



Sortna specifičnost mineralne ishrane i efikasnosti NPK hraniva u formiranju prinosa ozime pšenice

Jaćimović Goran^a, Aćin Vladimir^{b*}, Crnobarac Jovan^a, Latković Dragana^a, Visković Jelena^a, Milan Miroslavljević^b, Ljiljana Brbaklić^b

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

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

* Autor za kontakt: vladimir.acin@nsseme.com

SAŽETAK

Cilj istraživanja je bio analiza prinosa zrna pšenice na 20 varijanti đubrenja rastućim dozama i kombinacijama azota, fosfora i kalijuma, ispitivanje agronomske efikasnosti primene NPK hraniva u formiranju prinosa kod pet sorti ozime pšenice, kao i uticaja intenziteta đubrenja na efikasnost primenjenog azota. Ispitivanje efikasnosti mineralne ishrane izvedeno je u toku proizvodne 2017/18. godine na višegodišnjem stacioniranom ogledu na oglednom polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, na Rimskim Šančevima. Uticaj đubrenja na prinos pšenice je bio veoma izražen kod svih sorti. Najmanji prinosi ostvareni su bez upotrebe đubriva ili upotrebom samo K, zatim i na kombinaciji PK ili samo P. Azot je imao značajno najveći uticaj na prinos. U proseku za sve sorte, đubrenje samo azotom (varijanta N₁₀₀) povećalo je prinos u odnosu na kontrolnu varijantu za 92%. Najveći prinos zrna dobijen je na varijanti N₁₅₀P₁₀₀K₅₀; ali su statistički podjednako visoki prinosi 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. Sorta NS Mila imala je najveću pozitivnu reakciju na primenjena hraniva. Agronomska efikasnost iskorišćenja azota je imala tendenciju smanjenja sa povećanjem primenjenih doza N. Najveću agronomsku efikasnost iskorišćenja azota imale su sorte NS Mila i NS Futura, dok su sorte NS Obala i naročito NS Iliina imale najniže vrednosti ovog parametra.

KLJUČNE REČI: pšenica, đubrenje, azot, efikasnost hraniva, prinos

Uvod

Postizanje visokih i stabilnih prinosa novih intenzivnih sorti ozime pšenice visokog genetičkog potencijala rodnosti je u direktnoj vezi sa razvojem mehanizacije i hemizacije, naročito većom upotrebom mineralnih đubriva. Napredovanje genetike i oplemenjivanja dovelo je do stvaranja visokoproduktivnih sorti pšenice koje su omogućile znatan porast prinosa po jedinici površine (Malešević i sar., 2012). U prošlosti ovakva dostignuća su bila dovoljna kako bi se rešio problem proizvodnje hrane za konstantno rastuću ljudsku populaciju, međutim danas se broj ljudi ekspanzivno povećava, te ako se ovaj trend nastavi u skorijem periodu čovečanstvo se može suočiti sa nestašicom hrane. S obzirom na to, nauka stalno mora da pronalazi nova inovativna rešenja, odnosno da radi na intenziviranju poljoprivredne proizvodnje jer u svetu postoji još samo oko 10% potencijalno obradivih površina. Uzimajući u obzir geografski položaj i agroekološke uslove (naročito Vojvodine), neminovno se nameće pitanje uzroka niskih prinosa pšenice u našoj zemlji. Pored toga, uočeno je i veliko međugodišnje variranje prinosa, što ukazuje da su prinosi, a time i proizvodnja, još uvek u velikoj zavisnosti od vremenskih uslova tokom godine (Malešević i sar., 2008; Denčić i sar., 2009). Prema navedenim autorima, uzroke niskih prinosa pre svega treba tražiti u neadekvatnoj agrotehnici, čiji je zadatak da ublaži limitirajuće faktore spoljne sredine. Autori ističu da u daljim nastojanjima za povećanjem proizvodnje pšenice čovek na raspolaganju ima dva faktora: sortu kao biološko sredstvo, te tehnologiju gajenja kao tehnološko rešenje koje omogućuje različit stepen ekspresije genetskog potencijala sorte.

Veliki je broj hranljivih elemenata koje biljke usvajaju korenovim sistemom iz zemljišta, ali se kao najvažniji svakako mogu izdvojiti makroelementi azot (N), fosfor (P) i kalijum (K). Ova tri hranljiva elementa potrebno je u određenim količinama i odnosima unositi uglavnom svake godine, na svim tipovima zemljišta, bez obzira da li se radi o direktnom unošenju hraniva ili pod neku prethodnu kulturu. Mineralna ishrana mora se prilagođavati agroekološkim uslovima u kojima se strna žita gaje. Optimalna mineralna ishrana umanjuje nepovoljne efekte klimatskih činilaca na biljke, jača njihovu otpornost na stresne uslove, posebno na sušu, niske i visoke temperature, prisustvo patogena i sl.

Pun efekat NPK hraniva može se ostvariti samo ako su i drugi faktori koji utiču na prinos dovedeni u optimum (Starčević i sar., 2006). Ovo se posebno odnosi na azot jer on najviše utiče na prinos kao i na kvalitet zrna, ali i zbog njegove velike mobilnosti u zemljištu.

Ozima pšenica koristi relativno velike količine mineralnih elemenata u toku vegetacije i ima visoke zahteve prema plodnosti zemljišta (Malešević, 2008). Od makroelemenata koje usvaja iz zemljišta pšenica koristi najviše azota, nešto manje kalijuma, znatno manje fosfora i još manje sumpora, magnezijuma i kalcijuma. Od navedenih elemenata, u našim uslovima pšenici u većoj meri najčešće nedostaju azot i fosfor, a znatno manje kalijum, izuzev na lakšim zemljištima. Posebno je mali udeo glavnih hranljivih elemenata u oblicima lakopristupačnim za biljke. Zbog toga pšenica veoma pozitivno reaguje na primenu mineralnih đubriva, te se naročito na manje plodnim zemljištima optimalnim količinama i načinom mineralne ishrane prinosi mogu povećati i dva do tri puta. Poznavanje zahteva biljaka, dinamike usvajanja pojedinih hraniva u toku vegetacije i njihove uloge u formiranju pojedinih biljnih organa je ključno za utvrđivanje vremena i načina primene hraniva. Pri tome je veoma važno poznavanje kritičnih perioda u toku vegetacije, kada su potrebe u hranivima najveće i kada njihov eventualni nedostatak izaziva najveći uticaj na smanjenje prinosa (Aćin i sar., 2013).

Količine hraniva koje pšenica iznosi prinosima iz zemljišta mogu da budu vrlo različite jer zavise od velikog broja faktora. Kastori i sar. (1991) navode da pšenica za prinos zrna od 5 t i odgovarajuću masu slame iz zemljišta iznosi oko 120 kg N, 90 kg P₂O₅ i 80 kg K₂O. Stoga, pri gajenju pšenice, a u zavisnosti od plodnosti zemljišta i genotipa (sorte), autori preporučuju u proseku od 80-130 kg ha⁻¹ azota, 70-110 kg P₂O₅ i 80-100 kg K₂O po hektaru. Malešević i sar. (2008a) navode sumirane podatke više autora, prema kojima prosečne potrebe ozime pšenice za hranivima (izražene u kg t⁻¹ zrna i odgovarajuće količine slame) iznose 25-35 kg N, 7-14 kg P₂O₅, 20-25 kg K₂O, 4-8 kg CaO i 2-5 kg Mg. Autori napominju da su različiti podaci koji se navode u literaturi posledica različitih uslova izvođenja ogleada, klimatskih i zemljišnih činilaca ili ostvarenih nivoa prinosa.

Brojne studije su pokazale da se rast i produkcija biljaka povećavaju sa primenom đubriva do određenog nivoa, a zatim generalno, đubrenje više nema pozitivnog uticaja, i pri veoma visokim nivoima primene može doći do redukcije prinosa (Halvorson et al., 1987). Tako na primer, pri suvišku azota može doći do poleganja pšenice i povećanja osetljivosti prema gljivičnim infekcijama, suvišak kalijuma može da smanji usvajanje drugih katjona čiji nedostatak smanjuje prinos, dok višak fosfora smanjuje pristupačnost teških metala, naročito Zn (Bogdanović i sar., 2005).

Rezultati dosadašnjih istraživanja govore da se prilikom planiranja prinosa mora voditi računa o svim parametrima koji utiču na prinos (Aćin i sar., 2017); naročito o količinama i odnosima hraniva u konkretnim agroekološkim uslovima (Jaćimović et al., 2014). Polazna osnova pri tome je planirana visina prinosa, odnosno količine pojedinih hraniva koje biljka treba da usvoji da bi se taj prinos postigao. Razliku između potrebnih i raspoloživih količina treba korigovati prema osobinama zemljišta i klimatskim uslovima. Pri ovome posebno treba uzeti u obzir rezultate ogleada sa đubrenjem u poljskim uslovima, u čemu ogromnu važnost imaju dugotrajni stacionarni poljski ogleadi (Kunzova and Hejzman, 2009; Jaćimović et al., 2018). Realni podaci dobijeni u dugotrajnim eksperimentima su nezamenljivi i u modeliranju i predviđanju prinosa u promenljivim zemljišnim i klimatskim uslovima (Merbach and Deubel, 2008; Sadej and Przekwas, 2008).

Cilj istraživanja bio je analiza prinosa zrna pšenice na 20 varijanti đubrenja rastućim dozama i kombinacijama azota, fosfora i kalijuma, te ispitivanje agronomske efikasnosti primene NPK hraniva u formiranju prinosa kod pet sorti ozime pšenice, kao i uticaja intenziteta đubrenja na efikasnost primenjenog azota u proizvodnoj 2017/18. godini.

Material i metod rada

Ispitivanje efikasnosti mineralne ishrane pšenice izvedeno je u toku proizvodne 2017/18. godine na višegodišnjem stacioniranom ogledu, zasnovanom 1965/66. godine na ogleđnom polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, na Rimskim Šančevima. Ogleđ 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. Zemljište na kome je ogleđ 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 (pH u KCl=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).

Ogleđ 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 17 x 13,5 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 (faktor A) 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.

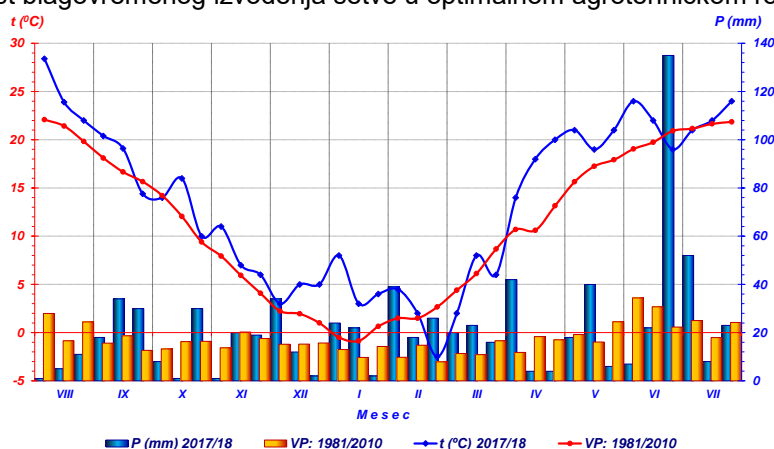
Na ogledu se pri gajenju pšenice u svim godinama primenjuje standardna agrotehnika za agroekološke uslove Vojvodine. Krajem oktobra 2017. godine izvršena je klasična osnovna obrada oranjem na dubinu od 25 cm, a predsetvena priprema setvospremačem izvršena je dan nakon oranja. Celokupna količina P₂O₅ i K₂O, kao i polovina N đubriva primenjena je neposredno pre osnovne obrade. Druga polovina azotnih đubriva upotrebljena je kod pšenice za jedno prihranjivanje (sredinom marta) a kod ostalih jarih biljnih vrsta pred setvu. Setva pšenice je obavljena 03. novembra 2017. godine, na razmak između redova sa kontinuiranom setvom od 12,5 cm, sa gustinom setve od 500 klijavih zrna po m². U jesen u fazi 1-2 lista primenjen je zemljišni herbicid Stomp. Zaštita useva izvršena je 19. aprila 2018. godine fungicidom Oziris, herbicidom Stockstar i insekticidom Vantex.

Objekat istraživanja u radu bile su pet novosadskih sorti pšenice (faktor B): NS Futura, NS Mila, NS Ilina, NS Obala i NS Javorka.

Dobijeni rezultati ostvarenih prinosa zrna pri različitom đubrenju statistički su obrađeni metodom analize varijanse dvofaktorijskog split-plot ogleda, a značajnost razlika sredina tretmana testirana je LSD testom na pragovima značajnosti 1 i 5%.

Vremenski uslovi u proizvodnji 2017/18. godini

Poznato je da je intenzitet svih životnih procesa, te u krajnjem i prinos biljaka, veoma zavisao od agroekoloških uslova. Efekat primenjenih agrotehničkih mera, naročito upotrebe mineralnih đubriva u tesnoj je vezi sa faktorima životne sredine. Stoga, potencijalna biološka produktivnost gajenih biljaka zavisi prvenstveno od agroekoloških uslova rejona ili čak užeg mikro-lokaliteta. Agroekološki uslovi su brojni i deluju međusobno povezano. U ovom delu iznete su osnovne karakteristike dominantnih (po intenzitetu uticaja na gajene biljke) uslova lokaliteta - vrednosti temperature i količina padavina na Rimskim Šančevima. Na Grafikonu 1. prikazane su dekadne vrednosti temperature i količina padavina po mesecima tokom vegetacije ozime pšenice na Rimskim Šančevima u proizvodnji 2017/18. godini i upoređene sa višegodišnjim prosečnim vrednostima. Grafikon je dopunjen i sa dva predsetvena meseca (avgust i septembar) jer je poznato da uslovi vlažnosti u ovim mesecima mogu značajno da utiču na mogućnost blagovremenog izvođenja setve u optimalnom agrotehničkom roku.



Grafikon 1. Uslovi padavina i temperatura na Rimskim Šančevima u periodu vegetacije pšenice.
Figure 1. Precipitation and temperature conditions at Rimski Šančevi during wheat vegetation period.

Temperaturni uslovi u mesecu setve - oktobru bili su iznad višegodišnjeg proseka i povoljni za izvođenje setve, ali se takođe u prve dve dekade oktobra zapaža značajan manjak padavina neophodnih za bubrenje, klijanje i nicanje pšenice (Grafikon 1). Međutim, padavinski režim u septembru bio je veoma povoljan, sa količinama padavina iznad višegodišnjeg proseka, što je uticalo da sadržaj rezervi vlage u zemljištu i u oktobru bude na nivou potreba biljaka. Veća količina padavina i temperature na nivou višegodišnjeg proseka u trećoj dekadi oktobra popravile su stanje rezervi zemljišne vlage što je omogućilo kvalitetno obavljanje predsetvene pripreme i setve pšenice u tolerantnom roku. Druga i treća dekada novembra bile su sa prosečnim količinama padavina i nešto višim temperaturama u poređenju sa višegodišnjim prosekom, što je omogućilo brzo i ujednačeno klijanje, nicanje, dobro ukorenjavanje i generalno brz početni porast pšenice.

Toplotni i padavinski režim u periodu od decembra do polovine februara bili su takođe veoma povoljni za rast i razvoj (produženo bokorenje) i početak zimskog mirovanja pšenice, sa izraženije višim temperaturama u odnosu na prosek lokaliteta. U drugoj polovini februara došlo je do naglog zahlađenja, međutim ono nije značajnije uticalo na usev pšenice koji se nalazio u fazi mirovanja. Već od prve dekade marta temperature su se značajno povećale i prešle granicu biološkog minimuma (5 °C), odnosno nastavile sa rastom. Od prve dekade aprila pa sve do druge dekade juna temperature su bile znatno veće u odnosu na višegodišnji prosek. Istovremeno, ovaj period odlikovao se manjim količinama padavina u odnosu na prosek lokaliteta, sa izuzetkom prve dekade aprila i druge dekade maja gde su količine padavina znatno premašile višegodišnji prosek. Upravo ova dva ekstrema popunjavala su rezerve vlage u kasnijim sušnijim periodima, te su se faze vlatanja, klasanja, cvetanja i oplodnje i nalivanja zrna odvijale u relativno povoljnim uslovima. U poslednjoj dekadi juna i prvoj dekadi jula došlo je do obilnih padavina, što je odlagalo početak žetve, tako da je ona izvršena tek nakon prosušivanja zemljišta i biljaka, sredinom jula.

Rezultati i diskusija

Analiza prinosa pšenice u ogledu

Ostvareni prinosi pšenice na dvadeset varijanti mineralne ishrane u ogledu obrađeni su analizom varijanse dvofaktorijalnog split-plot ogleda, a značajnost razlika sredina tretmana testirana je LSD testom na pragovima značajnosti 1 i 5%. F-test iz analize varijanse prinosa (Tabela 1) pokazao je da su na prinos pšenice u ogledu visoko značajno (F-pr. <0,001) uticale kako primenjene količine i odnosi hraniva (odnosno varijante đubrenja), tako i analizirane sorte; dok njihova interakcija (AxB) nije bila statistički značajna; odnosno različite sorte ponašale su se slično u pogledu prinosa zrna na istim varijantama đubrenja.

Tabela 1

Analiza varijanse prinosa zrna pšenice u ogledu (proizvodna 2017/18. godina)

Table 1

Analysis of variance of wheat grain yield in the trial (production year 2017/18)

Izvori varijacije	Stepeni slobode	Sume kvadrata	Udeo u sumi kvadrata (%)	Sredine kvadrata	F-test	F-pr.*
Ponavljanja	3	6,53	0,67	2,18	3,59	-
Varijanta đubrenja (A)	19	797,69	81,58	41,98	69,29	<0,001
Pogreška	57	34,54	3,53	0,61	1,64	-
Sorta (B)	4	33,21	3,40	8,30	22,51	<0,001
AxB	76	17,31	1,77	0,23	0,62	0,99
Pogreška	240	88,51	9,05	0,37	-	-
Total	399	977,80	100,00	-	-	-

*F-pr. – verovatnoća (značajnost) F-testa

Na osnovu procentualnog udela pojedinih izvora varijacije u ukupnoj sumi kvadrata, može se zaključiti da je na ukupnu varijabilnost prinosa pšenice u ogledu dominantan efekat (81,58%) imalo đubrenje, odnosno različite količine i odnosi N, P i K, dok je uticaj sorti bio znatno manji (3,40%), ali statistički takođe visoko značajan.

Prinosi pšenice u ogledu u zavisnosti od varijanti đubrenja

U Tabeli 2. prikazani su ostvareni prosečni prinosi kod pet sorti ozime pšenice i njihovo variranje u ogledu u zavisnosti od primenjenih količina i odnosa hraniva; odnosno po varijantama đubrenja.

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)

Varijante đubrenja (A)	kg ha ⁻¹			Sorte (B)					Prosek (A)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	NS Futura	NS Mila	NS Ilina	NS Obala	NS Javoroka	
∅	0	0	0	3,01	3,39	2,64	2,88	2,94	2,97
N ₂	100	0	0	6,19	5,76	4,56	5,57	6,47	5,71
P ₂	0	100	0	3,29	3,76	2,97	3,37	3,53	3,38
K ₂	0	0	100	3,06	3,42	2,64	3,03	2,82	2,99
N ₂ P ₂	100	100	0	6,63	6,32	5,88	6,47	6,44	6,35
N ₂ K ₂	100	0	100	6,15	5,96	4,90	5,97	6,55	5,91
P ₂ K ₂	0	100	100	3,08	3,56	3,11	3,42	3,30	3,29
N ₁ P ₁ K ₁	50	50	50	5,11	5,35	4,57	4,92	5,17	5,02
N ₁ P ₂ K ₁	50	100	50	5,38	5,57	5,12	5,67	5,97	5,54
N ₁ P ₂ K ₂	50	100	100	5,09	5,67	4,91	5,55	5,43	5,33
N ₂ P ₁ K ₁	100	50	50	6,26	6,42	5,57	6,54	5,97	6,15
N ₂ P ₂ K ₁	100	100	50	7,00	7,30	6,16	6,86	6,86	6,84
N ₂ P ₂ K ₂	100	100	100	6,52	7,30	6,19	6,56	6,52	6,62
N ₂ P ₃ K ₁	100	150	50	6,92	7,42	6,28	6,98	6,68	6,86
N ₂ P ₃ K ₃	100	150	150	6,91	7,42	6,58	7,09	6,52	6,90
N ₃ P ₁ K ₁	150	50	50	7,04	7,39	6,27	6,83	6,77	6,86
N ₃ P ₂ K ₁	150	100	50	7,33	7,22	6,25	7,11	7,41	7,06
N ₃ P ₂ K ₂	150	100	100	7,32	7,12	6,32	6,89	7,12	6,95
N ₃ P ₃ K ₂	150	150	100	7,05	7,21	6,43	6,77	7,04	6,90
N ₃ P ₃ K ₃	150	150	150	7,03	7,21	6,35	6,86	7,29	6,95
Prosek:				5,82	6,04	5,19	5,77	5,84	5,73
Max.				7,33	7,42	6,58	7,11	7,41	7,06
Min.				3,01	3,39	2,64	2,88	2,82	2,97
Max.-Min.				4,32	4,03	3,94	4,23	4,59	4,09
SD (t ha ⁻¹)				1,54	1,46	1,36	1,46	1,49	1,45
CV (%)				26	24	26	25	26	25

LSD	0,05	0,65	0,76	0,88	0,62	0,60	0,49
	0,01	0,86	1,01	1,16	0,83	0,80	0,66
r	N	0,96*	0,92*	0,91*	0,92*	0,94*	0,94*
	P ₂ O ₅	0,44*	0,53*	0,60*	0,52*	0,44*	0,51*
	K ₂ O	0,23	0,31	0,33	0,29	0,23	0,28

*Vrednosti značajne na pragu α=0,05

Prosečan prinos pšenice za ceo ogled iznosio je 5,73 t ha⁻¹, sa variranjem od 2,64-7,42 t ha⁻¹ u zavisnosti od varijante đubrenja i sorte. Srednje apsolutno odstupanje prinosa po sortama i varijantama đubrenja od opšteg proseka ogleda (standardna devijacija ogleda - SD) iznosilo je 1,45 t ha⁻¹; odnosno srednje relativno odstupanje (koeficijent varijacije - CV) iznosilo je 25%.

Uticao đubrenja na prinos pšenice bio je veoma izražen kod svih sorti. Najmanji prinosi, značajno niži od svih ostalih varijanti, ostvarivani su bez upotrebe mineralnih đubriva (NS Futura, NS Mila, NS Iliina i NS Obala) ili upotrebom samo K (varijanta K₂), a zatim i na varijantama P₂K₂ ili samo P₂. U proseku za sve sorte, prosečan prinos na ove 4 varijante iznosio je tek nešto više od 3 t ha⁻¹. Do gotovo identičnih rezultata pri višegodišnjem ispitivanju došli su i Jaćimović i sar. (2011) i Jaćimović et al. (2013).

Ako se posmatra efekat pojedinačne primene hraniva, može se uočiti da je azot imao značajno najveći uticaj na prinos. U proseku za sve sorte, đubrenje samo azotom (varijanta N₂) povećalo je prinos u odnosu na kontrolnu varijantu za 2,74 t ha⁻¹ (92%).

Đubrenje samo fosforom povećalo je prinos za svega 410 kg ha⁻¹, odnosno za 14%, dok je đubrenje samo kalijumom bilo na nivou kontrolne varijante, odnosno nije imalo pozitivnog 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 tri elementa bila upotrebljena u dvojnim kombinacijama, može se zapaziti da je đubrenje sa N i P (varijanta N₂P₂; 6,35 t ha⁻¹) imalo prednost u odnosu na kombinovanu upotrebu N i K (N₂K₂; 5,91 t ha⁻¹). Obe ove varijante, međutim, bile su značajno bolje od varijante bez azota - P₂K₂, na kojoj je ostvaren prinos bio na nivou prinosa na varijanti sa primenom samo P.

U proseku za sve sorte, najveći prinos zrna u ogledu (7,06 t ha⁻¹) dobijen je na varijanti N₃P₂K₁; ali su statistički podjednako visoki prinosi dobijani i na ostalim trojnim varijantama đubrenja sa najvećim ili srednjim dozama azota. Pri đubrenju sa sva tri hraniva, pri visokim i srednjim količinama azota (sve varijante N₃P_xK_x i N₂P_xK_x; izuzimajući varijantu N₂P₁K₁) prinos je varirao u rasponu od 6,62-7,06 t ha⁻¹; odnosno svega 440 kg, što nije bilo statistički značajno. Iako statistika pokazuje postojanje izvesnih značajnih razlika između varijanti đubrenja kod pojedinih sorti, one sa stanovišta proizvodnje pšenice najčešće nisu ekonomski značajne. Dobijeni odnosi između pojedinih varijanti đubrenja u saglasnosti su sa rezultatima do kojih su došli Jaćimović i sar. (2016).

Da bi se dobio potpuniji statistički uvid o značaju pojedinih hraniva u mineralnoj ishrani pšenice, izračunati su i koeficijenti korelacije između primenjenih (rastućih) količina hraniva i prinosa pšenice (Tabela 2). Kod svih pet analiziranih sorti, kao i u proseku, postojala je statistički značajna visoka korelativna veza između ishrane azotom i prinosa ($r=0,91-0,96$; u zavisnosti od sorte). Između ishrane fosforom i prinosa pšenice uočene su značajne korelacije srednje jačine (0,44-0,60), dok između upotrebe kalijuma i prinosa pšenice nisu utvrđene statistički značajne korelativne veze ($r=0,23-0,33^{ns}$).

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 od hraniva, može se približno tačno utvrditi njegov efekat i doprinos u formiranju prinosa.

Pri utvrđivanju efekata pojedinih hraniva u radu su korišćene 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 3

Povećanje prinosa zrna sa 1 kg primenjenog hraniva

Table 3

Grain yield increasing with 1 kg of nutrients applied

Sorta	Prinos zrna (t ha ⁻¹)				Povećanje prinosa sa 1 kg upotrebljene 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
NS Futura	6,52	3,08	6,15	6,63	34,40	3,70	-1,10
NS Mila	7,30	3,56	5,96	6,32	37,40	13,40	9,80
NS Ilina	6,19	3,11	4,90	5,88	30,80	12,90	3,10
NS Obala	6,56	3,42	5,97	6,47	31,40	5,90	0,90
NS Javorka	6,52	3,30	6,55	6,44	32,20	-0,30	0,80
Prosek:	6,62	3,29	5,91	6,35	33,24	7,12	2,70

Iz podataka datih u Tabeli 3. uočava se da je u proseku sorti najveće povećanje prinosa sa jednim kilogramom upotrebljenog hraniva bilo kod azota (prosečno za sve sorte 33,24 kg zrna/1 kg primenjenog N), zatim fosfora (7,12 kg/kg P₂O₅), a najmanje kod kalijuma (2,70 kg/kg K₂O). Niske vrednosti dobijene kod kalijuma ukazuju na dobru obezbeđenost zemljišta u ovom elementu.

Najveće povećanje prinosa sa jednim kilogramom upotrebljenog azota (37,40 kg zrna/kg N) bilo je kod sorte NS Mila; najveća efikasnost P₂O₅ bila je kod sorti NS Mila (13,40 kg/kg) i NS Ilina (12,90 kg/kg), dok je kod sorte NS Javorka efekat fosfora bio negativan (-0,30 kg zrna/kg P₂O₅). Najveće povećanje prinosa sa upotrebljenom jedinicom kalijuma bilo je takođe kod sorte NS Mila (9,80 kg/kg K₂O), dok je efikasnost kalijuma kod ostalih sorti bila znatno niža ili čak i negativna. Na osnovu prethodnog, može se konstatovati da je sorta NS Mila imala najveće povećanje prinosa sa jednim kilogramom upotrebljenih hraniva, odnosno imala je najveću pozitivnu reakciju na primenjena hraniva. Značajne razlike između sorti utvrđene su i u radu Jaćimović et al. (2018).

Uticao intenziteta đubrenja azotom na njegovu efikasnost

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). Azot primenjen preko mineralnih đubriva, stajnjaka i drugih izvora nije uvek efikasno iskorišćen od strane useva, pa pojačano N-đubrenje često doprinosi štetnoj emisiji N₂O. Shodno tome, smanjenjem ispiranja i gasoviti gubitaka azota i poboljšanjem efikasnosti njegovog korišćenja može se smanjiti emisija N₂O i indirektno umanjiti emisija gasova staklene bašte i iz proizvodnje azotnih đubriva.

Efikasnost primene azota kod ozime pšenice vredan je indikator za racionalno N-đubrenje. Termin "efikasnost iskorišćavanja azota" (NUE - Nitrogen Use Efficiency) ima nekoliko definicija i postupaka izvođenja, u zavisnosti od svrhe istraživanja (Dobermann, 2005; Fixen et al., 2015). U poljoprivrednoj praksi je najraširenija primena Agronomske efikasnosti iskorišćenja azota (Agronomic N use efficiency – AE_N), koja se zasniva na metodu "razlike" a određuje se kao odnos povećanja prinosa ostvarenog đubrenjem azotom i upotrebljene količine azota (Dobermann, 2005):

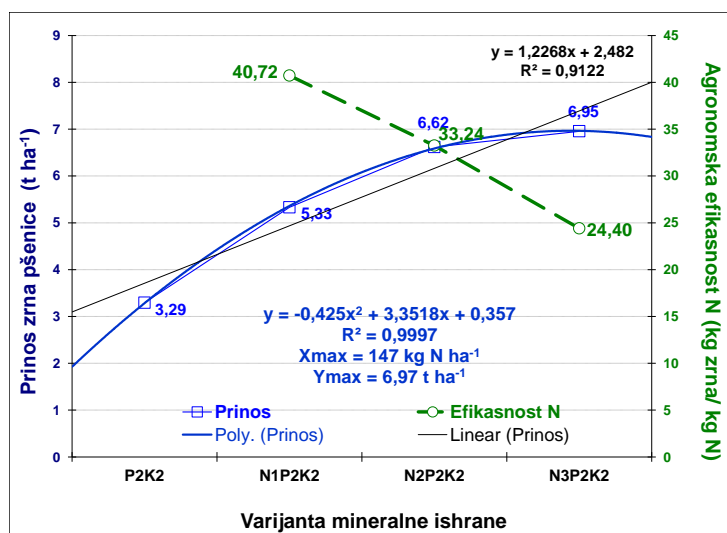
$$AE_N = \Delta GY / FN \text{ (kg zrna/kg N)} \quad (1)$$

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

S obzirom da je dokazano da prinos zrna pšenice u najvećoj meri zavisi od primenjenih količina azota, odnosno da je upravo azot "nosilac prinosa", jedno od glavnih pitanja ovog rada bilo je da se ispita kako različit intenzitet đubrenja azotom utiče na prinos zrna i efikasnost iskorišćenja azota. Pri utvrđivanju agronomske efikasnosti iskorišćenja azota (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 2., uočava se da je prosečno povećanje prinosa (prosečno za svih pet analiziranih sorti) sa jednim kilogramom upotrebljenog azota bilo najveće na varijanti N₁P₂K₂

(40,72 kg zrna/1 kg N), zatim na varijanti sa srednjom (33,24 kg/kg N), a najmanje na varijanti sa najvećom dozom azota ($N_3P_2K_2$; 24,40 kg zrna/kg N).



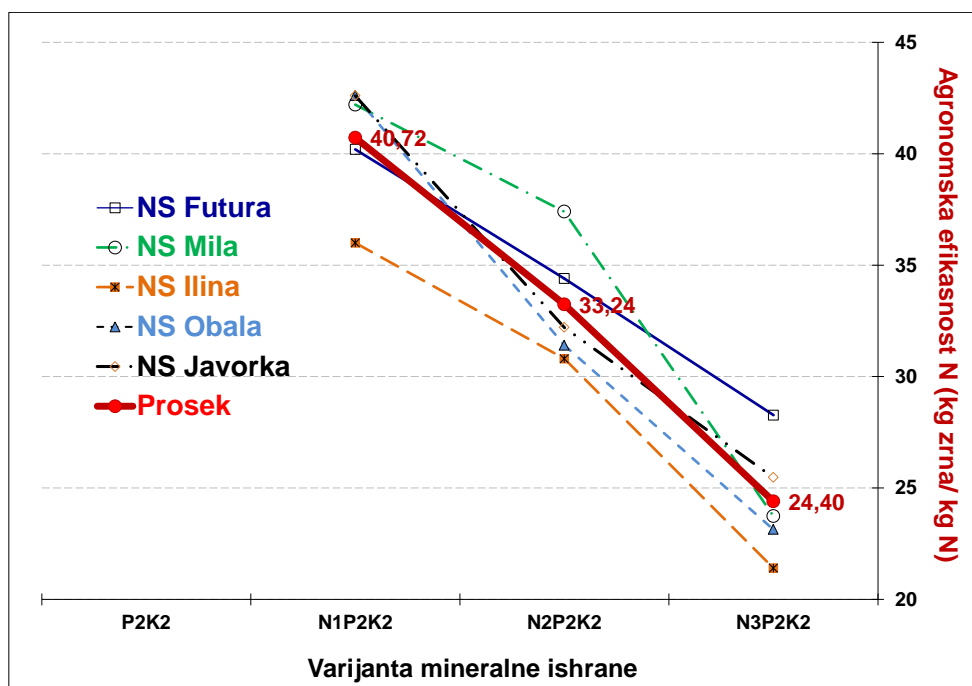
Grafikon 2. Uticaj rastućih količina N na prinos zrna i povećanje prinosa sa 1 kg primenjenog azota – agronomska efikasnost azota, prosečne vrednosti za 5 sorti

Figure 2. 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 5 varieties

Agronomska efikasnost iskorišćenja azota je imala tendenciju smanjenja sa povećanjem primenjenih doza. Najveća 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 efikasnost iskorišćenja azota, posebno se racionalnom izdvaja varijanta sa primenom srednje doze azota (100 kg ha⁻¹; odnosno varijanta $N_2P_2K_2$), što je u saglasnosti sa rezultatima Jaćimović i sar. (2016).

Pri srednjim količinama od po 100 kg ha⁻¹ fosfora i kalijuma (varijante $N_xP_2K_2$; Grafikon 2), najniža doza azota ($N_1P_2K_2$) povećala je prinos zrna za 2,04 t ha⁻¹ u odnosu na varijantu P_2K_2 ; koja je uzeta kao varijanta za poređenje (kontrola). Naredna doza azota ($N_2P_2K_2$) povećala je prinos za dodatnih 1,29 t ha⁻¹ zrna, dok je najveća doza N (varijanta $N_3P_2K_2$) uticala na neznatno povećanje prinosa od 330 kg ha⁻¹. Prosečno povećanje prinosa za svaku dodatnu jedinicu od po 50 kg N ha⁻¹ (na osnovu jednačine linearne regresije) iznosilo je 1,23 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 bio sve manji. Uticaj rastućih doza N na visinu prinosa bio je dakle zasićujući; odnosno pratio je oblik krive kvadratne regresije. Na osnovu jednačine ove regresije, pri srednjim dozama (100 kg ha⁻¹) P i K, teoretski maksimalni regresiono uprosečeni prinos zrna od 6,97 t ha⁻¹ moguće je ostvariti đubrenjem sa 147 kg ha⁻¹ azota (Grafikon 2).

Agronomska efikasnost iskorišćenja azota izračunata je i kod svake pojedinačne sorte u ogledu (Grafikon 3). I ovde se uočava tendencija smanjenja AE_N sa povećanjem primenjenih doza N. Najveća efikasnost primenjenih azotnih đubriva kod svih sorti bila je pri đubrenju sa 50 kg N ha⁻¹. Sa Grafikona 3. se takođe uočava da su najveću agronomsku efikasnost iskorišćenja azota imale sorte NS Mila a zatim NS Futura. Sorta NS Javoroka imala je vrednosti AE_N bliske prosečnim, dok su sorte NS Obala i naročito NS Iliina imale najniže vrednosti efikasnosti iskorišćenja azota.



Grafikon 3: Efekat rastućih količina N na povećanje prinosa zrna sa 1 kg upotrebljenog azota - AE_N , rezultati za 5 sorti

Figure 3. The effects of increased amounts of N on yield increasing with 1 kg of nitrogen applied - AE_N , results for 5 cultivars

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 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%. Prema Rajković (1978) u našim uslovima dejstvo jedinice azota iz đubriva na povećanje prinosa pšenice kreće se od 17,5 do 35,1 kg zrna, dok Jaćimović i sar. (2011) iznose vrednosti do 30-35 kg zrna po 1 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) i Jaćimović et al. (2015) NUE se smanjivao sa pojačanim N-đubrenjem. 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; Jaćimović i sar., 2016). 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) 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 proseku za sve sorte, najveći prinos zrna u ogledu dobijen je na varijanti N₁₅₀P₁₀₀K₅₀, ali su statistički podjednako visoki prinosi dobijeni i na ostalim trojnim varijantama đubrenja sa najvećim ili srednjim dozama azota, bez obzira na primenjene količine P i K. Najmanji prinosi, značajno niži od svih ostalih varijanti, ostvarivani su bez upotrebe mineralnih đubriva ili upotrebom samo K i na varijantama PK ili samo P.

U proseku sorti, najveće povećanje prinosa sa jednim kilogramom upotrebljenog hraniva bilo je kod azota (prosečno za sve sorte 33,24 kg zrna/1 kg primenjenog N), zatim fosfora (7,12 kg/kg P₂O₅), a najmanje kod kalijuma (2,70 kg/kg K₂O).

Sorta NS Mila ostvarila je najveće povećanje prinosa sa jednim kilogramom upotrebljenih hraniva, odnosno imala je najveću pozitivnu reakciju na primenjena hraniva.

Najveća 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 efikasnost iskorišćenja azota, posebno se racionalnom izdvaja varijanta sa primenom srednje doze azota: N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀.

Najveću agronomsku efikasnost iskorišćenja azota imala je sorta NS Mila a zatim NS Futura. Sorta NS Javorka imala je vrednosti AE_N bliske prosečnim, dok su sorte NS Obala i naročito NS Ilina imale najniže vrednosti efikasnosti iskorišćenja azota.

Zahvalnica

Istraživanje je podržano od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (projekat iz programa Tehnološkog razvoja, ev. br. TR-031066: „Savremeno oplemenjivanje strnih žita za sadašnje i buduće potrebe“).

Literatura

- Aćin, V., Jaćimović, G., Miroslavljević, M., Jocković, B., Crnobarac, J., Latković, D., Visković, J. 2017. Rokovi i gustine setve u funkciji prinosa ozime pšenice u proizvodnoj 2016/17. godini. Letopis naučnih radova. 41, (2): 1-11.
- Aćin, V., Pejić, B., Jaćimović, G., Mačkić, K., Šeremešić, S., Milošev, D. 2013. Preliminarni rezultati ispitivanja interakcije đubrenja azotom i navodnjavanja na prinos ozime pšenice. Letopis naučnih radova. 37 (1): 138-148.
- Bogdanović, D., Ubavić, M., Malešević, M. 2005. Metode za utvrđivanje potreba biljaka za azotom. Poglavlje u monografiji „Azot, agrohemijski, agrotehnički, fiziološki i ekološki aspekti“ (Ured. R. Kastori), Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad. 66: 151-189.
- Denčić, S., Kobiljski, B., Mladenov, N., Pržulj, N. 2009. Proizvodnja, prinosi i potrebe za pšenicom u svetu i kod nas. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad. 46 (2): 367-377.
- 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.
- Halvorson, A.D., Alley, M.M., Murphy, L.S. 1987. Nutrient Requirements and Fertilizer Use. In: Wheat and Wheat Improvement, E.G. Heyne (Ed), Agronomy series, Second edition. Agronomy No. 13., Madison, Wisconsin, USA. 345-383.
- Hatfield, J.L., Prueger, J.H. 2004. Nitrogen Over-use, Under-use and Efficiency. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress.
- Jaćimović, G., Aćin, V., Crnobarac, J., Latković, D. 2016. Efikasnost hraniva u formiranju prinosa pšenice. Letopis naučnih radova. 40 (1): 40-46.
- Jaćimović, G., Aćin, V., Crnobarac, J., Latković, D., Visković, J., Miroslavljević, M. 2018. Evaluation of nutrient use efficiency in wheat production based on a long-term field trial. International conference „Improving nutrient use efficiency in agriculture and reducing negative impacts of agriculture on the environment“. Prague, Czech Republic, 22-23 May 2018. Crop Research Institute, Prague, Czech Republic. Book of abstracts, 21.
- Jaćimović, G., Aćin, V., Hristov, N., Marinković, B., Crnobarac, J., Latković, D. 2015. Mineral nutrition use efficiency of winter wheat depending on the intensity of fertilization. Sixth International Scientific Agricultural Symposium “Agrosym 2015”, October 15-18, 2015, Jahorina, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina. Book of proceedings, 401-406.
- Jaćimović, G., Aćin, V., Malešević, M., Marinković, B., Crnobarac, J., Latković, D., Šeremešić, S. 2013. Efficiency of wheat mineral nutrition depending on year conditions and fertilization intensity. 2nd International Scientific Conference „Soil and Crop Management: Adaptation and Mitigation of Climate Change“, 26-28 September, 2013, Osijek, Croatia. Proceedings, 166-177.
- Jaćimović, G., Malešević, M., Aćin, V., Marinković, B., Crnobarac, J., Latković, D., Bogdanović, D., Pejić, B. 2011. Efikasnost mineralne ishrane pšenice u zavisnosti od intenziteta đubrenja. Letopis naučnih radova, 35 (1): 75-86.
- Jaćimović, G., Marinković, B., Crnobarac, J., Aćin, V., Latković, D. 2014. Effects of the year and the rate of nitrogen fertilization on wheat production in Serbia. XIIIth Congress of the European Society for Agronomy (13th ESA Congress), Debrecen, Hungary, 25-29 August 2014. Book of abstracts, 57-58.
- Kastori, R., Ubavić, M., Petrović, N., Peić, A. 1991. Đubrenje ratarskih i povrtarskih biljaka. PHI „Zorka“ Subotica, 1-84.
- 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.
- Malešević, M. 2008a. Mineralna ishrana strnih žita u sistemu integralnog ratarenja. Zbornik radova, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad. 45: 179-193.

- Malešević, M., Jaćimović, G., Aćin, V., Marinković, B., Crnobarac, J., Latković, D. 2012. Prilog proučavanju sortne specifičnosti mineralne ishrane pšenice. Zbornik referata sa 46. Savetovanja agronoma Srbije, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad. 57-70.
- Malešević, M., Starčević, Lj., 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, 28-29. mart 2008. Zbornik radova, 13 (14): 135-141.
- Merbach, W., Garz, J., Schliephake, W., Stumpe, H., Schmidt, L. 2000. The long-term fertilization experiments in Halle (Saale), Germany-introduction and survey. J. Plant Nutr. Soil Sci. 163: 629–638.
- 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.
- Fixen, P., Brentrup, F., Bruulsema, T., Garcia, F., Norton, R., Zingore, S. 2015. Nutrient/fertilizer use efficiency: measurement, current situation and trends. Chapter in book: Managing Water and Fertilizer for Sustainable Agricultural Intensification.
- Pepó, P. 2007. The role of fertilization and genotype in sustainable winter wheat (*Triticum aestivum* L.) production. Cereal Research Communications. 35 (2): 917-920.
- Rajković, Ž. 1978. Značaj i osobenosti azota u sistemu kontrole plodnosti zemljišta i primene đubriva. Bilten za kontrolu plodnosti zemljišta i upotrebu đubriva, Novi Sad. II, 2: 5-49.
- Raun, W.R., Gordon, V.J. 1999. Improving Nitrogen Use Efficiency for Cereal Production. Agron. J. 91: 357–363.
- Sadej, W., Przekwas, K. 2008. Fluctuations of nitrogen levels in soil profile under conditions of a long-term fertilization experiment. Plant Soil Environ. 54: 197-203.
- 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. 68: 1-135.
- Starčević, Lj., Malešević, M., Marinković, B., Crnobarac, J., Panković, L., Latković, D., Jaćimović, G. 2006. Agrotehnika ratarskih biljaka. »XL seminar agronoma 1966-2006«, Zlatibor, 2006., Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad. 306-319.
- Vuković, I., Mesić, M., Zgorelec, Z., Jurišić, A., Sajko, K. 2008. Nitrogen Use Efficiency in Winter Wheat. Cereal Research Communications. 36: 1199-1202.

The mineral nutrition specificity of winter wheat cultivars and the efficiency of NPK nutrients in the grain yield formation

Jaćimović Goran^a, Aćin Vladimir^{b*}, Crnobarac Jovan^a, Latković Dragana^a, Visković Jelena^a, Milan Miroslavljević^b, Ljiljana Brbaklić^b

^a University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Department for Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Serbia

^b Institute for Field and Vegetable Crops, Small grains Department, Novi Sad, Serbia

* Corresponding author: vladimir.acin@nsseme.com

ABSTRACT

The aim of this study was to analyze a) grain yield variation, b) influence of applied mineral nutrients on agronomic efficiency and yield formation, c) effect of fertilization levels on the nitrogen use efficiency, of five winter wheat cultivars grown on 20 treatments with different doses and combinations of nitrogen, phosphorus and potassium. This study was conducted during 2017/18 on a long-term field trial at the Institute of Field and Vegetable Crops, Rimski šančevi. The fertilization treatments had significant influence on grain yield of each wheat cultivar. The lowest yields were recorded on control treatment, treatment with K only (without N and P), followed by the combination of PK and P only treatments, indicating that nitrogen fertilization had the most significant influence on yield. Averaged over cultivars, grain yield was 92% higher on treatment with 100 kg of nitrogen, compared to the control. The highest grain yield was obtained on the N₁₅₀P₁₀₀K₅₀ treatment, but there was no significant difference compared to the other triple combinations of fertilizers with highest or medium nitrogen doses. Nitrogen had the highest yield increase with one kilogram of nutrient used, followed by phosphorus and potassium. Cultivar NS Mila had the most positive response to the applied nutrients. Increase in N doses was followed by decrease in agronomic nitrogen utilization efficiency. Cultivars NS Mila and NS Futura had the highest agronomic nitrogen utilization efficiency, while the cultivars NS Obala and NS Iliina had the lowest values.

KEY WORDS: wheat, fertilization, nitrogen, nutrient efficiency, yield

Primljen: 30.11. 2018.

Prihvaćen: 19.12. 2018.