

**STVARANJE MODEL-BILJKE ZA ODRŽIVU POLJOPRIVREDU**  
**1. Reakcija pšenice (*T. aestivum* ssp. *vulgare*, cv. *Pitoma*) na smanjenje**  
**gnojidbe i zaštite**

M. JOŠT, Ž. VUKOBRATOVIĆ,  
S. SREČEC i Ljerka POHL<sup>1)</sup>

Izvorni znanstveni rad  
Primljeno: 23.12.1993.

**SAŽETAK**

S ciljem prilagodbe postojeće agrotehnike proizvodnje pšenice zahtjevima održive poljoprivrede provedena su preliminarna ispitivanja reakcije pšenice (sorta *Pitoma*) na smanjene količine dušika dodanog tijekom vegetacije. U istraživanju je komparirana, maksimalna ishrana dušikom koju sorta može podnijeti bez opasnosti od polijeganja (kontrola), s tri razine reducirane ishrane i smanjenom primjenom pesticida kako slijedi:

I Puna primjena intenzivne agrotehnike s maksimalnom količinom ukupnih N gnojiva (307 kg N/ha) i potpunom zaštitom usjeva (herbicid, 2x fungicid i insekticid).

II Agrotehnika s cca 10% smanjenom količinom dodanog dušika, uz primjenu herbicida i jednog tretiranja fungicidom.

III Agrotehnika s cca 25% smanjenom količinom dodanog dušika, uz primjenu herbicida i bez upotrebe fungicida.

IV Agrotehnika s cca 60% smanjenom količinom dušika u ishrani, bez ikakve prihrane i bez upotrebe herbicida, fungicida i insekticida.

U I kontrolnoj varijanti s maksimalnom agrotehnikom postignut je urod zrna od 9,22 t/ha. U varijanti II prirod (8,66 t/ha) je smanjen za oko 6%. U III varijanti agrotehnike urod (6,72 t/ha) je smanjen za oko 27%, a u IV varijanti uroda (5,45 t/ha) smanjenje je iznosilo oko 40%. Rezultati istraživanja ukazuju da kod novih polupatuljastih sorata, polijeganje usjeva zbog intenzivne ishrane dušikom više nije limitirajući faktor primjene N gnojiva. Racionalnu kemizaciju proizvodnje pšenice neminovno će diktirati ekonomska računica, te spoznaja o potrebi zaštite životnog okoliša od zagađivanja. Dobiveni rezultati koristiti će se kod stvaranja model-biljke za održivu poljoprivredu.

Ključne riječi: pšenica, racionalna agrotehnika, održiva poljoprivreda, zaštita okoliša

1) RH, Poljoprivredni institut Križevci  
Prof. dr. Marijan Jošt, S. Radića 21, 43260 Križevci

DEVELOPMENT OF PLANT IDEOTYPE FOR SUSTAINABLE  
AGRICULTURE

1. Reaction of wheat (*T. aestivum* ssp. *vulgare*, cv. Pitoma) on reduced  
N fertilisation and plant protection

M. JOŠT, Ž. VUKOBRATOVIĆ,  
S. SREČEC, Ljerka POHL

Original scientific paper  
Received: 23.12.1993.

SUMMARY

Aiming at adaptation of the existing crop management of wheat to the requirements of sustainable agriculture, we have carried out preliminary investigations of wheat (cv Pitoma) reaction to decreased amounts of nitrogen applied during vegetation period. Maximal N nutrition that a crop can tolerate without danger of lodging (check) was compared with three levels of reduced nutrition and decreased pesticide application, as follows:

I Full application of intensive crop management with maximal amounts of total N fertilizers (307 kg N/ha) and complete crop protection (herbicide, 2x fungicide and insecticide).

II Crop management with about 10% decreased amount of nitrogen and with application of herbicides and with one treatment of fungicide.

III Crop management with about 25% decreased amount of nitrogen, herbicide application and no fungicide.

IV Crop management with about 60% decreased amount of nitrogen, without top dressing and no herbicide, fungicide and insecticide application.

In the first check variant (I) with the most intensive crop management the grain yield was 9.33 t/ha. In the second variant the yield (8.66 t/ha) was decreased for about 6%. In the third variant of crop management the yield (6.72 t/ha) was decreased for about 27%, while in the fourth variant yield decrease was about 40% (5.45 t/ha). Results of this study show that with new semidwarf varieties crop lodging owing to intensive N nutrition is no more a limiting factor in the application of N fertilizers. However, rational fertilization of wheat production will inevitably be dictated by profit considerations and by conception of necessary environmental protection. The results achieved will be used in development of wheat plant-ideotype for sustainable agriculture.

Key words: wheat, rational production, sustainable agriculture, environment protection.

1. UVOD

Kao posljedica čovjekove aktivnosti, globalni okoliš mijenja se brže negoli ikada u posljednjih nekoliko stoljeća. Već danas moramo biti spremni na promjene koje nas očekuju i koje će u mnogo slučajeva biti nepovoljne za ljudsku vrstu. Inicijativa za zaštitu tla pokrenuta na konferenciji u Stockholmu 1972. godine



(usvojen dokument "Svjetska politika o tlu"), proširena je na cjelokupni razvoj, te je na konferenciji UN (Rio de Janeiro, 1992) donesena 'Agenda 21' koja u poglavlju 35 obrađuje problematiku znanosti u održivom razvoju. Razborito upravljanje okolišem i razvojem postaje imperativ. U proizvodnji hrane svijet se odlučio za ekološki održiv razvoj i alternativnu poljoprivredu (RACZ, 1992). Ovi pojmovi podrazumijevaju:

- uključivanje prirodnih biloških procesa u proizvodnju hrane i ostalih dobara,
- smanjenje upotrebe energenata i sirovina koje potječu izvan gospodarstva i koji ugrožavaju okoliš,

- bolje iskorištavanje genetičkog potencijala i zaštitu od genetičke erozije,
- racionalnu i rentabilnu proizvodnju, sa stalnom brigom o zaštiti okoliša.

U svjetlu navedenih činjenica, kreator novih sorata već danas mora imati viziju biljke kakva će odgovarati proizvodnji hrane u budućnosti. Oplemenjivanje neke sorte konvencionalnim metodama traje 10 - 15 godina, pa stoga postavljeni ciljevi oplemenjivanja bilja trebaju odgovarati potrebama nekog budućeg vremena.

Tijekom posljednjih 20 godina, zahvaljujući promjeni karakteristika sorata pšenice, promijenila se i agrotehnika. Skraćivanje stabljike na cca 75 cm omogućilo je gušće sklopove i intenzivniju ishranu dušičnim gnojivima bez opasnosti od polijeganja usjeva. Zbog gustog sklopa i intenzivne gnojidbe dušikom postojeća genetička otpornost prema prevalentnim bolestima više ne zadovoljava, pa primjena fungicida postaje dio uobičajene tehnologije proizvodnje.

S ciljem postizanja maksimalnih uroda zrna, dodaju se još veće količine mineralnih hraniva koje čvrsta stabljika i kemijski zaštićena biljka podnosi, ali ne iskorištava u potpunosti. Taj suvišak dušika koji ostaje u tlu postaje jedan od najvećih uzročnika zagađivanja podzemnih voda. Neracionalna primjena gnojiva, herbicida, fungicida i insekticida nanosi velike štete našem okolišu (Jošt, 1993). S druge strane, produkcija raste, tako da u pojedinim godinama imamo pšenice za izvoz, ali ona je zbog neracionalne proizvodnje skupa i na slobodnom tržištu nekonkurentna.

Dosadašnji tip selekcije na visokoproduktivne, ali ujedno i rastrošne sorte trebalo bi sada zamijeniti tipom racionalnijih, nešto manje rodnih sorata. Iako teorija genetike i oplemenjivanja bilja daje osnove za promjenu ideotipa, javljaju se i određeni problemi. Naime, genetske analize sortimenta našeg područja ukazuju da je proces uspješnog oplemenjivanja visokorodnih sorata drastično suzio genetičku varijabilnost unutar vrste. (Jošt i Cox, 1988; Jošt, 1989; Jošt i Cox, 1990). Danas mnoge naše sorte potječu od istih predaka, ili imaju barem jednog zajedničkog roditelja. Otsustvo genetičke varijabilnosti ne omogućava efikasnu promjenu pravca selekcije, a postojeći sortiment čini ranjivim u slučaju pojave nove bolesti ili virulentnog patogena. I ovdje nove metode oplemenjivanja, kao npr. metoda rekurentne selekcije, daju mogućnost daljnjeg napretka bez sužavanja genetičke varijabilnosti (Jošt i sur. 1990).

Ovisnost uroda visokorodnih sorata pšenice o količini, formi i načinu unošenja dušika predmet je stalnog izučavanja znanstvenika. Računa se da je za formiranje

uroda pšenice od 9 do 10 t/ha potrebno da usjev usvoji oko 230 kg N/ha. Postavlja se pitanje koliko i u kakvom obliku treba dodavati N hraniva, a da se pri tom neminovni gubici ispiranjem svedu na minimum. Intenzivna gnojidba sve više potencira problem zagađenja podzemnih voda nitritima, za čovjeka vrlo opasnim spojevima (letalna doza 0,8- 2,5 g). Pored toga tlo, a preko tla i biljke pa i ljudska bića, izloženi su i kontaminaciji drugim štetnim tvarima (rezidue pesticida, teški metali) koje se nagomilavaju u živim organizmima.

Proizvodnja i potrošnja mineralnih gnojiva u svijetu i kod nas neprestano raste. U razdoblju od 1962. do 1990. potrošnja N mineralnih gnojiva na društvenom sektoru R. Hrvatske je utrostručena (Jošt i sur. 1991). Kako se za proizvodnju umjetnih gnojiva, posebno dušičnih, troši najviše energije, u navedenom razdoblju javlja se nagli pad energetske valjanosti proizvodnje. Postignuto povećanje uroda nije proporcionalno uloženoj energiji (KATIĆ, 1993).

Primjena sve većih količina mineralnih gnojiva i upotreba sve brojnijih sredstava za zaštitu bilja, te s druge strane, poskupljenje energije i potreba za hranom bolje kvalitete, nameću i nužnost traženja novih puteva za racionalnu proizvodnju i kvalitetne pšenice uz što manja ulaganja i što manje štetno djelovanje na ekosustav.

Konačni cilj ovih istraživanja je prikupljanje informacija potrebnih za kreiranje novog modela sorte pšenice prikladne za racionalniju, i za okoliš manje štetnu, tehnologiju proizvodnje koja bi odgovarala zahtjevima održive poljoprivrede. Da bi postigli ovaj zacrtani cilj, potrebno je izvršiti slijedeće provjere:

1. Kod raznih genotipova utvrditi pad uroda pšenice proizvedene uz umanjenu i minimalnu kemizaciju (niske doze dušičnih hraniva, te odsustvo herbicida, fungicida i insekticida).

2. Temeljem višekratno ponovljenih pokusa u različitim agroklimatskim uvjetima i tako dobivenih saznanja o prikladnosti ispitivanih agrotehničkih mjera, odrediti gospodarski racionalan i ekološki tolerantan nivo kemizacije, te prema njemu oblikovati novi model pšenice.

U ovom radu iznesen je samo dio rezultata dosada provedenih istraživanja na intenzivnom genotipu pšenice (cv. Pitoma). Paralelno izvršena istraživanja reakcije ekstenzivnog genotipa biti će iznesena u zasebnom radu.

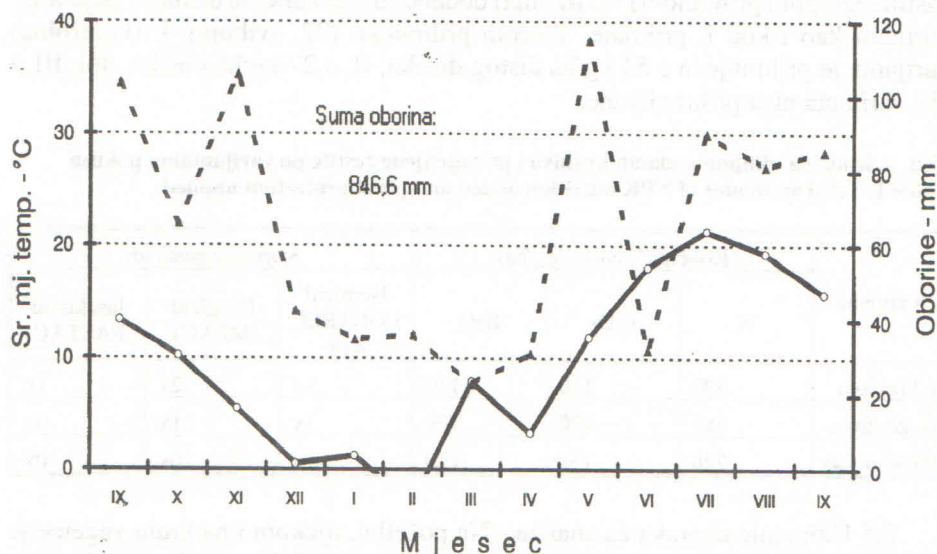
## 2. MATERIJAL I METODE

2.1 Fizikalno-kemijske značajke tla na pokusnom objektu - Pokus je postavljen na površinama Poljoprivrednog instituta u Križevcima na hidromorfnom tlu, tipa pseudoglej ravničarski, srednje duboki distrični sa slijedećim odlikama: po cijeloj dubini teksturno je laka glina, srednjeg kapaciteta za vodu u svim horizontima, a nešto većeg u oraničnom sloju. Tlo je porozno do malo porozno i umjereno plastično. Reakcija tla je kisela do jako kisela po cijeloj dubini te zahtijeva visoke doze vapna za kalcizaciju. S povećanjem dubine pH vrijednost polako i pravilno raste. Humoznost je slaba, a adsorpcijski kompleks je izložen intenzivnom ispiranju. Kapacitet adsorpcije je nizak, nezasićenost relativno visoka



i sadrži malo baza sposobnih za zamjenu. Opskrbljenost fiziološki aktivnim fosforom je neujednačena po dubini, od bogate u oraničnom sloju, do slabe u podoraničnom. Opskrbljenost s kalijem je umjerena do dobra u oraničnom, a slaba u podoraničnom sloju. (BAŠIĆ i sur., 1981)

2.2 Klima pokusnih mjesta - Lokalitet pokusnog polja ima značajke umjerno-kontinentalne klime s 860 mm višegodišnjeg prosjeka oborina. Kolebanja su dosta izražena i kreću se od 574 do 1037 mm. U vegetacijskom periodu (IV - IX mjesec) prosječno padne 485 mm kiće ili 60% od ukupne godišnje količine oborina. Najveće količine oborina javljaju se u ljetnim mjesecima, a najmanje u siječnju i veljači. Srednja godišnja temperatura iznosi 9,8°C. Najhladniji mjesec je siječanj, a najtopliji srpanj. Osnovne klimatske karakteristike vegetacijske sezone u kojoj su provedena ispitivanja prikazane su Walterovim klimatogramom (Graf. 1). (Podaci Hidrometeorološke stanice Križevci.)



Graf. 1. Klimagram po Walteru za Križevce - 1990/91. godina

2.3 Karakteristike sorte - U pokusu je korištena sorta Pitoma koja pripada grupi polupatuljastih pšenica, vrlo dobre mlinarske i pekarske kakvoće, otporna prema pepelnici (*Erysiphe graminis*), vrlo otporna prema lisnoj (*Puccinia recondita*), stabljičnoj (*Puccinia graminis*) i žutoj (*Puccinia striiformis*) rđi, te srednje otporna do osjetljiva prema pjegavosti lista i fuzariozama (*Septoria nodorum* i *Fusarium spp.*). Otpornost na polijeganje je odlična, a sposobnost busanja izrazito naglašena. Na osnovu parametara stabilnosti ( $bi = 1,30$ ) cv. Pitoma se svrstava u intenzivne sorte (JOŠT i sur. 1983; JOŠT i sur. 1988).

2.4 Osnovne značajke pokusa - Na proizvodnoj tabli sjemenskog usjeva

kategorije elita za original, postavljen je pokus po "split-plot" metodi, s osnovnom pokusnom parcelicom veličine (15 m<sup>2</sup>). Predusjev je bio kukuruz. Kod zaoravanja kukuruzovine, radi razgradnje organske mase dano je 170 kg/ha uree (46% N), odnosno cca 78 kg/ha čistog dušika. Ova količina dušika je pribrojena kod izračunavanja ukupne količine dodanih hraniva.

Prigodom osnovne obrade tla izvršena je osnovna gnojidba od 500 kg/ha kompleksnog mineralnog gnojiva NPK 8:26:26. Sjetva je obavljena 10. studenog 1990. S ciljem postizanja optimalnog sklopa od 550 klasova/m<sup>2</sup> korištena je norma sjetve od 240 kg/ha. Pokus je zamišljen tako da u svim varijantama osnovna agrotehnika bude ista a da variraju daljnje agrotehničke mjere prihrane i zaštite pšenice. (Tab. 1)

Prihrana pšenice izvršena je KAN-om. U prvoj prihrani (18. ožujka) količina dodanog dušika za I. i II. varijantu agrotehnike iznosila je 67,5 kg, za III. varijantu 54 kg, odnosno 20% manje. IV varijanta nije prihranjivana, niti je vršena kemijska zaštita. Drugom prihranom (11. travnja) dodane su iste količine dušika u pojedinoj varijanti kao i kod I. prihrane. Trećom prihranom (22. svibnja), I. (kontrolna) varijanta je prihranjena s 54 kg/ha čistog dušika, II. s 27 kg/ha dušika, dok III. i IV. varijanta nisu prihranjivane.

**Tab. 1. Količina ukupno dodanih hraniva i primijenjene zaštite po varijantama pokusa**  
**Table 1. Total amount of NPK nutrition added and plant protectant applied**

Varijanta	Količina hraniva (kg/ha)			Korišteni pesticidi		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Herbicid LONTREL 418	Fungicid IMPACT	Insekticid FASTAC
I. kontrola	307	130	130	1x	2x	1x
II. kontrola	280	130	130	1x	1x	0x
III. kontrola	226	130	130	0x	0x	0x

2.5 Uzimanje uzoraka za analize - Na početku, tijekom i na kraju vegetacije uzimani su uzorci tla do dubine 30 cm za agrokemijske analize. Rađene su standardne analize prosječnih uzoraka tla posebno za svaku varijantu pokusa (kiselost, humus, makro- i mikroelementi, te teški metali).

Da bi se dobio uvid u variranje osnovnih biogenih elemenata u biljci ovisno o varijanti agrotehnike, tijekom vegetacije uzimani su uzorci biljne mase. Analiziran je čitav nadzemni dio biljke, a nakon žetve posebno slama, a posebno zrno pšenice. Ispitivani su slijedeći parametri: postotak suhe tvari, koncentracija ukupnog i nitratnog N, koncentracija P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ukupni K<sub>2</sub>O i Mg, a od mikroelemenata samo Cu za koji je prethodnim analizama tla utvrđen manjak. Sve vrijednosti su izračunate na suhu tvar, dok je NO<sub>3</sub>- izražen u količini zelene mase. Dinamika uzimanja uzoraka tla i biljnog materijala data je u tablici 2.



**Tab. 2. Dinamika uzimanja uzoraka tla i biljne tvari**  
**Table 2. Dynamics of soil and plant tissue sampling**

Napomene	Datum uzimanja uzoraka	Tlo	Razvojna faza biljke Feekes stadij
Početno stanje	05.03.1991.	+	
Prije I. prihrane	12.03.1991.	+	
7 dana nakon I. prihrane	26.03.1991.	+	
14 dana nakon I. prihrane	02.04.1991.	+	
Prije II. prihrane	11.04.1991.	+	4
7 dana nakon II. prihrane	19.04.1991.	+	5-6
14 dana nakon II. prihrane	25.04.1991.	+	7-8
	05.05.1991.	+	9
	13.05.1991		10,1-10,2
Prije III. prihrane	21.05.1991.	+	10,3-10,5
7 dana nakon III. prihrane	28.05.1991.	+	10,5
14 dana nakon III. prihrane	07.06.1991.	+	11
U voštanoj zriobi	09.07.1991.	+	+
Nakon žetve	25.07.1991.	+	+

2.6 Analitičke metode - Prigodom analize tla ili biljne mase koristile su se slijedeće analitičke metode:

**A) Tlo:**

- pH - u vodi i 1M KCl suspenziji elektrometrijski pomoću kombinirane elektrode

- humus - metodom oksidacije organske tvari kalij - bikromatom po Tjurin-u,

- ukupni N - mikrometrijskom metodom po Kjeldahl-u,

- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> i NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - ekstrakcijom s 2M/1 KCl i destilacijom po Bremner-u,

- kalij i fosfor - Al metodom po Egner-Reihm-Doming-u,

- magnezij po Schachtschabel-u:

- mikroelementi (Fe, Cu, Zn i Mn) i teški metali (Pb, Cd, Hg) - metodom AAS absorpcije nakon ekstrakcije u 0,1 M HCl u omjeru 1:10.

Detaljnije opise korištenih metoda dali su ŠKORIĆ i SERTIĆ, CENCELJ, DŽAMIĆ i VAJNBERGER (1966).

**B) Biljna tvar:**

- suha tvar - sušenjem na 105°C do nepromjenjive težine,

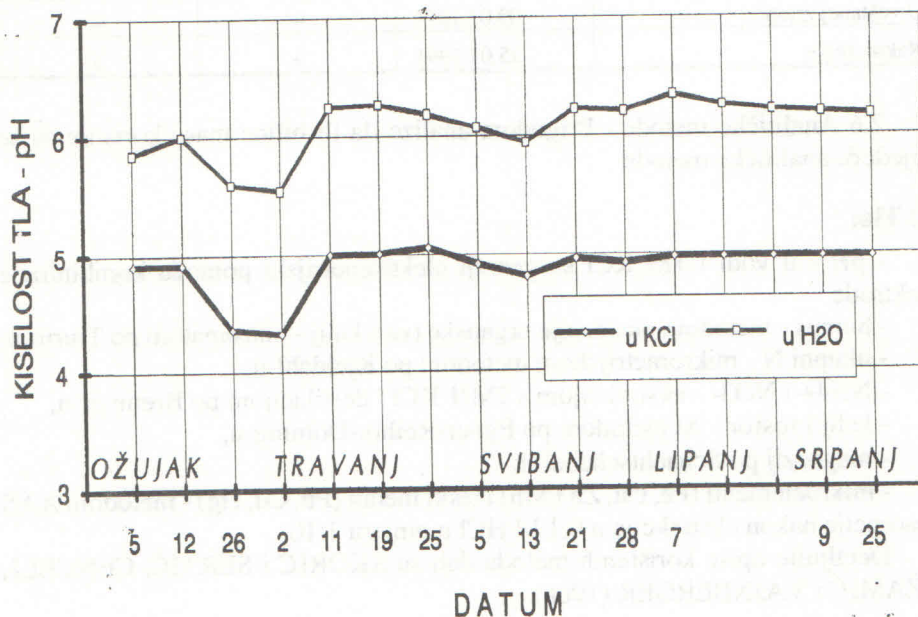
- ukupni N - mikrometrijskom metodom po Kjeldahl-u,

- nitratni dušik - ekstrakcijom vrelom vodom na vodenoj kupelji i destilacijom uz dimetil-fenol i očitavanje apsorpcije svjetlosti valne duljine 450 nm.

- ukupni fosfor - mokrim spaljivanjem s  $H_2SO_4$  i  $HClO_4$  i spektrofotometrijskim određivanjem apsorpcije crvene svjetlosti kompleksa fosfata i amonij-heptamolibdata,
- ukupni kalij - mokrim spaljivanjem s  $H_2SO_4$  i  $HClO_4$  i direktno očitavanje na plamen-fotometru,
- bakar i magnezij - mokrim spaljivanjem s  $H_2SO_4$  i  $HClO_4$  i očitavanja na AAS.

### 3 REZULTATI I RAZRADA

Rezultati kemijskog ispitivanja tla i biljne mase grupirani su prema ispitivanim osobinama i biogenim elementima posebno za tlo i posebno za biljnu tvar. Količina humusa tla do 30 cm dubine kretala se između 1,7 i 2%, što prema GRAČANINU (1970) ovo tlo se svrstava u slabo humusna tla. Reakcija tla je izrazito kisela (pH u KCl oko 5) s naglašenim padom pH krajem ožujka. (Graf. 2) Ovo zakiseljavanje može se povezati s intenzivnim porastom korijenova sustava nakon proljetnog zatopljenja tla, te privremenom promjenom pH rizosfere. Istovremeno provedeno praćenje kiselosti oborina (IVANEK, osobna komunikacija) ukazuju da oborine nisu mogle biti uzrok kratkotrajnog zakiseljavanja tla.



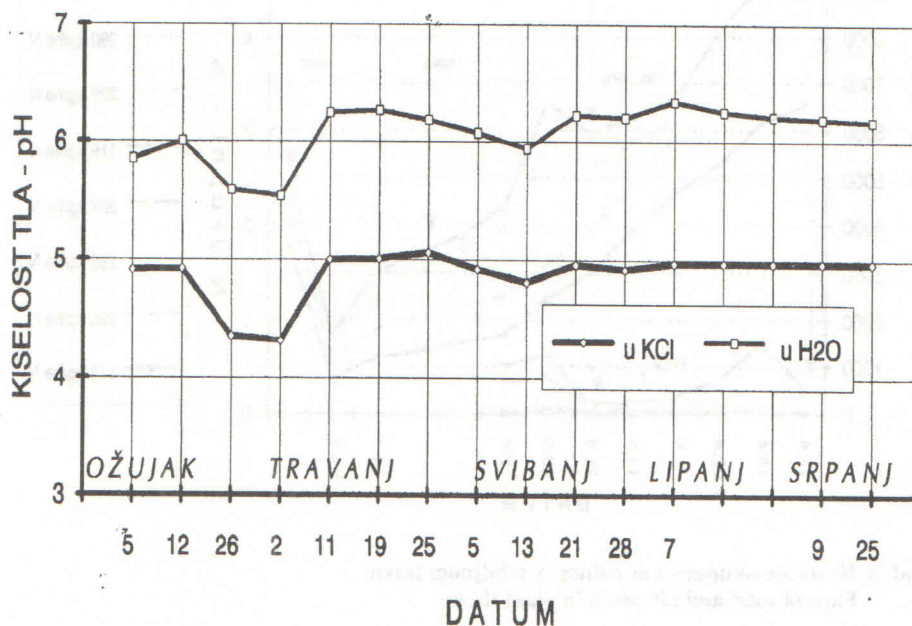
Graf. 2. Kretanje pH vrijednosti tla do dubine 30 cm  
Flow of soil pH values to 30 cm depth

Zbog ranog početka zime, za razgradnju kukuruzinca dodana urea (78 kg N/ha) aktivirala se tek u proljeće s porastom temperatura tla. Tijekom vegetaci-



jskog ciklusa obavljeno je prihranjivanje varijanata pokusa različitim količinama KAN-a, tako da je sveukupno s prethodnim gnojibama dodano dušika kako slijedi: I. (kontrolna) varijanta pokusa 307 kg N/ha (100%), II. varijanta 280 kg N/ha (91,2 %), III. varijanta 226 kg N/ha (73,7 %) i IV. varijanta samo 118 kg N/ha (38,5% od kontrolne varijante). Ni maksimalna količina dodanog dušika (kontrolna varijanta) nije izazvala polijeganje usjeva, što ukazuje da bi sorta mogla izdržati daljnje uvećanje doza gnojidbe.

To je značajno ako se prisjetimo da je još pred dvadesetak godina upravo polijeganje pšenice limitiralo mogućnost intenzivnijeg prihranjivanja N hranivima na maksimalno 120 kg/ha. Danas očito polijeganje više nije limitirajući faktor, ali se postavlja pitanje koliko od dodanog N biljka stvarno iskoristi, a koliko se ispere u podzemne vode. Povećana primjena N hraniva, bilo mineralnih bilo organskih, dovodi do ekoloških problema. Postojeće zalihe pitke vode ugrožene su u mnogim dijelovima Europe, gdje koncentracija nitrata već prelazi dozvoljeni iznos od 50 mg/l. Stoga su zemlje EEZ-a pokrenule međunarodni projekt "Nitrati u tlu" s ciljem formiranja i izvršenja efektivne politike prevencije zagađenja podzemnih voda, boljim poznavanjem ponašanja N i njegovih spojeva u tlu (REINIGER i sur. 1991).

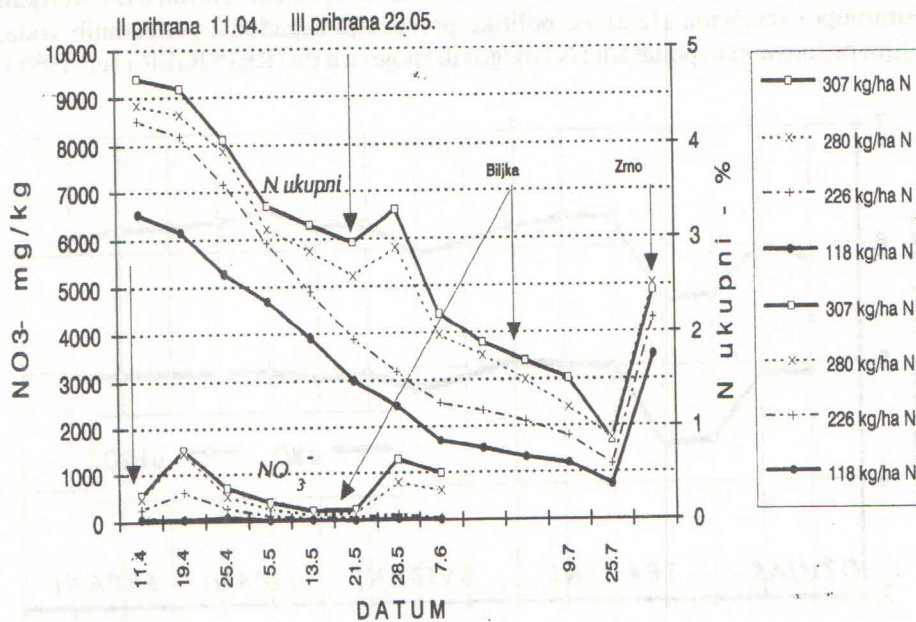


Graf. 3. Kretanje nitratnog i amonijskog N u tlu do 30 cm dubine  
Flow of nitrate and amonium N in soil to 30 cm depth

Dinamika dušika u tlu tijekom vegetacije prikazana je posebno za NO<sub>3</sub>- i NH<sub>4</sub><sup>+</sup> formu. (Graf. 3) nakon svake prihrane uočava se očekivani porast obje

forme N u tlu i ponovni povrat na normalu nakon određenog vremenskog razdoblja. To je naročito uočljivo kod nitratnog oblika, koji je i mnogo mobilniji od amonijskog i lakše prolazi u dubinu tla ako ga biljka ne apsorbira i upotrijebi u svojim biokemijskim procesima. Kod IV. varijante (neprihranjivano) takođe se u rano proljeće zamjećuje mali porast koncentracije N spojeva u tlu, što je vjerojatno u vezi s već spominjanim aktiviranjem N iz uree nakon proljetnog zatopljenja tla.

Ispitivanje opskrbljenosti biljnog tkiva dušikom započelo je od faze busanja (Feekes st. 4). Nakon svake prihrane dušikom, u biljnoj masi uočeno je naglo povećanje koncentracije ukupnog i nitratnog dušika, kakvo je zamijećeno i u tlu. Iako je opskrbljenost biljke N spojevima sortna karakteristika, prema našim analitičkim podacima I. (maksimalna) i IV. (minimalna) varijanta ishrane dušikom nalazile su se na gornjoj, odnosno donjoj, granici nekog prihvatljivog optimalnog područja ishrane. (Graf. 4) Tijekom vegetacije, postepeni pad koncentracije ukupnog dušika u biljci pratio je porast koncentracije suhe tvari tkiva.

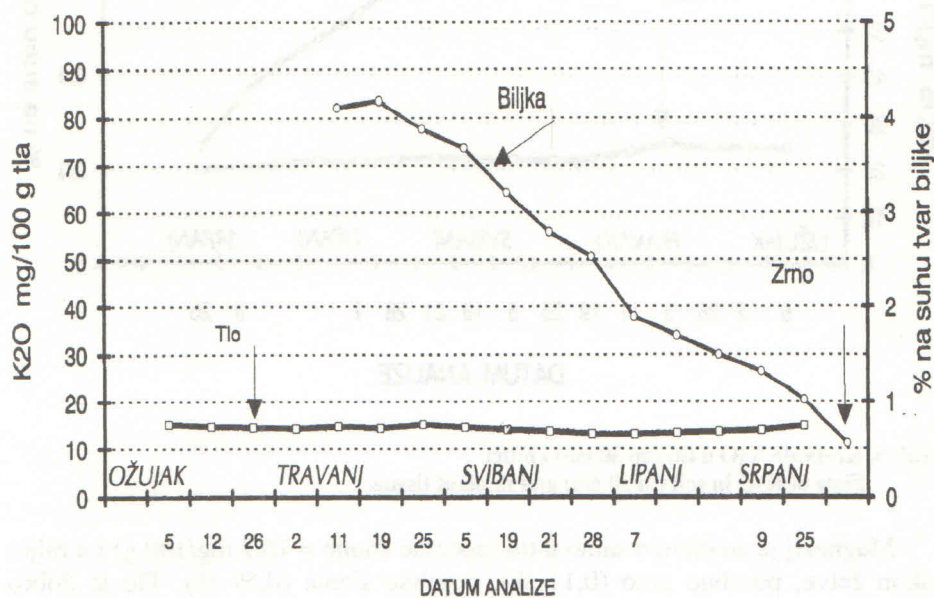


Graf. 4. Kretanje ukupnog i nitratnog N u biljnom tkivu  
Flow of total and nitrate N in plant tissue

Rezultati ispitivanja početne opskrbljenosti tla fosforom kreću se u granicama dobre opskrbljenosti. Na kraju životnog ciklusa pšenice utvrđeno je smanjenje P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> oko 5 mg/100g tla ili oko 20% početne količine, što je u skladu s normalnom potrebom biljke za ovim elementom. Količina fosfora u tlu između četiri ispitivane varijante agrotehnike nije se značajno razlikovala pa su u grafikonu 4 prikazane samo prosječne vrijednosti. Očito je da je količina fosfora, koja je postojala u tlu



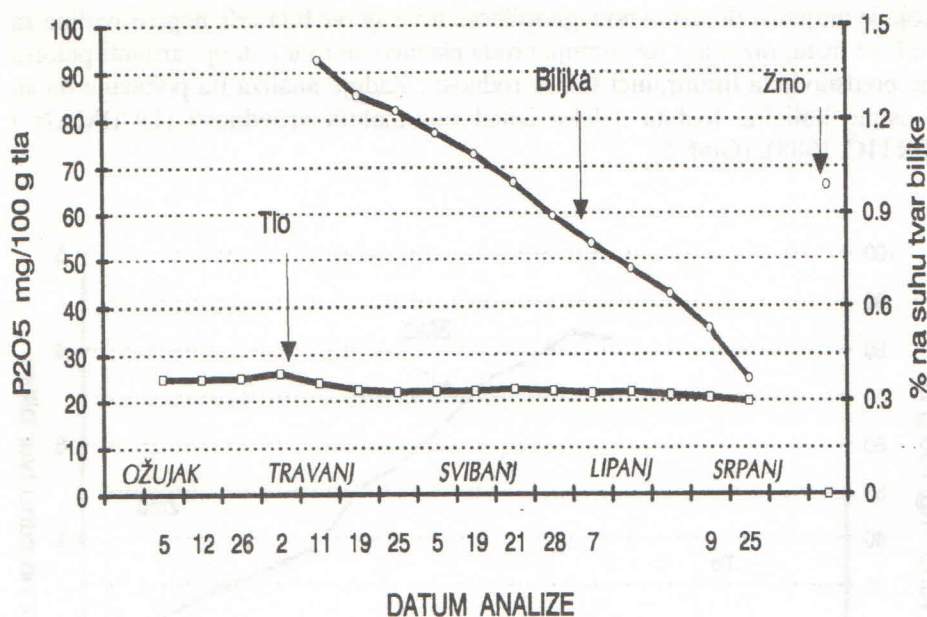
i koja je unijeta u tlo osnovnom gnojidbom prije sjetve bila više nego dovoljna za sve faze rasta, razvoja i formiranja uroda pšenice, te ni u jednoj varijanti pokusa nije predstavljala limitirajući faktor rodosti. Zadnja analiza tla pokazuje da su preostale količine fosfata daleko iznad minimalnih vrijednosti (DURMAN i BERTIĆ, 1988). (Graf. 5)



Graf. 5. Kretanje  $P_2O_5$  u tlu (do 30 cm) i biljci  
Flow of  $P_2O_5$  in soil (to 30 cm) and in plant tissue

I u biljnom tkivu količina fosfata nije značajno ovisila o nivou primijenjene agrotehnike. Kod sve četiri varijante utvrđene su skoro optimalne vrijednosti. Razlika koncentracije fosfata u fazi busanja i u fazi nalijevanja zrna između I i IV varijante agrotehnike nije signifikantna i nalazi se u granicama dozvoljene greške. Treba naglasiti da biljke u sve četiri varijante nisu oskudijevale fosforom.

Sličan je slučaj i s kalijem (Graf 6). Količine kalija, u tlu i u biljci, nalaze se u granicama optimalnih vrijednosti (DURMAN i BERTIĆ, 1988). Smanjenje razine kalija u tlu, slično kao kod fosfora, u vegetacijskom razdoblju iznosi oko 2 mg/100g tla, ili oko 15% i ne razlikuje se značajno po pokusnim varijantama. Biljka najintenzivnije usvaja K za vrijeme izduživanja stanica, tijekom rasta biljke sve do cvatnje. U kasnijim fazama rasta i razvoja biljke količina kalija u tkivu se smanjuje, ali ni u jednom od varijanti pokusa ne pada ispod optimalne vrijednosti.



Graf. 6. Kretanje  $K_2O$  u tlu (do 30 cm) i biljci  
Flow of  $K_2O$  in soil (to 30 cm) and in plant tissue.

Magnezij je analiziran samo u tlu (početno stanje = 16,7 mg/100 g) i u biljci nakon žetve, posebno zrno (0,11 %), posebno slama (0,59 %). Tlo je dobro snabdjeveno magnezijem, iako zbog izrazito kisele reakcije (pH ispod 5) i antagonizma u kiseloj sredini s mobilnim  $Al^{+++}$  ionom, može doći do pojave deficijencije, ovog iza N, P i K najznačajnijeg biogenog elementa. Folijarna ishrana s Mg u vrijeme cvatnje (3-5 kg/ha MgO) mogla bi biti opravdana zbog velike potrebe koju ispoljava biljka pšenice za Mg, naročito u vrijeme nalijevanja zrna (GRIMME, 1991).

Početno stanje tla analizirano je i glede nekih mikroelemenata i teških metala. Tlo je slabo opskrbljeno cinkom (3,69 ppm) i bakrom (1,74 ppm), dok su ostali ispitivani mikroelementi (Fe = 38,2 ppm i Mn = 34,1 ppm) u optimalnim granicama (REITH & MITCHELL, 1964; FINCK, 1968; BERGMAN, 1968; NEUBERT, 1970; CASTENSON, 1971; LOTTI, 1973; DURMAN i STEINER-ŠKREB, 1976). U tlu utvrđene količine teških metala nalazile su se znatno ispod dozvoljenih graničnih vrijednosti (Hg = 0,19; Cd = 0,13; Pb = 8,88 i Cr = 35,08 ppm) te za sada ne predstavljaju opasnost.

Nakon žetve određena je koncentracija bakra u slami (0,5 - 1,04 ppm) i zrnu (1,50 - 1,92 ppm). DŽAMIĆ i sur. (1983) ispitujući 10 sorata na pet lokacija utvrdili su varijacionu širinu za sadržaj bakra u zrnu pšenice od 5,1 do 19,4 ppm. Jasno je uočljivo da se u našem primjeru izraziti nedostatak bakra u tlu odrazio kroz isto



tako izraziti nedostatak ovog elementa u zrnu pšenice. Treba naglasiti da slobodni Al+++ ioni u naglašeno kiselim tlima zbog antagonizma izazivaju, odnosno potenciraju deficijenciju bakra. Pored toga, postoji interakcija između dušika i bakra. Intenzivna ishrana dušikom na bakrom siromašnim tlima može izazvati jake simptome deficijencije bakra i sniženje uroda zrna (GRAHAM i sur. 1981). Stoga je na bakrom siromašnim, kiselim tlima forsiranje visokih priroda jakom ishranom dušikom, ne samo gospodarski neopravdana, već za okoliš izrazito opasna mjera. Budući da pšenica uz urod zrna od 8 t/ha iznese iz tla 50-150 g bakra (THEVENET, 1991), dodatna folijarna ishrana ovim mikroelementom, na Cu siromašnim tlima, može biti gospodarski znatno opravdanija od intenzivne gnojidbe dušikom. Ovu pretpostavku bi svakako trebalo potvrditi egzaktnim pokusima.

Komponente rodnosti i rodnost zrna i bjelančevina prikazane za sve četiri varijante pokusa prikazani su u tablici 3.

**Tab. 3. Ovisnost komponenata rodnosti, uroda zrna i bjelančevina sorte Pitoma o nivou primijenjene agrotehnike - Križevci, 1991.**

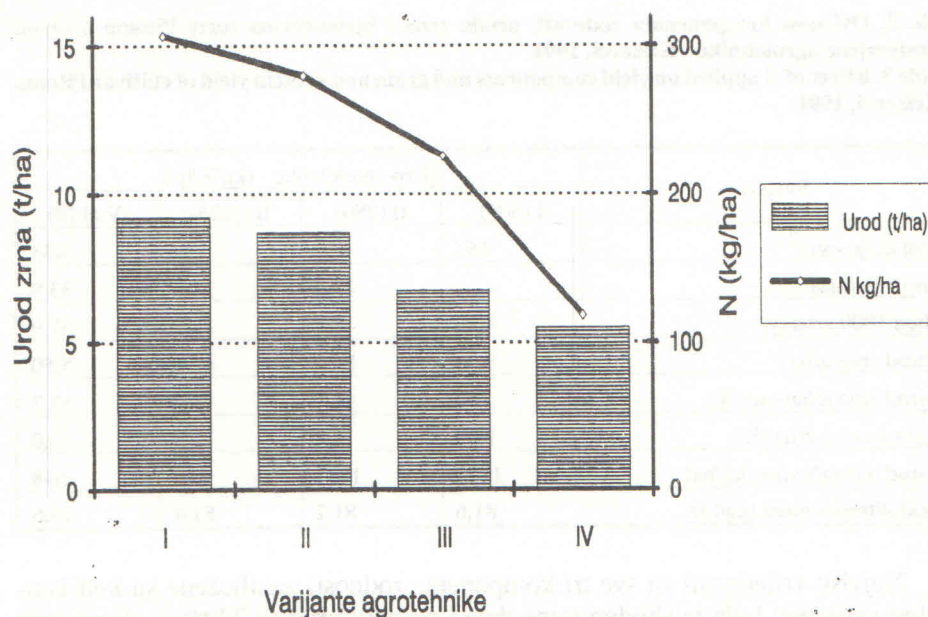
**Table 3. Effect of N applied on yield components and grain and protein yield of cultivar Pitoma - Križevci, 1991.**

Svojstvo	Nivo agrotehnike - (kg N/ha)			
	I (307)	II (280)	III (226)	IV (118)
Broj klasova/m <sup>2</sup>	555	534	473	433
Broj zrna/klas	42,2	41,0	38,5	33,9
Masa 1000 zrna (g)	40,6	40,4	38,2	37,9
Prirod zrna (t/ha)	9,22	8,72	6,75	5,50
Prirod zrna relativno (%)	100	94,6	73,2	57,7
Bjelančevine zrna (%)	13,9	14,2	12,3	10,0
Prirod bjelančevina (kg/ha)	1290	1245	825	548
Hektolitarska masa (kg/hl)	81,6	81,2	81,4	79,6

Najviše vrijednosti za sve tri komponente rodnosti zabilježene su kod kontrolne varijante, koja je shodno tome dala i najbolji urod (9,22 t/ha). Smanjenje količine dodanog dušika u sve tri preostale varijante nepovoljno je djelovalo na svaku od komponenata rodnosti, pa tako i na ukupan urod. Smanjenje priroda u II. varijanti (cca. 10% manje dušika) iznosi 5,4%. Smanjena ishrana dušikom za 20%, kod III. varijante, dala je 26,8% manji urod zrna s uočljivo nižom koncentracijom bjelančevina zrna. U IV. varijanti pokusa (61% slabija gnojidba N) dobiveno je smanjenje uroda zrna za 42,3%. Naglašen je pad koncentracije bjelančevina zrna (-28%), odnosno ukupnog uroda bjelančevina po jedinici površine (-57%).

Kao što se i očekivalo reducirana ishrana dušikom rezultirala je smanjenom produkcijom. No uočljivo je da je pad vrijednosti svih analiziranih svojstava (urod i komponente rodnosti) sporiji od smanjenja količina dodanog dušika. (Graf. 7) Drugim riječima: što su doze N gnojidbe više, to je iskorištavanje hraniva slabije,

a očekivano zagađivanje podzemnih voda jače. Postavlja se pitanje: koja bi to bila najracionalnija količina dušika u proizvodnji pšenice? REMY (1990) navodi rezultate istraživanja provedenih u Francuskoj: redukcija gnojidbe s 300 na 150 kg N/ha (50%) smanjila je urod za samo 5%, dok je faktor polucije smanjen za 60%. U našem pokusu smanjenje uroda je znatno jače, jer je kod slabije gnojnih varijanti izostala i zaštita s herbicidom i pesticidima. Pored toga od značaja je i genotip sorte. Naime na osnovi prije utvrđenih parametara stabilnosti (JOŠT i sur. 1988) poznato je da sorta Pitoma spada u sorte koje jako reagiraju na promjenu agrotehnike. Kako se radi o sorti otpornoj na prevalentne biljne bolesti, kod slabije gnojnih i fungicidom netretiranih varijanti bolesti nisu predstavljale limitirajući faktor rodnosti. Nasuprot tome, kompeticija s korovima pridonijela je većem smanjenju uroda.



Graf. 7. Utjecaj nivoa ishrane dušikom na urod zrna sorte Pitoma  
Effect of different levels of N applied on grain yield of cv. Pitoma

Dakako da se temeljem jednog, ili malog broja ispitivanja ne može na postavljena pitanja dati potpun i ispravan odgovor. Obim redukcije gnojidbe ovisit će o klimatu, tlu i konačno, možda najviše, o genotipu. Kako od tri navedena čimbenika čovjek može djelovati ili mijenjati agrotehniku i genotip, proizlazi da bi mijenjanjem ideotipa biljke bilo moguće kreirati nove sorte prikladne za novu integralnu ili održivu poljoprivredu koja će osim o ekonomskom efektu voditi računa i o zaštiti našeg okoliša.



#### 4. ZAKLJUČAK

Sve nazočnija prijetnja zagađenja okliša, među ostalim, postavlja i pitanje racionalnije i za okoliš manje opasne tehnologije proizvodnje ratarskih kultura, u ovom slučaju pšenice. Iako smo svjesni da se ne možemo vratiti na proizvodnu tehnologiju naših predaka, jasno je da treba pronaći nove načine racionalnije proizvodnje. Dva su osnovna puta: a) stvaranje novih, za umjereniju gnojidbu prilagođenih sorata te b) pronalaženje nove pogodnije agrotehnike.

Nova sorta će neminovno biti nešto višeg habitusa i razvijenijeg korijenova sustava s većom moći apsorpcije hraniva, dok će nova tehnologija bez sumnje uključivati širi plodored s većim učešćem leguminoza (fiksacija atmosferskog N), a korištenjem postrnih usjeva i zelene gnojidbe spriječiti će se pretjerano ispiranje dušika te usporiti osiromašenje tla na organskoj tvari.

Principi integralne poljoprivrede (proizvodnja kvalitetne, biološki vrijedne hrane, prevencija zagađenja i zaštita okoliša uz održavanje priroda na prihvatljivoj razini) trebaju zamijeniti principe danas postojeće intenzivne poljoprivrede, koju karakteriziraju ekonomski interes i profit, te odsustvo svake brige o okolišu.

Štednja energije (reducirana obrada, smanjena gnojidba) rezultirat će u smanjenoj produkciji po jedinici površine, no ekonomski efekat smanjenog priroda pokriti će se smanjenom ulaganjima. Bez sumnje, optimalnu razinu intenziteta agrotehnike bit će potrebno utvrđivati tijekom same proizvodnje u ovisnosti o lokaciji i sorti. Zemlje Europe s visokom produkcijom i visokim stupnjem zagađenja okoliša vrlo ozbiljno razmatraju opravdanost prijelaza na integralnu odnosno održivu poljoprivredu, te bi njihova nastojanja trebali prihvatiti kao pravovremeno upozorenje.

Napomena: U radu je prikazan dio istraživanja provedenih u sklopu projekta br. 4-01-133: "Genetski aspekti racionalne i ekološki manje štetne proizvodnje pšenice" koji je financiran sredstvima Ministarstva znanosti Republike Hrvatske.

#### LITERATURA - REFERENCES

1. .... 1978. Podaci Hidrometeorološke stanice u Križevcima za period 1960-1975 god.
2. Bašić, F. i sur. 1981. Projekt detaljne odvodnje eksperimentalnog melioracijskog polja Zorin dol u Križevcima, Križevci. p. 77.
3. Bergmman, W. 1968. Erster Orientiren der Uberblick uber die B-, Cu-, Mn-, Mo-Versorgung der Boden der DDR. A Thar-Arch. 12:1099-1112.
4. Castenson, R. 1971. Interpretation of plant tissue analysis results for micronutrients, Micronutrients, a new dimension in agriculture. Publ. Nat. Fertiliser Solutions Assoc., Peoria, Illinois, USA, p. 62-66.
5. Cencelj, Lj. 1966. Određivanje reakcije zemljišta. U M. Bogdanović, N. Velikonja i Z. Racz (ur.): Priručnik za ispitivanje zemljišta. Knjiga I. Hemijske metode ispitivanja zemljišta. JDPZ, Beograd, p. 41-43.

6. Cencelj, Lj. 1966. Određivanje pristupačnog kalcija i magnezija. U M. Bogdanović, N. Velikonja i Z. Racz (ur.): Priručnik za ispitivanje zemljišta. Knjiga I. Hemijske metode ispitivanja zemljišta. JDPZ, Beograd, p. 197-202.
7. Durman, P. i B. Bertić, 1988. Kontrola plodnosti tla u uvjetima intenzivne ratarske proizvodnje Hrvatske. Poljoprivredne aktualnosti. 30(1-2):319-379
8. Durman, P., Dragica Steiner-Škreb, 1976. Uvođenje analitičkih metoda određivanja makro i mikro hraniva u tlu i biljnom materijalu pomoću AAS. Studija I dio, Sveučilište u Zagrebu. p. 156.
9. Džamić, M., M. Leković i Ružica Džamić, 1983. Zastupljenost nekih mikroelemenata u zrnu pšenice u zavisnosti od sorte i uslova gajenja. Agrohemija, Br. 11-12:397-405.
10. Džamić, R. 1966. Određivanje ukupnog azota u zemljištu mikrometodom po Kjeldahlu. U M. Bogdanović, N. Velikonja i Z. Racz (ur.): Priručnik za ispitivanje zemljišta. Knjiga I. Hemijske metode ispitivanja zemljišta. JDPZ, Beograd, p. 162-163.
11. Epstein, E. 1972. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives, John Wiley and Sons Inc. New York, London.
12. Finck, A. 1968. Grenzwerte der Nahrelemente in Pflanzen und ihre Auswertung zur Ermittlung des Düngerbedarfs. Z. Pflanzenernähr. Bodenkunde, 119:197-208.
13. Gračanin, M. 1970. Opći principi fertilizacije tla. Zagreb. p. 51.
14. Graham, R. D. and E. K. Sadanandan Nambiar. 1981. Advances in research on copper deficiency in cereals. Aust. J. Agric. Res. 32:1009-1037.
15. Grimme, H. 1991. Magnesium fertilization. Proc. 1st European Meeting on Rational Fertilisation: Which fertilizer practices tomorrow?, p. 211-218.
16. Jošt, M., Milica Jošt i F. Levaković. 1983. "Pitoma" - nova sorta ozime pšenice. Bilten Poljodobra, XXXI(7):3-9.
17. Jošt, M., F. Bašić, Z. Bily, T. S. Cox, Ivanka Čizmić, I. Gašpar, Branka Javornik, Milica Jošt, Božena Mrazović, Z. Ostojić, Vesna Samobor-Galović, Marija Stipić, Ljiljana Vapa, A. J. Worland i Dragica Žanić, 1988. Pšenica - put do visokih prinosa. Poljoprivredni institut Križevci. p. 99.
18. Jošt, M. and T. S. Cox, 1988. Cluster analysis of Yugoslavian wheat cultivars based upon coefficients of parentage. Proc. 7th Int. Wheat Genetics Symp., Cambridge, 2:1119-1123.
19. Jošt, M. 1989. Genetska srodnost unutar jugoslavenskog sortimenta ozime pšenice. Savjetovanje agronoma Hrvatske, Dubrovnik. Poljoprivredne aktualnosti, 33(3-4):391-397.
20. Jošt, M. and T. S. Cox. 1990. Relative genetic contributions of ancestral genotypes to Yugoslavian winter wheat cultivars. Euphytica, 45:169-177.
21. Jošt, M., T. S. Cox and Milica Jošt, 1990. Maintaining genetic variability of wheat in a composite cross population and its improvement by recurrent selection. Final Technical Report on U. S. - Yugoslav Joint Fund Scientific and Technological Cooperation (JFP-648), p. 31.



22. Jošt, M., V. Hrust, Z. Ostojić, M. Rojc i Z. Štafa, 1991. Tehnološki aspekti proizvodnje i distribucije hrane u ratnim i poslijeratnim uvjetima. Izvješće po projektu (T. Lovrić, vod.) 4- 99-148: Razvoj biotehničke osnove poljoprivredno-prehrambenog sustava. p. 14.
23. Jošt, M. 1993. Oplemenjivanje bilja, proizvodnja hrane i održiva poljoprivreda. Zbornik radova sa znanstvenog skupa Uloga znanosti u održivom razvoju, Socijalna ekologija (u štampi)
24. Katić, Z. 1993. Čovjek i hrana - poljoprivreda i energija. Savjetovanje o strategiji dugoročnog razvitka hrvatske poljoprivrede. Zagreb, 21-22 travnja (u štampi)
25. Lotti G., 1973. Lo zinko nel metabolismo vegetale. *Agrochimica*, 1-2:141-180.
26. Neubert, P., W. Warzidlo, H. P. Vielemeyer, I. Hundt, E. Gollmick und W. Bergmann, 1970. Tabellen zur Pflanzenanalyse, Erste orientierende Übersicht, Inst. für Pflanzenernährung der Akademie der Landwirtschaftswissenschaft, Jena.
27. Racz, Z. 1992. Svjetski i domaći trendovi zaštite tala i poljoprivredne proizvodnje od Stockholma do Rio de Janeira. *Soc. Ekol.*, 1(3):399-405.
28. Reiniger, P., J. Hutson, H. Jansen, J. Kraght, H. Piehler, M. Swarts and H. Vereecken, 1991 Evaluation and testing of models describing nitrogen transport and transformation in soil: A European project. Proc. 1st European meeting on rational fertilization - Which fertilizer practices tomorrow? Strasbourg, p. 224-228.
29. Reith, J. W. S. and R. L. Mitchell, 1964. Effect of soil treatment on trace element uptake by plants. Proc. IV Int. Colloq. Plant Annal. Fert. Problem, p. 241.
30. Remy, J. C. 1990. Possibilities and constraints concerning the use of fertilizers. What limit should be put on intensification? Colloquium titles: Defi ble 90. Paris, October 3-2th, p. 237-242.
31. Škorić, A. i Sertić, V. 1966. Određivanje ukupne količine ugljika i humusa. U M. Bogdanović, N. Velikonja i Z. Racz (ur.): Priručnik za ispitivanje zemljišta. Knjiga I. Hemijske metode ispitivanja zemljišta. JDPZ, Beograd, p. 41-43.
32. Thevenet, G. 1991. Carence en cuivre sur ble tendre d'hiver. In:Oligo-elements et cultures - Les fiches du COMIFER. Fiche No 1.
33. Vajnberger, A. 1966. Određivanje lakopristupačnog fosfora i lakopristupačnog kalija u zemljištu. U M. Bogdanović, N. Velikonja i Z. Racz (ur.): Priručnik za ispitivanje zemljišta. Knjiga I. Hemijske metode ispitivanja zemljišta. JDPZ, Beograd, p. 184-196.