

EFIKASNOST MINERALNE ISHRANE PŠENICE U ZAVISNOSTI OD INTENZITETA ĐUBRENJA

G. Jaćimović¹, M. Malešević², V. Aćin², B. Marinković¹, J. Crnobarac¹,
Dragana Latković¹, Darinka Bogdanović¹, B. Pejić,¹

REZIME

Ispitivanje efikasnosti mineralne ishrane ozime pšenice u dve proizvodne godine (2008/09 i 2009/10) izvedeno je na stacionarnom poljskom ogledu Instituta za ratarstvo i povrtarstvo na Rimskim Šančevima. U radu su dati prosečni prinosi pšenice na 20 varijanti đubrenja rastućim dozama azota, fosfora i kalijuma i obračunata je agronomska efikasnost primenjenih hraniva.

Azot je imao značajno najveći uticaj na visinu prinosa pšenice. Najveće povećanje prinosa sa jednim kilogramom upotrebljenog hraniva bilo je kod azota (prosečno za dve godine 32,20 kg zrna/1 kg upotrebljenog N); zatim fosfora (10,52 kg zrna/kg P₂O₅), a najmanje kod kalijuma (5,85 kg/kg K₂O). Agronomska efikasnost azota je imala tendenciju smanjenja sa povećanjem intenziteta đubrenja. Najveća efikasnost primenjenih azotnih đubriva bila je pri đubrenju sa 50 kg N ha⁻¹.

Ključne reči: pšenica, prinos, azot, fosfor, kalijum, efikasnost hraniva.

UVOD

U poslednjih nekoliko decenija sakupljen je ogroman eksperimentalni materijal o mineralnoj ishrani i đubrenju pšenice. Međutim, imajući u vidu dominantan uticaj mineralne ishrane u sintezi primarne produkcije organske materije i formiranju prinosa, ovaj problem, iako je do sada intenzivno proučavan, ostaće u žiži interesovanja naučnika i praktičara sve dok čovek bude gajio biljke (*Sarić i Jocić, 1993*). Snažan podsticaj istraživanjima različitih problema mineralne ishrane pšenice daje i konstantni napredak u selekciji i stvaranju novih sorti. Tako se sa pojavom novog sortimenta pšenice (bitno različitog po nizu korisnih osobina, pre svega po znatno većem potencijalu

¹ Mr Goran Jaćimović, asistent, dr dr h.c. Branko Marinković, red. prof., dr Jovan Crnobarac, red. prof., doc. dr Dragana Latković, dr Darinka Bogdanović, red. prof., dr Borivoj Pejić, vanr. prof., Poljoprivredni fakultet, Trg D. Obradovića 8, 21000 Novi Sad.

² Dr Miroslav Malešević, red. prof., dipl. inž. – master Vladimir Aćin, istraživač saradnik, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, M. Gorkog 30, 21000 Novi Sad.

rodnosti), ispostavilo da su i njihovi zahtevi u pogledu mineralne ishrane znatno veći (*Sarić i Kovačević, 1981*).

Ozima pšenica koristi relativno velike količine mineralnih elemenata u toku vegetacije i ima visoke zahteve prema plodnosti zemljišta (*Kostić i Dokić, 1981; Malešević, 2008*). Od makroelemenata koje usvaja iz zemljišta, pšenica troši najviše azota, nešto manje kalijuma, znatno manje fosfora, i još manje sumpora, magnezijuma i kalcijuma (*Čurić, 1982*). Količine hranljivih elemenata koje pšenica tokom vegetacije usvaja iz zemljišta prvenstveno zavise od visine prinosa zrna i mase vegetativnih organa. U našim uslovima, najčešće količine azota koje treba primeniti za visok prinos, u ukupnoj vrednosti kreću se od 80-120 kg ha⁻¹ u zavisnosti od agrohemijskih svojstava zemljišta. Na osnovu višegodišnjih rezultata istraživanja, *Kastori i sar. (1991)* navode da pšenica za prinos od 5 t zrna i odgovarajuću masu slame iz zemljišta iznosi oko 120 kg N, 90 kg P₂O₅ i 80 kg K₂O.

Među elementima mineralne ishrane, azot ima najveću ulogu u povećanju prinosa pšenice (*Bogdanović, 1985; Malešević i sar. 1994; Malešević, 2008; Kastori i sar. 2005*). Najveći efekat azot pokazuje kada se upotrebi zajedno sa fosforom i kalijumom, dok ova dva elementa upotrebljeni bez azota ne samo što ne daju značajnije povećanje prinosa pšenice, već ga često i smanjuju (*Sarić i sar. 1973, 1993*). Kako nedostatak hraniva, tako i suviše velike doze đubriva mogu da izazovu smanjenje prinosa pšenice (*Čurić, 1982; Kastori i sar. 1991, 2005*). Upotreba većih količina đubriva nego što je to potrebno ne samo da je ekonomski necelishodna sa stanovišta direktnih ulaganja, već kod velikog broja biljnih vrsta i sorata ovakve doze mogu da budu i štetne (poleganje i intenzivnija pojava bolesti kod pšenice i sl.), i čest su uzrok zagađenja agroekosistema.

Efikasno đubrenje azotom je od ključnog značaja za ekonomičnu proizvodnju pšenice, ali i zaštitu podzemnih i površinskih voda od zagađenja uzrokovanih ispiranjem nitrata usled prekomerne i neadekvatne primene N (*Vuković et al., 2008*). Efikasnost primene azota kod ozime pšenice vredan je indikator za racionalno N-đubrenje. Termin "efikasnost primene azota" (*NUE - Nitrogen Use Efficiency*) ima nekoliko definicija i postupaka izvođenja, u zavisnosti od svrhe istraživanja (*Dobermann, 2005; Xie et al., 2007*). U poljoprivrednoj praksi je najraširenija primena *Agronomske efikasnosti azota (Agronomic N use efficiency – AE_N)*, koja se zasniva na metodu "razlike" a određuje se kao odnos povećanja prinosa ostvarenog N-đubrenjem i upotrebljene količine N (*Crawswell and Godwin, 1984; Raun and Gordon, 1999; Dobermann, 2005*):

$$AE_N = \Delta GY / F_N \text{ (kg zrna/kg N),}$$

gdje su ΔGY = prinos zrna na parceli đubrenoj azotom – prinos zrna na kontrolnoj parceli (bez primene N); F_N – količina primenjenog N na đubrenoj varijanti.

Dobermann (2005) navodi da se tipične vrednosti AE_N kod žita kreću u rasponu 10–30 kg zrna po 1kg primenjenog N, a vrednosti >30 kg kg⁻¹ sreću se u dobro organizovanim sistemima gajenja ili pri niskom nivou đubrenja azotom i na siromašnim zemljištima. *Raun and Gordon (1999)* navode da na globalnom nivou širom sveta *NUE* u proizvodnji žitarica iznosi 33%.

Efikasnost iskorišćenja azota iz mineralnih đubriva kod ozime pšenice se smanjuje sa povećanjem nivoa đubrenja N (Sieling et al., 1998). Hatfield and Prueger (2004) su utvrdili da efikasnost korišćenja N od strane useva zavisi i od priliva vode (padavina) i dostupnosti N biljkama tokom vegetacione sezone. Korišćenje hraniva iz đubriva i formiranje prinosa pšenice su pod značajnim uticajem vremenskih uslova godine i specifičnih uslova lokaliteta (Bertić et al., 2007).

MATERIJAL I METOD RADA

Ispitivanje efikasnosti mineralne ishrane pšenice izvedeno je na višegodišnjem stacioniranom ogledu dugog trajanja („večiti“ ili „fiziološki ogled“), zasnovanom 1965/66. godine na oglednom polju Instituta za poljoprivredna istraživanja u Novom Sadu (danas Institut za ratarstvo i povrtarstvo), na Rimskim Šančevima. Ogled je postavljen u plodoredu sa četiri biljne vrste (4 *polja*), najtipičnije za ratarsku proizvodnju Vojvodine: šećerna repa, kukuruz, suncokret i pšenica; na parceli gde je prethodno gajena lucerka u toku tri godine. U ovom istraživanju prikazani su rezultati iz dve proizvodne godine – 2008/09 i 2009/10.

Zemljište na kome je ogled izveden pripada tipu černozem (red automorfni zemljišta), klase A-C (humusno-akumulativna zemljišta), podtip černozem na lesu i lesolikim sedimentima, varijetet karbonatni, forma srednje dubok. Reakcija zemljišta bila je blago alkalna, srednje je obezbeđeno humusom i lakopristupačnim fosforom, a veoma dobro lakopristupačnim kalijumom.

Večiti ogled je organizovan u 4 odvojena polja na kojima se svake godine smenjuju 4 kulture, pri čemu svako od njih zahvata površinu od 1,836 ha (68 x 270 m). Polja su po dužini izdvojena na 4 ponavljanja, sa po 20 eksperimentalnih parcelica dimenzija 17 x 13,5 m (229,5 m²) u svakom ponavljanju. Na taj način jedno polje obuhvata ukupno 80 *parcelica* sa randomiziranim rasporedom varijanti đubrenja, pri čemu je na jednoj parcelici u zavisnosti od godine prisutan veći broj sorata (*pod-parcelice*). U cilju eliminisanja rubnih efekta, za određivanje prinosa svake sorte žanje se samo centralni deo podparcela.

Ogled je dakle postavljen na stacioniranim elementarnim parcelama sa prevashodnim ciljem da se u dugom vremenskom periodu ispita uticaj količina i odnosa azota, fosfora i kalijuma na prinos i kvalitet proizvoda, ali i na promene hemijske, fizičke i biološke prirode koje se dešavaju u zemljištu. Želeći da zadovolje određene zahteve pri ovim ispitivanjima, osnivači ogleda postavili su šemu ogleda gde je izabrano dvadeset varijanti mineralne ishrane; odnosno količina i odnosa N, P i K, imajući u vidu s jedne strane agroekološke uslove, a s druge biološke osobine vrsta koje se ispituju (pšenica, kukuruz, šećerna repa i suncokret). Varijante đubrenja u ogledu bile su sledeće:

1. Kontrola (neđubrena parcela)
2. N2
3. P2
4. K2

5. N₂P₂
6. N₂K₂
7. P₂K₂
8. N₁P₁K₁
9. N₁P₂K₁
10. N₁P₂K₂
11. N₂P₁K₁
12. N₂P₂K₁
13. N₂P₂K₂
14. N₂P₃K₁
15. N₂P₃K₃
16. N₃P₁K₁
17. N₃P₂K₁
18. N₃P₂K₂
19. N₃P₃K₂
20. N₃P₃K₃

gde su brojevima u indeksima označene doze hraniva: $_1=50$, $_2=100$, $_3=150$ kg čistih hraniva – aktivne materije N, P₂O₅ i K₂O po ha.

Na ogledu se pri gajenju pšenice u svim godinama primenjuje standardna agrotehnika za agroekološke uslove Vojvodine. Celokupna količina P₂O₅ i K₂O, kao i polovina N đubriva primenjuje se neposredno pre osnovne obrade. Druga polovina azotnih đubriva upotrebljava se kod pšenice za prihranjivanje (u rano proleće, početkom marta meseca) a kod drugih biljnih vrsta pred setvu.

U toku izvođenja ogleda (45 godina) korišćene su različite sorte pšenice, koje su bile među najznačajnijima u proizvodnji u pojedinim periodima. Slama pšenice i žetveni ostaci ostalih kultura se zaoravaju nakon žetve/berbe, a osnovna obrada i predsetvena priprema vrše se istovremeno za sve varijante ogleda. U svim godinama, setva je obavljena u optimalnim agrotehničkim rokovima za uslove Vojvodine, na razmak između redova od 12,5 cm. Za setvu su korišćene norme količina semena od 500-700 klijavih zrna po m², u zavisnosti od preporuka datih za svaku sortu pojedinačno. Hemijska zaštita useva (primena pesticida) vršena je sporadično, prema potrebi, odnosno samo ukoliko je to bilo neophodno.

REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 1. prikazani su prosečni prinosi pšenice i njihovo variranje u ogledu u zavisnosti od primenjenih količina i odnosa hraniva; odnosno po varijantama đubrenja u 2 analizirane godine. Prosečan prinos pšenice u ogledu iznosio je 4,79 t ha⁻¹, sa variranjem od 2,28-6,12 t ha⁻¹. Srednje apsolutno odstupanje prinosa po godinama i varijantama đubrenja od opšteg proseka ogleda (standardna devijacija ogleda) iznosilo je 1,25 t ha⁻¹; odnosno srednje relativno odstupanje iznosilo je 26%.

Uticao đubrenja na prinos pšenice bio je veoma izražen u obe godine. Najmanji

prinosi, značajno niži od svih ostalih varijanti, ostvareni su bez upotrebe mineralnih đubriva ili upotrebom samo K (varijanta K_2), a zatim i na varijantama P_2K_2 ili samo P_2 . U proseku za obe godine, prinos na ove 4 varijante iznosio je manje od 3 t ha^{-1} .

Ako se posmatra efekat *pojedinačne primene hraniva*, može se uočiti da je N imao značajno najveći uticaj na prinos. Đubrenje samo azotom (varijanta N_2) povećalo je prinos u odnosu na kontrolnu varijantu za preko 2 t ha^{-1} (85%). Đubrenje samo P povećalo je prinos za 280 kg ha^{-1} , odnosno za 12%, dok đubrenje samo K nije imalo statistički značajnog uticaja na prinos pšenice. Dakle, najveći efekat dobijan je pri pojedinačnoj upotrebi azotnog đubriva, a zanemarljiv ili skoro nikakav pri upotrebi samo fosfora ili kalijuma. Kada su ova 3 elementa bila upotrebljena u *dvojnim kombinacijama*, može se zapaziti da je đubrenje sa N i P (varijanta N_2P_2) imalo značajnu prednost u odnosu na kombinovanu upotrebu N i K (N_2K_2). Obe ove varijante, međutim, bile su značajno bolje od varijante P_2K_2 , na kojoj je ostvaren prinos čak bio niži u odnosu na primenu samo P. Najveći prinos zrna u ogledu (5,98 t ha^{-1}) dobijen je na varijanti $N_3P_3K_2$; ali su statistički podjednako visoki prinosi (na nivou od 5,5-6 t ha^{-1}) dobijani i na ostalim *trojnim varijantama* đubrenja sa najvećim ili srednjim dozama azota. Pri đubrenju sa sva tri hraniva pri srednjim i visokim količinama azota (sve varijante $N_2P_xK_x$ i $N_3P_xK_x$; izuzimajući $N_2P_1K_1$) prinos je varirao u rasponu od 5,46-5,98 t ha^{-1} ; odnosno svega 520 kg. Iako statistika pokazuje postojanje izvesnih značajnih razlika između ovih varijanti, one sa ekonomskog stanovišta u proizvodnji pšenice najčešće nisu ekonomski opravdane.

Tab. 1: Uticaj mineralne ishrane na prinos zrna pšenice (t ha⁻¹)
Table 1: The effect of mineral nutrition on wheat grain yield (t ha⁻¹)

Varijanta ishrane	kg ha ⁻¹			Godine		Prosek 2009-2010
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	2009	2010	
Ø	0	0	0	2,36	2,43	2,40
N ₂	100	0	0	4,14	4,71	4,43
P ₂	0	100	0	2,77	2,58	2,68
K ₂	0	0	100	2,28	2,79	2,54
N ₂ P ₂	100	100	0	5,20	5,14	5,17
N ₂ K ₂	100	0	100	4,56	4,85	4,71
P ₂ K ₂	0	100	100	2,43	2,64	2,54
N ₁ P ₁ K ₁	50	50	50	4,53	4,63	4,58
N ₁ P ₂ K ₁	50	100	50	5,12	4,94	5,03
N ₁ P ₂ K ₂	50	100	100	5,00	4,83	4,92
N ₂ P ₁ K ₁	100	50	50	5,29	4,43	4,86
N ₂ P ₂ K ₁	100	100	50	5,57	5,70	5,64
N ₂ P ₂ K ₂	100	100	100	5,91	5,61	5,76
N ₂ P ₃ K ₁	100	150	50	5,88	6,05	5,97
N ₂ P ₃ K ₃	100	150	150	5,91	5,64	5,78
N ₃ P ₁ K ₁	150	50	50	5,14	5,78	5,46
N ₃ P ₂ K ₁	150	100	50	5,62	6,04	5,83
N ₃ P ₂ K ₂	150	100	100	5,63	5,75	5,69
N ₃ P ₃ K ₂	150	150	100	5,83	6,12	5,98
N ₃ P ₃ K ₃	150	150	150	5,58	6,07	5,83
Prosek:				4,74	4,84	4,79
Max				5,91	6,12	5,97
Min				2,28	2,43	2,39
Max-Min				3,63	3,69	3,58
SD				1,27	1,26	1,25
CV (%)				27	26	26

LSD	0,05	0,30	0,46	0,38
	0,01	0,37	0,52	0,50
r	N	0,84*	0,91*	0,89*
	P ₂ O ₅	0,59*	0,54*	0,57*
	K ₂ O	0,31	0,33	0,32

*Vrednosti značajne na pragu $\alpha=0,05$

Da bi se dobio potpuniji statistički uvid u značajnost pojedinih hraniva u mineralnoj ishrani pšenice, izračunati su i koeficijenti korelacije između primenjenih (rastućih) količina hraniva i prinosa pšenice (tab. 1). U obe analizirane godine, kao i u proseku godina, postojala je statistički značajna visoka korelativna veza između ishrane *azotom* i prinosa ($r=0,84-0,91$). Između ishrane *fosforom* i prinosa pšenice uočene su značajne korelacije srednje jačine (0,54-0,86), dok između upotrebe *kalijuma* i prinosa pšenice nisu utvrđene statistički značajne korelativne veze ($r=0,31-0,33^{ns}$).

Efikasnost hraniva u formiranju prinosa pšenice: Potpuno delovanje pojedinih hraniva na biljke (*efikasnost* hraniva) nije jednostavno utvrditi zbog njihovog drugačijeg delovanja pri *pojedinačnoj* i *zajedničkoj* upotrebi. Prema *Sarić i Jocić (1993)*, pri zajedničkoj upotrebi dolazi do *interakcije* među upotrebljenim hranivima, te se pojedinačan uticaj ne može precizno utvrditi. Ipak, primenom *metode razlike u prinosu*, dobijenom pri zajedničkoj upotrebi i izostavljanju jednog hraniva, može se približno tačno utvrditi njegov efekat i doprinos u formiranju prinosa.

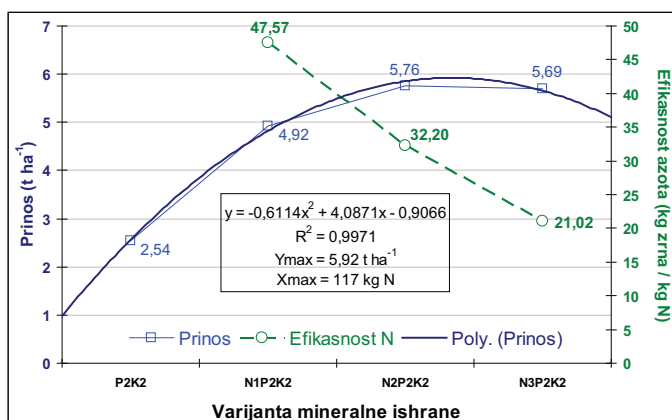
Pri utvrđivanju efekata pojedinih hraniva korišćene su razlike dobijene upoređenjem prinosa na varijanti sa potpunom mineralnom ishranom (N₂P₂K₂) i dvojnih kombinacija u kojima je izostavljeno jedno od hraniva (N₂P₂, N₂K₂ i P₂K₂), kao što je prikazano u tabeli 2.

Tab. 2: Povećanje prinosa sa 1 kg upotrebjene aktivne materije hraniva
Table 2: Yield increasing with 1 kg of nutrient

Godina	Prinos (t ha ⁻¹)				Povećanje prinosa sa 1 kg upotrebjene a.m. (kg zrna / kg hraniva)		
	N ₂ P ₂ K ₂	P ₂ K ₂	N ₂ K ₂	N ₂ P ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2009	5,91	2,43	4,56	5,20	34,72	13,47	7,02
2010	5,61	2,64	4,85	5,14	29,68	7,56	4,68
Prosek	5,76	2,54	4,71	5,17	32,20	10,52	5,85

Iz navedenih podataka uočava se da je najveće povećanje prinosa sa jednim kilogramom upotrebljenog hraniva bilo kod azota (prosečno za obe godine 32,20 kg zrna/1 kg N); zatim fosfora (10,52 kg/kg P₂O₅), a najmanje kod kalijuma (5,85 kg/kg K₂O). Niške vrednosti dobijene kod kalijuma ukazuju na dobru obezbeđenost zemljišta u ovom elementu.

Uticao intenziteta đubrenja na efikasnost primenjenog azota: Jedno od glavnih pitanja ovog rada bilo je da se ispita kako različito N-đubrenje utiče na prinos zrna i efikasnost iskorišćavanja azota (NUE). Pri utvrđivanju *agronomske efikasnosti azota* (u stranoj literaturi „Agronomic N use Efficiency“ - AE_N), odnosno efekata đubrenja rastućim dozama N na njegovu efikasnost, korišćen je *metod razlike u prinosu* između varijanti P₂K₂ (uzeto kao kontrolna varijanta) i N₁P₂K₂, N₂P₂K₂ i N₃P₂K₂. Iz prikazanih podataka na grafikonu 1, uočava se da je prosečno povećanje prinosa sa jednim kilogramom upotrebljenog azota bilo najveće na varijanti N₁P₂K₂ (47,57 kg zrna/1 kgN), zatim na varijanti sa srednjom (32,20 kg/kgN), i najmanje na varijanti sa najvećom dozom azota (N₃P₂K₂; 21,02 kg zrna/kgN).



Graf. 1: Uticaj rastućih količina N na prinos zrna pri srednjim dozama P i K i povećanje prinosa sa 1 kg upotrebljenog azota – agronomska efikasnost N; prosečno za 2 godine istraživanja

Graph 1: The effects of increased amounts of N on grain yield and yield increasing with 1 kg of nitrogen used - agronomic N efficiency, average results for 2 years

Agronomska efikasnost azota je dakle imala tendenciju smanjenja sa povećanjem primenjenih doza N. Najbolja efikasnost primenjenih azotnih đubriva bila je pri đubrenju sa 50 kg N ha⁻¹, te se ova doza može smatrati racionalnom u smislu najmanjih gubitaka N i sve evidentnijeg zagađenja životne sredine. Međutim, sa aspekta zajedničkog uticaja na visinu prinosa pšenice i efikasnosti iskorišćenja azota, posebno se racionalnom izdvaja varijanta sa primenom srednje doza azota (100 kg ha⁻¹).

Pri srednjim količinama od po 100 kg ha⁻¹ fosfora i kalijuma (varijante N_xP₂K₂; graf. 1), najniža doza azota (N₁P₂K₂) povećala je prinos zrna za oko 2,4 t u odnosu na

varijantu P_2K_2 ; koja je uzeta kao varijanta za poređenje. Naredna doza azota povećala je prinos za 0,84 t zrna, dok je najveća doza N (varijanta $N_3P_2K_2$) uticala na neznatno smanjenje prinosa od oko 70 kg ha⁻¹. Prosečno povećanje prinosa za svaku dodatu jedinicu od po 50 kg N ha⁻¹ iznosilo je 1,03 t zrna ha⁻¹. Međutim, prva doza N uticala je na najintenzivnije povećanje prinosa u odnosu na kontrolnu varijantu, dok je efekat narednih količina N bivao sve manji. Uticaj rastućih doza N na visinu prinosa bio je daleko zasićujući; odnosno pratio je oblik krive kvadratne regresije ($R^2=0,997$). Na osnovu jednačine ove regresije, pri srednjim dozama P i K, teoretski maksimalni regresiono uprosečeni prinos zrna od 5,92 t ha⁻¹ ostvaruje se pri đubrenju sa 117 kg N.

Analizirajući prinose ozime pšenice u 50-godišnjem periodu *Kunzova and Hejzman (2009)* navode da je u petoj deceniji izvođenja eksperimenta prosečno povećanje prinosa sa 1 kg primenjenog N iznosilo 18,7 kg zrna. U istraživanjima *Vuković et al. (2008)* u uslovima Hrvatske, NUE se smanjivao sa pojačanim N-đubrenjem. NUE vrednosti su varirale od 9,21 kg kg⁻¹ pri primeni 300 kg N ha⁻¹ do 24,13 kg kg⁻¹ na tretmanu sa 100 kg N ha⁻¹. Autori zaključuju da je najbolja efikasnost primenjenih azotnih đubriva bila pri đubrenju sa 100 kg N ha⁻¹, što se smatra racionalnom količinom u pogledu prinosa i štetnog uticaja N na životnu sredinu. NUE je uslovljen tipom zemljišta i klimatskim faktorima; padavinama i temperaturama u toku vegetacije (*Vuković et al. 2008*). Prema *Hatfield and Prueger (2004)* efikasnost korišćenja N od strane useva zavisi i od vlažnosti zemljišta i dostupnosti N tokom vegetacione sezone. *Pepó (2007)* je utvrdio da je efikasnost đubrenja bila snažno modifikovana uslovima godine.

Ortiz-Monasterio et al. (2001), *Ortiz-Monasterio (2002)* i *Raun and Gordon (1999)* navode da se poboljšanje efikasnosti korišćenja hranljivih materija kod pšenice može postići kroz dve osnovne strategije: primenom efikasnijih agrotehničkih mera (pravilno određivanje količina hraniva, vremena primene, izvora hraniva (urea ili kan, teže ili lakše rastvorljiva đubriva) i zone unošenja đubriva) i stvaranjem sorti sa boljom efikasnošću korišćenja hraniva.

Prema *Malešević i sar. (2008)*, u desetogodišnjem periodu ispitivanja uticaja rastućih doza azota na prinos zrna, prinos je rastao sa povećanjem količine azota. Najveći prinos zrna ostvaren je sa najvišom dozom azota, od 180 kg ha⁻¹. Međutim, prosečan prinos zrna postignut na ovoj varijanti nije se statistički značajno razlikovao od prinosa dobijenog sa 120 kg N ha⁻¹, te autori ovu količinu preporučuju kao optimalnu. Slični rezultati su dobijeni i u brojnim drugim istraživanjima. Tako, *Vrkoč et al. (1990)* za uslove Češke republike preporučuju optimalnu dozu azota od 120 kg ha⁻¹ i ako je najviši prinos zrna ostvaren dozom od 160 kg N ha⁻¹.

ZAKLJUČAK

U dvogodišnjem istraživanju, N je imao značajno najveći uticaj na prinos ozime pšenice. Đubrenje samo azotom povećalo je prinos u odnosu na kontrolnu varijantu za preko 2 t ha⁻¹ (85%), dok đubrenje samo kalijumom nije imalo statistički značajnog uticaja na prinos. Đubrenje sa N i P imalo značajnu prednost u odnosu na kombinovanu upotrebu N i K, a obe ove varijante bile su značajno bolje od varijante PK.

Najveći prinos zrna u ogledu dobijen je na varijanti $N_3P_3K_2$; ali su statistički podjednako visoki prinosi (na nivou od 5,5-6 t ha⁻¹) dobijani i na ostalim trojnim kombinacijama đubrenja sa najvećim ili srednjim dozama azota.

Najveće povećanje prinosa sa jednim kilogramom upotrebljenog hraniva bilo je kod azota, zatim fosfora, a najmanje kod kalijuma. Agronomska efikasnost azota imala je tendenciju smanjenja sa povećanjem primenjenih doza N. Sa aspekta zajedničkog uticaja na visinu prinosa pšenice i efikasnosti iskorišćenja azota, posebno se racionalnom izdvaja varijanta sa primenom srednje doze N (100 kg ha⁻¹).

Uticaj rastućih doza N na visinu prinosa bio je zasićujući; odnosno pratio je oblik krive kvadratne regresije, sa teoretskim maksimalnim regresionom uprosečenim prinosom zrna od 5,92 t ha⁻¹ koji se ostvaruje pri đubrenju sa 117 kg N.

LITERATURA

1. Bertić, B., Lončarić, Z., Vukadinović, V., Vukobratović, Z. (2007): Winter wheat yield responses to mineral fertilization. *Cereal Research Communications*, 35 (2), 245-248.
2. Bogdanović, Darinka (1985): Dinamika mineralnog azota u černozevu i usvajanje azota iz zemljišta i đubriva usevom pšenice. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.
3. Craswell, E.T., Godwin, D.C. (1984): The efficiency of nitrogen fertilizers applied to cereals in different climates. *Adv. In Plant Nutrition*, Vol. 1, 1-55.
4. Čurić, R. (1982): Prilog poznavanju značaja đubrenja pšenice azotnim, fosforim i kalijumovim đubrivima za njen prinos, hemijski sastav i iznošenje hraniva. *Arhiv za poljoprivredne nauke*, sv. 152, 445-459.
5. Dobermann, A. (2005): Nitrogen Use Efficiency – State of the Art. IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers, Frankfurt, Germany, 28-30 June 2005, 1-16.
6. Hatfield, J.L., Prueger, J.H. (2004): Nitrogen Over-use, Under-use, and Efficiency. *Proceedings of the 4th International Crop Science Congress*.
7. Jocić, B. (1986): Uticaj mineralnih đubriva na hemijske promene zemljišta i prinos pšenice, kukuruza, šećerne repe i suncokreta u periodu 1966–1985 godine. *Zbornik referata, XX Seminar agronoma*, Kupari, 17-41.
8. Kastori, R. i saradnici (2005): Azot – agrohemijski, agrotehnički, fiziološki i ekološki aspekti, Monografija, urednik R. Kastori, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 2005, 1-419.
9. Kastori, R., Ubavić, M., Petrović, N., Peić, A. (1991): Đubrenje ratarskih i povrtarskih biljaka. PHI „Zorka“ Subotica, 1-84.
10. Kostić, M., Đokić, D. (1981): Značaj makroelemenata za visinu i kvalitet prinosa pšenice. *Fiziologija pšenice*. SANU, posebna izdanja, Beograd, 1981, knjiga 53, 103-130.
11. Kunzova, E., Hejzman, M. (2009): Yield development of winter wheat over 50 years of FYM, N, P and K fertilizer application on black earth soil in the Czech Republic. *Field Crops Research* 111, 226–234.
12. Malešević, M. (2008): Mineralna ishrana strnih žita u sistemu integralnog ratarenja. *Zbornik radova, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad*, Sv. 45, 179-193.

13. Malešević, M., Starčević, L.J., Jaćimović, G., Đurić, V., Šeremešić, S., Milošev, D. (2008): Prinos ozime pšenice u zavisnosti od uslova godine i nivoa đubrenja azotom. XIII Savetovanje o biotehnologiji, Čačak, Zbornik radova, vol. 13 (14), 135-141.
14. Malešević, M., Starčević, L.J., Milošev, D., (1994): Uslovi gajenja i tehnologija proizvodnje strnih žita. Poglavlje monografije "Mehanizovana proizvodnja strnih žita", (Ed. T. Furman), Institut za polj. tehniku, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, 1-17.
15. Ortiz-Monasterio J.I. (2002): Nitrogen management in irrigated spring wheat In: Bread Wheat: Improvement and Production (Eds.: Curtis, B.C., Rajaram, S., Macpherson, G.H.). FAO Plant Production and Protection Series No. 30, Rome, Italy. 433-452.
16. Ortiz-Monasterio, J.I., Manske, G.G.B., van Ginkel, M. (2001): Nitrogen and Phosphorus Use Efficiency. In: Reynolds, M.P., Ortiz-Monasterio, J.I., and McNab A. (eds.): Application of Physiology in Wheat Breeding. Mexico, D.F.: CIMMYT. 200-207.
17. Pepó, P. (2007): The role of fertilization and genotype in sustainable winter wheat (*Triticum aestivum* L.) production. Cereal Research Communications. 35 (2), 917-920.
18. Raun, W.R., Gordon, V.J. (1999): Improving Nitrogen Use Efficiency for Cereal Production. Agron. J. 91: 357-363.
19. Sarić, M., Jocić, B. (1993): Biološki potencijal gajenih biljaka u agrofitocenozi u zavisnosti od mineralne ishrane. Srpska akademija nauka i umetnosti, posebna izdanja, Beograd, 1993, knjiga 68, 1-135.
20. Sarić, M., Jocić, B., Kovačev-Đolai M. (1973): Proučavanje efekta mineralne ishrane kod različitih sorti pšenice. Savremena poljoprivreda, br. 9-10, 1-12.
21. Sarić, M., Kovačević, B. (1981): Sortna specifičnost mineralne ishrane pšenice. Fiziologija pšenice, SANU, posebna izdanja, Beograd, knjiga 53, 61-79.
22. Sieling, K., Schroder, H., Finck, M., Hanus, H. (1998): Yield, N uptake, and apparent N-use efficiency of winter wheat and winter barley grown in different cropping systems. Journal of Agricultural Science, 131: 375-387.
23. Vrkoč, F., Vach, M., Veleta, V. (2002): Influence of different cultivation factors on the yield structure and on changes of soil properties. Rostl. Vyr. 48, 208-211.
24. Vuković, I., Mesić, M., Zgorelec, Z., Jurišić, A., Sajko, K. (2008): Nitrogen Use Efficiency in Winter Wheat. Cereal Research Communications, Vol. 36 (Suppl.), 1199-1202.
25. Xie, W., Wang, G., Zhang, Q., Guo, H. (2007): Effects of nitrogen fertilization strategies on nitrogen use efficiency in physiology, recovery, and agronomy and redistribution of dry matter accumulation and nitrogen accumulation in two typical rice cultivars in Zhejiang, China. Journal of Zhejiang University Science B, 8(3): 208-216.

EFFICIENCY OF WHEAT MINERAL NUTRITION DEPENDING ON INTENSITY OF FERTILIZATION

by

*G. Jaćimović, M. Malešević, V. Aćin, B. Marinković, J. Crnobarac
Dragana Latković, Darinka Bogdanović, B. Pejić*

SUMMARY

Effects of mineral nutrition efficiency of wheat have been studied at the stationary field trial of the Institute of Field and Vegetable Crops in Rimski Šančevi for two years (2008/09 and 2009/10). In this paper, average yields from 20 treatments of increasing doses of nitrogen, phosphorus and potassium nutrients are presented and the agronomic efficiency of applied nutrients is calculated.

Nitrogen had a most significant impact on the yield of wheat. The largest yield increase with the one kilogram of nutrients applied was with nitrogen (on average for two years 32.20 kg grain/1 kg of N applied), phosphorus (10.52 kg grain/kg P₂O₅), and lowest for potassium (5.85 kg grain/kg K₂O). Agronomic efficiency of nitrogen tended to decrease with increasing amounts of N-nutrients applied. The best efficiency of applied nitrogen fertilizers was on treatment with 50 kg N ha⁻¹.

Key words: wheat, yield, nitrogen, phosphorus, potassium, mineral nutrition efficiency.

Rad je nastao kao rezultat aktivnosti na projektu «Savremeno oplemenjivanje strnih žita za sadašnje i buduće potrebe» iz programa tehnološkog razvoja Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije (TR 031066, rukovodilac dr Nikola Hristov, Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad).

Primljeno: 10.10.2011.

Prihvaćeno: 21.10.2011.