

Utjecaj bakterizacije i prihrane dušikom na prinos i krmnu vrijednost ozimog graška cv. Maksimirski ozimi u smjesi sa pšenicom cv. Sana

Darko Uher, Zvonimir Štafa, Sulejman Redžepović, Mihaela Blažinkov, Sanja Sikora, Dražen Kaučić

Izvorni znanstveni rad - Original scientific paper

UDK: 631.115.1

Sažetak

Dvogodišnjim istraživanjima utvrđivan je utjecaj djelotvornosti bakterizacije sjemena ozimog graška i prihrane dušikom na broj i aktivnost kvržica na korijenu graška, te prinos zelene mase, suhe tvari i krmnu vrijednost smjese graška cv. Maksimirski ozimi i pšenice cv. Sana. Prije sjetve izvršena je predstjetvena bakterizacija sjemena graška s sojem *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* iz zbirke Zavoda za mikrobiologiju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Najveći ukupni broj kvržica na korijenu graška (159), kao i aktivni broj kvržica (144) utvrđen je na bakteriziranoj varijanti. Prosječni prinosi zelene mase smjese iznosili su od 24,65 t ha⁻¹ (kontrola) do 35,50 t ha⁻¹ (bakterizacija). Ukupni prinosi suhe tvari iznosili su od 3,93 t ha⁻¹ (kontrola) do 5,66 t ha⁻¹ (bakterizacija). Prinosi sirovih bjelančevina graška u 2001. g. varirali su od 692 kg ha⁻¹ (kontrola) do 1 058 kg ha⁻¹ (bakterizacija), a pšenice od 199 kg ha⁻¹ (kontrola) do 454 kg ha⁻¹ (prihrana dušikom). Ukupni prinosi sirovih bjelančevina smjese iznosili su od 891 kg ha⁻¹ (kontrola) do 1 360 kg ha⁻¹ (bakterizacija).

Ključne riječi: bakterizacija graška, prihrana dušikom, prinos zelene mase, prinos suhe tvari, krmna vrijednost

Uvod i pregled literature

Skoro u svim agroekološkim uvjetima, ako se uspoređuje učinak djelovanja pojedinih elemenata, kako na biološki tako i na poljoprivredni prinos, dušik utječe na povećanje toga prinosa. Isto tako, kod svih biljnih vrsta dušik najviše utječe i na povećanu produkciju organske tvari. Za povećanu proizvodnju organske tvari treba i povećana količina hraniva, a osobito dušika. Za vezanje 1 kg dušika, industrija potroši oko 80 MJ energije, dok je za proizvodnju 1 kg P₂O₅ potrebno 12 MJ, a za proizvodnju 1 kg K₂O potrebno je svega 8 MJ energije (Strunjak i Redžepović, 1986.).

Potrebe biljaka iz različitih porodica za dušikom su vrlo različite. Veće potrebe su pri intenzivnoj proizvodnji i korištenju. Osobito velike potrebe za dušikom imaju krmne kulture koje daju visoke prinose mase vrlo visoke kakvoće. Vrlo visoku kakvoću krme imaju neke vrste iz porodice mahunarki. One obično daju i visoke prinose. Za namirenje svojih potreba one koriste velike količine dušika kojeg namiruju iz tla. Dio potreba na dušiku te mahunarke mogu namiriti biološkim vezanjem iz atmosfere u kojoj ga ima oko 78 % ili nad svakim hektarom 6 400 kg (FAO, 1984.). Za vezanje dušika iz atmosfere mahunarke troše solarnu energiju akumuliranu u asimilatima biljke domaćina. Vezanje dušika iz atmosfere je djelotvornije ako mahunarke žive u simbiozi s djelotvornim sojem kvržičnih bakterija, koje gotovo u potpunosti mogu namiriti potrebe biljke za dušikom.

Soja po jedinici prinosa zrna treba četiri puta više dušika nego žitarice (Hardy i Havelka, 1975.). Za namirenje tih potreba za dušikom industrija treba utrošiti određene količine energije, stoga su razumljiva nastojanja da se mahunarkama omogući maksimalno korištenje dušika iz atmosfere, tim više što se za njegovu redukciju koristi solarna energija kao 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 u sintezi bjelančevina i na taj se način sprječava opasnost od onečišćenja podzemnih voda nitratima, koja se inače javljaju kod intenzivne primjene mineralnih dušičnih gnojiva. Mahunarke uzgajane za zrno, sijeno, ispašu, zelenu gnojidbu ili druge svrhe, vežu putem svojih simbiota na cijeloj zemlji oko 80×10^6 tona atmosferskog dušika godišnje, što je više od polovine ukupne količine biološki vezanog dušika na zemlji (Evans i Barber, 1977.), odnosno u svijetu se industrijskim Haber-Bosch postupkom osigurava 60×10^6 t dušika godišnje (FAO Technical Handbook, 1989.).

Mahunarke, nakon skidanja, u tlu ostavljaju po hektaru nekoliko tona lako razgradive 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 više ga intenzivirati bakterizacijom sjemena mahunarki, u tu svrhu odabranim djelotvornim sojevima radi što uspješnijeg uzgajanja mahunarki, većeg prinosa, više kakvoće, uz smanjena ulaganja.

Materijal i metode rada

U Virovitici su od 1999./2000. do 2000./2001. godine provedena istraživanja utjecaja bakterizacije i prihrane dušikom (KAN) na prinos mase smjese ozimog graška cv. Maksimirski ozimi 100 zrna po m² i pšenice cv. Sana 200 zrna po m², a u 2001. godini i na krmnu vrijednost proizvedene mase.

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

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

Tlo na lokalitetu Virovitica (Grabovac) lesivirano je na lesu. Rezultati kemijskih analiza pokazuju da tlo ima slabo kiselu reakciju, a s obzirom na sadržaj humusa od 2,8 % radi se o slabo humoznom tlu. Opskrbljenost dušikom je dobra, a isto tako i opskrbljenost fiziološki aktivnim fosforom (49,6 mg/100 g tla P₂O₅) i kalijem (42,5 mg/100 g tla K₂O).

Prema podacima meteorološke postaje Virovitica, područje Virovitice prema Langovom kišnom faktoru (79,3) ima humidnu klimu (tablica 1). Tijekom dvije godine istraživanja bile su više prosječne temperature zraka od desetogodišnjeg prosjeka, osobito 2000. godine u veljači, ožujku, travnju i svibnju, a 2001. godine u siječnju, veljači, ožujku i svibnju. U veljači, travnju i svibnju obje godine istraživanja bila je manja količina oborina od desetogodišnjeg prosjeka. U siječnju i ožujku 2001. godine bila je veća količina oborina od desetogodišnjeg prosjeka.

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

Osobine i urodi mase smjese, koja je bila ujednačena, utvrđivani su na parceli poljskom vagom s površine 10 m² za svaku varijantu i ponavljanje, 01. svibnja 2000. i 29. travnja 2001. te preračunavani na hektar. Nakon

utvrđivanja uroda zelene mase odvojen je grašak od pšenice i utvrđeni su odnosi komponenata u zelenoj masi, a suha tvar utvrđena je iz prosječnog odvojenog uzorka graška, odnosno pšenice (1 kg zelene mase) za svaku varijantu sušenjem na 105 °C do stalne suhe tvari. Krmna vrijednost graška i pšenice utvrđena je metodom A.O.A.C. (1984.) iz uzetih uzoraka 29.04.2001. godine.

Broj kvržica utvrđivan je na korijenu pet biljaka graška 27.04.2000. i 2001. na svakoj varijanti po ponavljanjima. Uzorci biljaka graška bili su izvađeni iz tla do dubine od 30 cm na svakoj kombinaciji 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 Virovitica).

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

Mjesec Month	Srednja mjesečna temperatura zraka °C Average monthly air temperature °C				Srednja količina oborina, mm Average rainfall, mm			
	1999.	2000.	2001.	Prosjek Average 1992.- 2001.	1999.	2000.	2001.	Prosjek Average 1992.- 2001.
I.	0,9	-0,7	2,7	1,0	32,0	5,0	76,0	53,7
II.	1,9	5	4,5	0,8	85,1	25,3	15,4	46,0
III.	8,6	7,6	10,0	6,2	25,6	43,8	120,9	44,7
IV.	12,4	14,5	10,9	11,0	92,8	52,4	43,9	68,5
V.	17,1	17,8	18,2	15,7	86,4	55,9	39,5	71,9
VI.	19,8	21,8	18,3	19,5	157,9	41,5	128,3	99,2
VII.	21,8	21,1	21,8	22,3	135,9	72,6	80,9	90,3
VIII.	20,9	22,7	22,2	21,9	83,1	2,8	14,9	85,9
IX.	18,6	16,1	14,7	17,1	48,8	92,9	228,7	102,8
X.	11,5	13,1	14,1	10,8	42,6	45,8	11,1	62,4
XI.	3,7	9,4	3,6	5,0	132,3	71,9	71,1	80,1
XII.	1,7	3,0	-2,9	1,6	80,3	55,1	39,7	75,7
Prosjek Average	11,6	12,6	11,5	11,3				
Ukupno Total					1 003,8	565,0	870,4	896,1

Rezultati istraživanja

Broj aktivnih kvržica na korijenu graška

Broj aktivnih kvržica na korijenu pet biljaka graška jako je varirao po varijantama, ali i godinama (tablica 2). Najveći broj aktivnih kvržica prve godine istraživanja utvrđen je na bakteriziranoj varijanti 2 (113) koja je imala signifikantno veći broj aktivnih kvržica na korijenu graška u odnosu na broj kvržica ostalih istraživanih varijanata.

I druge je godine utvrđen najveći broj aktivnih kvržica na korijenu graška bakterizirane varijante 2 (175) koji je signifikantno bio veći u odnosu na broj aktivnih kvržica na korijenu ostalih varijanata.

U prosjeku, najveći broj aktivnih kvržica na korijenu graška utvrđen je na bakteriziranoj varijanti 2 (144), koji je signifikantno bio veći u odnosu na broj kvržica ostalih varijanata. Bakterizirana i KAN-om prihranjivana varijanta 4 (93) imala je u prosjeku signifikantno veći broj aktivnih kvržica na korijenu graška u odnosu na KAN-om prihranjivanu varijantu 3 (87,5).

Interakcija godina x varijanta bila je visoko signifikantna. Sve su varijante u drugoj godini istraživanja imale veći broj aktivnih kvržica u odnosu na iste varijante u prvoj godini istraživanja, a KAN-om prihranjivane varijante 3 i 4 u obje godine istraživanja imale su signifikantno manje aktivnih kvržica. U 2001. godini utvrđen je značajno veći broj aktivnih kvržica za 40 % u odnosu na 2000. godinu.

Broj neaktivnih kvržica na korijenu graška

Broj neaktivnih kvržica varirao je po varijantama, ali i godinama istraživanja (tablica 2). Najveći broj neaktivnih kvržica u obje godine istraživanja utvrđen je na korijenu graška KAN-om prihranjivanih varijanti 3 i 4 koje su imale signifikantno veći broj neaktivnih kvržica na korijenu graška u odnosu na bakteriziranu varijantu 2 i kontrolnu varijantu 1.

U prosjeku najveći broj neaktivnih kvržica na korijenu graška utvrđen je na bakteriziranoj i KAN-om prihranjivanoj varijanti 4 (26) i KAN-om prihranjivanoj varijanti 3 (27) koje su imale signifikantno veći broj u odnosu na broj kvržica kontrole (15,5) i bakterizirane varijante 2 (15).

Interakcija godina x varijanta bila je visoko signifikantna. Sve su varijante u drugoj godini istraživanja imale veći broj neaktivnih kvržica u odnosu na iste varijante u prvoj godini istraživanja, a KAN-om prihranjivane varijante 3 i 4 u obje godine istraživanja imale su signifikantno najviše neaktivnih kvržica.

Tablica 2: Prosječan broj kvržica na korijenu graška (27.04.2000. i 2001.)

Table 2: Average nodule number on pea root (27th April, 2000 and 2001)

Varijanta Variant	Broj aktivnih kvržica Active nodule number			Broj neaktivnih kvržica Nonactive nodule number			Ukupno kvržica Total nodule number		
	Godina Year		Prosjek varijanata Average variant	Godina Year		Prosjek varijanata Average variant	Godina Year		Prosjek varijanata Average variant
	2000.	2001.		2000.	2001.		2000.	2001.	
Kontrola Control	89	159	124	11	20	15,5	100	179	140
Bakterizacija Inoculation	113	175	144	13	17	15	126	192	159
Prihrana dušikom Nitrogen Top- Dressing	68	107	87,5	21	33	27	89	140	115
Bakterizacija + prihrana Inoculation + Nitrogen Top- Dressing	65	121	93	21	31	26	86	152	119
Prosjek godina Average year	84	141		16,5	25		100	166	
LSD 0,05			3,1			2,5			13
LSD 0,05 †			5			3,4			16
LSD 0,05 ‡			5,8			4,2			18
			Signifi- kantnost Signifi- cant			Signifi- kantnost Signifi- cant			Signifi- kantnost Signifi- cant
Godina / Year			***			***			**
Varijanta / Variant			***			***			***
Godina x varijanta Year x variant			***			*			*

† za usporedbu srednjih vrijednosti unutar godine
† values for means within year comparison

‡ za usporedbu srednjih vrijednosti između godina
‡ values for means across year comparison

Ukupni broj kvržica na korijenu graška

Najveći ukupni broj kvržica na korijenu graška prve godine istraživanja utvrđen je na bakteriziranoj varijanti 2 (126) a najmanji na bakteriziranoj i KAN-om prihranjivanoj varijanti 4 (86).

U drugoj godini najveći ukupni broj kvržica na korijenu graška utvrđen je na bakteriziranoj varijanti 2 (192), a najmanji na KAN-om prihranjivanoj varijanti 3 (140).

U prosjeku, signifikantno najveći ukupni broj kvržica na korijenu graška imala je bakterizirana varijanta 2 (159), zatim kontrolna varijanta 1 (140), a između varijante 3 (115) i 4 (119) nije bilo značajnih razlika u broju kvržica.

U interakciji godina x varijanta utvrđene su signifikantne razlike u broju kvržica na korijenu graška. Sve su varijante u 2001. godini imale veći ukupni broj kvržica na korijenu graška u odnosu na broj kvržica istih varijanata u 2000. godini.

Prinosi zelene mase graška u smjesi ($t\ ha^{-1}$)

U prvoj godini istraživanja bakterizirana varijanta 2 ($11,5\ t\ ha^{-1}$) imala je signifikantno veći prinos zelene mase graška u odnosu na prinos ostalih varijanata. KAN-om prihranjivana varijanta 3 ($8\ t\ ha^{-1}$) i bakterizirana i KAN-om prihranjivana varijanta 4 ($7,6\ t\ ha^{-1}$) imale su signifikantno veći prinos zelene mase graška u odnosu na prinos kontrolne varijante 1 ($5,3\ t\ ha^{-1}$).

U drugoj godini također je bakterizirana varijanta 2 ($27\ t\ ha^{-1}$) imala signifikantno veći prinos zelene mase graška u odnosu na prinose ostalih varijanata istraživanja. KAN-om prihranjivana varijanta 3 ($21,5\ t\ ha^{-1}$) imala je signifikantno veći prinos zelene mase graška u odnosu na kontrolu 1 ($19\ t\ ha^{-1}$) i bakteriziranu i KAN-om prihranjivanu varijantu 4 ($20\ t\ ha^{-1}$).

U prosjeku je bakterizirana varijanta 2 ($19,25\ t\ ha^{-1}$) imala signifikantno veći prinos zelene mase graška u odnosu na prinose ostalih varijanata istraživanja.

U interakciji godina x varijanta bila je utvrđena signifikantna razlika ($P < 0,05$) u prinosima zelene mase graška. U 2000. g. najniži prinos zelene mase graška utvrđen je kod kontrole ($5,3\ t\ ha^{-1}$), a u 2001. g. najniži prinos graška utvrđen je na kontroli ($19,0\ t\ ha^{-1}$) i varijanti 4 ($20,0\ t\ ha^{-1}$). Sve varijante u 2001. godini imale su signifikantno veće prinose zelene mase graška u odnosu na prinose istih varijanata u 2000. godini. U 2001. godini u prosjeku svih varijanata utvrđen je značajno veći prinos zelene mase graška za 63 % u odnosu na prosječne prinose u 2000. godini.

Prinosi zelene mase pšenice u smjesi ($t\ ha^{-1}$)

Prve su godine istraživanja KAN-om prihranjivane varijante 3 ($19,8\ t\ ha^{-1}$) i 4 ($18,8\ t\ ha^{-1}$) imale signifikantno veći prinos zelene mase pšenice u odnosu na prinose zelene mase pšenice kontrolne varijante 1 ($14,5\ t\ ha^{-1}$) i bakterizirane varijante 2 ($17\ t\ ha^{-1}$). Bakterizirana varijanta 2 ($17\ t\ ha^{-1}$) imala je signifikantno veći prinos zelene mase pšenice od kontrolne varijante 1 ($14,5\ t\ ha^{-1}$).

Tablica 3: Prinosi zelene mase smjese ozimog graška i pšenice ($t\ ha^{-1}$)Table 3: Winter pea and wheat mixture green mass yield ($t\ ha^{-1}$)

Varijanta Variant	Prinos graška ($t\ ha^{-1}$) Pea yield ($t\ ha^{-1}$)			Prinos pšenice ($t\ ha^{-1}$) Wheat yield ($t\ ha^{-1}$)			Ukupni prinosi ($t\ ha^{-1}$) Total yield ($t\ ha^{-1}$)		
	Godina Year		Prosjek varijanata Average variant	Godina Year		Prosjek varijanata Average variant	Godina Year		Prosjek varijanata Average variant
	2000.	2001.		2000.	2001.		2000.	2001.	
Kontrola Control	5,3	19	12,15	14,5	10,5	12,50	19,8	29,5	24,65
Bakterizacija Inoculation	11,5	27	19,25	17,0	15,5	16,25	28,5	42,5	35,50
Prihrana dušikom Nitrogen Top- Dressing	8	21,5	14,75	19,8	20,0	19,90	27,8	41,5	34,65
Bakterizacija+ prihrana Inoculation + Nitrogen Top- Dressing	7,6	20	13,80	18,8	18,0	18,40	26,4	38,0	32,20
Prosjek godina Average year	8,1	21,9		17,5	16,0		25,6	37,9	
LSD 0,05			1,9 $t\ ha^{-1}$			1,5 $t\ ha^{-1}$			2,6 $t\ ha^{-1}$
LSD 0,05 †			1,1 $t\ ha^{-1}$			1,3 $t\ ha^{-1}$			2,5 $t\ ha^{-1}$
LSD 0,05 ‡			2,6 $t\ ha^{-1}$			2,4 $t\ ha^{-1}$			3,2 $t\ ha^{-1}$
			Signifi- kantnost Signifi- cant			Signifi- kantnost Signifi- cant			Signifi- kantnost Signifi- cant
Godina / Year			***			*			***

† za usporedbu srednjih vrijednosti unutar godine
† values for means within year comparison

‡ za usporedbu srednjih vrijednosti između godina
‡ values for means across year comparison

KAN-om prihranjivane varijante 3 ($20,0\ t\ ha^{-1}$) i 4 ($18,0\ t\ ha^{-1}$) u drugoj godini istraživanja imale su signifikantno veće prinose zelene mase pšenice u odnosu na prinose zelene mase kontrole 1 ($10,5\ t\ ha^{-1}$) i bakterizirane varijante 2 ($15,5\ t\ ha^{-1}$). Bakterizirana varijanta 2 ($15,5\ t\ ha^{-1}$) imala je signifikantno veći prinos zelene mase pšenice od kontrolne varijante 1 ($10,5\ t\ ha^{-1}$). Signifikantne razlike u prinosisima zelene mase pšenice bile su utvrđene i između KAN-om prihranjivanih varijanti 3 ($20,0\ t\ ha^{-1}$) i 4 ($18,0\ t\ ha^{-1}$).

U prosjeku KAN-om prihranjivana varijanta 3 imala je ($19,9\ t\ ha^{-1}$) signifikantno veći prinos zelene mase pšenice u odnosu na prinose zelene mase kontrolne varijante 1 ($12,50\ t\ ha^{-1}$), bakterizirane varijante 2 ($16,25\ t\ ha^{-1}$) te bakterizirane i KAN-om prihranjivane varijante 4 ($18,40\ t\ ha^{-1}$).

Razlike u prinosima interakcije godina x varijanta u prinosima je bila signifikantna. U 2000. godini u prosjeku varijanata utvrđen je veći prinos zelene mase pšenice za 8,6 % u odnosu na prinos u 2001. godinu.

Ukupni prinosi zelene mase smjese graška i pšenice ($t\ ha^{-1}$)

Ukupni prinosi zelene mase smjese varirali su po godinama i varijantama, a ovisili su o gnojidbi, odnosno bakterizaciji i oborinama (tablica 3).

Prve godine istraživanja bakterizirana varijanta 2 ($28,5\ t\ ha^{-1}$) imala je signifikantno veći ukupni prinos zelene mase u odnosu na kontrolnu varijantu 1 ($19,8\ t\ ha^{-1}$). Između bakterizirane varijante 2 ($28,5\ t\ ha^{-1}$), KAN-om prihranjivanih varijanti 3 ($27,8\ t\ ha^{-1}$) i 4 ($26,4\ t\ ha^{-1}$) nisu bile utvrđene opravdane razlike ($P>0,05$) u prinosima zelene mase smjese.

Tablica 4: Prinosi suhe tvari smjese ozimog graška i pšenice ($t\ ha^{-1}$)

Table 4: Winter pea and wheat mixture dry matter yield ($t\ ha^{-1}$)

Varijanta Variant	Prinos graška ($t\ ha^{-1}$) Pea yield ($t\ ha^{-1}$)			Prinos pšenice ($t\ ha^{-1}$) Wheat yield ($t\ ha^{-1}$)			Ukupni prinosi ($t\ ha^{-1}$) Total yield ($t\ ha^{-1}$)		
	Godina Year		Prosjeck varijanata Average variant	Godina Year		Prosjeck varijanata Average variant	Godina Year		Prosjeck varijanata Average variant
	2000.	2001.		2000.	2001.		2000.	2001.	
Kontrola Control	0,79	2,47	1,63	2,78	1,83	2,30	3,57	4,30	3,93
Bakterizacija Inoculation	1,73	3,78	2,75	2,97	2,84	2,90	4,70	6,62	5,66
Prihrana dušikom Nitrogen Top- Dressing	1,12	2,58	1,85	3,09	3,90	3,49	4,21	6,48	5,34
Bakterizacija+ prihrana Inoculation + Nitrogen Top- Dressing	1,06	2,80	1,93	2,92	3,33	3,13	3,98	5,88	4,93
Prosjeck godina Average year	1,17	2,91		2,94	2,97		4,11	5,82	
LSD 0,05			0,27 $t\ ha^{-1}$			0,30 $t\ ha^{-1}$			0,33 $t\ ha^{-1}$
LSD 0,05 †			0,20 $t\ ha^{-1}$			NS			0,51 $t\ ha^{-1}$
LSD 0,05 ‡			0,30 $t\ ha^{-1}$			0,40 $t\ ha^{-1}$			0,60 $t\ ha^{-1}$
			Signifi- kantnost Signifi- cant			Signifi- kantnost Signifi- cant			Signifi- kantnost Signifi- cant
Godina / Year			***			NS			***
Varijanta / Variant			***			***			***
Godina x varijanta Year x variant			*			***			***

† za usporedbu srednje vrijednosti unutar godine
† values for means within year comparison

‡ za usporedbu srednje vrijednosti između godina
‡ values for means across year comparison

Druge su godine utvrđeni znatno veći ukupni prinosi zelene mase sa svim varijantama u odnosu na prinose iz prve godine zbog povoljnije količine i rasporeda oborina tijekom proljeća. KAN-om prihranjivana varijanta 3 (41,5 t ha⁻¹) i bakterizirana varijanta 2 (42,5 t ha⁻¹) imale su signifikantno veći ukupni prinos zelene mase smjese u odnosu na kontrolu 1 (29,5 t ha⁻¹) i bakteriziranu i KAN-om prihranjivanu varijantu 4 (38,0 t ha⁻¹). Između bakterizirane varijante 2 (42,5 t ha⁻¹) i KAN-om prihranjivane 3 (41,5 t ha⁻¹) nisu bile utvrđene opravdane razlike (P>0,05).

U prosjeku su prinosi zelene mase smjese iznosili od 24,65 t ha⁻¹ na kontrolnoj varijanti 1 do 35,50 t ha⁻¹ na bakteriziranoj varijanti 2 koja je imala signifikantno veći ukupni prinos zelene mase u odnosu na kontrolnu varijantu 1 (24,65 t ha⁻¹) i varijantu 4 (32,2 t ha⁻¹).

Interakcija prinosa zelene mase smjese godina x varijanta bila je signifikantna. U 2001. godini, u prosjeku varijanata, utvrđen je znatno veći ukupni prinos zelene mase smjese za 32,5 % u odnosu na 2000. godinu. Sve su varijante u 2001. godini imale signifikantno veće ukupne prinose zelene mase smjese u odnosu na prinose istih varijanata u 2000. godini.

Prinosi suhe tvari graška (t ha⁻¹)

Prve godine istraživanja bakterizirana varijanta 2 (1,73 t ha⁻¹) imala je signifikantno veći prinos suhe tvari graška (tablica 4) u odnosu na ostale varijante istraživanja. Između KAN-om prihranjivanih varijanti 3 (1,12 t ha⁻¹) i 4 (1,06 t ha⁻¹) nisu bile utvrđene opravdane razlike u prinosima suhe tvari graška (P>0,05).

Druge godine istraživanja bakterizirana varijanta 2 (3,78 t ha⁻¹) imala je također signifikantno veći prinos suhe tvari graška (tablica 4) u odnosu na ostale varijante istraživanja.

U prosjeku, bakterizirana varijanta 2 (2,75 t ha⁻¹) dala je signifikantno veći prinos suhe tvari graška u odnosu na prinose ostalih varijanata.

Interakcija prinosa godina x varijanta bila je signifikantna. Sve su varijante u 2001. godini imale signifikantno veće prinose suhe tvari graška u odnosu na iste varijante u 2000. godini.

Prinosi suhe tvari pšenice (t ha⁻¹)

KAN-om prihranjivana varijanta 3 (3,09 t ha⁻¹) prve godine istraživanja dala je veći prinos suhe tvari pšenice od prinosa suhe tvari ostalih varijanata istraživanja (tablica 4), ali te razlike nisu bile signifikantne (P>0,05).

U drugoj godini KAN-om prihranjivana varijanta 3 (3,9 t ha⁻¹), također je imala najveći prinos suhe tvari pšenice od ostalih istraživanih varijanti, ali ta razlika nije bila signifikantno značajna ($P>0,05$).

U prosjeku su KAN-om prihranjivane varijante 3 (3,49 t ha⁻¹) i 4 (3,13 t ha⁻¹) imale signifikantno veće prinose suhe tvari pšenice od kontrolne varijante 1 (2,3 t ha⁻¹) i bakterizirane varijante 2 (2,9 t ha⁻¹).

Interakcija prinosa suhe tvari godina x varijanta bila je signifikantna. KAN-om prihranjivane varijante 3 i 4 u 2001. godini imale su signifikantno veće prinose suhe tvari pšenice u odnosu na prinose u 2000. godini.

Ukupni prinosi suhe tvari smjese (t ha⁻¹)

Između bakterizirane varijante 2 (4,7 t ha⁻¹) i KAN-om prihranjivane varijante 3 (4,21 t ha⁻¹) nisu bile utvrđene signifikantne razlike u ukupnim prinosisima suhe tvari smjese, međutim obje su varijante imale veće prinose u odnosu na prinos kontrolne varijante 1 (3,57 t ha⁻¹). Druge godine istraživanja bakterizirana varijanta 2 (6,62 t ha⁻¹) i KAN-om prihranjivana varijanta 3 (6,48 t ha⁻¹) imale su signifikantno veći ukupni prinos suhe tvari smjese od kontrolne varijante 1 (4,3 t ha⁻¹) i od bakterizirane i KAN-om prihranjivane varijante 4 (5,88 t ha⁻¹).

U prosjeku su postignuti signifikantno veći ukupni prinosi suhe tvari smjese ozimog graška i pšenice varijantama 2 (5,66 t ha⁻¹) i 3 (5,34 t ha⁻¹) u odnosu na kontrolu 1 (3,93 t ha⁻¹) i varijantu 4 (4,93 t ha⁻¹). Interakcija prinosa suhe tvari smjese godina x varijanta bila je signifikantna. Sve su varijante u 2001. godini imale signifikantno veće ukupne prinose suhe tvari smjese u odnosu na prinose u 2000. godini.

Prinosi sirovih bjelančevina (kg ha⁻¹)

Bakterizirana varijanta 2 (1 058 kg ha⁻¹) imala je signifikantno veći prinos sirovih bjelančevina graška u odnosu na prinos kontrolne varijante 1 (692 kg ha⁻¹), KAN-om prihranjivane varijante 3 (725 kg ha⁻¹) te varijante 4 (798 kg ha⁻¹). Između kontrole 1 (692 kg ha⁻¹), KAN-om prihranjivanih varijanti 3 (725 kg ha⁻¹) i 4 (798 kg ha⁻¹) nisu bile utvrđene signifikantne razlike u prinosisima sirovih bjelančevina graška ($P>0,05$).

KAN-om prihranjivana varijanta 3 (454 kg ha⁻¹) imala je signifikantno veći prinos sirovih bjelančevina pšenice od prinosa ostalih istraživanih varijanti. Pšenica bakterizirane i KAN-om prihranjivane varijante 4 (370 kg ha⁻¹) imala je signifikantno veći prinos sirovih bjelančevina od prinosa kontrole 1 (199 kg ha⁻¹) i bakterizacije 2 (302 kg ha⁻¹).

Tablica 5: Prinosi sirovih bjelančevina ozime smjese u kg ha⁻¹ (2001. g.)Table 5: Raw protein winter mixture yield, kg ha⁻¹ (2001)

Varijanta Variant	Prinosi sirovih bjelančevina kg ha ⁻¹ Raw protein yield kg ha ⁻¹		
	Grašak Pea	Pšenica Wheat	Ukupno Total
Kontrola Control	692	199	891
Bakterizacija Inoculation	1058	302	1360
Prihrana dušikom Nitrogen Top-Dressing	725	454	1179
Bakterizacija + prihrana dušikom / Inoculation + Nitrogen Top-Dressing	798	370	1168
LSD 0,05	141 kg ha ⁻¹	45 kg ha ⁻¹	160 kg ha ⁻¹

Bakterizirana varijanta 2 (1 360 kg ha⁻¹) postigla je signifikantno najveći ukupni prinos sirovih bjelančevina smjese u odnosu na prinose kontrole (891 kg ha⁻¹) i KAN-om prihranjivanih varijanti 3 (1 179 kg ha⁻¹) i 4 (1 168 kg ha⁻¹). KAN-om prihranjivane varijante 3 (1 179 kg ha⁻¹) i 4 (1 168 kg ha⁻¹) imale su signifikantno veće ukupne prinose sirovih bjelančevina smjese od kontrolne varijante 1 (891 kg ha⁻¹).

Rasprava

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 u svijetu ali i u nas, stoga se izvode brojna istraživanja kako bi se odabrale najdjelotvornije simbiotske zajednice kultivara mahunarki i sojeva bakterija.

U tu su svrhu provedena istraživanja na lokaciji Virovitica (Grabovac) sojem *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* iz zbirke Zavoda za mikrobiologiju, kojim je bakterizirano sjeme ozimog graška cv. Maksimirski ozimi sa svrhom utvrđivanja djelotvornosti fiksacije dušika kultivar x soj. Tijekom vegetacije utvrđivan je ukupan broj i aktivnost kvržica na korijenu, kao i prinosi i kakvoća proizvedene mase graška u smjesi sa pšenicom.

Najveći ukupni broj kvržica utvrđen je na bakteriziranoj varijanti 2 (126 u prvoj godini istraživanja i 192 u drugoj godini) što je u suglasju s rezultatima Štafe i sur. (1999.) koji su utvrdili da bakterizacija povećava u prosjeku ukupan broj kvržica na korijenu graška od 99 na KAN-om prihranjivanoj varijanti do 129 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 broj kvržica po biljci graška od 13 do 85 i da sposobnost nodulacije ovisi o soju *Rhizobium leguminosarum*.

Bakterizirana varijanta 2 (144) imala je u prosjeku najveći broj aktivnih kvržica u odnosu na ostale varijante istraživanja što je u suglasju s trogodišnjim istraživanjima Štafe i sur. (1999.) koji su također utvrdili najveći broj aktivnih kvržica na bakteriziranoj varijanti 2 (99).

Bakterizirana varijanta 2 ($19,25 \text{ t ha}^{-1}$) imala je u prosjeku signifikantno veći prinos zelene mase graška u odnosu na ostale varijante u istraživanju što je u suglasju s trogodišnjim istraživanjima Štafe i sur. (1999.) koji su utvrdili znatno veće prinose zelene mase graška također na bakteriziranoj varijanti 2 ($33,2 \text{ t ha}^{-1}$).

KAN-om prihranjivane varijante 3 ($19,9 \text{ t ha}^{-1}$) i 4 ($18,4 \text{ t ha}^{-1}$) imale su u prosjeku signifikantno veće prinose zelene mase pšenice u odnosu na ostale varijante u istraživanju što je u suglasju s trogodišnjim istraživanjima Štafe i sur. (1999.) koji su utvrdili znatno veće prinose zelene mase pšenice, također na KAN-om prihranjivanim varijantama 3 ($25,6 \text{ t ha}^{-1}$) i 4 ($24,2 \text{ t ha}^{-1}$).

Bakterizirana varijanta 2 ($2,75 \text{ t ha}^{-1}$) imala je u prosjeku signifikantno veći prinos suhe tvari graška cv. Maksimirski ozimi u odnosu na ostale istraživane varijante što je u suglasju s trogodišnjim istraživanjima Štafe i sur. (1999.) koji su utvrdili znatno veće prinose suhe tvari graška, također na bakteriziranoj varijanti 2 ($8,05 \text{ t ha}^{-1}$).

KAN-om prihranjivana varijanta 3 ($3,49 \text{ t ha}^{-1}$) imala je u prosjeku signifikantno veće prinose suhe tvari pšenice u odnosu na bakteriziranu varijantu 2 ($2,9 \text{ t ha}^{-1}$) i kontrolu ($2,3 \text{ t ha}^{-1}$) što je u suglasju s trogodišnjim istraživanjima Štafe i sur. (1999.) koji su utvrdili znatno veće prinose suhe tvari pšenice, također na KAN-om prihranjivanim varijantama 3 ($7,8 \text{ t ha}^{-1}$) i 4 ($7,45 \text{ t ha}^{-1}$).

Bakterizirana varijanta 2 ($5,66 \text{ t ha}^{-1}$) imala je u prosjeku signifikantno veće ukupne prinose suhe tvari smjese u odnosu na ostale istraživane varijante što je u suglasju s rezultatima Štafe i sur. (1999.) koji su utvrdili znatno veće ukupne prinose suhe tvari smjese na KAN-om prihranjivanoj varijanti 3 ($14,9 \text{ t}$

ha⁻¹), ali ta razlika nije bila signifikantna u odnosu na bakteriziranu varijantu 2.

Bakterizirana varijanta 2 (1 058 kg ha⁻¹) imala je signifikantno veće prinose sirovih bjelančevina graška u odnosu na ostale istraživane varijante. Štafa i sur. (1999.) također su utvrdili najveće prinose sirovih probavljivih bjelančevina na bakteriziranoj varijanti 2, ali ti prinosi nisu bili opravdano veći u odnosu na prinose ostalih varijanata. KAN-om prihranjivana varijanta 3 (454 kg ha⁻¹) imala je signifikantno veće prinose sirovih bjelančevina pšenice u odnosu na prinose ostalih varijanti, dok su Štafa i sur. (1999.) utvrdili najveće prinose sirovih probavljivih bjelančevina na bakteriziranoj i KAN-om prihranjivanoj varijanti 4 (646 kg ha⁻¹), ali ti prinosi nisu bili značajno opravdani u odnosu na ostale varijante. Najveći prinos sirovih bjelančevina smjese postignut je bakteriziranim varijantom 2 (1 360 kg ha⁻¹), u odnosu na ostale varijante istraživanja što je u suglasju s rezultatima koje su utvrdili Štafa i sur. (1999.) na bakteriziranoj varijanti 2 (2 094 kg ha⁻¹).

Zaključci

Temeljem dvogodišnjih istraživanja djelotvornosti *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* na ozimom grašku cv. Maksimirski ozimi u smjesi sa pšenicom cv. Sana provedenih na lokaciji Virovitica (Grabovac) može se zaključiti:

- Utvrđen je signifikantno veći prosječni broj aktivnih kvržica na korijenu graška bakterizirane varijante u odnosu na ostale varijante istraživanja u obje godine istraživanja.
- Prihrana KAN-om signifikantno je smanjila broj aktivnih kvržica na korijenu graška, kao i ukupan broj kvržica.
- Bakterizacijom sjemena graška povećan je ukupan broj kvržica na korijenu graška u odnosu na ostale varijante istraživanja.
- Bakterizirana varijanta 2 (19,25 t ha⁻¹) imala je u prosjeku signifikantno veći prinos zelene mase graška u odnosu na ostale varijante u istraživanju.
- KAN-om prihranjivane varijante 3 (19,9 t ha⁻¹) i 4 (18,4 t ha⁻¹) imale su u prosjeku signifikantno veće prinose zelene mase pšenice u odnosu na ostale varijante u istraživanju.
- Bakterizirana varijanta 2 (2,75 t ha⁻¹) imala je u prosjeku signifikantno veći prinos suhe tvari graška i veće ukupne prinose suhe tvari smjese (5,66 t, ha⁻¹) u odnosu na ostale istraživane varijante.

- KAN-om prihranjivana varijanta 3 (3,49 t ha⁻¹) imala je u prosjeku signifikantno veće prinose suhe tvari pšenice u odnosu na bakteriziranu varijantu 2 (2,9 t ha⁻¹) i kontrolu (2,3 t ha⁻¹).
- Bakterizirana varijanta 2 (1 058 kg ha⁻¹) imala je signifikantno veće prinose sirovih bjelančevina graška u odnosu na ostale istraživane varijante.
- KAN-om prihranjivana varijanta 3 (454 kg ha⁻¹) imala je signifikantno veće prinose sirovih bjelančevina pšenice u odnosu na ostale varijante.
- Najveći prinos sirovih bjelančevina smjese postignut je bakteriziranom varijantom 2 (1 360 kg ha⁻¹) u odnosu na ostale varijante istraživanja.

*EFFECT OF INOCULATION AND NITROGEN TOP-DRESSING
ON YIELDS AND FODDER VALUE OF WINTER PEA CV.
MAKSIMIRSKI OZIMI IN WHEAT CV. SANA MIXTURE*

Summary

Two year field trials (1999 - 2001) were performed to determine the inoculation seed winter pea and nitrogen top-dressing effect on number and active nodules of pea root and also on the green mass and dry matter yield of winter pea cv. Maksimirski ozimi and wheat cv. Sana mixture. Immediately before sowing the inoculation of pea seeds was accomplished by the indigenous variety of *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* which belongs to the collection of Department of Microbiology at the Faculty of Agriculture University of Zagreb. The highest total nodule number on pea root (159) was determined on the inoculated variant as well as active nodule 144. Average mixture green mass yield were ranging from 24,65 t ha⁻¹ (control) up to 35,50 t ha⁻¹ (inoculation). Total dry matter yields were ranging from 3,93 t ha⁻¹ (control) up to 5,66 t ha⁻¹ (inoculation). Yields crude proteins pea in 2001 were ranging from 692 kg ha⁻¹ (control) up to 1058 kg ha⁻¹ (inoculation) and for wheat, those values ranged from 199 kg ha⁻¹ (control) up to 454 kg ha⁻¹ (nitrogen top-dressing). Total crude proteins mixture yields were in range from 891 kg ha⁻¹ (control) up to 1360 kg ha⁻¹ (inoculation).

Key words: inoculation of pea, nitrogen top-dressing, green mass yield, dry matter yield, fodder value

Literatura

- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists (1984): Official Methods of Analysis 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- BONNIER, C., BRAKEL, J. (1969): Lutte biologique contre la paim Eddition J. Duculot, S.A., Gemblax.
- BUTORAC, A. (1999.): Opća Agronomija, 369-372, Zagreb.
- ČIŽEK, J. (1970.): Proizvodnja i korištenje krmnog bilja, 55-56, Zagreb.
- DANJEK, I. (1994.): Utjecaj gnojidbe dušikom na prinos zrna stočnog graška (*Pisum sativum* var. *arvense*), *Poljoprivredna znanstvena smotra* br. 2-3.
- DLG Futterwerttabellen-Wiederkäuer (1997): Frankfurt.
- EVANS, H. J., BARBER, L. E. (1997): Biological nitrogen fixation for food and fiber production. *Science* 197, 332-339.
- 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.
- 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.
- JARAK, M. (1989.): Istraživanja važnijih svojstava nekih sojeva *Rhizobium leguminosarum*. *Poljoprivredna znanstvena smotra* br. 1-2.
- HARDY, R. W. F., HAVELKA, U. D. (1975): Nitrogen fixation research: a key to world food? *Science* 188, 633-643.
- LIE, T. A. (1981): Gene centres, a source for genetic variants in symbiotic nitrogen fixation: host induced ineffectivity in *Pisum sativum* ecotype fulvum. *Plant and Soil* V. 61, 125-134.
- NUTMAN, P. S., ROSA, G. J. (1969): *Rhizobium* in the Soils of the Rothamsted and Woburn Farms. Rothamsted report, part 2, 148-167.
- PEENSTRA, W. J., JACOBSON, E. (1980): A new pea mutant efficiently nodulating in the presence of nitrate. *Theor. Appl. Genet* V. 58, 39-42.
- RUSSEL, J. E. (1950): Soil conditions and Plant growth. Hongmais Green and Co., London, New York, Toronto.
- STRUNJAK, R., REDŽEPOVIĆ, S. (1986.): Bakterizacija leguminoza - agrotehnička mjera u službi štednje energije, *Poljoprivredna znanstvena smotra* br. 72, str.109-115.
- ŠTAFIĆ, Z. (1988.): Krmni međusjevi u proizvodnji mesa i mlijeka, *Agronomski glasnik* br. 1, 75-86.

ŠTAFI, Z., DOGAN, Z. (1983.): Osobine kvaliteta i produktivnosti ozimih lepirnjača u smjesi s ozimim žitaricama, IV. Jugoslavenski simpozium o krmnom bilju, Novi Sad, Zbornik naučnih radova, 430-443.

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

ŠTAFI, Z., 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 16 i 17. 12. Zbornik radova, 161-170.

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

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

Technical Handbook on Symbiotic Nitrogen fixation, FAO, 1989.

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

UHER, D. (2004.): Utjecaj bakterizacije i prihrane KAN-om na prinos i kakvoću ozimih smjesa graška i žitarica (pšenica, tritikale). Magistarski rad, Zagreb.

Adrese autora - Author's addresses:

Mr. sc. Darko Uher¹

Prof. dr. sc. Zvonimir Štafa¹

Prof. dr. sc. Sulejman Redžepović²

Mr. sc. Mihaela Blažinkov²

Prof. dr. sc. Sanja Sikora²

Mr. sc. Dražen Kaučić³

¹Zavod za specijalnu proizvodnju bilja

²Zavod za mikrobiologiju

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Svetošimunska cesta 25, Zagreb

³Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, Zagreb

Prispjelo - Received: 20.12.2006.

Prihvaćeno - Accepted: 29.06.2007.