

UTJECAJ GNOJIDBE NA PRINOSE ZRNA OZIMOG GRAŠKA U SMJESI S PŠENICOM

D. UHER

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za specijalnu proizvodnju bilja

Faculty of Agriculture University of Zagreb
Department of Crop, Forage and Grassland Production

SAŽETAK

Trogodišnjim istraživanjima (1995. do 1998.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. Ukupno najveći broj kvržica na korijenu graška utvrđen je na bakteriziranoj varijanti 2 (31 kvržica/biljci), kao i masa suhe tvari kvržica (0,160 g/biljci). Prosječni prinosi zrna graška iznosili su od 1993 kg ha⁻¹ (kontrola) do 2426 kg ha⁻¹ (bakterizacija). Prosječni prinosi zrna pšenice iznosili su od 1896 kg ha⁻¹ (kontrola) do 2960 kg ha⁻¹ (prihrana dušikom). Prinosi zrna ozime smjese graška i pšenice su iznosili od 3889 kg ha⁻¹ (kontrola) do 5207 kg ha⁻¹ (prihrana dušikom). Najveći broj mahuna (12,3) i zrna po biljci graška (44,0) je utvrđen na bakteriziranoj varijanti 2. Najveća masa 1000 zrna (115,7 g) i masa zrna po biljci graška (5,09 g) također je utvrđena na bakteriziranoj varijanti 2.

Ključne riječi: bakterizacija sjemena ozimog graška, prihrana dušikom, prinos zrna graška, prinos zrna pšenice, prinos zrna 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. Ova dva postulata nije lako uskladiti, pogotovo jer je upravo dušik najčešći limitirajući čimbenik u dobivanju visokih prinosa suhe tvari svih 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 spriječava 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

U Maksimiru su u razdoblju od 1995. do 1998. 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).

Na pokusnom polju Agronomskog fakulteta tlo je aluvijalno-koluvijalno smeđe, razvijeno na aluviju, slabo kisele reakcije (pH u n KCl je 6,0). U sloju od 0 do 20 cm sadrži 2,7 % humusa, a u sloju od 20 do 60 cm 1,4 %. Tlo je sadržavalo 40,1 mg P₂O₅/100 g tla i 20,2 mg K₂O/100 g tla.

Prema podacima meteorološke postaje Zagreb-Maksimir, područje Zagreba prema Langovom kišnom faktoru (80,4) ima humidnu klimu (Tablica 1). Srednja godišnja temperatura u razdoblju 1963. do 1992. iznosila je 10,4 °C.

U 1996. godini ožujak je bio hladan i suh sa svega 8,8 mm oborina i manjkom iz veljače, dok je u travnju i svibnju palo više oborina od prosjeka. U 1997. godini tijekom ožujka palo je 30,1 mm oborina odnosno za 26,9 mm manje od višegodišnjeg prosjeka (57,0 mm), dok je u travnju palo 9,4 a u svibnju 2,9 mm oborina manje od višegodišnjeg prosjeka. U 1998. palo je samo u travnju 8,2 mm oborina više od višegodišnjeg prosjeka, dok su ožujak i svibanj s oborinama bili na razini prosjeka.

Tlo je za sve varijante predstjetveno 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 10.07.1996., 15.07.1997. i 13.07.1998. 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 (01.06.1996., 01.06.1997. i 01.06.1998. 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 1995., 1996., 1997., 1998. te višegodišnji prosjek (meteorološka postaja Maksimir).

Table 1. Average monthly air temperature and rainfall 1995., 1996., 1997., 1998., and multy year average (Weather station Maksimir).

Mjesec Month	Srednja mjesečna temperatura zraka °C				Prosjek Average	Srednja količina oborina, mm				Prosjek Average
	Average monthly air temperature °C					Average rainfall, mm				
	1995	1996	1997	1998	1963-1992	1995	1996	1997	1998	1963-1992
I.	1,0	-0,8	-0,9	3,7	-0,6	77,0	74,3	58,0	17,1	44,0
II.	5,9	-0,7	4,8	5,3	1,8	71,0	29,4	28,5	1,5	41,0
III.	5,6	3,4	6,7	5,2	6,1	64,3	8,8	30,1	57,1	57,0
IV.	12,1	10,9	8,2	12,8	10,5	36,6	85,9	49,6	67,2	59,0
V.	15,5	17,1	17,2	15,9	15,3	76,2	94,9	72,1	73,7	75,0
VI.	18,1	20,4	20,1	20,5	18,6	94,2	62,6	87,1	104,7	98,0
VII.	23,0	19,4	20,6	21,3	20,4	88,3	69,3	80,7	121,7	79,0
VIII.	19,6	20,0	20,6	21,2	19,5	172,4	147,3	57,8	98,5	96,0
IX.	15,0	13,3	16,5	-	15,8	161,4	175,8	21,9	-	78,0
X.	12,1	11,7	9,7	-	10,4	5,6	60,7	51,4	-	74,0
XI.	4,9	7,9	5,7	-	5,3	43,3	136,2	104,2	-	78,0
XII.	1,4	-1,0	3,1	-	1,1	59,1	63,1	84,8	-	57,0
Prosjek Average	11,2	10,1	11,0	-	10,4					
Ukupno Total						949,4	1008,3	726,2		836,0

REZULTATI

Broj kvržica na korijenu graška po biljci

Najveći broj kvržica na korijenu graška prve godine istraživanja (tablica 2) je utvrđen na bakteriziranoj varijanti 2 (34) a najmanji na KAN-om prihranjivanoj varijanti 4 (25). U drugoj godini najveći broj kvržica na korijenu graška je utvrđen na bakteriziranoj varijanti 2 (30) a najmanji na kontrolnoj varijanti 1 (22). U trećoj godini također najveći broj kvržica na korijenu graška je utvrđen na bakteriziranoj varijanti 2 (30) a najmanji na KAN-om prihranjivanoj varijanti 3 (13).

Tablica 2. Broj kvržica na korijenu graška (01.06.1996., 1997., 1998.)

Table 2. Nodule number on winter pea root (01st Juny, 1996., 1997., 1998.)

Varijanta/Variant	Broj kvržica na korijenu graška Nodule number on winter pea root			Prosjek varijanata Average variant
	Godina/Year			
	1996.	1997.	1998.	
Kontrola/Control	26	22	15	21
Bakterizacija/Inoculation	34	30	30	31
Prihrana dušikom/Nitrogen Top-Dressing	28	28	13	23
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top-Dressing	25	26	14	22
Prosjek godina/Average year	22	27	18	
LSD 0,05				1,5 kvržica/nodule
LSD 0,05 †				2,5 kvržica/nodule
LSD 0,05 ‡				3,2 kvržica/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 (31) u odnosu na ostale istraživane varijante, a između varijante 3 (23) i varijante 4 (22) nije bilo značajnih razlika u broju kvržica na korijenu graška. Interakcija godina x varijanta u broju kvržica na korijenu graška je bila signifikantna. Bakterizirana varijanta 2 (34) i kontrolna varijanta 1 (26) su u prvoj godini istraživanja imale veći broj kvržica u odnosu na iste varijante u drugoj i trećoj godini istraživanja.

Suha tvar kvržica po biljci graška

Najveća masa suhe tvari kvržica na korijenu graška prve godine istraživanja (tablica 3) je utvrđena na bakteriziranoj varijanti 2 (0,15 g), a najmanja na KAN-om prihranjivanoj varijanti 4 (0,06 g). U drugoj godini najveća masa suhe tvari kvržica na korijenu graška je utvrđena na bakteriziranoj varijanti 2 (0,20 g) a najmanja na kontrolnoj varijanti 1 (0,14 g). Najveća masa suhe tvari kvržica na korijenu graška treće godine istraživanja je utvrđena na bakteriziranoj varijanti 2 (0,13 g), a najmanja na KAN-om prihranjivanoj varijanti 4 (0,04 g).

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

Varijanta/Variant	Masa suhe tvari kvržica g/biljka Nodule dry matter weight g/ plant			
	Godina/Year			Prosjeck varijanata Average variant
	1996.	1997.	1998.	
Kontrola/Control	0,08	0,14	0,05	0,090
Bakterizacija/Inoculation	0,15	0,20	0,13	0,160
Prihrana dušikom/Nitrogen Top-Dressing	0,15	0,18	0,05	0,130
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top-Dressing	0,06	0,22	0,04	0,110
Prosjeck godina/Average year	0,110	0,185	0,068	
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 je utvrđena na bakteriziranoj varijanti 2 (0,160 g) u odnosu na ostale istraživane varijante.

Interakcija godina x varijanta u masi suhe tvari kvržica je bila signifikantna. Sve su varijante u drugoj godini istraživanja imale veću masu suhe tvari kvržica u odnosu na masu istih varijanti u prvoj i trećoj godini istraživanja.

Prinos zrna graška u smjesi (kg ha⁻¹):

U prvoj godini istraživanja bakterizirana varijanta 2 (2384 kg ha⁻¹) je imala signifikantno veći prinos zrna graška (Tablica 4) od kontrolne varijante 1 (1946 kg ha⁻¹) i prihranjivanih varijanti 3 (2247 kg ha⁻¹) i 4 (1986 kg ha⁻¹). U drugoj godini istraživanja bakterizirana varijanta 2 (2596 kg ha⁻¹) je imala signifikantno veći prinos zrna graška (Tablica 4) od kontrolne varijante 1 (2196 kg ha⁻¹) i prihranjivanih varijanti 3 (2371 kg ha⁻¹) i 4 (2097 kg ha⁻¹).

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)			Prosjeck varijanata Average variant
	Godina/Year			
	1996.	1997.	1998.	
Kontrola/Control	1946	2196	1837	1993
Bakterizacija/Inoculation	2384	2596	2297	2426
Prihrana dušikom/Nitrogen Top-Dressing	2247	2371	2124	2248
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top-Dressing	1986	2097	1898	1994
Prosjeck godina/Average year	2141	2315	2039	
LSD 0,05				114 kg ha ⁻¹
LSD 0,05 †				64 kg ha ⁻¹
LSD 0,05 ‡				141 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 trećoj godini istraživanja također je bakterizirana varijanta 2 (2297 kg ha⁻¹) je imala signifikantno veći prinos zrna graška (tablica 4.) od kontrolne varijante 1 (1837 kg ha⁻¹) i prihranjivanih varijanti 3 (2124 kg ha⁻¹) i 4 (1898 kg ha⁻¹).

U prosjeku bakterizirana varijanta 2 (2426 kg ha⁻¹) je imala signifikantno veći prinos zrna graška od prinosa ostalih varijanata istraživanja. Prihranjivana varijanta 3 (2248 kg ha) je imala signifikantno veći prinos zrna graška od kontrole 1 (1993 kg ha⁻¹) i varijante 4 (1994 kg ha⁻¹).

Interakcija prinosa zrna grašaka godina x gnojidba je bila signifikantna. U 1997. godini su utvrđeni veći prinosi zrna graška u odnosu na prinose iz 1996. godine za 8 % a u odnosu na 1998. godinu za 12 %.

Prinosi zrna pšenice u smjesi (kg ha⁻¹):

U prvoj godini istraživanja prihranjivane varijante 3 (2560 kg ha⁻¹) i 4 (2403 kg ha⁻¹) su imale signifikantno veće prinose zrna pšenice (Tablica 5) od kontrole 1 (1922 kg ha⁻¹) i bakterizirane varijante 2 (2250 kg ha⁻¹). Između prinosa

prihranjivanih varijanti 3 (2560 kg ha⁻¹) i 4 (2403 kg ha⁻¹) su bile utvrđene signifikantne razlike u prinosima zrna pšenice. Bakterizirana varijanta 2 (2250 kg ha⁻¹) je imala signifikantno veći prinos zrna pšenice od kontrole 1 (1922 kg ha⁻¹).

U drugoj godini istraživanja također su prihranjivane varijante 3 (3000 kg ha⁻¹) i 4 (2801 kg ha⁻¹) imale signifikantno veće prinose zrna pšenice (Tablica 5) od prinosa kontrole 1 (1700 kg ha⁻¹) i bakterizirane varijante 2 (2282 kg ha⁻¹). Između prinosa prihranjivanih varijanti 3 (3000 kg ha⁻¹) i 4 (2801 kg ha⁻¹) su bile utvrđene signifikantne razlike u prinosima zrna pšenice. Bakterizirana varijanta 2 (2282 kg ha⁻¹) je imala signifikantno veći prinos zrna pšenice od kontrole 1 (1700 kg ha⁻¹).

Tablica 5. Prinosa zrna pšenice (kg ha⁻¹)

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

Varijanta/Variant	Prinos zrna pšenice (kg ha ⁻¹)			
	Winter wheat seed yield (kg ha ⁻¹):			Prosjeak varijanata Average variant
	Godina/Year			
	1996.	1997.	1998.	
Kontrola/Control	1922	1700	2065	1896
Bakterizacija/Inoculation	2250	2282	2370	2301
Prihrana dušikom/Nitrogen Top-Dressing	2560	3000	3320	2960
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top-Dressing	2403	2801	3072	2759
Prosjeak godina/Average year	2284	2446	2707	
LSD 0,05				35 kg ha ⁻¹
LSD 0,05 †				40 kg ha ⁻¹
LSD 0,05 ‡				65 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 trećoj godini istraživanja također su prihranjivane varijante 3 (3320 kg ha⁻¹) i 4 (3072 kg ha⁻¹) imale signifikantno veće prinose zrna pšenice (Tablica 5) od prinosa kontrole 1 (2065 kg ha⁻¹) i bakterizirane varijante 2 (2370 kg ha⁻¹). Između prinosa prihranjivanih varijanti 3 (3320 kg ha⁻¹) i 4 (3072 kg ha⁻¹) su bile utvrđene signifikantne razlike u prinosima zrna pšenice. Bakterizirana varijanta 2 (2370 kg ha⁻¹) je imala signifikantno veći prinos zrna pšenice od kontrole 1 (2065 kg ha⁻¹).

U prosjeku prihranjivane varijante 3 (2960 kg ha⁻¹) i 4 (2759 kg ha⁻¹) su imale signifikantno veći prinos zrna pšenice od kontrolne varijante 1 (1896 kg ha⁻¹) i bakterizirane varijante 2 (2301 kg ha⁻¹). Prihranjivana varijanta 3 (2960 kg ha⁻¹) je imala signifikantno veći prinos zrna pšenice od varijante 4 (2759 kg ha⁻¹), i bakterizirane varijante 2 (2301 kg ha⁻¹) a koja je imala signifikantno veći prinos od kontrole 1 (1896 kg ha⁻¹). Interakcija prinosa zrna pšenice godina x gnojidba je bila signifikantna. U 1998. godini su utvrđeni veći prinosi zrna pšenice u odnosu na prinose u 1997. godini za 10 % a u odnosu na 1996. godinu za 16 %.

Ukupni prinosi zrna smjese graška i pšenice (kg ha⁻¹):

U prvoj godini istraživanja prihranjivana varijanta 3 (4807 kg ha⁻¹) je imala veći ukupni prinos zrna smjese graška i pšenice (Tablica 6) od ostalih varijanata istraživanja. Kontrolna varijanta 1 (3868 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 prinos 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			Prosjeck varijanata Average variant
	1996.	1997.	1998.	
Kontrola/Control	3868	3896	3902	3889
Bakterizacija/Inoculation	4634	4878	4667	4726
Prihrana dušikom/Nitrogen Top-Dressing	4807	5371	5444	5207
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top-Dressing	4389	4898	4970	4752
Prosjeck godina/Average year	4425	4761	4746	
LSD 0,05				96 kg ha ⁻¹
LSD 0,05 †				82 kg ha ⁻¹
LSD 0,05 ‡				149 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 prihranjivana varijanta 3 (5371 kg ha⁻¹) imala veći ukupni prinos zrna smjese graška i pšenice u odnosu na prinose ostalih varijanata dok je kontrolna varijanta 1 (3896 kg ha⁻¹) imala najmanji ukupni prinos zrna smjese graška i pšenice .

U trećoj godini istraživanja također je prihranjivana varijanta 3 (5444 kg ha⁻¹) imala veći ukupni prinos zrna smjese graška i pšenice u odnosu na prinose ostalih varijanata dok je kontrolna varijanta 1 (3902 kg ha⁻¹) imala najmanji ukupni prinos zrna smjese graška i pšenice .

U prosjeku prihranjivana varijanta 3 (5207 kg ha⁻¹) je imala signifikantno veći ukupni prinos zrna smjese graška i pšenice od kontrolne varijante 1 (3889 kg ha⁻¹), bakterizirane varijante 2 (4726 kg ha⁻¹) i od prinosa pšenice varijante 4 (4752 kg ha⁻¹). Bakterizirana varijanta 2 (4726 kg ha⁻¹) je imala u prosjeku signifikantno veći ukupni prinos zrna smjese graška i pšenice od kontrole 1 (3889 kg ha⁻¹)

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

KOMPONENTE PRINOSA ZRNA GRAŠKA

Broj mahuna po biljci graška

U prvoj godini istraživanja bakterizirana varijanta 2 (12) je imala veći broj mahuna po biljci graška (Tablica 7) od kontrole 1 (10) i prihranjivanih varijanti 3 (11) i 4 (9) ali te razlike nisu bile opravdane.

U drugoj godini istraživanja također je bakterizirana varijanta 2 (13) imala veći broj mahuna po biljci graška od kontrole 1 (11) i prihranjivanih varijanti 3 (11) i 4 (10) ali te razlike nisu bile opravdane.

U trećoj godini istraživanja također je bakterizirana varijanta 2 (12) imala veći broj mahuna po biljci graška od kontrole 1 (10) i prihranjivanih varijanti 3 (10) i 4 (9) ali te razlike nisu bile opravdane.

U prosjeku je bakterizirana varijanta 2 (12,3) imala signifikantno veći broj mahuna po biljci graška u odnosu na broj mahuna na biljkama ostalih varijanata istraživanja. Prihranjivana varijanta graška 3 (10,7) je imala signifikantno veći broj mahuna graška od varijante 4 (9,3).

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 (44) 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 graška između prihranjivanih varijanata 3 (42) i 4 (40) te kontrole 1 (39) također je bila signifikantna.

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			Prosjek varijanata Average variant
	1996.	1997.	1998.	
Kontrola/Control	10	11	10	10,3
Bakterizacija/Inoculation	12	13	12	12,3
Prihrana dušikom/Nitrogen Top-Dressing	11	11	10	10,7
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top-Dressing	9	10	9	9,3
Prosjek godina/Average year	10,5	11,3	10,3	
LSD 0,05				1 mahuna/pods
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

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			Prosjek varijanata Average variant
	1996.	1997.	1998.	
Kontrola/Control	39	43	36	39,3
Bakterizacija/Inoculation	44	47	41	44,0
Prihrana dušikom/Nitrogen Top-Dressing	42	45	39	42,0
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top-Dressing	40	41	37	39,3
Prosjek godina/Average year	41,3	44,0	38,3	
LSD 0,05				1,9 zrna/seeds
LSD 0,05 †				0,9 zrna/seeds
LSD 0,05 ‡				2,5 zrna/seeds
				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 (47) imala signifikantno veći broj zrna po biljci graška od kontrole 1 (43) i prihranjivanih varijanti 3 (45) i 4 (41).

U trećoj godini istraživanja također je bakterizirana varijanta 2 (41) imala signifikantno veći broj zrna po biljci graška od kontrole 1 (36) i prihranjivanih varijanti 3 (39) i 4 (37).

Bakterizirana varijanta 2 (44,0) je imala u prosjeku signifikantno veći broj zrna po biljci graška od broja zrna po biljci graška ostalih varijantata istraživanja. Prihranjivana varijante 3 (42,0) je imala signifikantno veći broj zrna graška od kontrolne varijante 1 (39,3) i prihranjivane varijante 4 (39,3).

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

Masa 1000 zrna graška

U prvoj godini istraživanja bakterizirana varijanta 2 (114 g) je imala signifikantno veću masu 1000 zrna po biljci graška (Tablica 9) od kontrole 1 (104 g) i prihranjivanih varijanti 3 (110 g) i 4 (104 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			Prosjeck varijanata Average variant
	Godina/Year			
	1996.	1997.	1998.	
Kontrola/Control	104	107	108	106,3
Bakterizacija/Inoculation	114	115	118	115,7
Prihrana dušikom/Nitrogen Top-Dressing	110	112	114	112,0
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top-Dressing	104	108	106	106,0
Prosjeck godina/Average year	108,0	110,5	111,5	
LSD 0,05				1,8 g
LSD 0,05 †				1,4 g
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

U drugoj godini istraživanja također je bakterizirana varijanta 2 (115 g) imala signifikantno veću masu 1000 zrna po biljci graška od kontrole 1 (107 g) i prihranjivanih varijanti 3 (112 g) i 4 (108 g).

U trećoj godini istraživanja također je bakterizirana varijanta 2 (118 g) imala signifikantno veću masu 1000 zrna po biljci graška od kontrole 1 (108 g) i prihranjivanih varijanti 3 (114 g) i 4 (106 g).

Bakterizirana varijanta 2 (115,7 g) je imala u prosjeku signifikantno veću masu 1000 zrna po biljci graška u odnosu na masu 1000 zrna od ostalih varijantata istraživanja. Prihranjivana varijanta 3 (112,0) je također imala signifikantno veću masu 1000 zrna graška od mase zrna kontrolne varijante 1 (106,3 g).

Interakcija godina x gnojdba u masi 1000 zrna graška nije bila signifikantna.

Masa zrna po biljci graška

U prvoj godini istraživanja bakterizirana varijanta 2 (5,02 g) je imala signifikantno veću masu zrna po biljci graška (Tablica 10) od kontrole 1 (4,06 g) i prihranjivanih varijantata 3 (4,62 g) i 4 (4,16 g). Između prihranjivanih varijantata 3 (4,62 g) i 4 (4,16 g) te kontrole 1 (4,06 g) također je utvrđena signifikantna razlika u masi zrna po biljci graška kao i između varijante 4 (4,16 g) i varijante 3 (4,62 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			Prosjek varijanata Average variant
	1996.	1997.	1998.	
Kontrola/Control	4,06	4,60	3,89	4,18
Bakterizacija/Inoculation	5,02	5,41	4,84	5,09
Prihrana dušikom/Nitrogen Top-Dressing	4,62	5,04	4,45	4,70
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top-Dressing	4,16	4,43	3,92	4,17
Prosjek godina/Average year	4,47	4,87	4,28	
LSD 0,05				0,21 g
LSD 0,05 †				0,11 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 (5,41 g) imala signifikantno veću masu zrna po biljci graška od kontrole 1 (4,60 g) i prihranjivanih varijanata 3 (5,04 g) i 4 (4,43 g), i između kojih su bile također utvrđene signifikantne razlike u masi zrna po biljci graška. Prihranjivana varijanta 3 (5,04 g) je imala signifikantno veću masu zrna po biljci graška od kontrole 1 (4,60 g).

U trećoj godini istraživanja također je bakterizirana varijanta 2 (4,84 g) imala signifikantno veću masu zrna po biljci graška od kontrole 1 (3,89 g) i prihranjivanih varijanata 3 (4,45 g) i 4 (3,92 g), i između kojih su bile također utvrđene signifikantne razlike u masi zrna po biljci graška. Prihranjivana varijanta 3 (4,45 g) je imala signifikantno veću masu zrna po biljci graška od kontrole 1 (3,89 g) i varijante 4 (3,92 g).

U prosjeku bakterizirana varijanta 2 (5,09 g) je imala signifikantno veću masu zrna po biljci graška od mase zrna ostalih varijanata istraživanja. Prihranjivana varijanta 3 (4,70 g) je imala signifikantno veću masu zrna po biljci graška od kontrole 1 (4,18 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 (34) u prvoj godini istraživanja, 30 u drugoj godini i trećoj 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 (0,160 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.

Bakterizirana varijanta 2 (2426 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 (2960 kg ha⁻¹) i 4 (2759 kg ha⁻¹) imale su u prosjeku veće prinose zrna pšenice u odnosu na bakterizaciju (2301 kg ha⁻¹) i kontrolu (1896 kg ha⁻¹).

Prihranjivane varijante 3 (5207 kg ha⁻¹) i 4 (4752 kg ha⁻¹) imale su u prosjeku veće prinose zrna ozime smjese graška i pšenice u odnosu na kontrolu (3889 kg ha⁻¹).

Bakterizirana varijanta 2 (12,3) 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 (44,0) te najveću masu 1000 zrna (115,7 g) kao i masu zrna po biljci graška (5,09 g) u odnosu na ostale varijante istraživanja što je također u suglasju s rezultatima istraživanja Uher i sur. (2006).

ZAKLJUČCI

Temeljem trogodišnjih istraživanja učinkovitosti bakterizacije sjemena graška sojem *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* ozimog graška cv. Maksimirski ozimi u smjesi s pšenicom cv. Sana provedenih na Agronomskom fakultetu u Zagrebu može se zaključiti:

- Na korijenu graška bakterizirane varijante utvrđeno je u prosjeku 31 kvržica. Na korijenu graška kontrolne varijante utvrđeno je 32 % manje kvržica a na korijenu graška KAN-om prihranjivane varijante 26 % manje kvržica od bakterizirane varijante.
- Bakterizacijom sjemena graška utvrđeno je 0,160 g suhe tvari kvržica na korijenu graška dok je na korijenu graška kontrole utvrđeno 44 % manje a na KAN-om prihranjivanoj varijanti 19 % manje suhe tvari kvržica.
- Bakterizacijom sjemena graška cv. Maksimirski ozimi u smjesi s pšenicom cv. Sana postignuto je u prosjeku 2426 kg ha⁻¹ zrna graška, odnosno 17,8 % više od kontrole, te 7,3 % više od KAN-om prihranjivane varijante.
- Prihranom smjese graška i pšenice KAN-om postignuto je u prosjeku 2960 kg ha⁻¹ zrna pšenice u odnosu na kontrolu za 35,9 % više, a u odnosu na bakteriziranu varijantu za 22,3 % više zrna pšenice.

- Prihranjivanom varijantom 3 postignuto je u prosjeku (5207 kg ha^{-1}) zrna smjese graška i pšenice što je u odnosu na kontrolu za 25,3 % veći prinos a u odnosu na bakteriziranu varijantu za 9,2 %.
- Bakterizacijom sjemena graška je povećan broj mahuna po biljci za 16,3 % a zrna za 17,9 % u odnosu na kontrolu.
- Bakterizacijom sjemena graška masa 1000 zrna je iznosila 115,7 g, koja je u odnosu na masu 1000 zrna kontrole bila veća za 8,1 %, a u odnosu na masu 1000 zrna graška KAN-om prihranjivane varijante za 3,2 %.
- Bakterizacijom sjemena graška povećana je masa zrna graška po biljci (5,09 g) za 17,9 % u odnosu na kontrolu a u odnosu na prihranu KAN-om za 7,7 %.

EFFECT OF FERTILIZATION OF WINTER PEA AND WHEAT MIXTURE ON PEA SEED YIELD

SUMMARY

Three year field trials (1995-1998) 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 total nodule number on pea root (31 nodule/plant) was determined on the inoculated variant 2 as well as nodule dry weight (0,160 g/plant). Average yield of winter pea were ranging from 1993 kg ha^{-1} (control) up to 2426 kg ha^{-1} (inoculation). Average yield of winter wheat were ranging from 1896 kg ha^{-1} (control) up to 2960 kg ha^{-1} (nitrogen top-dressing). Average yield of winter peas in mixture wheat were ranging from 3889 kg ha^{-1} (control) up to 5207 kg ha^{-1} (nitrogen top-dressing). The highest number of pods (12,3) and of seeds per plant (44,0) was determined on the inoculated variant 2. The highest weight of 1000 seeds (115,7 g) and weight of seeds per plant (5,09 g) was determined on the inoculated variant 2.

Key words: inoculated of winter pea seeds, nitrogen top-dressing, yield of winter 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 prinos 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. Russel 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., Stipičić 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-Author's address:

Mr. sc. Darko Uher
Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
Zavod za specijalnu proizvodnju bilja
Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb

Primljeno - Received:

09. 03. 2006.