

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

D. UHER<sup>1</sup>, Z. ŠTAFA<sup>1</sup>, Mihaela BLAŽINKOV<sup>2</sup> i D. KAUČIĆ<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup>Državni 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 na korijenu graška (g/biljka), te prinose zrna smjese graška cv. Maksimirski ozimi i tritikale cv. Clercal. 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 (30 kvržica/biljka), kao i masa suhe tvari kvržica (0,150 g/biljka). Prosječni prinosi zrna graška iznosili su od 1205 kg ha<sup>-1</sup> (kontrola) do 1836 kg ha<sup>-1</sup> (bakterizacija). Prosječni prinosi zrna tritikale iznosili su od 2469 kg ha<sup>-1</sup> (kontrola) do 3753 kg ha<sup>-1</sup> (prihrana dušikom). Prosječni ukupni prinosi zrna ozime smjese graška i tritikale su iznosili od 3674 kg ha<sup>-1</sup> (kontrola) do 5321 kg ha<sup>-1</sup> (prihrana dušikom). Najveći broj mahuna (9,5) i zrna po biljci graška (38,5) je utvrđen na bakteriziranoj varijanti 2. Najveća masa 1000 zrna (104,5 g) i masa zrna po biljci graška (4,03 g) također je utvrđena na bakteriziranoj varijanti 2.

Ključne riječi: bakterizacija sjemena ozimog graška, prihrana dušikom, prinos zrna graška, prinos zrna tritikale, ukupni prinosi zrna smjese graška i tritikale

## 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 prinosima 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 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  $80 \times 10^6$  tona atmosferskog dušika godišnje, što je više od polovice ukupne količine biološki vezanog dušika na zemlji (Evans i Barber, 1977), odnosno, u svijetu industrijskim Haber-Bosch postupkom osigurava se  $60 \times 10^6$  t dušika godišnje (FAO Technical Handbook, 1989).

Mahunarke po hektaru nakon skidanja u tlu ostavljaju nekoliko tona lako razgradljive korijenove mase i strni kojom obogaćuju tlo organskom tvari, bogatom dušikom (Russel, 1950). Na taj se način održava plodnost tla i omogućuje kulturama koje slijede u plodoredu 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 m<sup>2</sup> i tritikale cv. Clercal sijanog s 200 zrna po m<sup>2</sup>.

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

1. Kontrola (samo osnovna gnojdba)
2. Bakterizacija sjemena graška *Rhizobium leguminosarum* bv. viciae
3. Prihrana dušikom (2 x 100 kg ha<sup>-1</sup> KAN-a)
4. Bakterizacija sjemena graška *Rhizobium leguminosarum* bv. viciae i prihrana dušikom (2 x 100 kg ha<sup>-1</sup> 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 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla i 12,2 mg K<sub>2</sub>O/100 g tla.

Prema podacima meteorološke 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 predstjetveno gnojeno s 500 kg ha<sup>-1</sup> NPK kombinacije 8:26:26 (40 kg ha<sup>-1</sup> N, 130 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 130 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O). 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<sup>-1</sup> 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 tritikale 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. 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 (meteorološka 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

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

Najveći ukupan broj kvržica na korijenu graška prve godine istraživanja je utvrđen na bakteriziranoj varijanti 2 (36), a najmanji na KAN-om prihranjivanoj varijanti 3 (27). U drugoj godini najveći ukupan broj kvržica na korijenu graška je utvrđen na bakteriziranoj varijanti 2 (24), a najmanji na KAN-om prihranjivanoj varijanti 3 (17).

U prosjeku signifikantno veći ukupan broj kvržica na korijenu je imala bakterizirana varijanta graška 2 (30) u odnosu na ostale varijante istraživanja. Između varijante 3 (22) i varijante 4 (24) također je bilo značajnih razlika u ukupnom broju kvržica na korijenu graška (Tablica 2).

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

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

Varijanta Variant	Ukupan broj kvržica po biljci Total nodule number per plant			Masa suhe tvari kvržica g/biljci Nodule dry weight g/plant		
	Godina Year		Prosjek varijanata Average variant	Godina Year		Prosjek varijanata Average variant
	2000.	2001.		2000.	2001.	
	Kontrola Control	33	19	26	0,16	0,12
Bakterizacija Inoculation	36	24	30	0,18	0,12	0,150
Prihrana dušikom Nitrogen Top-Dressing	27	17	22	0,13	0,08	0,105
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top-Dressing	30	18	24	0,15	0,09	0,120
Prosjek godina Average year	31,5	19,5		0,155	0,103	
LSD 0,05			0,9			0,014 g
LSD 0,05 †			1,4			0,021 g
LSD 0,05 ‡			1,6			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

Interakcija godina x varijanta u broju kvržica 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 (g/biljka)

Najveća masa suhe tvari kvržica na korijenu graška prve godine istraživanja je utvrđena na bakteriziranoj varijanti 2 (0,18 g), a najmanja na KAN-om prihranjivanoj varijanti 3 (0,13 g). U drugoj godini također je utvrđena

najveća masa suhe tvari kvržica na korijenu graška na bakteriziranoj varijanti 2 (0,12 g), a najmanja na KAN-om prihranjivanoj varijanti 3 (0,08 g).

U prosjeku značajno veću masu suhe tvari kvržica na korijenu graška je imala bakterizirana varijanta 2 (0,150 g) u odnosu na ostale istraživane varijante, a između varijante 3 (0,105 g) i varijante 4 (0,120 g) također je utvrđena značajna razlika u ukupnoj masi suhe tvari kvržica na korijenu graška (Tablica 2).

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

#### *Prinos zrna graška u smjesi (kg ha<sup>-1</sup>):*

U prvoj godini istraživanja bakterizirana varijanta 2 (2031 kg ha<sup>-1</sup>) je imala značajno veći prinos zrna graška (Tablica 3) od kontrole 1 (1304 kg ha<sup>-1</sup>) i prihranjivanih varijanti 3 (1811 kg ha<sup>-1</sup>) i 4 (1800 kg ha<sup>-1</sup>). Razlike u prinosu zrna graška između prihranjivanih varijanti 3 (1811 kg ha<sup>-1</sup>) i 4 (1800 kg ha<sup>-1</sup>) nisu bile značajne ali su te varijante imale značajno veći prinos zrna graška od kontrole 1 (1304 kg ha<sup>-1</sup>).

U drugoj godini istraživanja također je bakterizirana varijanta 2 (1640 kg ha<sup>-1</sup>) imala značajno veći prinos zrna graška od kontrole 1 (1106 kg ha<sup>-1</sup>) i prihranjivanih varijanti 3 (1325 kg ha<sup>-1</sup>) i 4 (1449 kg ha<sup>-1</sup>). Između prihranjivanih varijanti 3 (1325 kg ha<sup>-1</sup>) i 4 (1449 kg ha<sup>-1</sup>) te godine nisu bile utvrđene značajne razlike u prinosima zrna graška. Prihranjivane varijante 3 (1325 kg ha<sup>-1</sup>) i 4 (1449 kg ha<sup>-1</sup>) su imale značajno veće prinose zrna graška od kontrole 1 (1106 kg ha<sup>-1</sup>).

U prosjeku bakterizirana varijanta 2 (1836 kg ha<sup>-1</sup>) je imala značajno veći prinos zrna graška od prinosa ostalih varijanata istraživanja. Prihranjivane varijante 3 (1568 kg ha<sup>-1</sup>) i 4 (1625 kg ha<sup>-1</sup>) su imale značajno veći prinos zrna graška od kontrole 1 (1205 kg ha<sup>-1</sup>).

Interakcija prinosa zrna graška godina x gnojidba je bila značajna. Bakterizirana varijanta je u obje godine istraživanja postigla značajno veće prinose zrna graška od ostalih varijanti istraživanja. U 2000. godini su utvrđeni značajno veći prinosi zrna graška u odnosu na 2001. godinu za 21 %.

#### *Prinosi zrna tritikale u smjesi (kg ha<sup>-1</sup>):*

U prvoj godini istraživanja prihranjivane varijante 3 (3575 kg ha<sup>-1</sup>) i 4 (3402 kg ha<sup>-1</sup>) su imale značajno veće prinose zrna tritikale (Tablica 3) od kontrole 1 (2200 kg ha<sup>-1</sup>) i bakterizirane varijante 2 (2625 kg ha<sup>-1</sup>). Između prihranjivanih varijanti 3 (3575 kg ha<sup>-1</sup>) i 4 (3402 kg ha<sup>-1</sup>) su također utvrđene značajne razlike u prinosima zrna tritikale. Bakterizirana varijanta 2 (2625 kg ha<sup>-1</sup>) je imala značajno veći prinos zrna tritikale od kontrole 1 (2200 kg ha<sup>-1</sup>).

Tablica 3. *Prinosi zrna smjese ozimog graška i tritikale (kg ha<sup>-1</sup>)*

Table 3. *Winter pea seed and triticale mixture yield (kg ha<sup>-1</sup>)*

Varijanta Variant	Prinos zrna graška (kg ha <sup>-1</sup> ) Pea seed yield (kg ha <sup>-1</sup> )			Prinos zrna tritikale (kg ha <sup>-1</sup> ) Triticale grain yield (kg ha <sup>-1</sup> )			Ukupni prinosi zrna (kg ha <sup>-1</sup> ) Total grain yield (kg ha <sup>-1</sup> )		
	Godina Year		Prosjek varijanata Average variant	Godina Year		Prosjek varijanata Average variant	Godina Year		Prosjek varijanata Average variant
	2000.	2001.		2000.	2001.		2000.	2001.	
	2000.	2001.	Average variant	2000.	2001.	Average variant	2000.	2001.	Average variant
Kontrola Control	1304	1106	1205	2200	2737	2469	3504	3843	3674
Bakterizacija Inoculation	2031	1640	1836	2625	3100	2863	4656	4740	4699
Prihrana dušikom Nitrogen Top- Dressing	1811	1325	1568	3575	3930	3753	5386	5255	5321
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top -Dressing	1800	1449	1625	3402	3818	3610	5202	5267	5235
Prosjek godina Average year	1737	1380		2951	3396		4687	4776	
LSD 0,05			87 kg ha <sup>-1</sup>			63 kg ha <sup>-1</sup>			141 kg ha <sup>-1</sup>
LSD 0,05 †			172 kg ha <sup>-1</sup>			109 kg ha <sup>-1</sup>			NS
LSD 0,05 ‡			188 kg ha <sup>-1</sup>			123 kg ha <sup>-1</sup>			303 kg ha <sup>-1</sup>
			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 (3930 kg ha<sup>-1</sup>) i 4 (3818 kg ha<sup>-1</sup>) imale signifikantno veće prinose zrna tritikale (Tablica 3) od kontrole 1 (2737 kg ha<sup>-1</sup>) i bakterizirane varijante 2 (3100 kg ha<sup>-1</sup>). Prihranjivana varijanta 3 (3930 kg ha<sup>-1</sup>) je imala signifikantno veći prinos zrna tritikale u odnosu na prinos zrna varijante 4 (3818 kg ha<sup>-1</sup>), a bakterizirana varijanta 2 (3100 kg ha<sup>-1</sup>) od kontrole 1 (2737 kg ha<sup>-1</sup>).

U prosjeku prihranjivane varijante 3 (3753 kg ha<sup>-1</sup>) i 4 (3610 kg ha<sup>-1</sup>) su imale signifikantno veći prinos zrna tritikale od kontrolne varijante 1 (2469 kg ha<sup>-1</sup>) i bakterizirane varijante 2 (2863 kg ha<sup>-1</sup>). Prihranjivana varijanta 3 (3753 kg ha<sup>-1</sup>) je imala signifikantno veći prinos zrna tritikale od varijante 4 (3610 kg ha<sup>-1</sup>) i bakterizirana varijante 2 (2863 kg ha<sup>-1</sup>) koja je imala signifikantno veći prinos od od kontrole 1 (2469 kg ha<sup>-1</sup>)

Interakcija prinosa zrna tritikale godina x gnojdba je bila signifikantna. Prihranjivane varijante 3 i 4 su u obje godine istraživanja postigle signifikantno veće prinose zrna tritikale od bakteriziranih i kontrolnih varijanti istraživanja. U 2001. godini su utvrđeni signifikantno veći prinosi zrna tritikale u odnosu na prinose u 2000. godinu za 13 %.

*Ukupni prinosi zrna smjese graška i tritikale (kg ha<sup>-1</sup>):*

U prvoj godini istraživanja prihranjivane varijante 3 (5386 kg ha<sup>-1</sup>) i 4 (5202 kg ha<sup>-1</sup>) su imale veće ukupne prinose zrna smjese graška i tritikale (tablica 3.) od kontrole (3504 kg ha<sup>-1</sup>) i bakterizirane varijante 2 (4656 kg ha<sup>-1</sup>) ali te razlike nisu bile opravdane. Kontrolna varijanta 1 (3504 kg ha<sup>-1</sup>) je imala najmanji ukupni prinos zrna smjese graška i tritikale (tablica 3.) te godine.

U drugoj godini istraživanja također su prihranjivane varijante 3 (5255 kg ha<sup>-1</sup>) i 4 (5267 kg ha<sup>-1</sup>) imale veće ukupne prinose zrna smjese graška i tritikale (tablica 3.) od kontrole (3843 kg ha<sup>-1</sup>) i bakterizirane varijante 2 (4740 kg ha<sup>-1</sup>) ali te razlike nisu bile opravdane. Kontrolna varijanta 1 (3843 kg ha<sup>-1</sup>) je te godine imala najmanji ukupni prinos zrna smjese graška i tritikale (tablica 3.).

U dvogodišnjem prosjeku varijanata prihranjivana varijanta 3 (5321 kg ha<sup>-1</sup>) je imala signifikantno veći ukupni prinos zrna smjese graška i tritikale od kontrolne varijante 1 (3674 kg ha<sup>-1</sup>) i bakterizirane varijante 2 (4699 kg ha<sup>-1</sup>), ali ne i od varijante 4 (5235 kg ha<sup>-1</sup>). Bakterizirana varijanta 2 (4698 kg ha<sup>-1</sup>) je imala u prosjeku signifikantno veći ukupni prinos zrna smjese graška i tritikale od kontrole 1 (3674 kg ha<sup>-1</sup>)

Interakcija godina ukupnog prinosa zrna smjese graška i tritikale x gnojdba je bila signifikantna. Prihranjivane varijanta 3 i 4 su u obje godine istraživanja postigla signifikantno veće ukupne prinose zrna smjese graška i tritikale od bakterizirane i kontrolne varijante istraživanja.

## KOMPONENTE PRINOSA ZRNA GRAŠKA

*Broj mahuna po biljci graška*

U prvoj godini istraživanja bakterizirana varijanta 2 (10) je imala signifikantno veći broj mahuna po biljci graška (Tablica 4) od kontrole 1 (8) i prihranjivanih varijanti 3 (9) i 4 (9). Između prihranjivanih varijanata 3 (9) i 4 (9) nisu utvrđene signifikantne razlike u broju mahuna po biljci graška, ali su one imale signifikantno veći broj mahuna po biljci graška od kontrole 1 (8).



Tablica 4. Broj mahuna po biljci graška

Table 4. Number of pods per winter pea plant

Varijanta Variant	Broj mahuna Number of pods		Prosjeak varijanata Average variant
	Godina - Year		
	2000.	2001.	
Kontrola/Control	8	7	7,5
Bakterizacija/Inoculation	10	9	9,5
Prihrana dušikom/Nitrogen Top-Dressing	9	8	8,5
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top -Dressing	9	8	8,5
Prosjeak godina/Average year	9	8	
LSD 0,05			1,0 mahuna
LSD 0,05 †			0,4 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

U drugoj godini istraživanja također je bakterizirana varijanta 2 (9) imala signifikantno veći broj mahuna po biljci graška od kontrole 1 (7) i prihranjivanih varijanti 3 (8) i 4 (8). Između prihranjivanih varijantata 3 i 4 nisu bile utvrđene signifikantne razlike u broju mahuna graška po biljci, ali su te razlike u odnosu na broj mahuna kontrole bile signifikante.

U prosjeku bakterizirana varijanta 2 (9,5) je imala signifikantno veći broj mahuna graška od ostalih varijanti istraživanja. Prihranjivane varijante 3 (8,5) i 4 (8,5) su imale signifikantno veći broj mahuna po biljci graška od kontrole (7,5).

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

#### Broj zrna po biljci graška

U prvoj godini istraživanja bakterizirana varijanta 2 je imala signifikantno veći broj zrna (42) po biljci graška (Tablica 5) od kontrole 1 (34) i prihranjivanih

varijantata 3 (37) i 4 (38). Razlike u broju zrna po biljci graška između prihranjivanih varijantata 3 i 4 te kontrole 1 (34) su bile signifikantne.

Tablica 5. Broj zrna po biljci graška

Table 5. Number of seeds per winter pea plant

Varijanta Variant	Broj zrna Number of seeds		Prosjek varijantata Average variant
	Godina - Year		
	2000.	2001.	
Kontrola/Control	34	30	32,0
Bakterizacija/Inoculation	42	35	38,5
Prihrana dušikom/Nitrogen Top-Dressing	37	30	33,5
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top -Dressing	38	32	35,0
Prosjek godina/Average year	37,8	31,8	
LSD 0,05			1,1 zrna
LSD 0,05 †			2,2 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

U drugoj godini istraživanja također je bakterizirana varijanta 2 (35) imala signifikantno veći broj zrna po biljci graška od kontrole 1 (30) i prihranjivanih varijantata 3 (29,5) i 4 (32). Razlike u broju zrna između prihranjivanih varijantata 3 (29,5) i 4 (32) su također bile signifikantne. Razlike u broju zrna graška po biljci prihranjivane varijante 3 (29,5) i kontrole 1 (30) nisu bile signifikante.

Bakterizirana varijanta 2 (38,5) je imala u prosjeku signifikantno veći broj zrna po biljci graška od ostalih varijantata istraživanja. Prihranjivane varijante 3 (33,5) i 4 (35,0) su imale signifikantno veći broj zrna po biljci graška od kontrole (32).

Interakcija broja zrna po biljci graška godina x gnojdba je bila signifikantna.

### Masa 1000 zrna graška

U prvoj godini istraživanja bakterizirana varijanta 2 je imala veću masu 1000 zrna (105 g) po biljci graška (Tablica 6) od kontrole 1 (85 g) i prihranjenih varijanata 3 (104 g) i 4 (103 g) ali te razlike nisu bile značajne.

U drugoj godini istraživanja također je bakterizirana varijanta 2 (104 g) imala veću masu 1000 zrna po biljci graška od kontrole 1 (80 g) i prihranjenih varijanti 3 (102 g) i 4 (100,5 g) ali te razlike također nisu bile signifikantne.

Tablica 6. Masa 1000 zrna graška (g)

Table 6. Thousand seeds weight of winter pea (g)

Varijanta Variant	Masa 1000 zrna g Thousand seeds weight g		
	Godina - Year		Prosjek varijanata Average variant
	2000.	2001.	
Kontrola/Control	85	80	82,5
Bakterizacija/Inoculation	105	104	104,5
Prihrana dušikom/Nitrogen Top-Dressing	104	102	103,0
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top -Dressing	103	101	102,0
Prosjek godina/Average year	99,3	96,7	
LSD 0,05			1,5 g
LSD 0,05 †			NS
LSD 0,05 ‡			3,4 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 je imala u prosjeku signifikantno veću masu 1000 zrna (104,5 g) po biljci graška u odnosu na masu zrna ostalih varijanata. Prihranjivane varijante 3 (103,0 g) i 4 (102,0 g) su imale signifikantno veću masu 1000 zrna graška od kontrole (82,5 g).

Interakcija masa 1000 zrna godina x gnojdba je bila signifikantna.

### Masa zrna po biljci graška

U prvoj godini istraživanja bakterizirana varijanta 2 je imala signifikantno veću masu zrna (4,41 g) po biljci graška (Tablica 7) od kontrole 1 (2,89 g) i prihranjivanih varijanti 3 (3,85 g) i 4 (3,92 g). Prihranjivane varijante 3 (3,85 g) i 4 (3,92 g) imale su signifikantno veću masu 1000 zrna po biljci graška od mase kontrole (2,89 g), dok razlike u masi 1000 zrna varijante 4 (3,92 g) i varijante 3 (3,85 g) nisu bile signifikantne.

Tablica 7. Masa zrna po biljci graška (g)

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

Varijanta Variant	Masa zrna g Weight of seeds g		
	Godina - Year		Prosjeck varijanata Average variant
	2000.	2001.	
Kontrola/Control	2,89	2,40	2,65
Bakterizacija/Inoculation	4,41	3,64	4,03
Prihrana dušikom/Nitrogen Top-Dressing	3,85	3,01	3,43
Bakterizacija+prihrana Inoculation + Nitrogen Top-Dressing	3,92	3,22	3,57
Prosjeck godina/Average year	3,77	3,07	
LSD 0,05			0,14 g
LSD 0,05 †			0,33 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 drugoj godini istraživanja također je bakterizirana varijanta 2 (3,64 g) imala signifikantno veću masu zrna po biljci graška u odnosu na masu zrna po biljci ostalih varijanata. U masi zrna po biljci graška između prihranjivanih varijanata 3 (3,01 g) i 4 (3,22 g) nisu bile utvrđene signifikantne razlike. Prihranjivane varijante 3 (3,01 g) i 4 (3,22 g) su imale signifikantno veću masu zrna po biljci graška od kontrole 1 (2,4 g).

Bakterizirana varijanta 2 (4,03 g) je imala u prosjeku signifikantno veću masu zrna po biljci graška od mase zrna ostalih varijanata istraživanja. Prihranjivane varijante 3 (3,43 g) i 4 (3,57 g) su u prosjeku imale signifikantno veću masu zrna po biljci graška od kontrole (2,65 g).

Interakcija mase zrna po biljci graška godina x gnojdba je bila signifikantna. Biljke graška bakterizirane varijante su u prosjeku imale 14,9 % veću masu zrna po biljci u odnosu na masu zrna KAN-om prihranjivane varijante, a u odnosu na masu zrna kontrole za 34,2 % veću masu zrna po biljci graška.

## RASPRAVA

Potrebe za hranom se povećavaju porastom pučanstva. Da bi se te povećane potrebe namirile, traže se rješenja koja štede fosilnu energiju. Za postizanje visokih prinosa, visoke kakvoće, krmnim kulturama treba osigurati velike količine dušika. 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. 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 (36) u prvoj godini istraživanja i 24 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 gnojdbе 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 po biljci graška (0,150 g) što je također 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.

U prosjeku najveći prinos zrna graška postignut je bakteriziranom varijantom 2 (1836 kg ha<sup>-1</sup>) 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 (3753 kg ha<sup>-1</sup>) i 4(3610 kg ha<sup>-1</sup>) imale su u prosjeku veće prinose zrna tritikale u odnosu na bakterizaciju (2469 kg ha<sup>-1</sup>) i kontrolu (2469 kg ha<sup>-1</sup>).

Bakterizirana varijanta 2 imala je u prosjeku najveći broj mahuna po biljci graška (9,5) u odnosu na ostale varijante istraživanja što je također u suglasju s rezultatima Brkić i sur. (2004).

U prosjeku najveći broj zrna (38,5) te najveću masu 1000 zrna (104,5 g), kao i masu zrna po biljci graška (4,03 g) imala je bakterizirana varijanta 2 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 tritikale cv. Clercal provedenih na Agronomskom fakultetu u Zagrebu može se zaključiti:

- Na korijenu graška bakterizirane varijante utvrđeno je u prosjeku 30 kvržice, na kontroli 26 ili 13,3 % manje, dok je na KAN-om prihranjivanoj varijanti utvrđeno 22 kvržice ili 26,7 % manje u odnosu na broj kvržica bakterizirane varijante
- Bakterizacijom sjemena graška utvrđeno je 0,150 g suhe tvari kvržica na korijenu graška dok je na korijenu graška kontrole utvrđeno 6,7 % manje a na KAN-om prihranjivanoj varijanti 30,0 % manje suhe tvari kvržica.
- Bakterizacijom sjemena graška cv. Maksimirski ozimi u smjesi s tritikale cv. Clercal postignuto je u prosjeku 1836 kg ha<sup>-1</sup>, odnosno 34,4 % više od kontrole, te 14,6 % više od KAN-om prihranjivane varijante.
- Prihranom smjese graška i tritikale KAN-om postignuto je u prosjeku 3753 kg ha<sup>-1</sup> zrna tritikale u odnosu na kontrolu za 34,2 % više, a u odnosu na bakteriziranu varijantu za 23,7 % više zrna tritikale.
- Prihranjivanom varijantom 3 postignuto je u prosjeku (5321 kg ha<sup>-1</sup>) zrna smjese graška i tritikale što je u odnosu na kontrolu za 31,0 % veći prinos a u odnosu na bakteriziranu varijantu za 11,7 %.
- Bakterizacijom sjemena graška je povećan broj mahuna po biljci za 21,0 % a zrna za 20,3 % u odnosu na kontrolu, a u odnosu na prihranu KAN-om za 13,5 %.
- Bakterizacijom sjemena graška masa 1000 zrna je iznosila 104,5 g, koja je u odnosu na masu 1000 zrna kontrole bila veća za 21,1 %, a u odnosu na masu 1000 zrna graška bakterizirane i KAN-om prihranjivane varijante za 2,6 %.

## EFFECT OF INOCULATION AND NITROGEN TOP-DRESSING OF WINTER PEA AND TRITICALE 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 triticale cv. Clercal 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 (30 nodule/plant) was determined on the inoculated variant 2 as well as nodule dry weight (0,150 g/plant). Average pea seed yield were ranging from 1205 kg ha<sup>-1</sup> (control) up to 1836 kg ha<sup>-1</sup> (inoculation). Average triticale grain yield were ranging from 2469 kg ha<sup>-1</sup> (control) up to 3753 kg ha<sup>-1</sup> (nitrogen top-dressing). Average total grain yield of winter peas in mixture triticale were ranging from 3674 kg ha<sup>-1</sup> (control) up to 5321 kg ha<sup>-1</sup> (nitrogen top-dressing). The highest number of pods (9,5) and of seeds per winter pea plant (38,5) was determined on the inoculated variant 2. The highest on thousand seeds weight (104,5 g) and weight of seeds per winter pea plant (4,03 g) was determined on the inoculated variant 2.

Key words: inoculated of winter pea seeds, nitrogen top-dressing, pea seed yield, triticale grain yield, total grain yield pea and triticale 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., Mačević 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., Mačević 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 - Authors' 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 hidrometeorološki zavod  
Grič 3, 10 000 Zagreb

**Primljeno-Received:**

12. 01. 2006.