

UTJECAJ GNOJIDBE NA PRINOSE ZRNA OZIMOG GRAŠKA CV. MAKSIMIRSKI OZIMI U SMJESI S PŠENICOM CV. SANA

D. UHER¹, Z. ŠTAFA¹, S. REDŽEPOVIĆ², Mihaela BLAŽINKOV²,
Sanja SIKORA² i D. KAUČIĆ³

¹Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za specijalnu proizvodnju bilja
Faculty of Agriculture, University of Zagreb
Department of Crop, Forage and Grassland Production

²Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za mikrobiologiju
Faculty of Agriculture University of Zagreb
Department of Microbiology

³Državni hidrometeorološki zavod
Meteorological and Hydrological Service

SAŽETAK

Dvogodišnjim istraživanjima (1999. do 2001. g.) utvrđivan je utjecaj učinkovitosti bakterizacije sjemena ozimog graška i prihrane dušikom na broj i masu suhe tvari kvržica, te prinose zrna smjese graška cv. Maksimirski ozimi i pšenice cv. Sana. Prije sjetve izvršena je predstjetvena bakterizacija sjemena graška s sojem *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* iz zbirke Zavoda za Mikrobiologiju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Najveći broj kvržica na korijenu graška utvrđen je na bakteriziranoj varijanti 2 (24.5 kvržice/biljci), kao i masa suhe tvari kvržica (0.145 g/biljci). Prosječni prinosi zrna graška u smjesi iznosili su od 1930 kg ha⁻¹ (kontrola) do 2822 kg ha⁻¹ (bakterizacija). Prosječni prinosi pšenice u smjesi iznosili su od 2250 kg ha⁻¹ (kontrola) do 3300 kg ha⁻¹ (prihrana dušikom). Prinosi ozime smjese graška i pšenice su iznosili od 4180 kg ha⁻¹ (kontrola) do 5708 kg ha⁻¹ (prihrana dušikom). Najveći broj mahuna (12.5) i zrna po biljci graška (52) je utvrđen na bakteriziranoj varijanti 2. Najveća masa 1000 zrna (117.5 g) i masa zrna po biljci graška (6.07 g) također je utvrđena na bakteriziranoj varijanti 2.

Ključne riječi: bakterizacija sjemena ozimog graška, prihrana dušikom, prinos graška, prinos pšenice, prinos ozime smjese 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 čimbenik 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_2O_5 potrebno 12 MJ, a za proizvodnju 1 kg K_2O potrebo je svega 8 MJ energije (Strunjak i Redžepović, 1986).

Mahunarke sadrže velike količine bjelančevina u svojim prinosisima 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 učinkovitim 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 obnovljivi izvor (Strunjak i Redžepović, 1984).

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 80×10^6 tona atmosferskog dušika godišnje, što je više od polovice ukupne količine biološki vezanog dušika na zemlji (Evans i Barber, 1977), odnosno, u svijetu industrijskim Haber-Bosch postupkom osigurava se 60×10^6 tona 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 učinkovitim sojevima bakterija s ciljem što uspješnijeg uzgajanja mahunarki, većeg prinosa, više kakvoće, uz smanjena ulaganja.

MATERIJAL I METODE RADA

U Virovitici (Grabovac) su u razdoblju od 1999/2000. do 2000/2001. godine provedena istraživanja utjecaja bakterizacije i prihrane dušikom (KAN) na prinos zrna smjese ozimog graška cv. Maksimirski ozimi sijanog s 50 zrna po m² i pšenice cv. Sana sijane s 200 zrna po m².

Istraživanja su provedena slučajnim bloknim rasporedom varijanata u četiri ponavljanja, a istraživane su slijedeće varijante navedene smjese:

1. Kontrola (samo osnovna gnojidba)
2. Bakterizacija sjemena graška *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*
3. Prihrana dušikom (2 x 100 kg ha⁻¹ KAN-a)
4. Bakterizacija sjemena graška *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* i prihrana dušikom (2 x 100 kg ha⁻¹ KAN-a).

Tlo na lokalitetu Virovitica (Grabovac) je lesivirano na lesu. Rezultati kemijskih analiza pokazuju da tlo ima slabo kiselu reakciju, a s obzirom na sadržaj humusa od 2.8 % radi se o slabo humoznom tlu. Opskrbljenost dušikom je dobra, a isto tako i opskrbljenost fiziološki aktivnim fosforom (49.6 mg/100 g tla P₂O₅) i kalijem (42.5 mg/100 g tla K₂O).

Prema podacima meteorološke postaje Virovitica, područje Virovitice prema Langovom kišnom faktoru (79.3) ima humidnu klimu (Tablica 1). Tijekom dvije godine istraživanja bile su više prosječne temperature zraka od desetogodišnjeg prosjeka osobito 2000. godine u veljači, ožujku, travnju i svibnju, a 2001. godine u siječnju, veljači, ožujku i svibnju. U veljači, travnju i svibnju obje godine istraživanja bila je manja količina oborina od desetogodišnjeg prosjeka. U siječnju i ožujku 2001. godine bila je veća količina oborina od desetogodišnjeg prosjeka.

Tlo je za sve varijante predstetveno gnojeno s 500 kg ha⁻¹ NPK kombinacije 8:26:26 (40 kg ha⁻¹ N, 130 kg ha⁻¹ P₂O₅, 130 kg ha⁻¹ K₂O). Sjeme graška varijanata 2 i 4 bakterizirano je neposredno pred sjetvu sojem *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* iz zbirke Zavoda za Mikrobiologiju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Varijante 3 i 4 su prihranjivane tijekom vegetacije dušikom (2 x 100 kg ha⁻¹ KAN-a). Ukupno je dano 94 kg dušika.

Žetva usjeva je bila 12. 07. 2000. i 14. 07. 2001. godine. Nakon žetve smjesa sjemena je razdvojena na grašak i pšenicu a zatim je utvrđen prinos. Na osnovici 10 biljaka uzetih prije žetve po varijantama i ponavljanjima utvrđene su komponente prinosa graška.

Ukupni broj kvržica utvrđivan je (02. 06. 2000. i 2001. g.) na korijenu biljaka graška na svakoj varijanti po ponavljanjima. Nakon odvajanja kvržica s korijena graška određena je suha tvar sušenjem na 105°C. Uzorci biljaka graška su bili izvađeni iz tla do dubine od 30 cm na svakoj varijanti i ponavljanju. Rezultati istraživanja obrađeni su u statističkom programu SAS (1994).

Tablica 1. Srednje mjesečne temperature zraka i količine oborina 1999, 2000, 2001. te višegodišnji prosjek (meterološka postaja Virovitica).

Table 1. Average monthly air temperature and rainfall in 1999, 2000, 2001 and multy year average (Weather station Virovitica).

Mjesec Month	Srednja mjesečna temperatura zraka °C Average monthly air temperature °C				Srednja količina oborina, mm Average rainfall, mm			
	1999	2000	2001	Prosjek Average	1999	2000	2001	Prosjek Average
				1992-2001				1992-2001
I	0.9	-0.7	2.7	1.0	32.0	5.0	76.0	53.7
II	1.9	5	4.5	0.8	85.1	25.3	15.4	46.0
III	8.6	7.6	10.0	6.2	25.6	43.8	120.9	44.7
IV	12.4	14.5	10.9	11.0	92.8	52.4	43.9	68.5
V	17.1	17.8	18.2	15.7	86.4	55.9	39.5	71.9
VI	19.8	21.8	18.3	19.5	157.9	41.5	128.3	99.2
VII	21.8	21.1	21.8	22.3	135.9	72.6	80.9	90.3
VIII	20.9	22.7	22.2	21.9	83.1	2.8	14.9	85.9
IX	18.6	16.1	14.7	17.1	48.8	92.9	228.7	102.8
X	11.5	13.1	14.1	10.8	42.6	45.8	11.1	62.4
XI	3.7	9.4	3.6	5.0	132.3	71.9	71.1	80.1
XII	1.7	3.0	-2.9	1.6	80.3	55.1	39.7	75.7
Prosjek Average	11.6	12.6	11.5	11.3				
Ukupno Total					1003.8	565.0	870.4	896.1

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Broj kvržica na korijenu graška po biljci

Najveći broj kvržica na korijenu graška prve godine istraživanja (Tablica 2) je utvrđen na bakteriziranoj varijanti 2 (24) a najmanji na KAN-om prihranjivanoj varijanti 4 (14). U drugoj godini najveći broj kvržica na korijenu graška je utvrđen na bakteriziranoj varijanti 2 (25) a najmanji na KAN-om prihranjivanoj varijanti 4 (20).

Tablica 2. Broj kvržica na korijenu graška
Table 2. Nodule number on winter pea root

Varijanta - Variant	Broj kvržica na korijenu graška Nodule number on winter pea root		
	Godina - Year		Prosjeck varijanata Average variant
	2000.	2001.	
Kontrola - Control	18	21	19.5
Bakterizacija - Inoculation	24	25	24.5
Prihrana dušikom - Nitrogen Top-Dressing	16	21	18.5
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top-Dressing	14	20	17.0
Prosjeck godina - Average year	18.0	21.8	
LSD 0.05			0.7 kvržice/nodule
LSD 0.05 †			0.6 kvržice/nodule
LSD 0.05 ‡			0.9 kvržice/nodule
			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 je imala bakterizirana varijanta 2 (24.5) u odnosu na ostale istraživane varijante, a između varijante 3 (18.5) i varijante 4 (17.0) je bilo značajnih razlika u broju kvržica na korijenu graška.

Interakcija godina x varijanta u broju kvržica na korijenu graška je bila signifikantna. Sve su varijante u drugoj godini istraživanja imale veći broj kvržica u odnosu na iste varijante u prvoj godini istraživanja.

Suha tvar kvržica u g po biljci graška

Najveća masa suhe tvari kvržica na korijenu graška prve godine istraživanja (tablica 3) je utvrđena na bakteriziranoj varijanti 2 (0.13 g), a najmanja na KAN-om prihranjivanoj varijanti 4 (0.07 g). U drugoj godini najveća masa suhe tvari kvržica na korijenu graška je utvrđena na bakteriziranoj varijanti 2 (0.16 g) a najmanja na KAN-om prihranjivanoj varijanti 4 (0.08 g).

Tablica 3. Masa suhe tvari kvržica g/biljci
Table 3. Nodule dry matter weight g/ plant

Varijanta/Variant	Masa suhe tvari kvržica g/biljci Nodule dry matter weight g/ plant		
	Godina - Year		Prosjeck varijanata Average variant
	2000.	2001.	
Kontrola - Control	0.10	0.10	0.100
Bakterizacija - Inoculation	0.13	0.16	0.145
Prihrana dušikom - Nitrogen Top-dressing	0.08	0.09	0.085
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top-Dressing	0.07	0.08	0.075
Prosjeck godina - Average year	0.095	0.1075	
LSD 0.05			0.006 g
LSD 0.05 †			0.007 g
LSD 0.05 ‡			0.009 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 je utvrđena na bakteriziranoj varijanti 2 (0.145 g) u odnosu na ostale istraživane varijante.

Razlike u masi suhe tvari kvržica na korijenu graška između varijanta 3 (0.085 g) i 4 (0.075 g) su bile značajne.

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

Prinos zrna graška u smjesi

U prvoj godini istraživanja bakterizirana varijanta 2 (2917 kg ha⁻¹) je imala signifikantno veći prinos zrna graška (Tablica 4) od kontrolne varijante 1 (2029 kg ha⁻¹) i prihranjivanih varijanti 3 (2528 kg ha⁻¹) i 4 (2060 kg ha⁻¹), između kojih su također bile utvrđene signifikantne razlike u prinosima zrna graška.

Tablica 4. *Prinos zrna graška (kg ha⁻¹)*
Table 4. *Winter seed pea yield (kg ha⁻¹)*

Varijanta - Variant	Prinos zrna graška (kg ha ⁻¹) Winter seed pea yield (kg ha ⁻¹)		
	Godina - Year		
	2000.	2001.	Prosjeak varijanata Average variant
Kontrola - Control	2029	1831	1930
Bakterizacija - Inoculation	2917	2726	2822
Prihrana dušikom - Nitrogen Top-Dressing	2528	2288	2408
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top-Dressing	2060	1968	2014
Prosjeak godina - Average year	2384	2204	
LSD 0.05			70 kg ha ⁻¹
LSD 0.05 †			127 kg ha ⁻¹
LSD 0.05 ‡			142 kg 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 bakterizirana varijanta 2 (2726 kg ha⁻¹) imala signifikantno veći prinos zrna graška od kontrolne varijante 1 (1831 kg ha⁻¹) i prihranjivanih varijanti 3 (2288 kg ha⁻¹) i 4 (1968 kg ha⁻¹), između kojih su bile također utvrđene signifikantne razlike u prinosima zrna graška. Između prinosa zrna graška prihranjivane varijante 3 (2288 kg ha⁻¹) i kontrolne varijante 1 (1831 kg ha⁻¹) su utvrđene signifikante razlike kao i također između prinosa prihranjivane varijante 4 (1968 kg ha⁻¹) i kontrole 1 (1831 kg ha⁻¹).

U prosjeku bakterizirana varijanta 2 (2822 kg ha⁻¹) je imala signifikantno veći prinos zrna graška od prinosa ostalih varijanata istraživanja. Prihranjivane varijanta 3 (2408 kg ha) i 4 (2014 kg ha) su imala signifikantno veći prinos zrna graška od kontrole 1 (1930 kg ha⁻¹).

Interakcija prinosa zrna grašaka godina x gnojidba je bila signifikantna. U 2000. godini su utvrđeni veći prinosi zrna graška u odnosu na prinose iz 2001. godine za 7.6 %.

Prinosi zrna pšenice u smjesi

U prvoj godini istraživanja prihranjivane varijante 3 (3075 kg ha⁻¹) i 4 (3111 kg ha⁻¹) su imale signifikantno veće prinose zrna pšenice (Tablica 5) od kontrole 1 (2225 kg ha⁻¹) i bakterizirane varijante 2 (2525 kg ha⁻¹). Između prinosa prihranjivanih varijanti 3 (3075 kg ha⁻¹) i 4 (3111 kg ha⁻¹) nisu bile utvrđene signifikantne razlike u prinosisima zrna pšenice. Bakterizirana varijanta 2 (2525 kg ha⁻¹) je imala signifikantno veći prinos zrna pšenice od kontrole 1 (2225 kg ha⁻¹).

U drugoj godini istraživanja također su prihranjivane varijante 3 (3525 kg ha⁻¹) i 4 (3249 kg ha⁻¹) imale signifikantno veće prinose zrna pšenice (Tablica 5) od prinosa kontrole 1 (2275 kg ha⁻¹) i bakterizirane varijante 2 (2650 kg ha⁻¹). Između prinosa prihranjivanih varijanti 3 (3525 kg ha⁻¹) i 4 (3249 kg ha⁻¹) su bile utvrđene signifikantne razlike u prinosisima zrna pšenice. Bakterizirana varijanta 2 (2650 kg ha⁻¹) je imala signifikantno veći prinos zrna pšenice od kontrole 1 (2275 kg ha⁻¹).

Tablica 5. *Prinos zrna pšenice (kg ha⁻¹)*

Table 5. *Winter wheat seed yield (kg ha⁻¹)*

Varijanta - Variant	Prinos zrna pšenice (kg ha ⁻¹) Winter seed wheat yield (kg ha ⁻¹)		
	Godina - Year		
	2000.	2001.	Prosjeak varijanata Average variant
Kontrola - Control	2225	2275	2250
Bakterizacija - Inoculation	2525	2650	2588
Prihrana dušikom - Nitrogen Top-Dressing	3075	3525	3300
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top-Dressing	3111	3249	3180
Prosjeak godina - Average year	2734	2925	
LSD 0.05			84 kg ha ⁻¹
LSD 0.05 †			98 kg ha ⁻¹
LSD 0.05 ‡			131 kg 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 prosjeku prihranjivane varijante 3 (3300 kg ha⁻¹) i 4 (3180 kg ha⁻¹) su imale signifikantno veći prinos zrna pšenice od kontrolne varijante 1 (2250 kg ha⁻¹) i bakterizirane varijante 2 (2588 kg ha⁻¹). Prihranjivana varijanta 3 (3300 kg ha⁻¹) je imala signifikantno veći prinos zrna pšenice od varijante 4 (3180 kg ha⁻¹), i bakterizirane varijante 2 (2588 kg ha⁻¹), a koja je imala signifikantno veći prinos od kontrole 1 (2250 kg ha⁻¹). Interakcija prinosa zrna pšenice godina x gnojidba je bila signifikantna. U 2001. godini su utvrđeni veći prinosi zrna pšenice u odnosu na prinose u 2000. godini za 6.5 %.

Ukupni prinosi zrna smjese graška i pšenice

U prvoj godini istraživanja prihranjivana varijanta 3 (5603 kg ha⁻¹) je imala veći ukupni prinos zrna smjese graška i pšenice (Tablica 6) od ostalih varijanata istraživanja. Kontrolna varijanta 1 (4254 kg ha⁻¹) je imala najmanji ukupni prinos zrna smjese graška i pšenice (Tablica 6) u odnosu na prinose ostalih varijanata istraživanja.

Tablica 6. Ukupni prinosi zrna smjese graška i pšenice (kg ha⁻¹)

Table 6. Total winter pea and wheat mixture yield (kg ha⁻¹)

Varijanta - Variant	Ukupni prinos zrna smjese graška i pšenice (kg ha ⁻¹)		
	Total winter pea and wheat mixture yield (kg ha ⁻¹)		
	Godina - Year		
	2000.	2001.	Prosjek varijanata Average variant
Kontrola - Control	4254	4106	4180
Bakterizacija - Inoculation	5442	5376	5410
Prihrana dušikom - Nitrogen Top-Dressing	5603	5813	5708
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top-Dressing	5171	5217	5194
Prosjek godina - Average year	5118	5129	
LSD 0.05			96 kg ha ⁻¹
LSD 0.05 †			NS
LSD 0.05 ‡			NS
			Signifikantnost Significant
Godina - Year			NS
Varijanta - Variant			***
Godina x varijanta - Year x variant			NS

† 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 (5813 kg ha⁻¹) imala veći ukupni prinos zrna smjese graška i pšenice (Tablica 6) u odnosu na prinose ostalih varijanata dok je kontrolna varijanta 1 (4106 kg ha⁻¹) imala najmanji ukupni prinos zrna smjese graška i pšenice (Tablica 6).

U prosjeku prihranjivana varijanta 3 (5708 kg ha⁻¹) je imala signifikantno veći ukupni prinos zrna smjese graška i pšenice od kontrolne varijante 1 (4180 kg ha⁻¹), bakterizirane varijante 2 (5410 kg ha⁻¹) i varijante 4 (5194 kg ha⁻¹). Bakterizirana varijanta 2 (5410 kg ha⁻¹) je imala u prosjeku signifikantno veći ukupni prinos zrna smjese graška i pšenice od kontrole 1 (4180 kg ha⁻¹) i varijante 4 (5194 kg ha⁻¹).

Interakcija godina x gnojidba u prinosu zrna smjese graška i pšenice je bila signifikantna.

Komponente prinosa zrna graška

Broj mahuna po biljci graška

U prvoj godini istraživanja bakterizirana varijanta 2 (12) je imala signifikantno veći broj mahuna po biljci graška (Tablica 7) od kontrole 1 (9) i

Tablica 7. Broj mahuna po biljci graška
Table 7. Number of pods per winter pea plant

Varijanta - Variant	Broj mahuna po biljci graška Number of pods per winter pea plant		
	Godina - Year		
	2000.	2001.	Prosjek varijanata Average variant
Kontrola - Control	9	10	9.5
Bakterizacija - Inoculation	12	13	12.5
Prihrana dušikom - Nitrogen Top-Dressing	11	11	11.0
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top-Dressing	9	10	9.5
Prosjek godina - Average year	10.3	11.0	
LSD 0.05			0.9 mahuna
LSD 0.05 †			0.5 mahuna
LSD 0.05 ‡			NS
			Signifikantnost Significant
Godina - Year			**
Varijanta - Variant			***
Godina x varijanta - Year x variant			NS

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

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

prihranjivanih varijanti 3 (11) i 4 (9). Između prihranjivane varijante 3 (11) i kontrole 1 (9) također je utvrđena signifikantna razlika u broju mahuna po biljci graška, a između varijante 4 (9) i varijante 1 (9) nije bila signifikantna.

U drugoj godini istraživanja također je bakterizirana varijanta 2 (13) imala signifikantno veći broj mahuna po biljci graška od kontrole 1 (10) i prihranjivanih varijanti 3 (11) i 4 (10). U prosjeku je bakterizirana varijanta 2 (12.5) imala signifikantno veći broj mahuna po biljci graška u odnosu na broj mahuna na biljkama ostalih varijanata istraživanja. Prihranjivana varijanta graška 3 (11.0) je imala signifikantno veći broj mahuna graška od kontrolne varijante 1 (9.5) i varijante 4 (9.5).

Interakcija godina x gnojidba u broju mahuna po biljci graška nije bila signifikantna.

Broj zrna po biljci graška

U prvoj godini istraživanja bakterizirana varijanta 2 (54) je imala signifikantno veći broj zrna po biljci graška (Tablica 8) u odnosu na broj zrna po biljci graška ostalih varijanti istraživanja. Razlika u broju zrna po biljci

Tablica 8. Broj zrna po biljci graška
Table 8. Number of seeds per winter pea plant

Varijanta - Variant	Broj zrna po biljci graška Number of seeds per winter pea plant		
	Godina - Year		
	2000.	2001.	Prosjek varijanata Average variant
Kontrola - Control	42	38	40.0
Bakterizacija - Inoculation	54	50	52.0
Prihrana dušikom - Nitrogen Top-Dressing	50	45	47.5
Bakterizacija+prihrana	43	40	41.5
Inoculation + Nitrogen Top-Dressing			
Prosjek godina - Average year	47.3	43.3	
LSD 0.05			1.3 zrna
LSD 0.05 †			2.0 zrna
LSD 0.05 ‡			2.4 zrna
			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

graška između prihranjivanih varijanata 3 (50) i 4 (43) te kontrole 1 (42) također je bila signifikantna razlika dok u broju zrna po biljci graška između varijante 4 (43) i varijante 1 (42) nisu bile signifikantne.

U drugoj godini istraživanja također je bakterizirana varijanta 2 (50) imala signifikantno veći broj zrna po biljci graška od kontrole 1 (38) i prihranjivanih varijanti 3 (45) i 4 (40), a koje su u odnosu na broj zrna kontrole 1 (38) također imale signifikantno veći broj zrna po biljci graška.

Bakterizirana varijanta 2 (52) je imala u prosjeku signifikantno veći broj zrna po biljci graška od ostalih varijantata istraživanja. Prihranjivane varijante 3 (47.5) i 4 (41.5) su imale signifikantno veći broj zrna graška od kontrolne varijante 1 (40).

Interakcija godina x gnojidba u broju zrna graška je bila signifikantna.

Masa 1000 zrna graška

U prvoj godini istraživanja bakterizirana varijanta 2 (116 g) je imala signifikantno veću masu 1000 zrna po biljci graška (tablica 9) od kontrole 1 (105 g) i prihranjivanih varijanti 3 (111 g) i 4 (107 g).

Tablica 9. Masa 1000 sjemenki g
Table 9. Weight of 1000 seeds g

Varijanta - Variant	Masa 1000 sjemenki g - Weight of 1000 seeds g		
	Godina - Year		
	2000.	2001.	Prosjek varijanata Average variant
Kontrola - Control	105	103	104.0
Bakterizacija - Inoculation	116	119	117.5
Prihrana dušikom - Nitrogen Top-Dressing	111	113	112.0
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top-Dressing	107	107	107.0
Prosjek godina - Average year	109.8	110.5	
LSD 0.05			0.9 g
LSD 0.05 †			0.6 g
LSD 0.05 ‡			1.2 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 drugoj godini istraživanja također je bakterizirana varijanta 2 (119 g) imala signifikantno veću masu 1000 zrna po biljci graška od kontrole 1 (103 g) i prihranjivanih varijanti 3 (113 g) i 4 (107 g).

Bakterizirana varijanta 2 (117.5 g) je imala u prosjeku signifikantno veću masu 1000 zrna po biljci graška u odnosu na masu 1000 zrna ostalih varijanata istraživanja.

Prihranjivane varijante 3 (112.0 g) i 4 (107.0 g) su također imale signifikantno veću masu 1000 zrna graška od mase zrna kontrolne varijante 1 (104.0 g).

Interakcija godina x gnojidba u masi 1000 zrna graška je bila signifikantna.

Masa zrna po biljci graška

U prvoj godini istraživanja bakterizirana varijanta 2 (6.21 g) je imala signifikantno veću masu zrna po biljci graška (Tablica 10) od kontrole 1 (4.41 g) i prihranjivanih varijanata 3 (5.50 g) i 4 (4.58 g). Između prihranjivane varijanate 3 (5.50 g) te kontrole 1 (4.41 g) također je utvrđena signifikantna razlika u masi zrna po biljci graška kao i između varijante 4 (4.58 g) i varijante 3 (5.50 g).

Tablica 10. Masa zrna po biljci graška g

Table 10. Weight of seeds per winter pea plant g

Varijanta - Variant	Masa zrna po biljci graška g Weight of seeds per winter pea plant g		
	Godina - Year		
	2000.	2001.	Prosjek varijanata Average variant
Kontrola - Control	4.41	3.90	4.16
Bakterizacija - Inoculation	6.21	5.93	6.07
Prihrana dušikom - Nitrogen Top-Dressing	5.50	5.09	5.30
Bakterizacija+prihrana	4.58	4.28	4.43
Inoculation + Nitrogen Top-Dressing			
Prosjek godina - Average year	5.18	4.80	
LSD 0.05			0.14 g
LSD 0.05 †			0.23 g
LSD 0.05 ‡			0.26 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 drugoj godini istraživanja također je bakterizirana varijanta 2 (5.93 g) imala signifikantno veću masu zrna po biljci graška od kontrole 1 (3.90 g) i prihranjivanih varijanata 3 (5.09 g) i 4 (4.28 g). Prihranjivane varijante 3 (5.09 g) i 4 (4.28 g) su imale signifikantno veću masu zrna po biljci graška od kontrole 1 (3.90 g).

U prosjeku bakterizirana varijanta 2 (6.07 g) je imala signifikantno veću masu zrna po biljci graška od mase zrna ostalih varijanata istraživanja. Prihranjivane varijante 3 (5.30 g) i 4 (4.43 g) su imale signifikantno veću masu zrna po biljci graška od kontrole 1 (4.16 g).

Interakcija godina x gnojidba u masi zrna po biljci graška je bila signifikantna.

RASPRAVA

Porastom pučanstva svakim danom se povećavaju potrebe za hranom. Da bi se te povećane potrebe zadovoljile, traže se racionalnija rješenja koja obuhvaćaju štednju fosilne energije. Da bi se postigli visoki prinosi, visoke kakvoće, krmnim kulturama treba osigurati velike količine dušika. Budući da biljke iz porodice mahunarki žive u simbiozi s bakterijama iz roda *Rhizobium*, koje vežu atmosferski dušik, kojeg nad svakim hektarom površine ima oko 6 400 kg (FAO, 1984), one tom fiksacijom namiruju svoje potrebe za dušikom, koristeći pri tom sunčevu energiju. Toj simbioznoj fiksaciji dušika danas se posvećuje velika pažnja i u svijetu se izvode brojna istraživanja kako bi se odabrale najučinkovitije simbiotske zajednice kultivara mahunarki i sojeva bakterija. U tu su svrhu provedna istraživanja na Agronomskom fakultetu s sojem *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* iz zbirke Zavoda za Mikrobiologiju, kojim je bakterizirano sjeme ozimog graška cv. Maksimirski ozimi sa svrhom da se utvrdi učinkovitost fiksacije dušika kultivar x soj.

Najveći broj kvržica je utvrđen na bakteriziranoj varijanti 2 (24) u prvoj godini istraživanja i 25 u drugoj godini što je u suglasju s rezultatima Štafe i sur. (1999) koji su utvrdili da bakterizacija u prosjeku povećava broj kvržica na korijenu graška od 21 na kontrolnoj varijanti do 32 na bakteriziranoj varijanti. Jarak (1989) je na korijenu 1 biljke graška utvrdila od 16 do 44 kvržice. Peenstra (1980), Nutman (1976) i Lie (1981) su utvrdili da se broj kvržica po biljci graška kreće od 13 do 85 i da sposobnost nodulacije ovisi od soja *Rhizobium leguminosarum*. Brkić i sur. (2004) su utvrdili da se broj kvržica na korijenu graška kreće od 8 do 47 ovisno o tipu tla, razini gnojidbe dušikom i molibdenom odnosno da li je sjeme graška bilo bakterizirano ili nije.

Bakterizirana varijanta 2 imala je u prosjeku najveću masu suhe tvari kvržica (0.145 g) po biljci graška u odnosu na ostale varijante istraživanja što je u suglasju s trogodišnjim istraživanjima Štafa i sur. (1999) koji su utvrdili u prosjeku na bakteriziranoj varijanti najveću masu suhe tvari kvržica (0.160 g) u odnosu na ostale varijante istraživanja. Uher i sur. (2006) su također utvrdili najveću masu suhe tvari kvržica na korijenu graška na bakteriziranoj varijanti (0.185 g/biljci) u odnosu na ostale varijante istraživanja.

Bakterizirana varijanta 2 (2822 kg ha⁻¹) imala je u prosjeku najveći prinos zrna graška u odnosu na ostale varijante istraživanja što je u suglasju s rezultatima Brkić i sur. (2004) koji su utvrdili veće prinose graška na bakteriziranim varijantama graška u odnosu na bakterizirane i prihranjivane varijante dušikom.

Prihranjivane varijante 3 (3300 kg ha⁻¹) i 4 (3180 kg ha⁻¹) imale su u prosjeku veće prinose zrna pšenice u odnosu na bakterizaciju (2588 kg ha⁻¹) i kontrolu (2250 kg ha⁻¹).

Prihranjivane varijante 3 (5708 kg ha⁻¹) i 4 (5194 kg ha⁻¹) imale su u prosjeku veće prinose zrna ozime smjese graška i pšenice u odnosu na kontrolu (4180 kg ha⁻¹).

Bakterizirana varijanta 2 (12.5) imala je u prosjeku najveći broj mahuna po biljci graška u odnosu na ostale varijante istraživanja što je također u suglasju s rezultatima Brkić i sur. (2004).

Bakterizirana varijanta 2 imala je u prosjeku najveći broj zrna (52) te najveću masu 1000 zrna (117.5 g) kao i masu zrna po biljci graška (6.07 g) u odnosu na ostale varijante istraživanja što je također u suglasju s rezultatima istraživanja Uher i sur. (2006).

ZAKLJUČCI

Temeljem dvogodišnjih istraživanja učinkovitosti bakterizacije sjemena graška sojem *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* ozimog graška cv. Maksimirski ozimi u smjesi s pšenicom cv. Sana provedenih na lokaciji Virovitica (Grabovac) može se zaključiti:

- Na korijenu graška bakterizirane varijante utvrđeno je u prosjeku 24.5 kvržice. Na korijenu graška kontrolne varijante utvrđeno je 20 % manje kvržica a na korijenu graška KAN-om prihranjivane varijante 25 % manje kvržica od bakterizirane varijante 2.

- Bakterizacijom sjemena graška utvrđeno je 0.145 g suhe tvari kvržica na korijenu graška dok je na korijenu graška kontrole utvrđeno 31 % manje a na KAN-om prihranjivanoj varijanti 41 % manje suhe tvari kvržica.
- Bakterizacijom sjemena graška cv. Maksimirski ozimi u smjesi s pšenicom cv. Sana postignuto je u prosjeku 2822 kg/ha zrna graška, odnosno 32 % više od kontrole, te 15 % više od KAN-om prihranjivane varijante.
- Prihranom smjese graška i pšenice KAN-om postignuto je u prosjeku 3300 kg ha⁻¹ zrna pšenice u odnosu na kontrolu za 32 % više, a u odnosu na bakteriziranu varijantu za 22 % veći prinosi zrna pšenice.
- Prihranjivanom varijantom 3 postignuto je u prosjeku (5708 kg ha⁻¹) zrna smjese graška i pšenice što je u odnosu na kontrolu za 27 % veći prinos a u odnosu na bakteriziranu varijantu za 5 %.
- Bakterizacijom sjemena graška je povećan broj mahuna po biljci za 24 % a zrna za 24 % u odnosu na kontrolu.
- Bakterizacijom sjemena graška masa 1000 zrna je iznosila 117.5 g, koja je u odnosu na masu 1000 zrna kontrole bila veća za 11 %, a u odnosu na masu 1000 zrna graška KAN-om prihranjivane varijante za 5 %.
- Bakterizacijom sjemena graška povećana je masa zrna graška po biljci (6.07 g) za 31.5 % u odnosu na kontrolu a u odnosu na prihranu KAN-om za 13 %.

EFFECT OF FERTILIZATION OF WINTER PEA CV. MAKSIMIRSKI OZIMI IN WHEAT CV. SANA MIXTURE ON THE SEED YIELD

SUMMARY

Two year field trials (1999-2001) were carried out to determine the effect of seed winter pea inoculation and nitrogen top-dressing on number and nodule dry weight g/plant of pea root and also on the yield of winter pea cv. Maksimirski ozimi and wheat cv. Sana mixture. Just before sowing the inoculation of pea seeds was performed by the variety of *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* which is part of the microbial collection of the Department of Microbiology at the Faculty of Agriculture University of Zagreb. The highest nodule number on pea root (24.5 nodule/plant) was determined on the inoculated variant 2 as well as nodule dry weight (0.145 g/plant). Average yield of winter pea were ranging from 1930 kg ha⁻¹ (control) up to 2822 kg ha⁻¹ (inoculation). Average yield of winter wheat were ranging from 2250 kg ha⁻¹ (control) up to 3300 kg ha⁻¹ (nitrogen top-dressing). Average yield of winter peas in mixture wheat were ranging from 4180 kg ha⁻¹ (control) up to 5708 kg ha⁻¹

(nitrogen top-dressing). The highest number of pods (12.5) and of seeds per plant (52) was determined on the inoculated variant 2. The highest weight of 1000 seeds (117.5 g) and weight of seeds per plant (6.07 g) was determined on the inoculated variant 2.

Key words: inoculated of winter pea seeds, nitrogen top-dressing, yield of pea, yield of wheat, yield of winter pea and wheat mixture,

LITERATURA - REFERENCES

1. Bonnier C., Brakel J. (1969): Lutte biologique contre la paim Eddition J. Duculot, S. A., Gemblax.
2. 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.
3. Butorac A. (1999): *Opća Agronomija*, 369-372, Zagreb.
4. Danjek I. (1994): Utjecaj gnojidbe dušikom na prinose zrna stočnog graška (*Pisum sativum* var. arvense), *Poljoprivredna znanstvena smotra* br. 2-3, Zagreb.
5. Evans H. J., Barber L. E. (1997): Biological nitrogen fixation for food and fiber production. *Science* 197, 332-339.
6. Fettell N. A., Oconnor G. E., Carpenter D. J., Evans J., Bamforth I., Otiboateng C., Hebb D. M., Brockwell J. (1997): Nodulation studies on legumes exotic to Australia-the influence of soil populations and inocula of *Rhizobium leguminosarum* bv *Viciae* on nodulation and nitrogen fixation bi fields peas. *Applied Soil Ecology.* 5(3): 197-210.
7. Gulden R. H., Vessey J. K. (1997): The stimulating effect of ammonium on nodulation in *Pisum sativum* L. is not long lived once ammonium supply is discontinued. *Plant & Soil.* 195 (1): 195-205.
8. Jarak M. (1989): Istraživanja važnijih svojstava nekih sojeva *Rhizobium leguminosarum*. *Poljoprivredna znanstvena smotra* br. 1-2, Zagreb.
9. Hardy R. W. F., Havelka U. D. (1975): Nitrogen fixation research: a key to world food? *Science* 188, 633-643.
10. 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.
11. Nutman P. S., Rosa G. J. (1969): *Rhizobium* in the Soils of the Rothamsted and Woburn Farms. Rothamsted report, part 2, 148-167.
12. Peenstra, W. J., Jacobson E. (1980): A new pea mutant efficiently nodulating in the presence of nitrate. *Theor. Appl. Genet.* V. 58, 39-42.
13. Rusčsel J. E. (1950): *Soil conditions and Plant growth*. Hongmais Green and Co., London, New York, Toronto.
14. Strunjak R., Redžepović S. (1986): Bakterizacija leguminoza-agrotehnička mjera u službi štednje energije, *Poljoprivredna znanstvena smotra* br. 72, str.109-115.
15. Štafa Z. (1988): Krmni međusjevi u proizvodnji mesa i mlijeka, *Agronomski glasnik* br. 1;75-86, Zagreb.
16. Štafa Z., Dogan Z. (1983): Osobine kvaliteta i produktivnosti ozimih lepirnjača u smjesi s ozimim žitaricama, IV. Jugoslavenski simpozium o krmnom bilju, Zbornik naučnih radova 430-443, Novi Sad.
17. Štafa 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.

18. Štafa Z., Knežević M., Stipić N. (1994): Proizvodnja krme na oranicama i travnjacima kao tehnološka osnovica za proizvodnju mlijeka i mesa u govedarskoj proizvodnji. Poljoprivreda i proizvodnja hrane u novom europskom okruženju. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 16 i 17. 12. Zbornik radova 161-170.
19. Štafa Z., Danjek I. (1994): Utjecaj gustoće sjetve smjese ozimog graška (*Pisum sativum* var. arvense) i pšenice na prinos zrna, Zagreb, Sjemenarstvo 11 (3-4), 227-236.
20. Štafa Z., Danjek I. (1997): Proizvodnja kvalitetne krme u slijedu kao tehnološka osnovica za visoku proizvodnju mlijeka po hektaru, Zagreb, Mljekarstvo, 47(1), 3-16.
21. Štafa Z., Grgić Z., Maćešić D., Danjek I., Uher D. (1998): Proizvodnja krme u slijedu na obiteljskom gospodarstvu, Zagreb, Mljekarstvo, 48 (4), 211-226.
22. Technical Handbook on Symbiotic Nitrogen fixation, FAO, 1989.
23. Štafa Z., Redžepović S., Grbeša D., Uher D., Maćešić D., Leto J. (1999): Utjecaj bakterizacije i prihrane KAN-om na osobine, prinos i krmnu vrijednost ozimog graška u smjesi s pšenicom, Zagreb, Poljoprivredna znanstvena smotra, 64 (3), 211-222.
24. Uher D., Štafa 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 - Authors' addresses:

mr. sc. Darko Uher
prof. dr. sc. Zvonimir Štafa
Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
Zavod za specijalnu proizvodnju bilja
Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb

prof. dr. sc. Sulejman Redžepović
mr. sc. Mihaela Blažinkov
prof. dr. sc. Sanja Sikora
Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
Zavod za mikrobiologiju
Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb

mr. sc. Dražen Kaučić
Državni hidrometrološki zavod
Grič 3, 10 000 Zagreb

Primljeno-Received:

16.03. 2006.