

INTERAKCIJA N-ĐUBRENJA I INOKULACIJE NA PRINOS PŠENICE

¹Bogdanović Darinka, Jarak Mirjana, Milošev D., Šeremešić S.

REZIME

Cilj rada je da se ispita uticaj interakcije azotnih đubriva i inokulacije na prinos pšenice i komponente prinosa. Istraživanja su obavljena kroz dva ogleda sa pšenicom zasejanom u sudovima u polukontrolisanim uslovima. Ogled A punjen je zemljištem iz ogleda tzv. „Plodoređi”, sa neđubrenog dvopolja, zasnovanog 1947/48 god. na Rimskim šančevima Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo. I ogled B punjen je zemljištem iz istog ogleda, ali sa đubrenog dvopolja. Azotno đubrenje i inokulacija primenjeni su prema metodici rada. U oba ogleda N-đubrenje i inokulacija značajno su uticali na povećanje prinosa pšenice u odnosu na neđubrene varijante. Međutim, efekat N-đubrenja i inokulacije na prinos pšenice bio je znatno veći u ogledu A (neđubreno dvopolje) u odnosu na ogled B (đubreno dvopolje).

Ključne reči: ciklus azota, N-đubrenje, inokulacija, interakcija, prinos i komponente prinosa

UVOD

Azot je integralni sastojak živog sveta, smatra se elementom života, konstitucioni je element belančevina i nukleinskih kiselina. Glavni je činilac u formiranju i povećanju prinosa velikog broja poljoprivrednih kultura. Od ratarskih useva pšenica i šećerna repa su najbolji primeri uticaja ishrane azotom na visinu i kvalitet prinosa.

Za ocenu sposobnosti zemljišta da obezbeđuje usev azotom, za procenjivanje dejstva azotnih đubriva, jedan od odlučujućih činilaca je poznavanje ciklusa azota u zemljištu. Ciklus azota u zemljištu prema Jansson-u (1982) sastoji se od tri podciklusa i to elementarnog, autotrofnog i heterotrofnog. U „elementarnom ciklusu” najveći depo iz koga se azot može prevesti u neki agroekosistem je atmosfera. Prelazak elementarnog azota (N₂) u jedan ekosistem može se odvijati bilo biološkom fiksacijom, bilo industrijskim putem (preko N-đubriva). Za funkcionisanje „autotrofnog ciklusa” odgovorne

¹ Dr Darinka Bogdanović, redovni profesor, dr Mirjana Jarak, redovni profesor, dr Dragiša Milošev, redovni profesor, mr Srđan Šeremešić, asistent, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

su C-autotrofne više biljke. Primarna organska jedinjenja koja stvaraju biljke u ovom podciklusu se jednim delom koriste za ishranu životinjskog sveta, pre nego što se azot ponovo vrati u zemljište i uključi u neki podciklus. Za „heterotrofni podciklus” odgovorni su C-heterotrofni mikroorganizmi. Heterotrofni mikroorganizmi u zemljištu zauzimaju povoljno mesto u borbi za hranu u konkurenciji sa višim biljkama, pošto su u zemljištu prisutni tokom cele godine i u bližem su kontaktu sa mineralnim materijama u odnosu na biljke.

Prema Jansson-u (1982), kraće vreme po primeni N-đubriva u zemljištu, veći deo se ne može iskoristiti u svom neorganskom obliku, jer se ugrađuje u biomasu mikroorganizama. Međutim, ubrzo posle imobilizacije neorganski azot se ponovo javlja. Promet azota u „heterotrofnom ciklusu” nazvan je „mineralizaciono-imobilizacioni promet” (MIP). Sa jedne strane „MIP” sprečava azot iz unetih mineralnih đubriva od gubitaka (gasovitih, migracija, ispiranje), ali i usvajanja od strane biljaka zbog kojih se u zemljište i unose N-đubriva. Maksimalna imobilizacija postiže se u prvih 3-5 nedelja vegetacije (Kuo and Bartholomew 1966). „MIP”-om u zemljištu nastaje amonijum koga mogu usvojiti biljke, a najčešće se pod povoljnim zemljišnim uslovima oksiduje do nitrata. Nitrati su osnovni izvor hrane biljkama, mogu se gubiti denitrifikacijom ili se ponovo ugrađuju u biomasu mikroorganizama.

Na osnovu poznavanja mehanizama mikrobioloških procesa, u biljnoj proizvodnji se koriste raznovrsni mikroorganizmi čijom se primenom postižu veći prinosi, veći sadržaj proteina, smanjuje se upotreba azotnih mineralnih đubriva i povećava bilans azota u zemljištu (Govedarica et. al., 1992, Mrkovački et. al., 2001).

Utuda je i cilj da se kroz ova istraživanja prouči efekat interakcije N-đubriva i inokulacije na prinos pšenice i komponente prinosa.

MATERIJAL I METOD RADA

Za istraživanja uticaja interakcije N-đubriva i inokulacije na prinos pšenice i parametre prinosa, postavljeni su ogledi u sudovima u polukontrolisanim uslovima u žičari (kolekciona bašta Poljoprivrednog fakulteta).

Za punjenje Mitscherlichovih sudova uzeto je zemljište iz ogleda tzv. „Plodoredi” sa Rimskih šančeva Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo i to sa neđubrenog dvopolja zasnovanog 1947/48 godine (ogled A u sudovima) i đubrenog dvopolja zasnovanog 1969/70 godine (ogled B u sudovima).

Sudovi su punjeni smešom zemljište pesak u odnosu 3:1 do 7kg mase u sudu.

Varijante đubrenja u ogledima A i B (6x4):

- 1) neđubreno (\emptyset)
- 2) PK u jesen
- 3) PK+ inokulacija u jesen
- 4) PK+ $\frac{1}{2}$ N u jesen + N_{\min} u proleće
- 5) PK+ $\frac{1}{2}$ N u jesen + N_{\min} u proleće + inokulacija u proleće
- 6) PK+1N u jesen + N_{\min} u proleće.

Pre postavljanja ogleda uzeti su uzorci zemljišta za ogled A iz neđubrenog dvopolja i ogled B iz đubrenog dvopolja i urađene osnovne agrohemijske analize (pH; C_aCO_3 ;

humus, lako pristupačan fosfor i kalijum i N_{\min}), na osnovu kojih je preporučeno đubrenje u jesen pre setve. Rano u proleće izmeren je N_{\min} pod pšenicom i određeno N-đubrenje. N_{\min} u zemljištu je određen i posle žetve.

- Na bazi hemijskih analiza (zemljište sa đubrenog dvopolja), u ogled B nije bilo potrebno unositi PK đubriva pod pšenicu. Ogled A (sudovi punjeni zemljištem sa neđubrenog dvopolja) đubren je sa 50kg P_2O_5 i 50kg K_2O /ha preračunato na masu suda od 7kg
- N-đubrenje urejom u jesen bilo je isto za ogled A i B.
- N-đubrenje u proleće zavisilo je od izmerenog N_{\min} u proleće i potrebe sorte Renesansa. Ukupno 160kg N/ha uneto je kroz dve prihrane sa NH_4NO_3 .

Inokulacija je izvršena sa smešom azotobaktera i aktinomiceta u odnosu 2 : 1 u jesen. U svaki sud dodato po 100 ml smeše mikroorganizama, titra 10^6 ml⁻¹. Na kraju vegetacije određen je broj azotobaktera po Andersonu, broj aktinomiceta po Krasiljnikovu i aktivnost dehidrogenaze po Thalmanu (cit. Jarak i Đurić, 2004).

Zasejana je sorta Renesansa, 30 zrna po sudu, tako da svako zrno ima jednak vegetacioni prostor. Nakon žetve izvršeno je zalivanje vodom 500 ml/sudu.

Rano u proleće uzeti su uzorci zemljišta za merenje N_{\min} radi preporuke N-đubrenja za prihranu, i izvršena je inokulacija na tretmanu 3 i 5.

Tokom vegetacije zalivano je prema potrebama useva. Na kraju vegetacije požnjevene su cele biljke i meren je prinos, masa 1000 zrna, dužina slame i dužina klasa.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Hemijska svojstva zemljišta

Osnovna hemijska svojstva i sadržaj najvažnijih biogenih elemenata u ogledima u sudovima pod pšenicom prikazana su u tab. 1.

Tabela 1. Agrohemijaska analiza zemljišta pri zasnivanju ogleda pod pšenicom u sudovima
Table 1. Agrochemical characteristics of soil before experiment under wheat in pots

Zemljište	pH		% humusa	% $CaCO_3$	P_2O_5 mg/100g	K_2O mg/100g	N_{\min} kg/ha
	H ₂ O	KC					
Ogled A	8,39	7,03	2,09	2,12	7,4	18,2	6,6
Ogled B	7,89	6,81	2,93	0,34	60,0	39,5	10,8

Zemljište u ogledima pod pšenicom je černozelem lesne terase, neutralne reakcije slabo karbonatno u ogledu A, a bezkarbonatno u ogledu B (tab. 1). Sadržaj humusa u ogledu A niži je za 0,84% u odnosu na ogled B, usled izostavljanja unošenja organskih i mineralnih đubriva u periodu 1947/48 do 2003. godine. Takođe, sadržaj lakopristupačnog fosfora u ogledu A je u klasi slabe obezbeđenosti zemljišta u odnosu na ogled B gde je sadržaj vrlo visok, čak toksičan, te je na osnovu tih rezultata đubrenje pšenice P-đubrivom u ogledu A izostalo.

Zemljište u ogledu A iako nije đubreno od 1947/48, pripada klasi dobro obezbeđenih u lakopristupačnom kalijumu. Objašnjenje je u mineraloškom sastavu černozeza u kome dominiraju sekundarni aluminosilikati gline (iliti i montmoriloniti) iz kojih, zahvaljujući dinamičkoj ravnoteži, kalijuma ima dovoljno u zemljištu (Bogdanović i sar. 1998).

Efekat N-đubriva i inokulacije na prinos i parametre prinosa pšenice

U tab. 2 i 3 prikazan je prinos i parametri prinosa pšenice ostvareni na bazi sadržaja mineralnog azota u zemljištu, N-đubrenja i inokulacije. Značajno povećanje prinosa i komponenti prinosa vidno je na svim N-tretmanima u odnosu na neđubrene i PK tretmane sa i bez inokulacije. Na tretmanu 6. (đubrenje u jesen sa 50 kg N/ha i N_{\min} u proleće do ukupne količine od 160 kg N/ha) u ogledu A ostvaren je značajno niži prinos zrna po sudu i mase 1000 zrna u odnosu na tretmane 4 i 5 (gde je primenjeno 25kg N/ha uz N_{\min} đubrenje u proleće sa i bez inokulacije do ukupne količine od 160 kg N/ha). U ogledu B nije bilo značajnih razlika između tretmana 6 i tretmana 4 i 5.

Tabela 2. Efekat N-đubrenja i inokulacije na prinos pšenice (ogled A)

Table 2. Effect of N-fertilizing and inoculation on the yield of wheat (experiment A)

Tretmani	Neđubreno dvopolje				
	$N_{\min}(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$		prinos zrna (g/sud)	masa 1000 zrna (g)	prinos slame (g/sud)
	jesen	proleće			
Neđubreno (0)	2,47	5,42	3,14	27,90	22,89
PK	2,47	2,06	3,38	31,12	18,48
PK+MO	2,47	1,90	3,40	30,60	18,28
PK+ $\frac{1}{2}$ N+ N_{\min}	13,45	61,0	11,0	38,50	22,76
PK+ $\frac{1}{2}$ N+MO+ N_{\min}	13,45	62,2	12,07	37,12	22,27
PK+1N+ N_{\min}	24,44	60,30	10,55	38,50	47,29

P_2O_5 = 50kg/ha; K_2O = 50kg/ha; 1N = 50kg/ha; MO = inokulacija mikroorganizmima

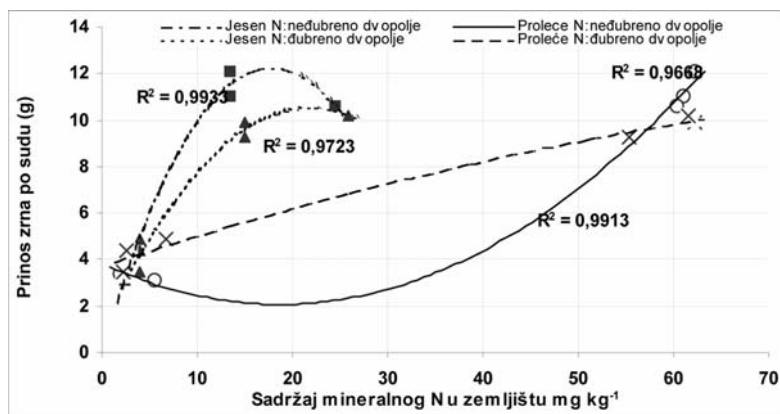
Tabela 3. Efekat N-đubrenja i inokulacije na prinos pšenice (ogled B)

Table 3. Effect of N-fertilizing and inoculation on the yield of wheat (experiment B)

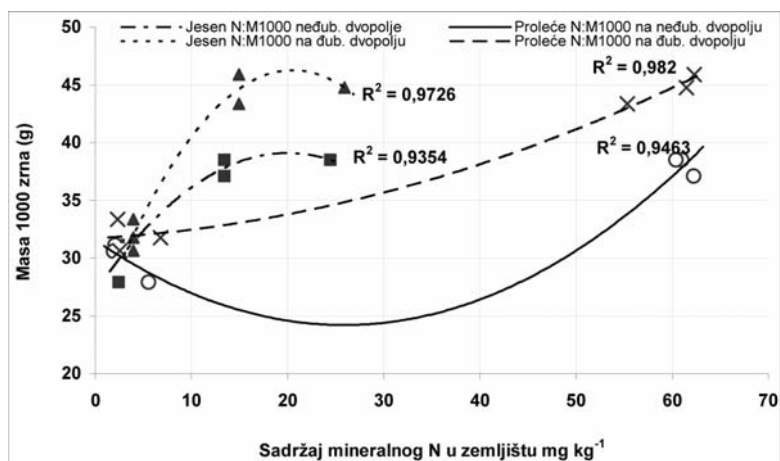
Tretmani	Đubreno dvopolje				
	$N_{\min}(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$		Prinos zrna (g/sud)	masa 1000 zrna (g)	prinos slame (g/sud)
	jesen	proleće			
Neđubreno (0)	3,95	6,78	4,91	31,75	71,8
PK	3,95	2,57	4,38	30,62	74,5
PK+MO	3,95	2,31	3,45	33,37	84,87
PK+ $\frac{1}{2}$ N+ N_{\min}	14,93	62,27	8,78	45,87	94,54
PK+ $\frac{1}{2}$ N+MO+ N_{\min}	14,93	55,30	8,78	43,37	101,26
PK+1N+ N_{\min}	25,92	61,48	9,04	44,75	95,17

P_2O_5 = 50kg/ha; K_2O = 50kg/ha; 1N = 50kg/ha; MO = inokulacija mikroorganizmima

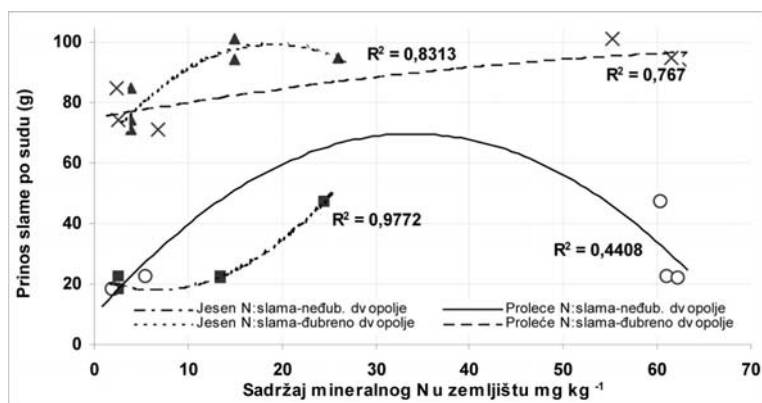
Na graf. 1, 2, 3 i 4 prikazana je korelaciona zavisnost između količine mineralnog azota u sudovima u jesen i proleće u ogledu A i B i prinosa pšenice i komponenti prinosa. Primenom N-đubriva sa i bez inokulacije zemljišta (tretmani 4, 5 i 6) ostvarena je jača korelaciona zavisnost prinosa zrna po sudu u ogledu A u odnosu na ogled B ($r = 0,993$; $r = 0,971$; $r = 0,991$; $r = 0,966$). Bolji efekat N-đubrenja uz inokulaciju na prinos zrna na zemljištu koje nije đubreno dugi niz godina (1947-2003), u odnosu na zemljište koje se redovno đubri (ogled B), poznato je u literaturi (Šestić 1972., Žeravica 1971., Bogdanović 1985., Kresović 1999.). Značajno veći prinos zrna pšenice po sudu ostvaren je u ogledu A na tretmanu 5 u odnosu na tretman 4, što ukazuje na efekat interakcije N-đubrenja i inokulacije u obezbeđivanju dovoljno pristupačnog azota za ishranu pšenice.



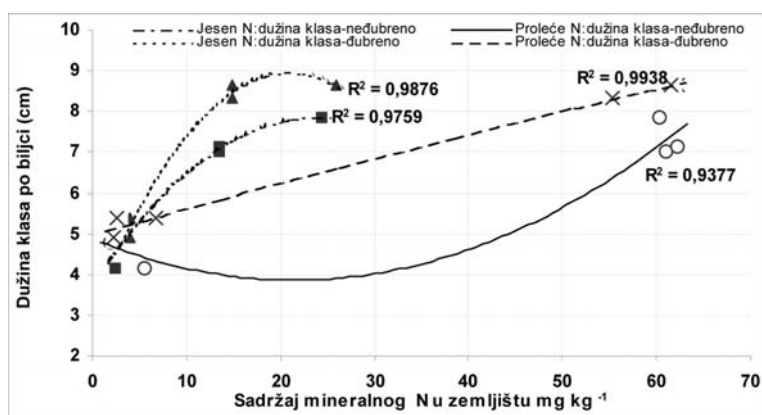
Graf. 1. Prinos zrna po sudu
Graph. 1. Yield of grain per pot



Graf. 2. Masa 1000 zrna
Graph. 2. Mass of 1000 grains



Graf. 3 Prinos slame po sudu
Graph. 3. Yield of straw per pot



Graf. 4. Dužina klasa po biljci
Graph. 4. Length of spike per plant

U odnosu na kontrolu (bez đubrenja i bez inokulacije), u ogledu A inokulacija je imala pozitivan uticaj na sve ispitivane parametre osim na parametre prinosa slame. U odnosu na varijantu gde je primenjena optimalna količina đubriva, pozitivan efekat inokulacije utvrđen je na varijanti gde je pored inokulacije primenjeno ½ doze azota.

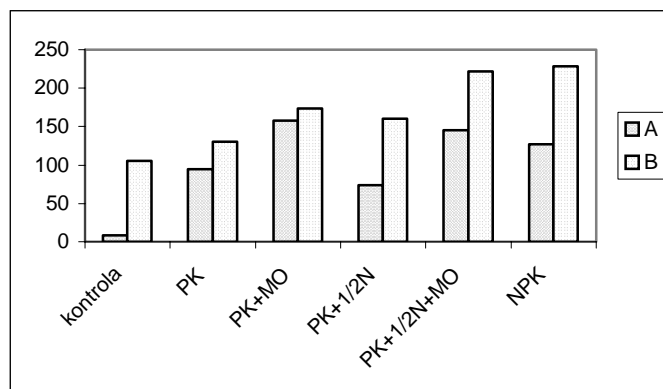
Na varijantama u ogledu B, inokulacija u kombinaciji sa ½ doze azota imala je najbolji efekat – najveći prinos zrna i prinos slame i najmanji broj sterilnih klasaka.

Primenom mikroorganizma povećava se pristupačnost hranjivih elemenata što se pozitivno odražava i na parametre prinosa (Milošević, 1999). U ovim istraživanjima primenjena je združena kultura azotobaktera i aktinomiceta. Azotobakter je azotofiksirajuća bakterija koja u našim zemljištima fiksira oko 60 – 90 kg N/ha godišnje i radi toga može da se primenjuje u biljnoj proizvodnji kao zamena za deo mineralnih azotnih đubriva (Govedarica et al., 2004, Hajnal et al., 2004). Aktinomicete su heterotrofne bakterije koje razlažu organske materije u zemljištu, sintetišu antibiotike i materije rasta te tako imaju pozitivan uticaj na porast biljaka (Jarac et al, 1993).

Uticaj N-đubriva i inokulacije na mikrobiološku aktivnost zemljišta

Mikrobiološka aktivnost zemljišta zavisi od sadržaja organske materije, odnosa vode i vazduha, obrade, biljne vrste i dr. (Alexander, 1977). U ovim istraživanjima određivan je broj azotobaktera i aktinomiceta kako bi se utvrdila sposobnost njihovog preživljavanja nakon unošenja u zemljište kao i aktivnost dehidrogenaze koja je pokazatelj opšte mikrobiološke aktivnosti.

Vrednosti svih mikrobioloških parametara bile su veće u zemljištu u ogledu B. Brojnost azotobaktera je uvećana na varijantama sa inokulacijom i kod đubrenog i kod neđubrenog dvopolja, što ukazuje na dobru sposobnost preživljavanja (graf. 5).

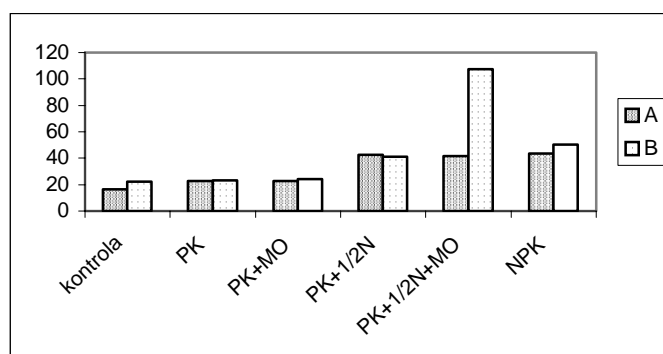


Graf. 5 Brojnost azotobaktera (10^2 g^{-1} zemljišta)
(A – neđubreno dvopolje, B – đubreno dvopolje)

Graph. 5. Number of azotobacter (10^2 g^{-1} soil)

(A – non-fertilized two-field treatment, B – fertilized two-field treatment)

Aktinomicete su bile brojnije na varijantama gde je primenjen azot a najbrojnije su bile na varijanti sa inokulacijom i polovinom potrebne količine azota (graf. 6).

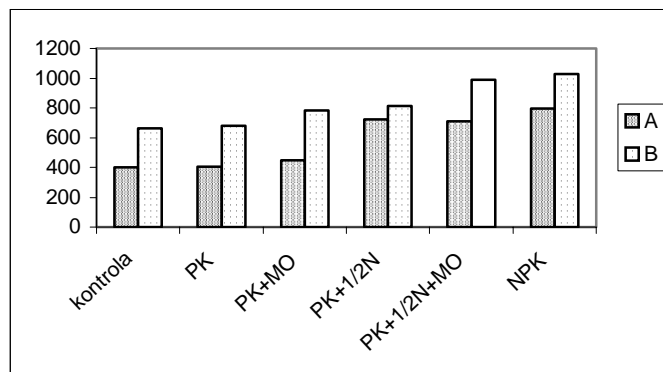


Graf. 6 Brojnost aktinomiceta (10^5 g^{-1} zemljišta)
(A – neđubreno dvopolje, B – đubreno dvopolje)

Graph. 6. Number of actinomycetes (10^5 g^{-1} soil)

(A – non-fertilized two-field treatment, B – fertilized two-field treatment)

Aktivnost dehidrogenaze je bila veća na varijantama gde je primenjen azot a inokulacija je imala sličan uticaj (graf. 7). Primenom mineralnog azota verovatno je došlo do povećanja brojnosti i drugih grupa mikroorganizama što je rezultiralo povećanjem dehidrogenazne aktivnosti. Isto tako unošenjem nove količine mikroorganizama u zemljištu se aktiviraju mikrobiološki procesi što se takođe odražava na enzimatsku aktivnost (Jarak et al, 2004)



Graf. 7 Aktivnost dehidrogenaze ($\mu\text{gTPF g}^{-1}$ zemljišta)
(A – neđubreno dvopolje, B – đubreno dvopolje)

Graph. 7. Activity of dehydrogenase ($\mu\text{gTPF g}^{-1}$ soil)
(A – non-fertilized two-field treatment, B – fertilized two-field treatment)

ZAKLJUČAK

Na osnovu istraživanja efekta primene N-đubrenja i inokulacije na prinos pšenice kroz dva ogleda u sudovima u polukontrolisanim uslovima (žičara), mogu se izvesti sledeći zaključci:

- U oba ogleda interakcija N-đubrenja i inokulacije značajno je uticala na povećanje prinosa pšenice u odnosu na neđubrene varijante.
- Efekat N-đubrenja i inokulacije na prinos pšenice bio je znatno veći u ogledu A (zemljište iz neđubrenog dvopolja) u odnosu na ogled B (zemljište iz đubrenog dvopolja).
- Veći prinos zrna pšenice po sudu ostvaren je u ogledu A na tretmanu 5 u odnosu na tretman 4, što ukazuje na efekat interakcije u obezbeđenju dovoljno pristupačnog azota za ishranu pšenice.

LITERATURA

1. Alexander, M. (1977) : Introduction to Soil Microbiology. Co. By John Willey and Sons. New York, London.

2. Bogdanović D., Malešević M., Starčević V., Čuvardić M. (1998): Uticaj đubrenja na proizvodne mogućnosti černozema. *Savremena poljoprivreda*, Vol.40, br. 3-4, 173-178, Novi Sad.
3. Bogdanović D. (1985): Dinamika mineralnog azota u černozemu i usvajanje azota iz zemljišta i đubriva usevom pšenice. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
4. Govedarica M., Milošević N., Jarak M. (1992): Specifics association between *Derxia gumosa* and some maize hybrids. *Zemljište i biljka*, Vol. 41, No 3, 207-212.
5. Govedarica M., Jeličić Z., Jarak M., Milošević N., Kuzevski J., Krstanović S. (2004): *Azotobacter chroococcum* as alternative to conventional fertilization in the production of maize. *Zemljište i biljka*, Vol.55, No 3, 217-222.
6. Hajnal T., Jarak M., Milošević N. (2004): Bacterization of maize: yield response of maize to inoculation. 10th International symposium on microbial ecology ISME-10, Book of abstracts, pp.207., Cancun, Mexico, 22-27. 08.
7. Jansson S.L., Persson J. (1982): Mineralization and immobilization of soil nitrogen. In: Stevenson D.J., Nitrogen in agricultural soils, *Agronomy* 22, Madison, Wisc. USA, 229-251.
8. Jarak M., Govedarica M., Milošević N., Vojvodić-Vuković M. (1993) : The effect of actinomycetes on the growth and nodulation of rhizobia. *Zemljište i biljka*, Vol. 42, No 2, 127-131.
9. Jarak M., Đurić S. (2004) : Praktikum iz mikrobiologije. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
10. Jarak M., Đukić D., Đurić S., Stevović V., Đalović I. (2004): Aktiviranje mikrobioloških procesa zemljišta s ciljem povećanja prinosa krmnih leguminoza. Zbornik radova 10. simpozijuma o krmnom bilju Srbije i Crne Gore., pp.221 – 229., Čačak, 26–28. maj.
11. Kresović M. (1999): Usporedna proučavanja metoda za ocenu pristupačnosti zemljišnog azota. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet, Beograd
12. Kuo M.H., Bartholomew W.V. (1966): On the genesis of organic nitrogen in decomposed plant residues. In: The use of isotopes in soil organic matter studies. Pergamon Press, 322-335.
13. Milošević N., Govedarica M., Jarak M. (1999) : Mikrobiološki preparati-značaj i mogućnosti njihove primene u ratarskoj proizvodnji. Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, pp. 49-61.
14. Mrkovacki N., Milić V.(2001): Use *Azotobacter chroococcum* as potentially usefull in agricultural application. *Annales of Microbiology*, Vol.51, No2, 145-159.
15. Šestić S., Derkačev E. (1972): Doprinos poznavanju đubrenja u dvopolju pšenica-kukuruz na černozemu. *Zemljište i biljka*, Vol. 21, No 2, 291-304.
16. Žeravica M. (1971): Uticaj rastućih količina i odnosa mineralnih đubriva na iznošenje i koeficijent iskorišćavanja hranjiva. *Agrohemijska*, No 3-4, 83-96.

EFFECT OF N FERTILIZER X INOCULATION INTERACTION ON WHEAT YIELDS

by

Darinka Bogdanović, Jarak Mirjana, Milošev D., Šeremešić S.

SUMMARY

Knowledge of the soil nitrogen cycle, especially the part concerned with the mobility of mineral nitrogen, is one of the key factors in assessing a soil's ability to supply plants with nitrogen and evaluating the effects of nitrogen fertilizers. For this reason, the objective of this paper was to investigate the influence of N fertilizer x inoculation interaction on wheat yields and yield components. Two wheat trials were sown in pots under semi-controlled conditions. Pots from Trial A were filled with soil from a non-fertilized two-field treatment that formed part of a crop rotation trial established in 1947/1948. Those from Trial B were filled with soil from the fertilized two-field portion of the same crop rotation trial. Nitrogen fertilization and inoculation were performed according to the study methodology. In both our trials, N fertilization and inoculation significantly increased wheat yields relative to the non-fertilized treatment. However, the effects of N fertilization and inoculation on wheat yield were much greater in Trial A (non-fertilized two-field treatment) than in Trial B (the fertilized version).

Key words: N fertilization, inoculation, interaction, trial under semi-controlled conditions, wheat.

Primljeno: 30. 09. 2005.

Prihvaćeno: 05. 10. 2005.