoculation	2	4	3	3,0
Prihrana dušikom Nitrogen Top-Dressing	9	8	11	9,3
Prosjeak godina Average year	4,7	4,7	6,0	
LSD 0,05				0,24 kvržica/nodle
LSD 0,05 †				0,33 kvržica/nodle
LSD 0,05 ‡				0,45 kvržica/nodle
				Signifikantnost Significant
Godina/Year				*
Varijanta /Variant				***
Godina x varijanta Year x variant				***

† za usporedbu srednjih vrijednosti unutar godine ‡ za usporedbu srednjih vrijednosti između godina  
 † values for comparing means within year ‡ values for comparing means across year

U prosjeku, značajno veći broj neaktivnih kvržica na korijenu graška imala je prihranjivana varijanta 3 (9,3) u odnosu na ostale istraživane varijante, a između varijante 1 (3,0) i varijante 2 (3,0) nije bilo značajnih razlika. Interakcija godina x varijanta u broju kvržica na korijenu graška bila je značajna. Prihranjivana varijanta 3 treće godine istraživanja imala je veći broj neaktivnih kvržica na korijenu graška (11) u odnosu na drugu (8) i prvu godinu istraživanja (9).

#### Ukupan broj kvržica na korijenu graška po biljci

Najveći ukupni broj kvržica na korijenu graška (tablica 4) prve godine istraživanja utvrđen je na bakteriziranoj varijanti 2 (40), a najmanji na

kontrolnoj varijanti 1 (29). U drugoj godini najveći ukupni broj kvržica na korijenu graška utvrđen je na bakteriziranoj varijanti 2 (37), a najmanji na

prihranjivanoj varijanti 3 (34). U trećoj godini također je najveći broj ukupnih kvržica na korijenu graška utvrđen na bakteriziranoj varijanti 2 (40) i kontrolnoj varijanti 1 (40), a najmanji na KAN-om prihranjivanoj varijanti 3 (34).

Tablica 4: Ukupan broj kvržica na korijenu graška

Table 4: Total nodule number on winter pea root

Varijanta Variant	Broj kvržica na korijenu graška/biljci Nodule number on winter pea root			
	Godina/Year			Prosjek varijanata Average variant
	2003.	2004.	2005.	
Kontrola/Control	29	36	40	35,0
Bakterizacija/Inoculation	40	37	40	39,0
Prihrana dušikom Nitrogen Top-Dressing	30	34	34	32,7
Prosjek godina Average year	33,0	35,7	38,0	
LSD 0,05				0,59 kvržica/nodle
LSD 0,05 †				0,79 kvržica/nodle
LSD 0,05 ‡				0,85 kvržica/nodle
				Signifikantnost Significant
Godina/Year				***
Varijanta /Variant				***
Godina x varijanta Year x variant				***

† za usporedbu srednjih vrijednosti unutar godine ‡ za usporedbu srednjih vrijednosti između godina  
† values for comparing means within year ‡ values for comparing means across year

U prosjeku, signifikantno veći broj kvržica na korijenu graška imala je bakterizirana varijanta 2 (39,0) u odnosu na ostale istraživane varijante, a između varijante 3 (32,7) i varijante 1 (35,0) bilo je značajnih razlika. Interakcija godina x varijanta u broju ukupnih kvržica na korijenu graška bila je signifikantna. Bakterizirana varijanta 2 prve (40) i treće godine (40) istraživanja imala je veći ukupni broj kvržica na korijenu graška u odnosu na drugu godinu istraživanja (37).

### Suha tvar kvržica

Najveća masa suhe tvari kvržica na korijenu graška (tablica 5) prve godine istraživanja utvrđena je na bakteriziranoj varijanti 2 (0,199 g), a najmanja na kontrolnoj varijanti 1 (0,153 g). U drugoj godini najveća je masa suhe tvari kvržica na korijenu graška utvrđena na bakteriziranoj varijanti 2 (0,185 g), a najmanja na prihranjivanoj varijanti 3 (0,167 g). Najveća masa suhe tvari kvržica na korijenu graška treće godine istraživanja utvrđena je na bakteriziranoj varijanti 2 (0,199 g), a najmanja na KAN-om prihranjivanoj varijanti 3 (0,173 g).

Tablica 5: Masa suhe tvari kvržica (g/biljka)

Table 5: Nodule dry matter weight (g/plant)

Varijanta Variant	Masa suhe tvari kvržica (g/biljka) Nodule dry matter weight (g/plant)			Prosjek varijanata Average variant
	Godina/Year			
	2003.	2004.	2005.	
Kontrola/Control	0,153	0,184	0,189	0,175
Bakterizacija/Inoculation	0,199	0,185	0,199	0,194
Prihrana dušikom Nitrogen Top-Dressing	0,159	0,167	0,173	0,166
Prosjek godina Average year	0,170	0,179	0,187	
LSD 0,05				0,001 g
LSD 0,05 †				0,002 g
LSD 0,05 ‡				0,003 g
				Signifikantnost Significant
Godina/Year				***
Varijanta /Variant				***
Godina x varijanta Year x variant				***

† za usporedbu srednjih vrijednosti unutar godine ‡ za usporedbu srednjih vrijednosti između godina  
† values for comparing means within year ‡ values for comparing means across year

U prosjeku, signifikantno veća masa suhe tvari kvržica na korijenu graška utvrđena je na bakteriziranoj varijanti 2 (0,194 g) u odnosu na ostale istraživane varijante.

Interakcija godina x varijanta u masi suhe tvari kvržica bila je također signifikantna.

**Prinos suhe tvari graška u smjesi (t ha<sup>-1</sup>):**

U prvoj godini istraživanja bakterizirana varijanta 2 (1,76 t ha<sup>-1</sup>) imala je signifikantno veći prinos suhe tvari graška (tablica 6) od kontrolne varijante 1 (0,96 t ha<sup>-1</sup>) i prihranjivane varijante 3 (1,27 t ha<sup>-1</sup>). U drugoj godini istraživanja bakterizirana varijanta 2 (2,79 t ha<sup>-1</sup>) imala je signifikantno veći prinos suhe tvari graška (tablica 6) od kontrolne varijante 1 (1,53 t ha<sup>-1</sup>) i prihranjivane varijante 3 (2,31 t ha<sup>-1</sup>).

Tablica 6: Prinos suhe tvari graška (t ha<sup>-1</sup>)

Table 6: Winter dry matter pea yield (t ha<sup>-1</sup>)

Varijanta Variant	Prinos graška (t ha <sup>-1</sup> ) Winter pea yield (t ha <sup>-1</sup> )			Prosjek varijanata Average variant
	Godina/Year			
	2003.	2004.	2005.	
Kontrola/Control	0,96	1,53	4,59	2,36
Bakterizacija/Inoculation	1,76	2,79	5,94	3,50
Prihrana dušikom Nitrogen Top-Dressing	1,27	2,31	6,56	3,38
Prosjek godina Average year	1,33	2,21	5,70	
LSD 0,05				0,18 t ha <sup>-1</sup>
LSD 0,05 †				0,26 t ha <sup>-1</sup>
LSD 0,05 ‡				0,36 t ha <sup>-1</sup>
				Signifikantnost Significant
Godina/Year				***
Varijanta /Variant				***
Godina x varijanta Year x variant				***

† za usporedbu srednjih vrijednosti unutar godine ‡ za usporedbu srednjih vrijednosti između godina

† values for comparing means within year ‡ values for comparing means across year

U trećoj godini istraživanja prihranjivana varijanta 3 (6,56 t ha<sup>-1</sup>) imala je signifikantno veći prinos suhe tvari graška (tablica 6) od kontrolne varijante 1 (4,59 t ha<sup>-1</sup>) i bakterizirane varijante 2 (5,94 t ha<sup>-1</sup>).

U prosjeku, bakterizirana varijanta 2 (3,50 t ha<sup>-1</sup>) imala je signifikantno veći prinos suhe tvari graška od prinosa kontrolne varijante 1 (2,36 t ha<sup>-1</sup>). Prihranjivana varijanta 3 (3,38 t ha<sup>-1</sup>) imala je signifikantno veći prinos suhe tvari graška od kontrole 1 (2,36 t ha<sup>-1</sup>). Interakcija godina x gnojidba u prinosisima suhe tvari novog genotipa graška L4 bila je signifikantna. Sve su varijante u trećoj godini istraživanja imale signifikantno veće prinose suhe

tvori graška od prve dvije godine istraživanja zbog povoljnijih klimatskih prilika tijekom vegetacije novog genotipa graška.

### Prinosi suhe tvori pšenice u smjesi ( $t\ ha^{-1}$ ):

U prvoj godini istraživanja prihranjivane varijante 3 ( $4,20\ t\ ha^{-1}$ ) imala je signifikantno veći prinos suhe tvori pšenice (tablica 7) od bakterizirane varijante 2 ( $2,61\ t\ ha^{-1}$ ).

Tablica 7: Prinos suhe tvori pšenice ( $t\ ha^{-1}$ )

Table 7: Winter wheat dry matter yield ( $t\ ha^{-1}$ )

Varijanta Variant	Prinos pšenice ( $t\ ha^{-1}$ ) Winter wheat yield ( $t\ ha^{-1}$ )			
	Godina/Year			Prosjek varijanata Average variant
	2003.	2004.	2005.	
Kontrola/Control	3,54	9,40	3,96	5,63
Bakterizacija/Inoculation	2,61	11,30	4,35	6,09
Prihrana dušikom Nitrogen Top-Dressing	4,20	11,89	5,85	7,31
Prosjek godina Average year	3,45	10,86	4,72	
LSD 0,05				0,30 $t\ ha^{-1}$
LSD 0,05 †				0,90 $t\ ha^{-1}$
LSD 0,05 ‡				0,96 $t\ ha^{-1}$
				Signifikantnost Significant
Godina/Year				***
Varijanta /Variant				***
Godina x varijanta Year x variant				***

† za usporedbu srednjih vrijednosti unutar godine ‡ za usporedbu srednjih vrijednosti između godina  
† values for comparing means within year ‡ values for comparing means across year

U drugoj godini istraživanja također je prihranjivana varijanta 3 ( $11,89\ t\ ha^{-1}$ ) imala signifikantno veći prinos suhe tvori pšenice (tablica 7) od prinosa kontrole 1 ( $9,40\ t\ ha^{-1}$ ). Bakterizirana varijanta 2 ( $11,30\ t\ ha^{-1}$ ) imala je signifikantno veći prinos suhe tvori pšenice od kontrole 1 ( $9,40\ t\ ha^{-1}$ ).

U trećoj godini istraživanja također je prihranjivana varijanta 3 ( $5,85\ t\ ha^{-1}$ ) imala signifikantno veći prinos suhe tvori pšenice od prinosa kontrole 1 ( $3,96\ t\ ha^{-1}$ ) i bakterizirane varijante 2 ( $4,35\ t\ ha^{-1}$ ).

U prosjeku prihranjivana je varijanta 3 ( $7,31\ t\ ha^{-1}$ ) imala signifikantno veći prinos suhe tvori pšenice od kontrolne varijante 1 ( $5,63\ t\ ha^{-1}$ ) i

bakterizirane varijante 2 ( $6,09 \text{ t ha}^{-1}$ ). Interakcija prinosa suhe tvari pšenice godina x gnojidba bila je signifikantna. Sve su varijante istraživanja u drugoj godini istraživanja imale veće prinose suhe tvari pšenice od prve (sušna 2003.g.) i treće godine istraživanja.

### Ukupni prinosi suhe tvari smjese graška i pšenice ( $\text{t ha}^{-1}$ ):

U prvoj godini istraživanja prihranjivana varijanta 3 ( $5,47 \text{ t ha}^{-1}$ ) imala je veći ukupni prinos suhe tvari smjese graška i pšenice (tablica 8) od ostalih varijanata istraživanja.

Tablica 8: Ukupni prinosi suhe tvari smjese graška i pšenice ( $\text{t ha}^{-1}$ )  
Table 8: Total winter pea and wheat mixture dry matter yield ( $\text{t ha}^{-1}$ )

Varijanta Variant	Ukupni prinos smjese graška i pšenice ( $\text{t ha}^{-1}$ ) Total winter pea and wheat mixture yield ( $\text{t ha}^{-1}$ )			Prosjek varijanata Average variant
	Godina/Year			
	2003.	2004.	2005.	
Kontrola/Control	4,50	10,93	8,55	7,99
Bakterizacija/Inoculation	4,37	14,09	10,29	9,58
Prihrana dušikom Nitrogen Top-Dressing	5,47	14,20	12,41	10,69
Prosjek godina Average year	4,78	13,07	10,42	
LSD 0,05				0,31 $\text{t ha}^{-1}$
LSD 0,05 †				0,93 $\text{t ha}^{-1}$
LSD 0,05 ‡				0,99 $\text{t ha}^{-1}$
				Signifikantnost Significant
Godina/Year				***
Varijanta /Variant				***
Godina x varijanta Year x variant				***

† za usporedbu srednjih vrijednosti unutar godine ‡ za usporedbu srednjih vrijednosti između godina  
† values for comparing means within year ‡ values for comparing means across year

U drugoj godini istraživanja također je prihranjivana varijanta 3 ( $14,20 \text{ t ha}^{-1}$ ) imala veći ukupni prinos suhe tvari smjese graška i pšenice u odnosu na kontrolu 1 ( $10,93 \text{ t ha}^{-1}$ ).

U trećoj godini istraživanja također je prihranjivana varijanta 3 ( $12,41 \text{ t ha}^{-1}$ ) imala veći ukupni prinos suhe tvari smjese graška i pšenice u odnosu na prinose ostalih varijanata, dok je kontrolna varijanta 1 ( $8,55 \text{ t ha}^{-1}$ ) imala najmanji ukupni prinos suhe tvari smjese graška i pšenice.

U prosjeku, prihranjivana varijanta 3 (10,69 t ha<sup>-1</sup>) imala je signifikantno veći ukupni prinos suhe tvari smjese graška i pšenice od kontrolne varijante 1 (7,99 t ha<sup>-1</sup>) i bakterizirane varijante 2 (9,58 t ha<sup>-1</sup>). Bakterizirana varijanta 2 (9,58 t ha<sup>-1</sup>) imala je u prosjeku signifikantno veći ukupni prinos suhe tvari smjese graška i pšenice od kontrole 1 (7,99 t ha<sup>-1</sup>).

Interakcija godina x gnojdba u ukupnim prinosima suhe tvari smjese graška i pšenice bila je signifikantna. Sve su varijante istraživanja u drugoj godini istraživanja imale veće ukupne prinose suhe tvari smjese novog genotipa graška i pšenice u odnosu na prvu i treću godinu istraživanja.

### **Rasprava**

Mnoga istraživanja pokazuju da povećanje broja ljudi u svijetu i promjene u ekonomskom razvoju (zbog porasta veličine naselja i povećanje industrijske proizvodnje opada veličina poljoprivredne površine po jednom čovjeku) zahtijevaju povećanje poljoprivredne proizvodnje u ovom stoljeću. Među mnogim činiteljima koji bi doprinijeli povećanju proizvodnje organske tvari, dušik će imati još važnije mjesto nego što je imao do sada. Može se očekivati da dosadašnji izvori dušika (tj. organska i mineralna gnojiva) neće biti dovoljni da osiguraju zahtjeve i potrebe za ovom povećanom poljoprivrednom proizvodnjom. Stoga će biološka i tehnološka fiksacija dušika dobiti dominantno značenje u realizaciji potreba dušika za proizvodnju hrane sve većem broju stanovnika naše planete. Iz toga proizlazi da će ovaj problem zahtijevati puno veću pažnju u istraživanju nego što je do sada imao.

U tu su svrhu provedna istraživanja na Agronomskom fakultetu sojem *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* 1001, iz zbirke Zavoda za Mikrobiologiju, kojim je bakterizirano sjeme novog genotipa ozimog graška L4 radi utvrđivanja djelotvornosti simbioznog odnosa navedenog soja i novog kultivara ozimog graška.

U prosjeku za godine istraživanja, bakterizirana varijanta imala je signifikantno veći broj aktivnih kvržica na korijenu novog genotipa graška (36) u odnosu na kontrolu (32) i prihranjivanu varijantu (23,3). Do znatnog smanjenja broja aktivnih i povećanja neaktivnih kvržica na korijenu graška kod prihranjivanih varijanata došlo je zbog povećanja doze dušika prilikom prihrane graška u proljeće. Iz literature je poznato da povećane doze dušika uzrokuju smanjenje aktivnih i povećanje neaktivnih kvržica na korijenu graška što su utvrdili Brkić i sur. (2004.). Uher i sur. (2005.) su u dvogodišnjem istraživanju utvrdili na bakteriziranoj varijanti manji broj aktivnih kvržica (29) na korijenu graška kultivara Maksimirski ozimi.

U prosjeku, za godine istraživanja prihranjivana je varijanta imala signifikantno veći broj neaktivnih kvržica na korijenu novog genotipa graška (9) u odnosu na kontrolu (3) i prihranjivanu varijantu (3). Uher i sur. (2005.) su u dvogodišnjem istraživanju na prihranjivanoj varijanti utvrdili manji broj neaktivnih kvržica (3) na korijenu graška kultivara Maksimirski ozimi.

Najveći broj kvržica je utvrđen na bakteriziranoj varijanti 2 (40) u prvoj godini istraživanja, 37 u drugoj godini, a u trećoj godini 40 što je više nego što su Uher i sur. (2005.) utvrdili u prosjeku na korijenu graška sorte Maksimirski ozimi bakteriziran sojem *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* (31). Jarak (1989.) je na korijenu jedne biljke graška utvrdila od 16 do 44 kvržice. Peenstra (1980.), Nutman (1976.) i Lie (1981.) utvrdili su da se broj kvržica po biljci graška kreće od 13 do 85, i da sposobnost nodulacije ovisi o soju *Rhizobium leguminosarum*. Brkić i sur. (2004.) utvrdili su da se broj kvržica na korijenu graška kreće od 8 do 47 ovisno o tipu tla, razini gnojidbe dušikom i molibdenom, odnosno je li sjeme graška bilo bakterizirano ili nije.

Bakterizirana varijanta imala je u prosjeku najveću masu suhe tvari kvržica (0,194 g) po biljci graška u odnosu na ostale varijante istraživanja, što je u suglasju s dvogodišnjim istraživanjima Uhera i sur. (2006.) koji su utvrdili na bakteriziranoj varijanti u prosjeku najveću masu suhe tvari kvržica (0,185 g) u odnosu na ostale varijante istraživanja.

U prosjeku za godine istraživanja, bakterizirana varijanta imala je veći prinos suhe tvari novog genotipa graška (3,50 t ha<sup>-1</sup>) od kontrolne varijante (3,38 t ha<sup>-1</sup>) što je u suglasju s istraživanjima Uher i sur. (2005.) koji su također utvrdili u prosjeku na bakteriziranoj varijanti (3,75 t ha<sup>-1</sup>) suhe tvari graška cv. Maksimirski ozimi. Između istraživanih godina, također su utvrđene značajne razlike u prinosima suhe tvari novog genotipa graška. Do značajnih razlika u prinosima suhe tvari novog genotipa graška došlo je u 2003.g. zbog nepovoljnih klimatskih prilika tijekom vegetacije graška, odnosno sušnog perioda u ožujku, travnju i u prvoj dekadi svibnja kada je palo 26,3 mm oborina. Prema podacima meteorološke postaje Maksimir, najpovoljnije klimatske prilike tijekom vegetacije novog genotipa graška bile su u 2005.g. (156,3 mm oborina u ožujku, travnju i svibnju), što je u konačnici rezultiralo i većim prinosima suhe tvari graška u odnosu na prethodne dvije godine istraživanja.

U prosjeku, za godine istraživanja prihranjivana varijanta imala je signifikantno veći prinos suhe tvari pšenice cv. Sana (7,31 t ha<sup>-1</sup>) od kontrolne i bakterizirane varijante, što je također u suglasju s istraživanjima Uher i sur. (2005.) koji su utvrdili prosjek na prihranjivanoj varijanti (10,10 t ha<sup>-1</sup>) suhe

tvori pšenice u odnosu na ostale varijante istraživanja. Najpovoljnije klimatske prilike tijekom vegetacije ozime pšenice cv. Sana bile su u 2004.g., što je rezultiralo većim prinosima suhe tvari pšenice u odnosu na sušnu 2003. g., ali i na 2005.g.

U prosjeku, za sve tri godine prihranjivana varijanta imala je signifikantno veći prinos suhe tvari smjese novog genotipa graška i pšenice ( $10,69 \text{ t ha}^{-1}$ ) od kontrolne i bakterizirane varijante, što je također u suglasju s istraživanjima Uher i sur. (2005.) koji su utvrdili prosjek na prihranjivanoj varijanti ( $13,25 \text{ t ha}^{-1}$ ) suhe tvari smjese graška i pšenice u odnosu na kontrolu ( $11,65 \text{ t ha}^{-1}$ ) i bakteriziranu i prihranjivanu varijantu ( $11,80 \text{ t ha}^{-1}$ ).

### Zaključci

Temeljem trogodišnjih istraživanja djelotvornosti bakterizacije sjemena novog genotipa graška L4 sojem *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* 1001 u smjesi sa pšenicom cv. Sana provedenih na Agronomskom fakultetu u Zagrebu može se zaključiti:

- Na korijenu graška bakterizirane varijante utvrđeno je u prosjeku 39 kvržice. Na korijenu graška kontrolne varijante utvrđeno je 11,4 % manji broj ukupnih kvržica, a na korijenu graška KAN-om prihranjivane varijante 19,3 % manji broj kvržica.
- Bakterizacijom sjemena graška utvrđeno je 0,194 g suhe tvari kvržica na korijenu graška, dok je na korijenu graška kontrole utvrđeno 10,9 % manje, a na KAN-om prihranjivanoj varijanti 16,9 % manje suhe tvari kvržica.
- Bakterizacijom sjemena novog genotipa graška L4 u smjesi sa pšenicom cv. Sana postignuto je u prosjeku  $3,50 \text{ t ha}^{-1}$  suhe tvari graška, odnosno 48,3 % više od kontrole, te 3,6 % više od KAN-om prihranjivane varijante.
- Prihranom smjese graška i pšenice KAN-om postignuto je u prosjeku  $7,31 \text{ t ha}^{-1}$  suhe tvari pšenice odnosno u odnosu na kontrolu za 29,8 % više, a u odnosu na bakteriziranu varijantu za 20,0 % više suhe tvari pšenice.
- Prihranjivanom varijantom postignuto je u prosjeku  $10,69 \text{ t ha}^{-1}$  suhe tvari, smjese graška i pšenice, što je u odnosu na kontrolu za 33,8 % veći prinos, a u odnosu na bakteriziranu varijantu za 11,6 %.

## **EFFECT OF INOCULATION AND NITROGEN TOP-DRESSING ON YIELD OF NEW GENOTYPE WINTER PEA AND WHEAT CV. SANA MIXTURE**

### **Summary**

Three year field trials (2002-2005) were carried out to determine the effect of new genotype winter pea L4 seed inoculation and nitrogen top-dressing on number and nodule dry weight g/plant of pea root and also on the yield of winter pea and wheat cv. Sana mixture. Just before sowing, pea seeds were inoculated with of *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* 1001 from the collection of the Department of Microbiology at the Faculty of Agriculture University of Zagreb. The highest total nodule number on pea root (39 nodule/plant) was determined on the inoculated variant 2 as well as nodule dry weight (0.194 g/plant). Dry matter yields of pea were ranging from 2.36 t ha<sup>-1</sup> (control) up to 3.50 t ha<sup>-1</sup> (inoculation). Dry matter yields of wheat were ranging from 5.63 t ha<sup>-1</sup> (control) up to 7.31 t ha<sup>-1</sup> (nitrogen top-dressing). Total dry matter yields were ranging from 7.99 t ha<sup>-1</sup> (control) up to 10.69 t ha<sup>-1</sup> (nitrogen top-dressing).

*Key words:* inoculation of winter pea seeds, nitrogen top-dressing, number of nodules, dry weight nodule, dry matter yield of winter pea and wheat

### **Literatura**

- BONNIER, C., BRAKEL, J. (1969): Lutte biologique contre la paim Eddition J. Duculot, S.A., Gemblax.
- BRKIĆ, S., MILAKOVIĆ, Z., KRISTEK, A., ANTUNOVIĆ, M. (2004.): Pea yield and its quality depending on inoculation, nitrogen and molybdenum fertilization. *Plant Soil Environ.* 50 (1): 39-45.
- EVANS, H., J., BARBER, L., E. (1977): Biological nitrogen fixation for food and fiber production. *Science* 197. 332-339.
- JARAK, M. (1989.): Istraživanja važnijih svojstava nekih sojeva *Rhizobium leguminosarum*. *Poljoprivredna znanstvena smotra* br. 1-2, Zagreb.
- HARDY, R., W., F., HAVELKA, U., D. (1975): Nitrogen fixation research: a key to world food? *Science* 188, 633-643.
- LIE, T., A. (1981): Gene centres, a source for genetic variants in symbiotic nitrogen fixation: host induced ineffectivity in *Pisum sativum* ecotype *fulvum*. *Plant and Soil*, V. 61, 125-134.

NUTMAN, P. S. (1976): IBP field experiments on nitrogen fixation by nodulated legumes. Symbiotic nitrogen fixation in plants. Ed. By P. S. Nutman.

PEENSTRA, W., J., JACOBSON, E. (1980): A new pea mutant efficiently nodulating in the presence of nitrate. *Theor. Appl. Genet.* V. 58, 39-42.

RUSSEL, J., E. (1950): Soil conditions and Plant growth. Hongmais Green and Co., London, New York, Toronto.

SAS (1999): SAS/STAT Software: SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.

STRUNJAK, R., REDŽEPOVIĆ, S. (1986.): Bakterizacija leguminoza-agrotehnička mjera u službi štednje energije, *Poljoprivredna znanstvena smotra br. 72*, str.109-115.

ŠTAFI, Z., DANJEK, I., CRNOBRNJA, L., DOGAN, Z. (1993.): Proizvodnja krme za 15 000 L mlijeka s 1 hektara, *Poljoprivredne aktualnosti br. 29*, str. 483-492.

ŠTAFI, Z., DANJEK, I. (1997.): Proizvodnja kvalitetne krme u slijedu kao tehnološka osnovica za visoku proizvodnju mlijeka po hektaru, *Zagreb, Mljekarstvo*, 47(1), 3-16.

ŠTAFI, Z., GRGIĆ, Z., MAĆEŠIĆ, D., DANJEK, I., UHER, D. (1998.): Proizvodnja krme u slijedu na obiteljskom gospodarstvu, *Zagreb, Mljekarstvo*, 48 (4), 211-226.

ŠTAFI, Z., REDŽEPOVIĆ, S., GRBEŠA, D., UHER, D., MAĆEŠIĆ, D., LETO, J. (1999.): Utjecaj bakterizacije i prihrane KAN-om na osobine, prinose i krmnu vrijednost ozimog graška u smjesi s pšenicom, *Zagreb, Poljoprivredna znanstvena smotra*, 64 (3), 211-222.

Technical Handbook on Symbiotic Nitrogen fixation, FAO, 1989.

UHER, D., ŠTAFI, Z., BLAŽINKOV, M. (2005.): Utjecaj bakterizacije i prihrane dušikom na prinose i krmnu vrijednost ozimog graška u smjesi s pšenicom, *Mljekarstvo* 55 (4), 323-338.

UHER, D., ŠTAFI, Z., BLAŽINKOV, M., KAUČIĆ, D. (2006.): Utjecaj bakterizacije i prihrane dušikom na prinose zrna ozimog graška u smjesi s pšenicom, *Sjemenarstvo* 23 (2), 115-130.

**Adrese autora-Author's addresses:**

Mr. sc. Darko Uher<sup>1</sup>

Prof. dr. sc. Zvonimir Štafa<sup>1</sup>

Mr. sc. Mihaela Blažinkov<sup>2</sup>

Ana Pisačić<sup>3</sup>

Natalija Sadorski<sup>3</sup>

Mr. sc. Dražen Kaučić<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Zavod za specijalnu proizvodnju bilja

<sup>2</sup>Zavod za mikrobiologiju

<sup>3</sup>apsolventi Agronomije

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu,

Svetošimunska cesta 25, Zagreb

<sup>4</sup>Državni hidrometeorološki zavod

Grič 3, Zagreb

**Prispjelo-Received:** 23. 03. 2006.

**Prihvaćeno-Accepted:** 26. 05. 2006.