

UTJECAJ BAKTERIZACIJE I PRIHRANE DUŠIKOM NA PRINOS ZRNA OZIMOG GRAŠKA U SMJESI S PŠENICOM

D. UHER¹, Z. ŠTAFA¹, Mihaela BLAŽINKOV² i D. KAUČIĆ³

¹ Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Zavod za specijalnu proizvodnju bilja

¹ Faculty of Agriculture University of Zagreb

Department of Crop, Forage and Grassland Production

² Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Zavod za mikrobiologiju

² Faculty of Agriculture University of Zagreb

Department of Microbiology

³ Državni hidrometeorološki zavod

³ 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 predstetvena 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 (34,0 kvržice/biljka), kao i masa suhe tvari kvržica (0,185 g/biljka). Prosječni prinosi zrna graška u smjesi iznosili su od 1827 kg ha⁻¹ (kontrola) do 2558 kg ha⁻¹ (bakterizacija). Prosječni prinosi pšenice u smjesi iznosili su od 1803 kg ha⁻¹ (kontrola) do 3084 kg ha⁻¹ (prihrana dušikom). Prinosi ozime smjese graška i pšenice su iznosili od 3630 kg ha⁻¹ (kontrola) do 5330 kg ha⁻¹ (prihrana dušikom). Najveći broj mahuna (12,0) i zrna po biljci graška (48) je utvrđen na bakteriziranoj varijanti 2. Najveća masa 1000 zrna (114,5 g) i masa zrna po biljci graška (5,45 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 R. 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 gotovo 80 %, 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, 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 gnojdbu 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 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 učinkovitim sojevima bakterija s ciljem što uspješnijeg uzgajanja mahunarki, većeg prinosa, više kakvoće, uz smanjena ulaganja.

MATERIJAL I METODE RADA

U Maksimiru 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).

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 20,2 mg P₂O₅/100 g tla i 12,2 mg K₂O/100 g tla.

Prema podacima meterološke postaje Zagreb-Maksimir, područje Zagreba prema Langovom kišnom faktoru (80,4) ima humidnu klimu (tablica 1.). Tijekom dvije godine istraživanja bile su prosječne temperature zraka više od desetogodišnjeg prosjeka osobito 2000. godine u veljači, ožujku, travnju i svibnju, a 2001. godine u veljači, ožujku i svibnju. Tijekom veljače u obje godine, a u ožujku, travnju i svibnju 2000. godine palo je manje, dok je u navedenim mjesecima 2001. godine palo više oborina od desetogodišnjeg prosjeka.

Tlo je za sve varijante predsetveno 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 setvu 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 10.07.2000. i 15.07.2001. 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 (01.06.200. 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 Maksimir).

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

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	1	-1,6	4	1,2	47	17	79	41,4
II	2,2	4,6	4,9	3,5	62	18	13	28,3
III	8,7	7,8	10,4	7,0	37	46	100	52,2
IV	12,5	14,2	10,6	11,6	64	54	79	62,7
V	16,6	17,5	17,8	16,8	128	39	71	66,8
VI	19,7	21,6	18,4	19,8	85	47	118	94,8
VII	21,5	20,9	21,8	20,4	101	79	55	78,9
VIII	20,8	23,1	22,5	21,6	76	10	14	89,0
IX	18,7	16,6	14,4	16,2	52	85	176	111,0
X	11,7	13,4	14,3	11,7	100	92	8	86,9
XI	3,6	9,2	3,6	5,6	71	109	86	88,6
XII	1,7	4,6	-1,6	1,1	99	118	24	72,8
Prosjek Average	11,6	12,7	11,8	11,4	-	-	-	-
Ukupno Total	-	-	-	-	921	712	823	873,4

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Ukupan broj kvržica na korijenu graška po biljci

Najveći ukupan broj kvržica na korijenu graška prve godine istraživanja je utvrđen na bakteriziranoj varijanti 2 (41) a najmanji na KAN-om prihranjivanoj varijanti 3 (31). U drugoj godini najveći ukupan broj kvržica na korijenu graška je utvrđen na bakteriziranoj varijanti 2 (27) a najmanji na KAN-om prihranjivanoj varijanti 4 (17).

U prosjeku signifikantno veći ukupan broj kvržica na korijenu graška je imala bakterizirana varijanta 2 (34,0) u odnosu na ostale istraživane varijante, a između varijante 3 (24,5) i varijante 4 (24,5) nije bilo značajnih razlika u ukupnom broju kvržica na korijenu graška.

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

Suha tvar kvržica

Najveća masa suhe tvari kvržica na korijenu graška prve godine istraživanja je utvrđena na bakteriziranoj varijanti 2 (0,22 g), a najmanja na KAN-om prihranjivanoj varijanti 4 (0,15 g). U drugoj godini najveća masa suhe tvari kvržica na korijenu graška je utvrđena na bakteriziranoj varijanti 2 (0,15 g) a najmanja na KAN-om prihranjivanoj varijanti 4 (0,08 g).

U prosjeku signifikantno veća masa suhe tvari kvržica na korijenu graška je utvrđena na bakteriziranoj varijanti 2 (0,185 g) u odnosu na ostale istraživane varijante.

Razlike u ukupnoj masi suhe tvari kvržica na korijenu graška između varijanta 3 (0,125 g) i 4 (0,115 g) nisu bile značajne.

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

Prinos zrna graška u smjesi

U prvoj godini istraživanja bakterizirana varijanta 2 (2806 kg ha⁻¹) je imala signifikantno veći prinos zrna graška (tablica 3.) od kontrolne varijante 1 (1913 kg ha⁻¹) i prihranjivanih varijanti 3 (2474 kg ha⁻¹) i 4 (2229 kg ha⁻¹), između kojih nisu bile utvrđene signifikantne razlike u prinosima zrna graška, međutim te su varijante imale signifikantno veći prinos zrna graška od kontrolne varijante 1 (1913 kg ha⁻¹).

U drugoj godini istraživanja također je bakterizirana varijanta 2 (2310 kg ha⁻¹) imala signifikantno veći prinos zrna graška od kontrolne varijante 1 (1741 kg ha⁻¹) i prihranjivanih varijanti 3 (2017 kg ha⁻¹) i 4 (1939 kg ha⁻¹), između kojih nisu bile utvrđene signifikantne razlike u prinosima zrna graška. Između prinosa zrna graška prihranjivane varijante 3 (2017 kg ha⁻¹) i kontrolne varijante 1 (1741 kg ha⁻¹) su utvrđene signifikantne razlike a između prinosa prihranjivane varijante 4 (1939 kg ha⁻¹) i kontrole 1 (1741 kg ha⁻¹) nije bilo značajnih razlika u prinosima zrna graška.

U prosjeku bakterizirana varijanta 2 (2558 kg ha⁻¹) je imala signifikantno veći prinos zrna graška od prinosa ostalih varijanata istraživanja. Prihranjivane varijanta 3 (2246 kg ha) i 4 (2084 kg ha) su imale signifikantno veći prinos zrna graška od kontrole 1 (1827 kg ha⁻¹).

Interakcija prinosa zrna graška godina x gnojidba je bila signifikantna. U 2000. godini su utvrđeni veći prinosi zrna graška u odnosu na prinose iz 2001. godine za 15 %.

Tablica 2. Ukupan broj i masa suhe tvari kvržica na korijenu graška (01.06. 2000. i 2001.).

Table 2. Total number and nodule dry matter weight on pea root (01st Juny, 2000 and 2001).

Varijanta Variant	Ukupan broj kvržica Total nodule number			Masa suhe tvari kvržica g/biljci Nodule dry matter weight g/plant		
	Godina Year		Prosjek varijanata Average variant	Godina Year		Prosjek varijanata Average variant
	2000.	2001.		2000.	2001.	
Kontrola Control	37	25	31,0	0,18	0,12	0,150
Bakterizacija Inoculation	41	27	34,0	0,22	0,15	0,185
Prihrana dušikom Nitrogen Top-Dressing	31	18	24,5	0,16	0,09	0,125
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top-Dressing	32	17	24,5	0,15	0,08	0,115
Prosjek godina Average year	35,3	21,8		0,178	0,110	
LSD 0,05			0,8			0,012 g
LSD 0,05 †			1,0			0,022 g
LSD 0,05 ‡			1,3			0,025 g
			Signifikantnost Significant			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

Prinosi zrna pšenice u smjesi

U prvoj godini istraživanja prihranjivane varijante 3 (2940 kg ha⁻¹) i 4 (2865 kg ha⁻¹) su imale signifikantno veće prinose zrna pšenice (tablica 3.) od kontrole 1 (1650 kg ha⁻¹) i bakterizirane varijante 2 (2250 kg ha⁻¹). Između prinosa prihranjivanih varijanti 3 (2940 kg ha⁻¹) i 4 (2865 kg ha⁻¹) nisu 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 (1650 kg ha⁻¹).

Tablica 3. *Prinosi zrna smjese ozimog graška i pšenice (kg ha⁻¹)*

Table 3. *Winter pea and wheat mixture yield (kg ha⁻¹)*

Varijanta - Variant	Prinos graška (kg ha ⁻¹)			Prinos pšenice (kg ha ⁻¹)			Ukupni prinos (kg ha ⁻¹)		
	Pea yield (kg ha ⁻¹)			Wheat yield (kg ha ⁻¹)			Total yield (kg ha ⁻¹)		
	Godina		Prosjeck varijanata	Godina		Prosjeck varijanata	Godina		Prosjeck varijanata
	Year	Year		Year	Year				
2000.	2001.	Average variant	2000.	2001.	Average variant	2000.	2001.	Average variant	
Kontrola Control	1913	1741	1827	1650	1955	1803	3563	3696	3630
Bakterizacija Inoculation	2806	2310	2558	2250	2440	2345	5056	4750	4903
Prihrana dušikom Nitrogen Top-Dressing	2474	2017	2246	2940	3228	3084	5414	5245	5330
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top -Dressing	2229	1939	2084	2865	3032	2949	5094	4972	5033
Prosjeck godina Average year	2356	2002		2426	2664		4782	4666	
LSD 0,05			166 kg ha ⁻¹			66 kg ha ⁻¹			199 kg ha ⁻¹
LSD 0,05 †			212 kg ha ⁻¹			97 kg ha ⁻¹			NS
LSD 0,05 ‡			271 kg ha ⁻¹			117 kg ha ⁻¹			320 kg ha ⁻¹
			Signifikantnost Significant			Signifikantnost Significant			Signifikantnost Significant
Godina Year			**			***			NS
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 su prihranjivane varijante 3 (3228 kg ha⁻¹) i 4 (3032 kg ha⁻¹) imale signifikantno veće prinose zrna pšenice (tablica 3.) od prinosa kontrole 1 (1955 kg ha⁻¹) i bakterizirane varijante 2 (2440 kg ha⁻¹). Između prinosa prihranjivanih varijanti 3 (3228 kg ha⁻¹) i 4 (3032 kg ha⁻¹) su bile utvrđene signifikantne razlike u prinosisima zrna pšenice. Bakterizirana varijanta 2 (2440 kg ha⁻¹) je imala signifikantno veći prinos zrna pšenice od kontrole 1 (1955 kg ha⁻¹).

U prosjeku prihranjivane varijante 3 (3084 kg ha⁻¹) i 4 (2949 kg ha⁻¹) su imala signifikantno veći prinos zrna pšenice od kontrolne varijante 1 (1803 kg ha⁻¹) i bakterizirane varijante 2 (2345 kg ha⁻¹). Prihranjivana varijanta 3 (3084 kg ha⁻¹) je imala signifikantno veći prinos zrna pšenice od varijante 4 (2949 kg ha⁻¹), i bakterizirane varijante 2 (2345 kg ha⁻¹) a koja je imala signifikantno veći prinos od kontrole 1 (1803 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 9 %.

Ukupni prinosi zrna smjese graška i pšenice

U prvoj godini istraživanja prihranjivana varijanta 3 (5414 kg ha⁻¹) je imala veći ukupni prinos zrna smjese graška i pšenice (tablica 3.) od ostalih varijanata istraživanja. Kontrolna varijanta 1 (3563 kg ha⁻¹) je imala najmanji ukupni prinos zrna smjese graška i pšenice (tablica 3.) u odnosu na prinose ostalih varijanata istraživanja.

U drugoj godini istraživanja također je prihranjivana varijanta 3 (5245 kg ha⁻¹) imala veći ukupni prinos zrna smjese graška i pšenice (tablica 3.) u odnosu na prinose ostalih varijanata dok je kontrolna varijanta 1 (3696 kg ha⁻¹) imala najmanji ukupni prinos zrna smjese graška i pšenice (tablica 3.).

U prosjeku prihranjivana varijanta 3 (5330 kg ha⁻¹) je imala signifikantno veći ukupni prinos zrna smjese graška i pšenice od kontrolne varijante 1 (3630 kg ha⁻¹) i bakterizirane varijante 2 (4903 kg ha⁻¹) ali ne i od prinosa pšenice varijante 4 (5033 kg ha⁻¹). Bakterizirana varijanta 2 (4903 kg ha⁻¹) je imala u prosjeku signifikantno veći ukupni prinos zrna smjese graška i pšenice od kontrole 1 (3630 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 (13) je imala signifikantno veći broj mahuna po biljci graška (tablica 4.) od kontrole 1 (11) i prihranjivanih varijanti 3 (12) i 4 (11). Između prihranjivane varijante 3 (12) i kontrole 1 (11) također je utvrđena signifikantna razlika u broju mahuna po biljci graška, a između varijante 4 (11) i varijante 1 (11) nije bila signifikantna.

U drugoj godini istraživanja također je bakterizirana varijanta 2 (11) imala signifikantno veći broj mahuna po biljci graška od kontrole 1 (9) i prihranjivanih varijanti 3 (10) i 4 (10), koje su imale jednaki broj mahuna po biljci a koje su u odnosu na broj mahuna na kontroli 1 (9) također imale signifikantno veći broj mahuna graška.

Tablica 4. Broj mahuna po biljci graška
Table 4. Number of pods per pea plant

Varijanta - Variant	Broj mahuna - Number of pods		
	Godina - Year		Prosjek varijanata Average variant
	2000.	2001.	
Kontrola - Control	11	9	10,0
Bakterizacija - Inoculation	13	11	12,0
Prihrana dušikom - Nitrogen Top-Dressing	12	10	11,0
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top -Dressing	11	10	10,5
Prosjek godina - Average year	11,8	10,0	
LSD 0,05			0,7 mahuna
LSD 0,05 †			0,9 mahuna
LSD 0,05 ‡			1,2 mahuna
			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 bakterizirana varijanta 2 (12,0) 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 (10,0).

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

Broj zrna po biljci graška

U prvoj godini istraživanja bakterizirana varijanta 2 (52) je imala signifikantno veći broj zrna po biljci graška (tablica 5.) u odnosu na broj zrna po biljci graška ostalih varijanti istraživanja. Razlika u broju zrna po biljci graška između prihranjivanih varijanata 3 (48) i 4 (45) te kontrole 1 (40) također je bila signifikantna razlika dok u broju zrna po biljci graška između varijante 4 (45) i varijante 3 (48) nisu bile signifikantne.

U drugoj godini istraživanja također je bakterizirana varijanta 2 (44) imala signifikantno veći broj zrna po biljci graška od kontrole 1 (36) i prihranjivanih

varijanti 3 (40) i 4 (39), između kojih nisu bile utvrđene signifikantne razlike u broju zrna graška, a koje su u odnosu na broj zrna kontrole 1 (36) imale signifikantno veći broj zrna po biljci graška.

Bakterizirana varijanta 2 (48) je imala u prosjeku signifikantno veći broj zrna po biljci graška od broja zrna po biljci graška ostalih varijantata istraživanja. Prihranjivane varijante 3 (44) i 4 (42) su imale signifikantno veći broj zrna graška od kontrolne varijante 1 (38).

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

Tablica 5. Broj zrna po biljci graška
Table 5. Number of seeds per pea plant

Varijanta - Variant	Broj zrna - Number of seeds		
	Godina - Year		Prosjek varijanata Average variant
	2000.	2001.	
Kontrola - Control	40	36	38
Bakterizacija - Inoculation	52	44	48
Prihrana dušikom - Nitrogen Top-Dressing	48	40	44
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top -Dressing	45	39	42
Prosjek godina - Average year	46,3	39,8	
LSD 0,05			2,8 zrna
LSD 0,05 †			3,5 zrna
LSD 0,05 ‡			4,5 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

Masa 1000 zrna graška

U prvoj godini istraživanja bakterizirana varijanta 2 (115 g) je imala veću masu 1000 zrna po biljci graška (tablica 6.) od kontrole 1 (104 g) i prihranjivanih varijanti 3 (112 g) i 4 (110 g) ali te razlike nisu bile značajne.

U drugoj godini istraživanja također je bakterizirana varijanta 2 (114 g) imala veću masu 1000 zrna po biljci graška od kontrole 1 (103 g) i prihranjivanih varijanti 3 (112 g) i 4 (108 g) ali te razlike nisu bile signifikantne.

Tablica 6. Masa 1000 zrna (g)

Table 6. Weight of 1000 seeds (g)

Varijanta - Variant	Masa 1000 zrna g - Weight of 1000 seeds g		
	Godina - Year		Prosjeck varijanata
	2000.	2001.	Average variant
Kontrola - Control	104	103	103,5
Bakterizacija - Inoculation	115	114	114,5
Prihrana dušikom - Nitrogen Top-Dressing	112	112	112,0
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top -Dressing	110	108	109,0
Prosjeck godina - Average year	110,3	109,3	
LSD 0,05			0,7 g
LSD 0,05 †			NS
LSD 0,05 ‡			1,3 g
			Signifikantnost Significant
Godina - Year			NS
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

Bakterizirana varijanta 2 (114,5 g) je imala u prosjeku signifikantno veću masu 1000 zrna po biljci graška u odnosu na masu 1000 zrna od ostalih varijanata istraživanja. Prihranjivane varijante 3 (112,0 g) i 4 (109,0 g) su također imale signifikantno veću masu 1000 zrna graška od mase zrna kontrolne varijante 1 (103,5 g).

Interakcija masa 1000 zrna graška godina x gnojidba je bila signifikantna..

Masa zrna po biljci graška

U prvoj godini istraživanja bakterizirana varijanta 2 (5,9 g) je imala signifikantno veću masu zrna po biljci graška (tablica 7.) od kontrole 1 (4,2 g) i prihranjivanih varijanata 3 (5,4 g) i 4 (4,9 g). Između prihranjivanih varijanata 3 (5,4 g) i 4 (4,9 g) te kontrole 1 (4,2 g) također je utvrđena signifikantna razlika u masi zrna po biljci graška kao i između varijante 4 (5,4 g) i varijante 3 (4,9 g).

U drugoj godini istraživanja također je bakterizirana varijanta 2 (5,0 g) imala signifikantno veću masu zrna po biljci graška od kontrole 1 (3,7 g) i prihranjivanih varijanata 3 (4,5 g) i 4 (4,2 g), i između kojih nisu bile utvrđene

signifikantne razlike u masi zrna po biljci graška. Prihranjivane varijante 3 (4,5 g) i 4 (4,2 g) su imale signifikantno veću masu zrna po biljci graška od kontrole 1 (3,7 g).

Tablica 7. Masa zrna po biljci graška (g)

Table 7. Weight of seeds per pea plant (g)

Varijanta - Variant	Masa zrna g - Weight of seeds g		
	Godina - Year		Prosjeck varijanata
	2000.	2001.	Average variant
Kontrola - Control	4,2	3,7	3,95
Bakterizacija - Inoculation	5,9	5,0	5,45
Prihrana dušikom - Nitrogen Top-Dressing	5,4	4,5	4,95
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top -Dressing	4,9	4,2	4,55
Prosjeck godina - Average year	5,10	4,35	
LSD 0,05			0,32 g
LSD 0,05 †			0,42 g
LSD 0,05 ‡			0,53 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 bakterizirana varijanta 2 (5,45 g) je imala signifikantno veću masu zrna po biljci graška od mase zrna ostalih varijanata istraživanja. Prihranjivane varijante 3 (4,95 g) i 4 (4,55 g) su imale signifikantno veću masu zrna po biljci graška od kontrole 1 (3,95 g).

Interakcija masa zrna po biljci graška godina x gnojidba 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.

Ukupno najveći broj kvržica je utvrđen na bakteriziranoj varijanti 2 (41) u prvoj godini istraživanja i 27 u drugoj godini što je u suglasju s rezultatima Štafa i sur. (1999) koji su utvrdili da bakterizacija u prosjeku povećava ukupan 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 ukupan 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 (0,185 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 (2558 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 (3084 kg ha⁻¹) i 4 (2949 kg ha⁻¹) imale su u prosjeku veće prinose zrna pšenice u odnosu na bakterizaciju (2345 kg ha⁻¹) i kontrolu (1803 kg ha⁻¹).

Prihranjivane varijante 3 (5330 kg ha⁻¹) i 4 (5033 kg ha⁻¹) imale su u prosjeku veće prinose zrna ozime smjese graška i pšenice u odnosu na kontrolu (3630 kg ha⁻¹).

Bakterizirana varijanta 2 (12,0) 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 (48) te najveću masu 1000 zrna (114,5 g) kao i masu zrna po biljci graška (5,45 g) u odnosu na ostale varijante istraživanja.

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 Agronomskom fakultetu u Zagrebu može se zaključiti:

- Na korijenu graška bakterizirane varijante utvrđeno je u prosjeku 34,0 kvržice. Na korijenu graška kontrolne varijante utvrđeno je 8,8 % manje kvržica a na korijenu graška KAN-om prihranjivane varijante 27,9 % manje kvržica.
- Bakterizacijom sjemena graška utvrđeno je 0,185 g suhe tvari kvržica na korijenu graška dok je na korijenu graška kontrole utvrđeno 18,9 % manje a na KAN-om prihranjivanoj varijanti 32,4 % manje suhe tvari kvržica.
- Bakterizacijom sjemena graška cv. Maksimirski ozimi u smjesi s pšenicom cv. Sana postignuto je u prosjeku 2558 kg ha⁻¹, odnosno 28,6 % više od kontrole, te 12,2 % više od KAN-om prihranjivane varijante.
- Prihranom smjese graška i pšenice KAN-om postignuto je u prosjeku 3084 kg ha⁻¹ zrna pšenice u odnosu na kontrolu za 41,5 % više, a u odnosu na bakteriziranu varijantu za 23,9 % više zrna pšenice.
- Prihranjivanom varijantom 3 postignuto je u prosjeku (5330 kg ha⁻¹) zrna smjese graška i pšenice što je u odnosu na kontrolu za 31,9 % veći prinos a u odnosu na bakteriziranu varijantu za 8,0 %.
- Bakterizacijom sjemena graška je povećan broj mahuna po biljci za 16,7 % a zrna za 20,8 % u odnosu na kontrolu.
- Bakterizacijom sjemena graška masa 1000 zrna je iznosila 114,5 g, koja je u odnosu na masu 1000 zrna kontrole bila veća za 9,6 %, a u odnosu na masu 1000 zrna graška KAN-om prihranjivane varijante za 2,1 %.
- Bakterizacijom sjemena graška povećana je masa zrna graška po biljci (5,45 g) za 27,5 % u odnosu na kontrolu a u odnosu na prihranu KAN-om za 9,2 %.

EFFECT OF INOCULATION AND NITROGEN TOP-DRESSING OF WINTER PEA AND WHEAT 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 total nodule number on pea root (34,0 nodule/plant) was determined on the inoculated variant 2 as well as nodule dry weight (0,185 g/plant). Average yield of winter pea were ranging from 1827 kg ha⁻¹ (control) up to 2558 kg ha⁻¹ (inoculation). Average yield of winter wheat were ranging from 1803 kg ha⁻¹ (control) up to 3084 kg ha⁻¹ (nitrogen top-dressing). Average yield of winter peas in mixture wheat were ranging from 3630 kg ha⁻¹ (control) up to 5330 kg ha⁻¹ (nitrogen top-dressing). The highest number of pods (12,0) and of seeds per plant (48) was determined on the inoculated variant 2. The highest weight of 1000 seeds (114,5 g) and weight of seeds per plant (5,45 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 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., 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.

Adrese autora – Author's addresses:

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

Mr. sc. Mihaela Blažinkov
Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za Mikrobiologiju
Svetošimunska cesta 25
10 000 Zagreb

Mr. sc. Dražen Kaučić
Državni hidrometerološki zavod
Grič 3
10 000 Zagreb

Primljeno - Received:

10. 01. 2006.