



Efikasnost hraniva u formiranju prinosa pšenice

Goran Jaćimović^{a*}, Vladimir Aćin^b, Jovan Crnobarac^a, Dragana Latković^a

^aUniverzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, Srbija

^bInstitut za ratarstvo i povrtarstvo, Odeljenje za strna žita, Novi Sad, Srbija

*Autor za kontakt: jgoran@polj.uns.ac.rs

SAŽETAK

Istraživanje efikasnosti mineralne ishrane ozime pšenice u tri proizvodne godine izvedeno je na dugotrajnom poljskom ogledu na Institutu za ratarstvo i povrtarstvo, na Rimskim Šančevima. U radu su prikazani rezultati uticaja mineralne ishrane na prinos zrna ozime pšenice na 20 različitih tretmana đubrenja rastućim količinama i odnosima azota, fosfora i kalijuma i agronomska efikasnost primenjenih hraniva. Najveće povećanje prinosa zrna sa jednim kilogramom upotrebljenog hraniva bilo je kod azota (33,89 kg zrna/1 kg N, u proseku za tri godine), zatim primenom fosfora (9,11 kg zrna/1 kg P₂O₅) i kalijuma (3,01 kg zrna/1 kg K₂O). Agronomska efikasnost azota varirala je u zavisnosti od vremenskih uslova godine, ali je u svim analiziranim godinama kao i u proseku, imala tendenciju smanjenja sa povećanjem intenziteta đubrenja azotom.

KLJUČNE REČI

pšenica, prinos, đubrenje, azot, efikasnost hraniva

Uvod

Nedostatak, tako i suvišak hraniva može da izazove smanjenje prinosa pšenice. Upotreba većih količina đubriva nego što je to potrebno ne samo da je ekonomski neceleshodno sa stanovišta direktnih ulaganja, već kod velikog broja biljnih vrsta i sorata ovakve doze mogu da budu i štetne (poleganje i intenzivnija pojava bolesti 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 naročito azota kod ozime pšenice vredan je indikator za racionalno N-đubrenje. Termin "efikasnost primene azota" ima nekoliko definicija i postupaka izvođenja, u zavisnosti od svrhe istraživanja (Dobermann, 2005). 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 (Craswell and Godwin, 1984; Dobermann, 2005):

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

gde 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 1 kg 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 (Nitrogen Use Efficiency) u proizvodnji žitarica iznosi 33%.

Materijal i metod

Ispitivanje efikasnosti mineralne ishrane pšenice izvedeno je na višegodišnjem stacioniranom ogledu, zasnovanom 1965/66. godine na oglednom polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, na Rimskim Šančevima. Ogled je postavljen u plodoredu sa četiri biljne vrste (4 polja): šećerna repa, kukuruz,

suncokret i pšenica; na parceli gde je prethodno gajena lucerka u toku tri godine. U ovom istraživanju prikazani su rezultati iz tri proizvodne godine – 2010/11-2012/13.

Zemljište na kome je ogled izveden pripada tipu černoze (red automorfni zemljišta), klase A-C (humusno-akumulativna zemljišta), podtip černoze na lesu i lesolikim sedimentima, varijetet karbonatni, forma srednje dubok. Reakcija zemljišta bila je blago alkalna (pH u H₂O=7,64), srednje je obezbeđeno humusom (3,27%) i lakopristupačnim fosforom (15,98 mg/100 g zemljišta), a veoma dobro lakopristupačnim kalijumom (25,64 mg/100 g zemljišta).

Ogled je organizovan u 4 odvojena polja na kojima se svake godine smenjuju 4 kulture, pri čemu svako od njih zahvata površinu od 68 x 270 m. Polja su po dužini izdvojena na 4 ponavljanja, sa po 20 eksperimentalnih parcelica dimenzija 17x13,5 m 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). Varijante đubrenja u ogledu bile su sledeće:

- | | |
|--|--|
| 1. Kontrola (neđubrena parcela) | 11. N ₂ P ₁ K ₁ |
| 2. N ₂ | 12. N ₂ P ₂ K ₁ |
| 3. P ₂ | 13. N ₂ P ₂ K ₂ |
| 4. K ₂ | 14. N ₂ P ₃ K ₁ |
| 5. N ₂ P ₂ | 15. N ₂ P ₃ K ₃ |
| 6. N ₂ K ₂ | 16. N ₃ P ₁ K ₁ |
| 7. P ₂ K ₂ | 17. N ₃ P ₂ K ₁ |
| 8. N ₁ P ₁ K ₁ | 18. N ₃ P ₂ K ₂ |
| 9. N ₁ P ₂ K ₁ | 19. N ₃ P ₃ K ₂ |
| 10. N ₁ P ₂ K ₂ | 20. N ₃ P ₃ K ₃ |

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 (početkom marta meseca) a kod drugih biljnih vrsta pred setvu. Za ovo istraživanje odabrana je jedna od trenutno najzastupljenijih sorti ozime pšenice u proizvodnji u Vojvodini – Zvezdana.

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 (05-25. oktobar), na razmak između redova od 12,5 cm. Za setvu je korišćena količina semena od 500 klijavih zrna po m². Hemijska zaštita useva (primena fungicida) vršena je sporadično, prema potrebi, odnosno samo ukoliko je to bilo neophodno.

Tabela 1

Uslovi padavina i temperatura na Rimskim Šančevima u periodu vegetacije ozime pšenice

Table 1

Precipitation and temperature conditions at Rimski Šančevi during winter wheat vegetation period

Godina	Mesec										Veg.per. (X-VI)	Razlika od VP ¹
	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.			
T(°C)	2010/2011	9,1	9,5	0,8	0,1	-0,2	6,0	13,2	16,8	20,9	8,5	0,2
	2011/2012	10,7	2,8	4,2	2,0	-5,0	8,0	13,0	17,2	22,5	8,4	0,1
	2012/2013	13,6	10,0	1,0	3,1	5,8	6,0	13,4	18,1	20,4	10,2	1,9
	VP	11,5	6,1	1,4	-0,4	1,5	6,3	11,4	16,9	20,0	8,3	-
P(mm)	2010/2011	67	47	64	25	37	26	23	63	37	389	-63
	2011/2012	35	2	49	43	67	4	83	51	31	365	-87
	2012/2013	49	36	55	60	1	68	30	118	126	543	91
	VP	47	50	50	39	34	38	48	60	87	452	-

¹VP – višegodišnji prosek (1964-2012)

Vremenski uslovi u 2010/11. i 2011/12. godini ukazuju da su obe godine bile umereno sušne, uglavnom zahvaljujući malim količinama padavina u martu - na početku prolećnog buđenja vegetacije, ali i junu - u periodu nalivanja i sazrevanja zrna. U poređenju sa VP, u 2010/11. vegetacionoj sezoni bilo je svega 389 mm padavina, odnosno za 63 mm manje u poređenju sa VP (452 mm). U 2011/12. godini u vegetacionom periodu u odnosu na VP količina padavina takođe je bila manja za 87 mm. Prosečni temperaturni uslovi u ove dve godine bili su na nivou VP; sa većim odstupanjima u novembru i decembru, što nije moglo značajnije ugroziti ozimu pšenicu. Međutim, toplotni uslovi u aprilu, u vreme intenzivnog porasta (vlatanja) pšenice bili su povišeni za oko 2 °C; što je uz sušan mart i jun 2012. godine moglo uticati na značajnije smanjenje prinosa u ovoj godini. Proizvodnu 2012/13. godinu karakterisali su znatno povoljniji padavinski i toplotni uslovi u prolećnom delu vegetacije, te rani početak vegetacije, što je uz obilne padavine u V i VI uticalo na značajno povećanje prinosa zrna.

Rezultati i diskusija

Prosečan prinos pšenice u 3 analizirane godine iznosio je 5,68 t ha⁻¹, sa variranjem od 2,86-6,94 t ha⁻¹ (tabela 2.). Srednje apsolutno odstupanje prinosa po godinama i varijantama đubrenja od opšteg proseka ogleda (standardna devijacija ogleda) iznosilo je ±1,41 t ha⁻¹; odnosno srednje relativno odstupanje (CV) iznosilo je 25%.

Uticaj đubrenja na prinos pšenice bio je veoma izražen u sve tri godine. Najmanji prinosi, značajno niži od svih ostalih varijanti, ostvareni su na varijantama bez upotrebe mineralnih đubriva ili upotrebom samo K ili P i na varijanti P₂K₂.

Ukoliko se posmatra efekat *pojedinačne primene hraniva*, može se uočiti da je N imao značajno najveći uticaj na prinos. U proseku za sve tri godine, đubrenje samo azotom (varijanta N₂) povećalo je prinos u odnosu na kontrolnu varijantu za 2,88 t ha⁻¹ (101%). Đubrenje samo fosforom (P₂) povećalo je prinos za 380 kg ha⁻¹, odnosno za 13%, dok đubrenje samo K nije imalo 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 N₂P₂) imalo prednost u odnosu na kombinovanu upotrebu N i K (N₂K₂). Obe ove varijante, međutim, bile su značajno bolje od varijante P₂K₂.

Najveći prinos zrna u ogledu (6,94 t ha⁻¹) dobijen je na varijanti N₃P₃K₂; i ostalim *trojnim varijantama* đubrenja sa najvećim ili srednjim dozama azota, bez obzira na količine P, a naročito K. Pri đubrenju sa sva tri hraniva pri srednjim i visokim količinama azota (sve varijante N₂P_xK_x i N₃P_xK_x; izuzimajući N₂P₁K₁) prinos je varirao u rasponu od 6,59-6,94 t ha⁻¹; odnosno svega 350 kg. Statistička analiza nije pokazala postojanje značajnih razlika između ovih varijanti, te povećane doze hraniva u ovim slučajevima sa ekonomskog stanovišta u proizvodnji pšenice nisu ekonomski opravdane.

U svim analiziranim godinama, kao i u proseku godina, postojala je visoka i statistički značajna korelativna veza između ishrane azotom i prinosa (r=0,72-0,94). Između ishrane fosforom i prinosa pšenice uočene su značajne korelacije srednje jačine (r=0,43-0,59), dok između upotrebe kalijuma i prinosa pšenice nisu utvrđene statistički značajne korelacije.

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 od 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 3.

Tabela 2

Uticaj mineralne ishrane na prinos zrna pšenice (t ha⁻¹)

Table 2

The effect of mineral nutrition on wheat grain yield (t ha⁻¹)

Varijanta ishrane	kg ha ⁻¹			Godine			Prosek 2011-2013
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	2011	2012	2013	
Ø	0	0	0	1,71	1,80	5,07	2,86
N ₂	100	0	0	4,40	5,73	7,07	5,73
P ₂	0	100	0	2,25	1,42	6,05	3,24
K ₂	0	0	100	2,01	1,82	5,31	3,04
N ₂ P ₂	100	100	0	5,31	6,44	7,35	6,36
N ₂ K ₂	100	0	100	4,76	5,49	7,01	5,75
P ₂ K ₂	0	100	100	2,67	2,08	5,08	3,28
N ₁ P ₁ K ₁	50	50	50	3,73	4,83	7,21	5,26
N ₁ P ₂ K ₁	50	100	50	4,48	4,80	7,69	5,65
N ₁ P ₂ K ₂	50	100	100	4,43	4,52	7,37	5,44
N ₂ P ₁ K ₁	100	50	50	5,18	5,76	7,80	6,25
N ₂ P ₂ K ₁	100	100	50	5,78	6,25	7,77	6,60
N ₂ P ₂ K ₂	100	100	100	6,13	6,23	7,64	6,67
N ₂ P ₃ K ₁	100	150	50	6,03	6,44	7,58	6,68
N ₂ P ₃ K ₃	100	150	150	6,38	6,39	7,92	6,90
N ₃ P ₁ K ₁	150	50	50	6,18	6,32	7,27	6,59
N ₃ P ₂ K ₁	150	100	50	6,39	6,45	7,42	6,75
N ₃ P ₂ K ₂	150	100	100	6,31	6,76	7,25	6,77
N ₃ P ₃ K ₂	150	150	100	6,80	6,63	7,40	6,94
N ₃ P ₃ K ₃	150	150	150	6,55	6,52	7,15	6,74
Prosek:				4,87	5,13	7,02	5,68
Max				6,80	6,76	7,92	6,94
Min				1,71	1,42	5,07	2,86
Max-Min				5,08	5,34	2,86	4,08
SD				1,63	1,84	0,90	1,41
CV (%)				34	36	13	25
		LSD	0,05	0,62	0,60	0,71	0,58
			0,01	0,86	0,84	1,01	0,73
		r	N	0,94*	0,93*	0,72*	0,92*
			P ₂ O ₅	0,59*	0,43*	0,45*	0,51*
			K ₂ O	0,39	0,25	0,16	0,29

*Vrednosti značajne na pragu α=0,05

Iz dobijenih podataka uočava se da je najveće povećanje prinosa sa jednim kilogramom upotrebljenog hraniva bilo kod azota (prosečno za 3 godine 33,89 kg zrna/1 kg N); zatim fosfora (9,11 kg/1 kg P₂O₅), a najmanje kod kalijuma (3,01 kg zrna/1 kg K₂O). Niske vrednosti dobijene kod kalijuma ukazuju na dobru obezbeđenost zemljišta u ovom elementu.

Tabela 3

Povećanje prinosa zrna sa 1 kg primenjenog hraniva

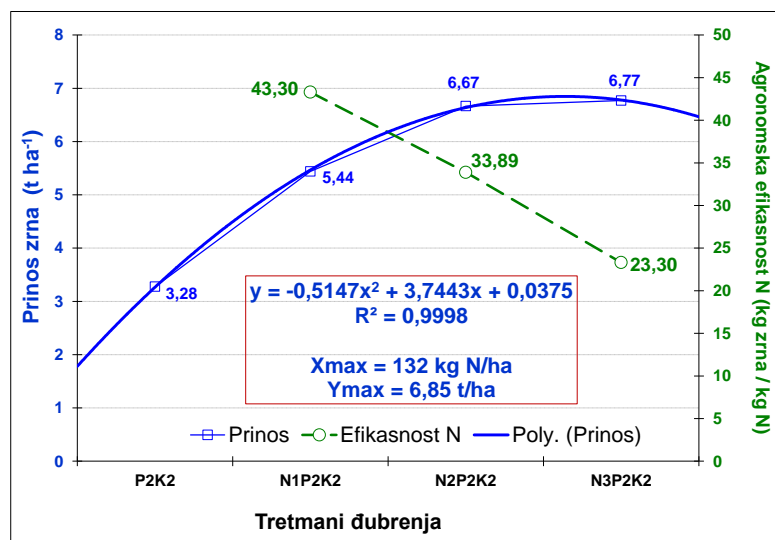
Table 3

Grain yield increasing with 1 kg of nutrients applied

Godina	Prinos zrna (t ha ⁻¹)				Povećanje prinosa sa 1 kg a.m. primenjenog hraniva (kg zrna / 1 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
2011	6,13	2,67	4,76	5,31	34,58	13,62	8,17
2012	6,23	2,08	5,49	6,44	41,55	7,46	-2,03
2013	7,64	5,08	7,01	7,35	25,54	6,26	2,88
Average	6,67	3,28	5,75	6,36	33,89	9,11	3,01

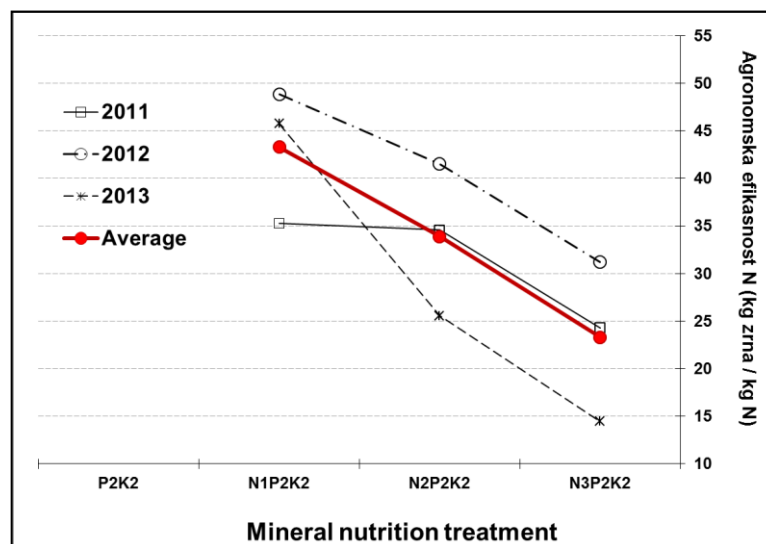
Uticaj intenziteta đubrenja azotom na njegovu efikasnost:

Jedan od glavnih zadataka ovog rada bio je da se ispita kako različito N-đubrenje utiče na prinos zrna i efikasnost iskorišćavanja azota. 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 P_2K_2 (uzeto kao kontrolna varijanta) i $N_1P_2K_2$, $N_2P_2K_2$ i $N_3P_2K_2$. Iz prikazanih podataka na Graf. 1, uočava se da je prosečno povećanje prinosa sa jednim kilogramom upotrebljenog azota bilo najveće na varijanti $N_1P_2K_2$ (43,30 kg zrna/1 kg N), zatim na varijanti sa srednjom (33,89 kg/kg N), i najmanje na varijanti sa najvećom primenjenom dozom azota ($N_3P_2K_2$; 23,30 kg zrna/1 kg N).



Grafikon 1. Uticaj rastućih količina N na prinos zrna i povećanje prinosa sa 1 kg primenjenog azota – agronomska efikasnost azota, prosečne vrednosti za 3 godine

Figure 1. The effects of increased amounts of N on grain yield and yield increasing with 1 kg of nitrogen applied - agronomic N efficiency, average results for 3 years



Grafikon 2. Efekat rastućih količina N na povećanje prinosa zrna sa 1 kg upotrebljenog azota - AE_N , rezultati za sve tri godine

Graph 2. The effects of increased amounts of N on yield increasing with 1 kg of nitrogen applied - AE_N , results for all three years

Agronomska efikasnost azota bila je različita po analiziranim godinama, kao što se može uočiti sa Graf. 2; sa najvećim vrednostima AE_N u proizvodnoj 2011/12. godini, a nižim od prosečnih vrednosti u 2012/13. godini. Razlike se donekle mogu objasniti klimatskim uslovima; odnosno u proizvodnoj 2011/12. februarske zalihe vlage uticale su na brzo usvajanje azota datog u prihranjivanju. Iako je mart bio sušan, veći deo primenjenog N je već bio usvojen, a intenzivnije usvajanje N nastavilo se i u vlažnom aprilu i maju. Za razliku od ove, u ekstremno vlažnoj proizvodnoj 2012/13. godini vrlo je verovatno da je došlo do većih gubitaka primenjenog azota usled njegovog ispiranja u dublje slojeve zemljišta.

Agronomska efikasnost azota je, kako u pojedinim godinama, tako i u proseku za sve 3 godine imala tendenciju smanjenja sa povećanjem primenjenih doza N. Najveća efikasnost primenjenih N-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 prinos pšenice i efikasnost iskorišćenja azota, posebno se racionalnom izdvaja varijanta sa primenom srednje doze azota (100 kg N ha^{-1} ; odnosno varijanta $N_2P_2K_2$).

Pri srednjim količinama od po 100 kg ha^{-1} fosfora i kalijuma (Grafikon 1), najniža doza azota ($N_1P_2K_2$) povećala je prinos zrna za $2,16 \text{ t}$ u odnosu na varijantu P_2K_2 ; koja je uzeta kao varijanta za poređenje. Naredna doza azota povećala je prinos za dodatnih $1,23 \text{ t}$ zrna, dok je najveća doza N (varijanta $N_3P_2K_2$) uticala na neznatno dalje povećanje prinosa od 100 kg ha^{-1} . Uticaj rastućih doza N na visinu prinosa bio je dakle zasićujući; odnosno pratio je oblik krive kvadratne regresije ($R^2=0,99$). Na osnovu jednačine ove regresije, pri srednjim dozama P i K od po 100 kg ha^{-1} , teoretski maksimalni regresiono uprosečeni prinos zrna od $6,85 \text{ t ha}^{-1}$ može se ostvariti đubrenjem sa 132 kg N ha^{-1} (Grafikon 1).

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 $18,7 \text{ kg}$ zrna. Slično našim rezultatima, Vuković et al. (2008) za uslove Hrvatske navode da se vrednost NUE smanjivala sa pojačanim N-đubrenjem. NUE vrednosti su varirale od $9,21 \text{ kg kg}^{-1}$ pri primeni 300 kg N ha^{-1} do $24,13 \text{ kg kg}^{-1}$ 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 bio uslovljen tipom zemljišta i klimatskim faktorima; padavinama i temperaturama u toku vegetacije (Vuković et al. 2008). Takođe, i prema Hatfield and Prueger (2004) efikasnost korišćenja N od strane biljaka zavisila je od vlažnosti zemljišta i dostupnosti N tokom vegetacione sezone. Kao i u našim istraživanjima, i 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.

Zaključci

U trogodišnjem istraživanju, N je imao značajno najveći uticaj na prinos ozime pšenice. Đubrenje samo azotom povećalo je prinos u odnosu na kontrolnu varijantu za preko 100%, dok đubrenje samo kalijumom nije imalo uticaja na prinos. Đubrenje dvojnim kombinacijama - sa N i P imalo je značajnu prednost u odnosu na kombinovanu upotrebu N i K, a obe ove varijante bile su bolje od varijante PK.

Najveći prinos zrna u ogledu dobijen je na varijanti $N_3P_3K_3$; ali su visoki prinosi dobijani i na svim 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 regresiono uprosečenim prinosom zrna od $6,85 \text{ t ha}^{-1}$ koji se može ostvariti đubrenjem sa oko 130 kg N ha^{-1} .

Literatura

- 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.
- 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.
- Hatfield, J.L., Prueger, J.H. 2004. Nitrogen Over-use, Under-use, and Efficiency. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress.
- Kunzova, E., Hejcman, 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.
- 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.
- 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.
- Pepó, P. 2007. The role of fertilization and genotype in sustainable winter wheat (*Triticum aestivum* L.) production. Cereal Research Communications. 35 (2), 917-920.
- Raun, W.R., Gordon, V.J. 1999. Improving Nitrogen Use Efficiency for Cereal Production. Agron. J. 91: 357–363.
- 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.
- 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.

Efficiency of nutrients in formation of wheat yield

Goran Jaćimović^{a*}, Vladimir Aćin^b, Jovan Crnobarac^a, Dragana Latković^a

^aUniversity of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Department of Field and Vegetable crops, Novi Sad, Serbia

^bInstitute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Serbia

*Corresponding author: jgoran@polj.uns.ac.rs

ABSTRACT

Research on efficiency of mineral nutrition of winter wheat in three production years were carried out on long-term field experiment at the Institute of Field and Vegetable Crops at Rimski Šančevi, Novi Sad, Serbia. This paper presents the results about effects of mineral nutrition on grain yield of winter wheat in 20 different fertilization treatments with increasing rates of nitrogen, phosphorus and potassium, and agronomical use efficiency of the applied fertilizers. As expected, nitrogen had significantly highest impact on the wheat yield. The highest increase in the grain yield with one kilogram of the fertilizer used was with nitrogen (33.89 kg of grain/1 kg of N, in average for three years), followed by phosphorus (9.11 kg of grain/1 kg of P₂O₅), and potassium (3.01 kg grain/1 kg of K₂O). Agronomical nitrogen use efficiency differed depending upon weather conditions of the year, but in all analysed years as well as in average, it had tendency to decrease if intensity of fertilization increased.

KEY WORDS

wheat, yield, fertilization, nitrogen, nutrient efficiency

Primljen: 05.12.2016.

Prihvaćen: 21.12.2016.