

Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

**Prilagodba klimatskim promjenama optimizacijom gnojidbe  
ratarskih usjeva dušikom**

*VIP projekt 2012.-2014.*

Priručnik o rezultatima VIP projekta  
Ministarstva poljoprivrede Republike Hrvatske

**Voditelj projekta: prof. dr. sc. Zdenko Lončarić**

Osijek, 2015.

## **Prilagodba klimatskim promjenama optimizacijom gnojidbe ratarskih usjeva dušikom**

### Autori

prof. dr. sc. Zdenko Lončarić  
doc. dr. sc. Krunoslav Karalić  
doc. dr. sc. Vladimir Ivezić  
izv. prof. dr. sc. Ružica Lončarić  
prof. dr. sc. Vlado Kovačević

### Recenzent

prof. dr. sc. Tihana Teklić, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku

### Lektorica

dr. sc. Vedrana Živković Zebec

### Izdavač

Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Kralja Petra Svačića 1d, HR-31000 Osijek, Hrvatska

Dizajn i tisak: Grafika d. o. o. Osijek, 2015.

Naklada: 200 komada

ISBN 978-953-7871-55-0

CIP zapis dostupan je u računalnom katalogu Gradske i sveučilišne knjižnice Osijek pod brojem 140317050.

Izdavanje ovoga priručnika odobrilo je Fakultetsko vijeće Poljoprivrednog fakulteta Sveučilišta u Osijeku 2015. godine.

Tiskanje priručnika omogućeno je sredstvima VIP projekta kojega je financiralo Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske (voditelj projekta: prof. dr. sc. Zdenko Lončarić).

## KAZALO

<b>1. UVOD</b>	<b>1</b>
1.1. Plodnost tla	1
1.2. Podjela hraniva	5
1.3. Gnojidba	6
1.3.1. Mineralna gnojiva	10
1.4. Cilj projekta	11
<b>2. MATERIJAL I METODE RADA</b>	<b>13</b>
2.1. Lokaliteti	13
2.2. Sorte	15
2.3. Uzorkovanje tla i biljke	16
2.3.1. Uzorkovanje tla za osnovne agrokemijske analize	16
2.3.2. Uzorkovanje tla za analize mineralnog N ( $N_{min}$ )	16
2.3.3. Uzorkovanje biljnog materijala za analize koncentracije N	17
2.3.4. Uzorkovanje biljnog materijala za analize pigmenata	17
2.4. Agrokemijska svojstva tla	17
2.4.1. Laboratorijske analize osnovnih agrokemijskih svojstava tla	18
2.4.2. Laboratorijske analize mineralnog N u tlu ( $N_{min}$ )	20
2.4.3. Laboratorijska analiza koncentracije fotosintetskih pigmenata	20
2.4.4. Određivanje SPAD indeksa	20
2.4.5. Određivanje koncentracije dušika destilacijom	21
<b>3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM</b>	<b>22</b>
3.1. Meteorološki podatci	22
3.1.1. Vegetacija pšenice 2012./2013.	22
3.1.2. Vegetacija kukuruza 2013. godine	23
3.1.3. Vegetacija pšenice 2013./2014.	23
3.1.4. Vegetacija kukuruza 2014. godine	24
3.2. Rezultati analize tla	25
3.2.1. Dinamika mineralnog dušika ( $N_{min}$ ) u tlu	26
3.3. Utjecaj gnojidbe na prinose i svojstva pšenice	32
3.3.1. Vegetacija pšenice 2012./2013.	32
3.3.2. Vegetacija pšenice 2013./2014.	34
3.3.3. Prosječan utjecaj gnojidbe u dvogodišnjem uzgoju pšenice	36
3.4. Utjecaj gnojidbe na prinose i svojstva kukuruza	39
3.4.1. Vegetacija kukuruza 2013. godine	39
3.4.2. Vegetacija kukuruza 2014. godine	41
3.4.3. Prosječan utjecaj gnojidbe u dvogodišnjem uzgoju kukuruza	42
3.5. Izračun gnojidbe pšenice i kukuruza dušikom	46
3.6. Ekonomska analiza gnojidbe pšenice i kukuruza	47
<b>4. ZAKLJUČAK</b>	<b>48</b>
<b>5. LITERATURA</b>	<b>51</b>
<b>6. SAŽETAK</b>	<b>52</b>

## 1. UVOD

### 1.1. Plodnost tla

Plodnost tla definiramo kao svojstvo tla da omogući sintezu određene količine organske tvari neke biljne vrste na specifičnome staništu. Takva definicija sinonim je za efektivnu plodnost ili produktivnost staništa, a zasniva se na razlogu uporabe tla u poljoprivrednoj proizvodnji, dakle produkciji organske tvari, ali i sposobnosti tla da biljci istodobno, neprestano i optimalno osigura hraniva, vodu, kisik i toplinu.

Međutim, plodnost tla je visoka razina integracije intenziteta i kvalitete svih činitelja plodnosti. Integracija činitelja nije ni jednostavna ni jedinstvena zbog brojnosti činitelja, a svakako i zbog višestrukih interakcija. Zbog toga put od pojedinačnih činitelja do proizvodnje organske tvari kao posljedice plodnosti tla ipak nije jednostavan.

Želimo li opisati tlo kao sustav, prije svega moramo izabrati činitelje (svojstva tla) čijim ćemo atributima (količina ili intenzitet i kvaliteta) interpretirati stanje tla. Proces procjene plodnosti ili produktivnosti tla dizajniran je u tri koraka, tzv. trostupanjski proces procjene produktivnosti tla (Rastija i Lončarić, 2014):

1. izbor indikatora (činitelja) plodnosti (produktivnosti) tla
2. interpretacija indikatora
3. integracija podataka u indeks plodnosti (produktivnosti) tla.

Izborom indikatora odlučujemo kojim ćemo se svojstvima tla služiti za opis njegova stanja, plodnosti, produktivnosti, kvalitete ili zdravlja. Pri tome je neophodno naći najmanji mogući set podataka da bi sustav bio dovoljno točan, ali ne smije biti preopsežan da postane presložen i nefunkcionalan. Na primjer, za potrebe procjene pogodnosti tala mogu biti dovoljni podatci o pH reakciji tla, sadržaju humusa, raspoloživome fosforu i kaliju te teksturi tla. Svakako bi procjenu kvalitetnijom, ali i složenijom učinili podatci o adsorpcijskom kompleksu, konduktivitetu tla, specifičnoj gustoći, zbijenosti, ukupnome dušiku, mineralnome dušiku, odnosu CN, izmjenjivom Ca i Mg, bioraspoloživim mikroelementima, strukturi tla ili nizu mikrobioloških svojstava. Dodamo li tome činjenicu da bismo se mogli služiti i podacima o frakcijama (ili raspoloživosti) svakoga pojedinog elementa, kako neophodnoga, tako i korisnoga i štetenog, već bismo obuhvatili nekoliko desetina, pa čak i stotinjak činitelja ili indikatora. Stvarnost je, međutim, da je značenje pojedinih činitelja gotovo zanemarivo (npr. ukupna koncentracija Fe u tlu) pa ćemo se uglavnom služiti osnovnim činiteljima plodnosti, a ostalima za procjenu posebnih aspekata plodnosti ili pogodnosti tala (npr. za podizanje trajnih nasada, za uzgoj povrća, za ekološku poljoprivrednu proizvodnju itd.).

Interpretacija indikatora drugi je korak u procjeni pogodnosti i podrazumijeva da svakom izabranom indikatoru plodnosti (npr. pH, humus, raspoloživost P i K) dodijelimo određenu vrijednost s obzirom na intenzitet indikatora.

Integracija vrijednosti indikatora u indeks produktivnosti treći je korak u procjeni plodnosti tla. Integracija je prilično jednostavna ako su svi izabrani indikatori optimalnih intenziteta, njihova je vrijednost ocijenjena najvećom mogućom ocjenom pa je i plodnost tla maksimalna, odnosno pogodnost možemo ocijeniti ocjenom 1/1 ili jednostavno 100 %.

Procjenu produktivnosti ili plodnosti tla tim trostupanjским algoritmom možemo prilagoditi i općim i posebnim potrebama usporedbe tala i procjene isplativosti proizvodnje, a uz plodnost tla, na taj način možemo ocjenjivati pogodnost tla, kvalitetu tla i zdravlje tla.

Pogodnost tla je svojstvo tla da u određenoj mjeri omogući ostvarivanje cilja zbog kojeg se koristi. U poljoprivrednom smislu to je pogodnost tla da omogući uzgoj i planirani prinos određenog usjeva, na primjer pšenice ili krumpira.

Kvaliteta tla jest mogućnost određenoga tla da ispunjava svoju ulogu u prirodnome ili uređenom ekosustavu u podržavanju produktivnosti biljaka i životinja, održavanju ili poboljšavanju kvalitete vode i zraka te potpomaganju zdravlja i života ljudi.

Pojednostavljeno, kvaliteta tla jest mjera koliko tlo može učiniti ono što od tla očekujemo. Kvaliteta tla rabi se svuda u svijetu radi opisivanja značenja tla u proizvodnji hrane i očuvanju okoliša.

Kvaliteta tla utječe na tri sastavnice održivoga gospodarenja tlom:

1. produktivnost biljaka i životinja
2. kvaliteta okoliša kao prirodnoga bogatstva
3. zdravlje biljaka, životinja i ljudi.

Pobornici različitosti zdravlja i kvalitete tla pojam kvalitete tla adresiraju k ulogama tla, dok pojam zdravlja tla naglašava tlo kao dinamičnu živu sastavnicu ekosustava.

Zdravlje tla jest kontinuirana sposobnost tla da funkcionira kao živi sustav u okvirima prirodnoga ili antropogenoga ekosustava u pravcu podržavanja biološke produktivnosti, održavanja kvalitete zraka i vode te promocije zdravlja biljaka, životinja i ljudi. Definicija je vrlo slična definiciji kvalitete tla, ali tretira tlo kao živi sustav.

Izraz zdravlje tla primjereniji je kada želimo naglasiti ulogu tla u pravcu zdravlja biljaka, životinja i ljudi, a favoriziran je u znanstvenim disciplinama biologije tla, biokemije tla, mikrobiologije tla i posebno u području fitomedicine.

Pri procjeni plodnosti, pogodnosti, kvalitete ili zdravlja tla kao indikatore biramo i ocjenjujemo različita svojstva tla (fizikalne, kemijske i biološke značajke tla koje svojim intenzitetom i interakcijom sumarno čine kvalitetu, zdravlje, plodnost i pogodnost tla).

Prema dinamici promjena svojstva tla dijele se na:

1. statička i
2. dinamička.

Statička svojstva tla (male promjene u kratkome vremenu) jesu tekstura, struktura, dubina, masa, pH, konduktivitet i dr. Dinamička svojstva tla karakteriziraju brze promjene pod utjecajem obrade tla i/ili vremenskih prilika, a čine ih izgled površine, sadržaj vode i zraka.

Najznačajnija svojstva tla koja se rabe kao indikatori plodnosti i pogodnosti tla za optimalnu ishranu i gnojidbu usjeva jesu:

1. dubina tla
2. tekstura i struktura tla
3. pH reakcija tla
4. sadržaj humusa i hraniva
5. vodni režim
6. sorpcijska sposobnost tla.

Dubina tla značajna je za ukorjenjivanje i usvajanje vode i hraniva, ali i za agrotehničke mjere. Dublji solum podrazumijeva veći volumen opskrbe biljke hranivima i vodom te su dublja tla potencijalno plodnija. Vrijeme i način gnojidbe značajno utječu na raspored hraniva po dubini profila, a time i na razvoj korijenovog sustava.

Tekstura tla je kvantitativni udio mehaničkih elemenata, odnosno čestica tla različitih dimenzija. Čestice veće od 2 mm čine skelet, dok manje od 2 mm čine sitno tlo ili sitnicu. Struktura tla je način nakupljanja mehaničkih elemenata u veće ili manje nakupine tj. strukturne agregate tla.

Tekstura i struktura utječu na poroznost, sorpcijska svojstva i vodozračni režim tla (vododrživost i prozračnost). Korijen biljke češće je izložen nedostatku ili

suvišku vode u bestrukturnim tlima. Skeletna, pjeskovita i teža glinovita tla manje su plodnosti zbog nepovoljnijih fizikalnih svojstava.

pH reakcija tla pokazatelj je niza agrokemijskih svojstava. Raspon pH vrijednosti većine poljoprivrednih tala je 5-8. Vrijednosti izvan ovog raspona upućuju na manju raspoloživost hraniva i smanjenu plodnost i pogodnost tala. Osim posrednog utjecaja na raspoloživost hraniva, ekstremne pH vrijednosti mogu imati izravan toksičan utjecaj na korijen biljke.

Humus je stabilna organska tvar tla koja nastaje humifikacijom djelomično razložene organske tvari. Utjecaj humusa na plodnost tla je višestruk jer poboljšava fizikalna svojstva (vodozračni odnos, strukturu), povećava elastičnost, poboljšava sorpcijska svojstva, smanjuje ispiranje i kemijsku fiksaciju hraniva te regulira ravnotežu vodotopivih i izmjenjivih frakcija hraniva. Mineralizacijom humusa postupno se oslobađaju biljna hraniva.

Sorpcija iona u tlu je vrlo značajna jer omogućuje vezanje hraniva u tlu u pristupačnom obliku. Većoj sorpcijskoj sposobnosti tla doprinose humusne čestice, minerali gline i optimalna pH reakcija tla. Lagana pjeskovita tla i tla siromašna humusa imaju vrlo nisku sorpcijsku sposobnost (Rastija i Lončarić, 2014).

## 1.2. Podjela hraniva

Biljna hraniva su kemijski elementi ili molekule čije podrijetlo može biti anorgansko ili organsko, ovisno o tome potječu li iz minerala Zemljine kore ili su produkt razgradnje žive tvari poput humusa. Usvajanjem hraniva tijekom vegetacije biljne vrste iscrpe tlo, stoga je nakon žetve potrebno vratiti u tlo hraniva koje je biljka iskoristila za svoj rast i time održati optimalnu raspoloživost hraniva i za buduće usjeve, tj. moramo voditi računa o bilanci hraniva. Dakle, na poljoprivrednim tlima potrebna je redovita, nerijetko i intenzivna gnojidba kojom moramo optimizirati raspoloživost više nego jednog hraniva. Svakako treba znati koja su to hraniva i postoji li posebnost hraniva u pogledu potrebnih količina i raspoloživosti. Svi se elementi prema značaju za ishranu bilja dijele u tri grupe:

1. neophodni ili esencijalni elementi (17): C, O, H, N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, B, Mn, Zn, Cu, Mo, Cl, Ni
2. korisni ili beneficianalni elementi (9): Na, Si, Co, Se, V, Al, Ti, La, Ce
3. ostali elementi (uključujući i toksične elemente kao Cd, Cr, Hg, As, Pb, U...).

Biljkama je neophodno 17 elemenata i njihovu raspoloživost potrebno je održavati u optimalnom rasponu. Prema količini potrebnoj za ishranu bilja neophodni se elementi dijele u dvije grupe:

1. makroelementi (10): C, O, H, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe
2. mikroelementi (7): Mn, Zn, Cu, B, Cl, Mo, Ni.

Ova je podjela vrlo značajna za gnojidbu jer biljke mikroelemente prosječno trebaju tek < 1 kg/ha, sekundarna hraniva (Ca, Mg, S) i fosfor nekoliko desetina kg/ha, a dušik i kalij > 100 kg/ha. Podjela elemenata koja je najbliža fertilizacijskim principima je podjela prema podrijetlu, količini i funkciji hraniva:

1. organogeni elementi (C, O, H)
2. glavni makroelementi (N, P, K)
3. sekundarni makroelementi (Ca, Mg, S)
4. mikroelementi (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Cl, Mo, Ni).

Biljka organogene elemente usvaja uglavnom kao vodu ili plinove, što znači da je dovoljno održavati optimalnu raspoloživost vode i zraka, što nije izravna posljedica gnojidbe. Glavne i sekundarne makroelemente biljka usvaja korijenom iz supstrata u kojem se nalazi, uglavnom je to tlo, i neophodno je



održavati njihovu optimalnu raspoloživost. Manjim dijelom tijekom vegetacije biljka navedena hraniva može usvajati preko lista nakon folijarne aplikacije gnojiva. Značajan činitelj je i ukupna bilanca raspoloživih hraniva te gnojidbom moramo nadoknaditi količine koje biljka iznosi prinosom i gubitke tijekom vegetacije (ispiranjem, volatizacijom, denitrifikacijom, erozijom, fiksacijom), a sve da bismo osigurali kontinuiranu optimalnu raspoloživost hraniva za tekuću i sljedeće vegetacije. Mikroelementi su u tlu prisutni u velikim količinama, nekoliko desetina, stotina i tisuća puta više nego što ih biljka treba, ali su vrlo male frakcije tih elemenata biljci raspoložive. Stoga manje pozornosti posvećujemo bilanci i ukupnoj količini mikroelemenata, a puno više njihovoj dostatnoj (optimalnoj) raspoloživosti. Optimalna raspoloživost devet korisnih elemenata također je poželjna jer, iako ne utječu izravno na ishranu biljaka, mogu posredno utjecati na raspoloživost i iskoristivost esencijalnih hraniva (npr. Co je neophodan za simbiozne nitrofikirajuće bakterije čija aktivnost povećava raspoloživost dušika; Si je koristan za otpornost biljaka na uzročnike bolesti i štetočine). Pri previsokim koncentracijama korisni elementi mogu biti antagonisti esencijalnim elementima ili izravno toksični. Dakle, negativniji je utjecaj prekomjerne nego niske raspoloživosti korisnih elemenata (Lončarić, 2014).

### **1.3. Gnojidba**

Gnojidba ili fertilizacija je agrotehnička mjera aplikacije gnojiva s konačnim ciljem postizanja visokog prinosa. Takva jednosmjerna definicija dobrim je dijelom posljedica značajnog povećanja prinosa poljoprivrednih usjeva prvotnim uvođenjem mineralnih gnojiva u široku proizvodnu praksu, ali i današnje dominantne uloge gnojiva u ostvarenju visokih prinosa. Međutim, uloga gnojidbe u poljoprivrednoj proizvodnji nikako nije tako jednostavna. Gnojidba utječe na visinu i kvalitetu prinosa promjenama količina, odnosa i dinamike raspoloživih biljnih hraniva, bilo u rizosferi unošenjem u tlo, bilo izravno u nadzemnim dijelovima biljke folijarnom aplikacijom. Na primjer, posljedica gnojidbe dušikom je povećana raspoloživost mineralnih oblika dušika (amonijski kation i/ili nitratni anion). Ako je raspoloživost dušika prije gnojidbe bila nedostatna, a time i limitirajući činitelj proizvodnje, gnojidba će povećati prinos. Međutim, ako je raspoloživost dušika već bila dostatna i nije bila limitirajući činitelj proizvodnje, provedena gnojidba neće povećati prinos, a može pozitivno (npr. povećanim udjelom bjelančevina u zrnu pšenice) ili

negativno (npr. povećanim udjelom nitrata u plodu) utjecati na kvalitetu prinosa. Utjecaj dodanog dušika na kvalitetu prinosa u ovom primjeru ne ovisi samo o količini i dinamici raspoloživog dušika, već i o vrsti i kultivaru usjeva, ali i o raspoloživosti drugih hraniva (npr. niska raspoloživost K rezultirat će nižom kvalitetom ploda rajčice zbog preširokog N/K odnosa). Nadalje, ako je raspoloživost dušika i ostalih hraniva već bila optimalna, gnojidbom povećana raspoloživost sigurno će negativno utjecati na kvalitetu, a u konačnici će rezultirati i padom prinosa zbog nižeg žetvenog indeksa (npr. veći udio slame u nadzemnoj masi pšenice), polijeganja žitarica, intenzivnijeg napada uzročnika bolesti, ali i zbog mogućeg toksičnog učinka prekomjerne raspoloživosti hraniva (Lončarić, 2014).

Gnojiva su većim dijelom proizvedena ili sintetizirana umjetnim putem, ali je i značajna grupa gnojiva nastalih prirodnim geološkim procesima ili kruženjem tvari u spontanoj biosferi. Dakle, prema načinu proizvodnje sva se gnojiva dijele na:

1. prirodna gnojiva
2. umjetna ili sintetska gnojiva.

U prirodna gnojiva spadaju sva gnojiva nastala prirodnim geološkim procesima te trošenjem, taloženjem i akumulacijom minerala, životinjskih izlučevina i organske tvari biljnog i životinjskog podrijetla. Umjetna ili sintetska gnojiva nastala su industrijskim procesima sinteze ili prerade sirovina. Česte su negativne predrasude zbog naziva "umjetna" ili "sintetska" pa se ova gnojiva češće nazivaju "mineralna". Upotreba tog naziva nije uvijek potpuno prikladna jer u određenim procesima sinteze umjetnih gnojiva nastaju organske molekule (npr. urea, cijanamid). Prirodna gnojiva u pravilu sadrže manje koncentracije biljnih hraniva nego umjetna gnojiva, dok je u procesima proizvodnje umjetnih gnojiva potreban značajan utrošak energije, što nije slučaj kod prirodnih gnojiva.

Podjela prema namjeni naglašava razliku među gnojivima u užem smislu i poboljšivača:

1. prava gnojiva
2. posredna gnojiva.

Prava su gnojiva sve tvari koje koristimo s ciljem dodavanja biljnih hraniva, a posredna gnojiva koristimo s ciljem poboljšavanja fizikalno-kemijskih svojstava ili biološke aktivnosti tla. Iz ovog je objašnjenja razvidno da poboljšivači ili kondicioneri tla spadaju u posredna gnojiva. Ovu podjelu neki autori smatraju podjelom prema agrokemijskom značaju, ali je primjerenija podjela prema namjeni.

Podjela gnojiva prema agregatnom stanju:

1. kruta gnojiva
2. tekuća gnojiva
3. plinovita gnojiva.

Većinom se gnojiva proizvode i primjenjuju u krutom stanju. Gnojiva u krutom stanju mogu biti praškasta, kristalna i granulirana. U grupi tekućih gnojiva nalazi se mineralno gnojivo UAN i veliki broj različitih folijarnih gnojiva. Tekuća gnojiva mogu biti prave otopine i suspenzije. Otopina je gnojivo u tekućem obliku koje nema krute čestice. Suspenzija je dvofazno gnojivo gdje su krute čestice suspendirane u tekućoj fazi. Najmanje je predstavnika u grupi plinovitih gnojiva (npr. bezvodni ili anhidrirani amonijak).

Podjela gnojiva prema podrijetlu:

1. organska gnojiva
2. mineralna (anorganska) gnojiva
3. organo-mineralna gnojiva
4. biognojiva (mikrobiološka gnojiva).

Organska gnojiva su gnojiva koja sadrže organske spojeve biljnog ili životinjskog podrijetla. Najbrojnija i najznačajnija organska gnojiva su stajska gnojiva i komposti.

Mineralna gnojiva sadrže hraniva u obliku anorganskih soli, a proizvedena su ekstrakcijom i/ili fizikalnim i/ili kemijskim proizvodnim procesima. Uredbe (EZ 2003/2003) i norme (HRN EN 12944-1) preferiraju naziv anorganska gnojiva (eng. "inorganic"), ali se taj naziv u Hrvatskoj gotovo uopće ne koristi.

Organo-mineralna gnojiva sadrže hraniva organskog i anorganskog podrijetla, a proizvedena su miješanjem organskih i anorganskih gnojiva ili kombinacijom organskih i anorganskih spojeva u kemijskom proizvodnom procesu. Primjer proizvodnje organomineralnog gnojiva je kompostiranje uz dodatak mineralnog (anorganskog) gnojiva, uglavnom radi povećavanja udjela fosfora ili kalija.

Biognojiva (mikrobiološka ili bakterijska gnojiva) su posredna gnojiva koja obuhvaćaju nitro-fiksirajuće bakterije i plavo-zelene alge, mikorize i druge mikroorganizme. Zbog toga što osnovni cilj aplikacije biognojiva nije dodavanje hraniva već fiksiranje atmosferskog dušika, povećanje raspoloživosti hraniva (npr. fosfora i mikroelemenata) i poboljšanje biološke aktivnosti, biognojiva su posredna gnojiva ili poboljšivači tla.

Podjela gnojiva prema vremenu primjene:

1. osnovna
2. startna
3. gnojiva za prihranu.

Osnovna gnojiva koriste se za gnojidbu pri osnovnoj obradi kada u tlo treba unijeti najveći dio ukupno potrebne količine fosfora i kalija. Taj je dio  $1/2$  do  $2/3$  ukupne potrebe, a ponekad i ukupna potrebna količina fosfora i kalija. Najveća količina unosi se osnovnom gnojidbom jer se hraniva zaoravanjem unose do dubine oranja što osigurava ravnomjerniju raspodjelu po dubini oraničnog sloja. Manji dio ukupne potrebe dodaje se osnovnom gnojidbom na laganim pjeskovitim tlima, a ukupna potreba P i K osnovnom se gnojidbom dodaje za ozimine (strne žitarice i uljana repica) kada nije planirana startna gnojidba ili prihrana fosforom i kalijem. Također, udio N u gnojivima za osnovnu gnojidbu je nizak jer će ozimine do proljeća usvojiti male količine N, tako da unos većih količina nije potreban. Ovaj je dušik u amidnom ili amonijskom obliku, a nikako ne u nitratnom. U osnovnoj se gnojidbi dušik najčešće dodaje u amidnom obliku urejom, također s ciljem ravnomjernog raspodjeljivanja po dubini oraničnog sloja, tj. po dubini buduće rizosfere.

Predsjetvenom i/ili startnom gnojidbom dodaje se preostala potreba fosfora i kalija, tj.  $1/3$  do  $1/2$  ukupno potrebne količine. Ovom se gnojidbom hraniva unose na dubinu 10-15 cm, što uz prethodno zaoravanje dijela hraniva

osigurava optimalnu distribucija hraniva po dubini oraničnog sloja. U ovim je gnojivima veći udio dušika nego u gnojivima za osnovnu gnojidbu jer je njihova aplikacija vremenski bliža značajnim potrebama usjeva prema N. Primjena P i K u osnovnoj i predstjetvenoj gnojidbi najbolja je zbog činjenice da su ta dva hraniva vrlo slabo mobilna tijekom vegetacije, tj. njihovo je descendentno premještanje u tlu prosječno 2-5 cm godišnje. Stoga bi aplikacija ukupnih potreba fosfora i kalija samo u predstjetvenoj gnojidbi značila relativno plitku raspodjelu tih hraniva i povećanu akumulaciju u plićem sloju tla. Posljedica može biti pliće ukorjenjivanje usjeva, što bi imalo naglašeno negativan učinak u svim vegetacijama sa sušnim razdobljima.

Prihranom ratarskih usjeva dodaje se dušik. Fosfor i kalij samo se izuzetno dodaju prihranama jer je njihova učinkovitost površinskom ili plitkom aplikacijom tijekom vegetacije vrlo mala. Osim toga, prihrana fosforom i kalijem povećava rizik plitkog ukorjenjivanja i pojačanog štetnog učinka nedostatka vode u tlu. Gnojiva za prihranu uglavnom su jednostavna dušična gnojiva, osim u fertigacijskim sustavima gdje se koriste potpuno vodotopiva gnojiva s različitim omjerima dušika, fosfora i kalija za faze ukorjenjivanja, intenzivnog vegetativnog porasta, cvjetanja i plodonošenja. Također, gnojiva namijenjena za folijarnu primjenu spadaju u grupu gnojiva za prihranu (Lončarić, 2014.).

### 1.3.1. Mineralna gnojiva

Kako je već prethodno navedeno, mineralna gnojiva su gnojiva koja sadrže hraniva u obliku anorganskih soli. Kriteriji podjele i razvrstavanja gnojiva na određene tipove dogovoreni su prema udjelu biljnih hraniva razvrstanih u tri grupe:

1. primarna hraniva: N, P, K
2. sekundarna hraniva: Ca, Mg, S, Na
3. mikrohraniva: B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo, Co.

Osnovna je podjela mineralnih gnojiva prema sadržaju primarnih hraniva ili elemenata:

1. pojedinačna gnojiva (ili jednostavna, sadrže samo N ili P ili K)
2. složena gnojiva
  - i. dvojna gnojiva (NP, NK ili PK gnojiva)

## ii. trojna ili potpuna gnojiva (NPK gnojiva).

Pojedinačno gnojivo je dušično, fosfatno ili kalijevo gnojivo koje ima deklarirani udio samo jednog od tri primarna hraniva. Za svako je pojedinačno gnojivo propisan minimalni udio hraniva (aktivne tvari). Složena gnojiva su gnojiva s deklariranim udjelom najmanje dva primarna hraniva, a dobivaju se kemijskim putem ili miješanjem, ili kombinacijom toga dvoga. Složena gnojiva su potpuna ili trojna ako sadrže sva tri primarna hraniva, a ako nedostaje jedno od tri glavna hraniva, složeno je gnojivo dvojno. Pri tome je propisano da trojno složeno kruto gnojivo mora imati udio hraniva (maseni postotak) minimalno 20 % ( $N+P_2O_5+K_2O$ ), da udio N mora biti minimalno 3 %, a udio  $P_2O_5$  i  $K_2O$  minimalno po 5 %.

Dvojno složeno gnojivo mora imati udio hraniva minimalno 18 %. NP gnojivo mora imati minimalno 3 % N i 5 %  $P_2O_5$ , NK gnojivo minimalno 3 % N i 5 %  $K_2O$ , a PK gnojivo minimalno 5 %  $P_2O_5$  i 5 %  $K_2O$ .

Dakle, složeno gnojivo s 8 % N, 4 %  $P_2O_5$  i 10 %  $K_2O$  deklarira se kao NK gnojivo iako sadrži sva tri glavna hraniva, ali je maseni udio fosfora manji od propisanih 5 %  $P_2O_5$ .

Složena mineralna gnojiva prema sastavu ili prema načinu proizvodnje dijele se na:

1. kompleksna gnojiva
2. miješana gnojiva.

Kompleksno gnojivo proizvodi se kemijskom reakcijom uz otapanje ili granulaciju s navedenim udjelom najmanje dva primarna hraniva. U krutom stanju svaka granula sadrži sva hraniva u njihovom deklariranom sastavu. Miješano gnojivo proizvodi se suhim miješanjem nekoliko gnojiva bez kemijske reakcije (Lončarić, 2014.).

### 1.4. Cilj projekta

Cilj je istraživanja prilagodba gnojidbe dušikom dinamici proizvodnih uvjeta (temperatura, oborine, plodnost tla) pomoću raspoloživih metoda praćenja vegetacije. Osnovni je cilj kreiranje i validacija sustava racionalizacije gnojidbe dušikom. Model optimizacije gnojidbe bit će sortno specifičan, a uključuje sljedeće podciljeve:

1. utvrditi razlike u produkciji suhe tvari i u prinosu visokoprinosnih i visokokvalitetnih sorti/hibrida pšenice i kukuruza
2. utvrditi utjecaj optimalne, reducirane i prekomjerne gnojidbe dušikom na prinos visokoprinosnih i visokokvalitetnih kultivara
3. utvrditi interakciju gnojidbe dušikom (optimalna, nedostatna i previsoka) i raspoloživosti vode na prinose pšenice i kukuruza
4. validacija raspoloživih metoda (analitičkih i kompjutorskih) utvrđivanja optimalne gnojidbe dušikom
5. izrada optimalne strategije praćenja utjecaja raspoloživosti dušika na vegetacije pšenice i kukuruza te ocjena pogodnosti analitičkih destruktivnih i nedestruktivnih metoda
6. prilagodba optimalne strategije malim gospodarstvima, srednjim i velikim proizvođačima, posebnostima sorti/hibrida i klimatskim promjenama u pravcu veće agronomske i ekonomske učinkovitosti gnojidbe te u pravcu očuvanja okoliša.

Realizacija cilja planirana je tijekom dvogodišnjeg istraživanja na dva različita lokaliteta utvrđivanjem utjecaja gnojidbe dušikom na pšenicu i kukuruz. Optimalnu osnovnu gnojidbu dušikom utvrdit će se na temelju analize tla (osnovna svojstva tla i  $N_{\min}$ ) i planiranog prinosa. Tijekom vegetacije pratit će se dinamiku  $N_{\min}$  u tlu, potom temperaturu i vlažnost tla, temperaturu zraka i količinu oborina, dinamiku rasta usjeva i status ishranjenosti dušikom, koncentraciju klorofila nedestruktivnom metodom te će se izračunati optimalnu prihranu dušikom različitim metodama na temelju raspoloživih podataka.

U pokusu će se provesti četiri razine gnojidbe dušikom: 1. bez gnojidbe, 2. optimalna gnojidba, 3. reducirana gnojidba (75 % optimalne) i 4. prekomjerna gnojidba (125 % optimalne). Izračunat će se agronomska i ekonomska učinkovitost gnojidbe, te na temelju toga utvrditi pogodnost  $N_{\min}$  metode, metode praćenja koncentracije N u usjevu, indirektna metode klorofilometrije te će se kreirati sustav određivanja optimalne gnojidbe (osnovne i prihrane dušikom) za visokoprinosni i visokokvalitetni kultivar pšenice i kukuruza s obzirom na raspoloživu vodu i temperaturni hod.

## 2. MATERIJAL I METODE RADA

### 2.1. Lokaliteti

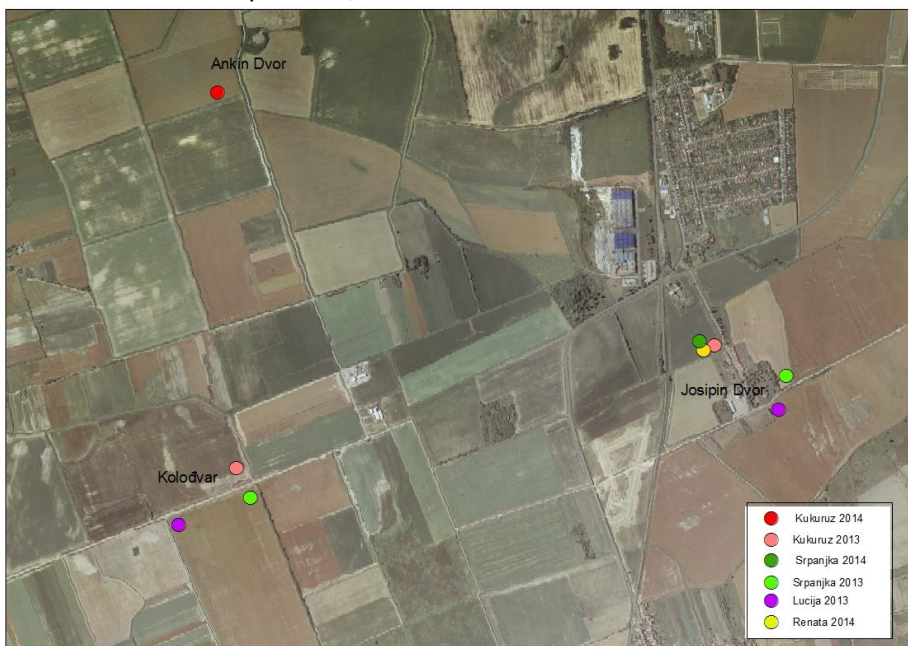
Pokusi su provedeni u dvije godine (2012.-2014.) na proizvodnim površinama Novi Agrar d.o.o. na lokalitetima Josipin Dvor i Kolođvar u 2013. godini (slika 1. i 2.) te Josipin Dvor i Ernestinovo u 2014. godini. pH vrijednosti tala bila je u rasponu 6,1-8,4 (H<sub>2</sub>O) i 4,9-7,5 (KCl) uz sadržaj humusa u rasponu 1,72-3,63 %, što rezultira značajnim rasponom potencijalne godišnje mineralizacije dušika. Na pokusima pšenice provedena su četiri različita gnojidbena tretmana: 1. kontrola (78 kg/ha N u prvoj vegetaciji i 0 kg/ha N u drugoj vegetaciji), 2. reducirana gnojidba (140 i 105 kg/ha N), 3. optimalna gnojidba (160 i 140 kg/ha N) i 4. prekomjerna gnojidba (184 i 175 kg/ha N). Pred osnovnu gnojidbu provedena je analiza mineralnog dušika u tlu (N<sub>min</sub> kao suma NH<sub>4</sub>-N i NO<sub>3</sub>-N) te je praćen utjecaj gnojidbenih tretmana na dinamiku raspoloživih oblika dušika u vrijeme prve i druge prihrane pšenice, a na kraju vegetacije utvrđen je preostali mineralni dušik u tlu.

Pokusi kukuruza su se nalazili na lokalitetima Josipin Dvor i Kolođvar u 2013. godini te Ankin Dvor i Ernestinovo u 2014. godini (slika 1. i 2.). Proizvodne površine imale su pH vrijednosti tala u rasponu 6,1-8,1 (H<sub>2</sub>O) i 4,9-7,4 (KCl) uz sadržaj humusa u rasponu 1,66-3,54 %. Provedena su četiri različita gnojidbena tretmana: 1. kontrola (0 kg/ha N), 2. reducirana gnojidba (127,5 kg/ha N), 3. optimalna gnojidba (170 kg/ha N) i 4. prekomjerna gnojidba (212,5 kg/ha N). Pred osnovnu gnojidbu provedena je analiza mineralnog dušika u tlu (N<sub>min</sub> kao suma NH<sub>4</sub>-N i NO<sub>3</sub>-N) te je praćen utjecaj gnojidbenih tretmana na dinamiku raspoloživih oblika dušika u vrijeme predsetvene gnojidbe i prihrane kukuruza, a na kraju vegetacije utvrđen je preostali mineralni dušik u tlu.

Dakle, svake godine postavljeno je četiri pokusa pšenice i dva kukuruza. Godine 2012. na lokalitetima Josipin Dvor i Kolođvar posijana su četiri pokusa pšenice (Srpanjka i Lucija) te dva kukuruza, 2013. na lokalitetu Josipin Dvor posijana su dva pokusa pšenice (Srpanjka i Renata), a na lokalitetu Ankin Dvor kukuruz te na lokalitetu Ernestinovo također dva pokusa pšenice (Srpanjka i Renata) i jedan pokus kukuruza. Shema pokusa određena je slučajnim blok odabirom s četiri ponavljanja (slika 3.).



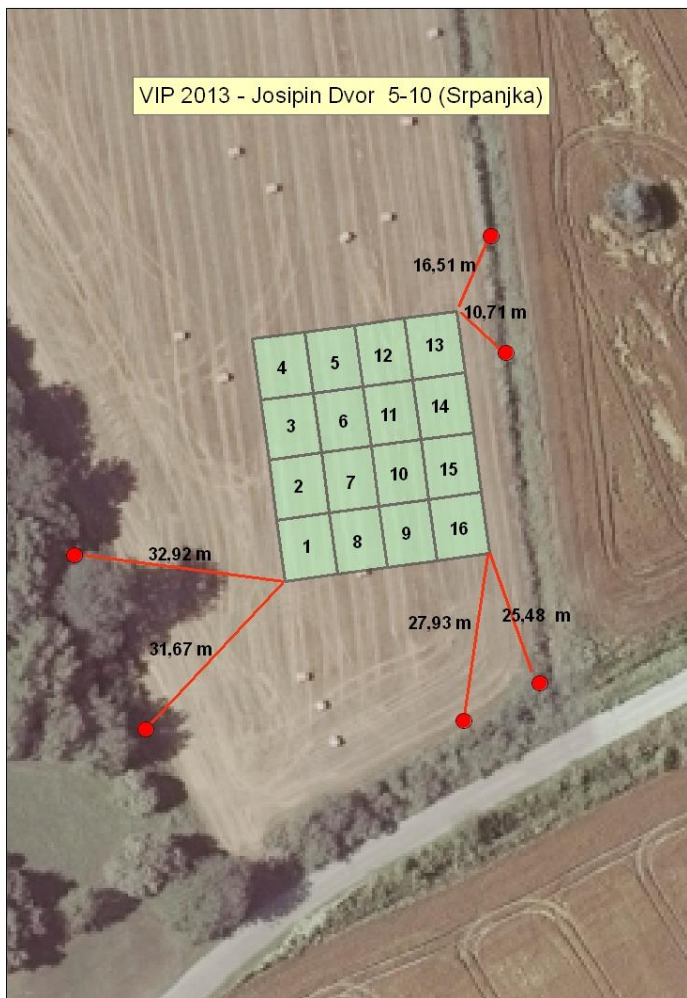
Slika 1. Lokaliteti Josipin Dvor, Kolođvar i Ankin Dvor



Slika 2. Lokalitet Ernestinovo



Slika 3. Shema pokusa: prikaz postavljenog pokusa na lokalitetu Josipin Dvor



## 2.2. Sorte

U vegetacijskom pokusu pšenice tijekom obje vegetacije uzgajana je sorta Srpanjka (kvalitetna grupa B1, I.-II. razred kakvoće) kao standard u RH za visinu prinosa. U prvoj je vegetaciji sa Srpanjkom uspoređena novija sorta Lucija (kvalitetna grupa B1, I.-II. razred kakvoće), vrlo slične rodnosti i kvalitete Srpanjki, ali nešto više stabljike što ju čini potencijalno manje otpornom na polijeganje. U drugoj je vegetaciji sa Srpanjkom uspoređena sorta Renata, (farinografska kvalitetna grupa A1, I. razred kakvoće), sorta kvalitetnija od Srpanjke, a približno iste visine stabljike.

U vegetacijskom pokusu kukuruza u prvoj je vegetaciji uzgajan hibrid BC 344 (FAO 300) na lokalitetu Josipin Dvor i hibrid KWS 2376 (FAO 350) na lokalitetu Kolođvar, a u drugoj vegetaciji (2014.) hibrid BC 678 (FAO 670) na lokalitetu Ankin Dvor i hibrid Agister (FAO 570) na lokalitetu Ernestinovo.

### **2.3. Uzorkovanje tla i biljke**

#### **2.3.1. Uzorkovanje tla za osnovne agrokemijske analize**

Osnovne agrokemijske analize uzoraka tla prije početka gojidbenih pokusa provedene su radi utvrđivanja početnog stanja tla. Osnovne analize su obuhvatile pH(H<sub>2</sub>O), pH(KCl), AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, AL-K<sub>2</sub>O, sadržaj humusa, CaCO<sub>3</sub> i Hk. Sa svakog su pokusa prikupljena četiri uzorka tla s dubine oraničnog sloja (0-30 cm). Uzorkovanje tla agrokemijskim sondama za kontrolu plodnosti tla sastojalo se od nekoliko poduzoraka koji su činili ukupno oko 500 g prosječnog uzorka tla koji je osušen i samljeven za daljnje potrebe analiza. Uzorci za osnovne analize uzimani su prije postavljanja pokusa, a sa svakog su pokusa prikupljena četiri uzorka, tj. jedan uzorak po ponavljanju prema shemi pokusa.

#### **2.3.2. Uzorkovanje tla za analize mineralnog N (N<sub>min</sub>)**

Mineralni dušik u tlu (N<sub>min</sub>) je suma NH<sub>4</sub>-N i NO<sub>3</sub>-N u kg po hektaru. Pokus je za cilj imao praćenje utjecaja gojidbenih tretmana na dinamiku raspoloživih oblika dušika u vrijeme prve i druge prihrane pšenice te na kraju vegetacije utvrditi preostali mineralni dušik u tlu. Uzorci tla za određivanje mineralnog dušika prikupljeni su prije osnovne gnojidbe kako bi se dobio uvid u početno stanje te prije svake prihrane s dubina 0-30, 30-60 i 60-90 cm. Prije početka pokusa analiziran je jedan uzorak po ponavljanju s tri dubine tla (0-30, 30-60 i 60-90 cm), tijekom vegetacije uzorci su se uzimali s dvije dubine (0-30 i 30-60 cm) prije svake prihrane sa svake pokusne parcelice. Uzorci su u svježem stanju prevezeni u laboratorij gdje su odmah izmjerene koncentracije NO<sub>3</sub><sup>-</sup> i NH<sub>4</sub><sup>+</sup> oblika dušika. Ukupno je 2012.-2013. godine prikupljeno 200 uzoraka s dubine 0-30 cm, 200 uzoraka s dubine 30-60 cm te 80 uzoraka s dubine 60-90 cm. Godine 2013.-2014. prikupljeno je 280 uzoraka s dubine 0-30 i 280 uzoraka s dubine 30-60 cm.

### 2.3.3. Uzorkovanje biljnog materijala za analize koncentracije N

Uzorkovanje je provedeno u fazama busanja, vlatanja, klasanja i u žetvi (za pšenicu) te za kukuruz u fazi 5-6 listova i u berbi. Masa uzoraka biljnog materijala utvrđena je u svježem i suhom stanju, a suha tvar dobivena je sušenjem uzoraka na temperaturi 70 °C do konstantne mase. Masa suhe tvari vlati i lista utvrđena je u fenofazama busanja i vlatanja te masa vlati, lista i klasa u fenofazi klasanja. Za utvrđivanje dinamike suhe tvari uzorkovano je 20 biljaka sa svake pokusne parcelice. U fenofazama busanja i vlatanja odvojeni su listovi pšenice od vlati, dok su uzorci u fenofazi klasanja razdvojeni na tri komponente (vlat, list i klas). Masa suhe tvari svih komponenti preračunata je u g/m<sup>2</sup> prema sklopu biljaka koji je utvrđen za svaku pokusnu parcelicu. Također je u vrijeme busanja, vlatanja, klasanja tijekom vegetacije pšenice i u žetvi utvrđen utjecaj gnojidbe na dinamiku alokacije suhe tvari u nadzemne organe pšenice, koncentraciju dušika te na ukupno usvajanje dušika. Nakon žetve izmjerena su i agronomska svojstva (visina biljke, duljina klasa, broj fertilnih i sterilnih klasića) i komponente prinosa (broj klasova, broj zrna po klasu, masa 1000 zrna).

### 2.3.4. Uzorkovanje biljnog materijala za analize koncentracije pigmenata

U fenofazi klasanja uzorkovano je ukupno 20 uzoraka lista zastavičara svake sorte pšenice, a u fazi 5-6 listova po 20 uzoraka lista ispod klipa svakog hibrida kukuruza. Tijekom vegetacije je, kod pšenice u fenofazi klasanja, a kod kukuruza u fazi 5-6 listova, provedeno nedestruktivno mjerenje SPAD indeksa (indirektna analiza koncentracije klorofila nedestruktivnim mjerenjem lista pomoću SPAD 502 Plus klorofilmetra), ali i točna koncentracija fotosintetskih pigmenata (klorofili i karotenoidi) destruktivnom analizom svježe tvari istih listova. Međutim, ponovljivost SPAD rezultata nije bila dobra kod kukuruza zbog izraženog žilnog tkiva na listu, podatci nisu bili homogeni i nisu se mogli statistički obraditi, te nisu prikazani u okviru rezultata.

## 2.4. Agrokemijska svojstva tala

Osnovna agrokemijska svojstva tla koja se koriste za kontrolu plodnosti su pH reakcija tla, sadržaj humusa, AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, AL-K<sub>2</sub>O te sadržaj CaCO<sub>3</sub>. U kiselim tlima također je neophodno odrediti hidrolitičku kiselost radi izračuna potrebne količine sredstva za kalcizaciju.

## 2.4.1. Laboratorijske analize osnovnih agrokemijskih svojstava tla

### 2.4.1.1. pH reakcija

Reakcija tla izražena kao pH vrijednost pokazatelj je niza agrokemijskih svojstava tla važnih za ishranu bilja, a izražava se u pH jedinicama koje predstavljaju negativan dekadski logaritam koncentracije  $H^+$  iona. Trenutna ili aktualna kiselost ( $pH_{H_2O}$ ) određena je u suspenziji tla s destiliranom vodom, a supstitucijska ili izmjenjiva kiselost ( $pH_{KCl}$ ) u suspenziji tla s otopinom 1M KCl.

Određivanje pH reakcije tla u navedenim otopinama vrši se tako da se na tehničkoj vagi odvaže 10 grama tla koje se prenosi u čašu od 100 ml. Uzorci se zatim preliju s 25 ml destilirane vode, odnosno 25 ml otopine 1 M KCl te dobro promiješaju staklenim štapićem. Nakon 30 minuta mjeri se pH vrijednost u opisanoj suspenziji tla (1:5 w/v) pH-metrom koji je propisno kalibriran standardnim pufernim otopinama poznate pH vrijednosti (ISO 10390, 1994.).

S obzirom na pH reakciju, tlo svrstavamo u određene kategorije kiselosti:

1. ekstremno kiselo ( $pH < 4$ )
2. jako kiselo ( $pH 4-5$ )
3. umjereno kiselo ( $pH 5-6$ )
4. slabo kiselo ( $pH 6-6,9$ )
5. neutralno ( $pH 6,9-7,1$ )
6. slabo alkalno ( $pH 7,1-8$ )
7. umjereno alkalno ( $pH 8-9$ )
8. jako alkalno ( $pH 9-10$ )
9. ekstremno alkalno ( $pH > 14$ )

### 2.4.1.2. Humus

Organska tvar u tlu podrijetlom je od ostataka živih organizama koji su više ili manje razloženi i zatim najvećim dijelom iznova grade stabilne organske spojeve tla. Količina organske tvari u tlu i njezina kakvoća utječu ne samo na mogućnost rasta biljaka, već i na čitav proces nastanka tla. Količina organske tvari u tlu mala je u usporedbi s mineralnim dijelovima tla, no ipak je od suštinskog značenja (Vukadinović i Lončarić, 1998.).

Sadržaj humusa u tlu utvrđuje se bikromatnom metodom koja predstavlja mokro spaljivanje organske tvari tla kalijevim bikromatom. Koncentracija humusa u uzorcima nakon spaljivanja organske tvari određena je spektrofotometrijski. Najprije se u čašu od 150 ml odvaže 0,5 grama zrakosuhog tla prosijanog kroz sito promjera 2 mm. Uzorku se doda 5 ml otopine 0,33 M  $K_2Cr_2O_7$  i 7,5 ml koncentrirane sulfatne kiseline. Dobivena vruća smjesa odmah se stavlja u sušionik na temperaturu 135 °C tijekom 30 minuta. Čaše se nakon toga vade iz sušionika i hlade u vodenoj kupelji te se u svaku čašu doda 50 ml deionizirane vode. Uzorci se kvantitativno prenose u odmjerne tikvice od 100 ml, nadopune deioniziranom vodom i promućkaju. Nakon jednog sata dekantira

se dio otopine u kivete za centrifugiranje, centrifugira 10 minuta na 2000 okretaja te se spektrofotometrijski mjeri apsorpcija na 585 nm uz prethodno dekantiranje otopine u kivetu za mjerenje (ISO 14235, 1998.). Rezultat ove metode je određivanje količine organske tvari u tlu, a izražava se u postotcima (%).

S obzirom na koncentraciju humusa (organske tvari), tlo svrstavamo u kategorije humoznosti:

1. jako siromašno humusom (0–0,75 %)
2. siromašno humusom (0,75-1,5 %)
3. osrednje humozno tlo (1,5-2,5 %)
4. humozno tlo (2,5-4,0 %)
5. vrlo humozno tlo (4,0-6,0 %)
6. ekstremno humozno tlo (> 6,0 %).

#### 2.4.1.3. Koncentracija AL- pristupačnog fosfora i kalija

Lakopristupačni fosfor i kalij u tlu određeni su AL metodom, tj. ekstrakcijom tla s amonij laktatom (Egner i sur., 1960.). Koncentracije biljkama pristupačnog kalija utvrđene su izravno iz ekstrakta tla emisijskom tehnikom na AAS-u. Fosfor je prema AL metodi određen tzv. plavom metodom, a apsorpcija je izmjerena pomoću spektrofotometra. Dobiveni rezultati izražavaju se u mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i K<sub>2</sub>O 100 g<sup>-1</sup> tla.

Prema rezultatima AL metode, tla se dijele u različite klase opskrbljenosti fosforom s obzirom na pH reakciju tla:

	pH <sub>KCl</sub> < 6	pH <sub>KCl</sub> > 6
(A) Jako siromašno	0 – 5	0 – 8
(B) Siromašno	5 - 13	8 - 17
(C) Dobro opskrbljeno	13 – 21	17 – 26
(D) Bogato	21 – 30	26 – 45
(E) Ekstremno bogato	> 30	> 45

Prema rezultatima AL metode, tla se dijele u različite klase opskrbljenosti kalijem s obzirom na teksturu tla:

	lako tlo	srednje teško tlo	teško tlo
(A) Jako siromašno	0 – 8	0 – 12	0 - 15
(B) Siromašno	8 – 16	12 – 20	15 - 25
(C) Dobro opskrbljeno	16 – 26	20 – 30	25 - 36
(D) Bogato	26 – 35	30 – 45	36 - 60
(E) Ekstremno bogato	> 35	> 45	> 60

#### 2.4.2. Laboratorijske analize mineralnog N u tlu ( $N_{\min}$ )

U dvije godine pokusa  $N_{\min}$  metodom analizirano je 1040 uzoraka s dubina 0-30, 30-60, 60-90 cm. Određivanje mineralnog N u tlu sastoji se od određivanja  $\text{NO}_3^-$  i  $\text{NH}_4^+$  oblika dušika. Amonijski oblik dušika većim je dijelom apsorbiran na koloide tla, a manjim je dijelom u vodenoj fazi tla. Za ekstrakciju se koristi otopina KCl jer  $\text{K}^+$  zamjenjuje  $\text{NH}_4^+$  s koloida tla. Tako ekstrahirani amonijški dušik mjeri se pomoću Nessler reagensa koji stvara kompleks žute boje.

Nitratni oblik dušika mjeri se UV apsorpcijom na valnoj duljini 210 nm. Za određivanje  $\text{NO}_3^-$  oblika dušika svježem tlu se doda 1M NaCl + 0,1 M  $\text{CaCl}_2$  i mučka sat vremena, otpipetira se 10 ml bistrog ekstrakta u čašicu te doda 0,4 ml 10 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Apsorpcija se mjeri spektrofotometrom na valnoj dužini 210 nm uz temperaturu 18-22 °C. U svaki se uzorak stave po 2 granule Zn i ostave stajati (zaštićeno od prašine) najmanje 6-8 sati (ili preko noći) na temperaturi 18-22 °C. Nakon toga provodi se drugo mjerenje apsorpcije na 210 nm.

#### 2.4.3. Laboratorijska analiza koncentracije fotosintetskih pigmenata

Koncentracije fotosintetskih pigmenata (klorofil a, klorofil b i karetenoidi) utvrđene su tijekom 2013. godine na 64 uzorka (32 uzorka Srpanjke s dva lokaliteta i 32 uzorka Lucije s dva lokaliteta). Koncentracije pigmenata utvrđene su spektrofotometrijskom analizom po Holmu i Wetstteinu. Za analizu je korišteno 0,1 grama svježe tvari uzorka lista (tj. kružni isječak lista odgovarajuće površine), aceton, kvarcni pijesak i magnezijev karbonat. Sve zajedno se tučkom macerira u tarioniku dok se list ne stopi sa smjesom u kompaktnu zelenu suspenziju. Macerat je filtriran pomoću vakuum pumpe te kvantitativno prenesen u tikvice volumena 25 ml uz nadopunu acetonom do oznake navednog volumena. U čitavu filtratu očitava se transmisija uz aceton kao slijepu probu. Rezultati koncentracija pigmenata izraženi su u mg/g svježe tvari lista.

#### 2.4.4. Određivanje SPAD indeksa

SPAD indeks izmjeren je na istim uzorcima na kojima je utvrđena koncentracija pigmenata (ukupno 64 uzorka). Rezultati su pokazali značajne razlike u izmjerenom indeksu (intenzitetu boje) između kontrole i uzoraka maksimalne gnojidbe. Prosječna vrijednost deset pojedinačnih mjerenja svakog lista predstavlja vrijednost SPAD indeksa za pojedini list. Od 20 uzorkovanih listova, 10 svježih listova korišteno je za određivanje SPAD indeksa i analizu koncentracije klorofila, a preostalih 10 listova korišteno je za dobivanje matične otopine (digestijom) za mjerenje koncentracije dušika destilacijom.

#### 2.4.5. Određivanje koncentracije dušika destilacijom

Za određivanje koncentracije dušika u uzorku biljne tvari korištena je osnovna otopina uzorka dobivena digestijom, odnosno mokrim spaljivanjem organske tvari sa smjesom kiselina koja se sastoji od koncentrirane sulfatne kiseline i perklorne kiseline u omjeru 96:4 te uz dodatak vodikovog peroksida. Na analitičkoj vagi se odvaže 0,5 grama suhe biljne tvari i prenese u kivetu za razaranje. Biljnu tvar pažljivo se prelije smjesom kiselina i ostavi preko noći. Pipetom se postupno doda ukupno 10 ml vodikovog peroksida. Uzorci se na bloku za razaranje zagrijavaju na temperaturi do 360 °C sve dok otopina ne postane potpuno bistra (otprilike dvadesetak minuta). Ohlađena otopina se oprezno razrijedi deioniziranom vodom do ukupnog volumena 40 ml, filtrira se u odmjerenu tikvicu volumena 50 ml i nadopuni deioniziranom vodom do oznake.

Destilacija dušika provedena je istiskivanjem amonijaka iz otopine uzorka (40 %-tnom otopinom natrijevog hidroksida) u predložak poznatog volumena 0,01 mol dm<sup>-3</sup> sulfatne kiseline. Neutralizacijom dijela sulfatne kiseline destilacijom amonijaka u predlošku je dobiven amonijev sulfat. Količina nastalog amonijevog sulfata ekvivalentna je količini dušika koji je bio u uzorku biljne tvari. Titracijom predloška nakon destilacije, odnosno neutralizacijom preostale kiseline u predlošku s 0,02 mol dm<sup>-3</sup> natrijevim hidroksidom utvrđuje se utrošak kiseline destiliranim amonijakom. Koncentracija dušika izražena je u % dušika u suhoj tvari analizirane biljke.



### 3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM

#### 3.1. Meteorološki podatci

Vremenske prilike imaju značajan utjecaj na prinose ratarskih kultura. Za osnovnu analizu vremenskih prilika u dvije vegetacije ozime pšenice (2012./2013. i 2013./2014.) i kukuruza (2013. i 2014.) na širem osječkom području korištene su mjesečne količine oborina i srednje temperature zraka. Specifičnost vremenskih prilika pojedine vegetacije uspoređena je s referentnim višegodišnjim (1961.-1990. godine) prosjekom na osječkom području i višegodišnjim prosjekom kontinentalne Hrvatske (osam meteoroloških postaja: Osijek, Gradište kod Županje, Slavonski Brod, Bjelovar, Daruvar, Sisak, Zagreb-Maksimir i Varaždin, podatci Državnog hidrometeorološkog zavoda Republike Hrvatske).

##### 3.1.1. Vegetacija pšenice 2012./2013. godine

Tijekom vegetacije pšenice palo je 698 mm oborina (tablica 1), što je za 44 % iznad višegodišnjeg prosjeka osječkog područja (483 mm), a 24 % više od višegodišnjeg prosjeka (VGP) kontinentalnog područja (565 mm). U četiri zimska mjeseca (prosinac-ožujak) palo je 356 mm ili skoro dvostruko (75 %) iznad višegodišnjeg prosjeka (203 mm). Tijekom tri posljednja mjeseca vegetacije suma oborina (227 mm) je bila gotovo identična prosjeku (228 mm), ali s nepogodnom raspodjelom oborina jer je u travnju i lipnju bilo 30 % manje oborina od prosjeka, a u svibnju čak 60 % više od prosjeka. Prevelike količine oborina u prvom dijelu vegetacije te nepovoljan raspored u drugom dijelu vegetacije nisu pogodovale razvoju pšenice.

**Tablica 1.** Meteorološki podatci tijekom vegetacije pšenice 2012./2013.

Mjesec	mm (2013.)	VGP (kontinentalna RH)	°C (2013.)	VGP (kont. RH)
Listopad	65	59	12,1	10,7
Studeni	50	75	9,0	5,4
Prosinac	104	59	0,4	1,0
Siječanj	61	48	2,1	-0,8
Veljača	86	44	2,9	1,8
Ožujak	105	52	5,2	6,1
Travanj	45	63	13,1	11,0
Svibanj	119	74	16,7	15,9
Lipanj	63	91	20,0	19,1
<b>Σ (mm)/Prosjek (°C)</b>	<b>698</b>	<b>565</b>	<b>9,0</b>	<b>7,8</b>
<b>VGP (Osijek)</b>	<b>483</b>		<b>7,9</b>	

Prosječne temperature zraka tijekom vegetacije bile su 9,0 °C ili za 1,1 °C iznad prosjeka. Studeni je bio topliji za čak 3,6 °C, siječanj za 2,9 °C, a travanj za 2,1 °C. Rezultat takvih vremenskih prilika je potencijalno preintenzivan razvoj pšenice do zimskog mirovanja, izraženo busanje i intenzivnija pojava bolesti, a kao posljedica toga i manja masa 1000 zrna i hektolitarska masa zrna. Prema navedenom je vegetacija 2012./2013. za pšenicu bila prosječna do nepovoljna, prvenstveno zbog rasporeda oborina nakon vlatanja i visokih temperatura do busanja.

### 3.1.2. Vegetacija kukuruza 2013. godine

Tijekom vegetacije kukuruza 2013. godine (travanj-rujan) palo je prosječno 426 mm oborina (tablica 2), što je svega 15 % više od višegodišnjeg prosjeka u Osijeku (370 mm), a na razini višegodišnjeg prosjeka kontinentalne Hrvatske (450 mm). Raspored oborina bio je nepovoljan iako je u travnju i svibnju bilo 20 % više oborina od višegodišnjeg prosjeka, ali je u sljedeća tri mjeseca (od lipnja do kolovoza) bilo 46 % manje oborina (133 mm prema 247 mm). Također, u rujnu je palo 129 mm kiše, što je gotovo dvostruko više (95 %) od prosjeka (66 mm).

Temperature zraka tijekom vegetacije kukuruza 2013. iznosile su prosječno 18,6 °C, što je za 1,0 °C iznad višegodišnjeg prosjeka u Osijeku (17,6 °C). Pri tome su svi mjeseci (osim rujna) bili topliji za 2,1 °C (travanj), 0,8 °C (svibanj i lipanj) te čak 2,2 °C (srpanj) i najviše kolovoz za 3,0 °C. Vegetacija 2013. okarakterizirana je značajnim nedostatkom vode tijekom srpnja i kolovoza, suviškom vode u rujnu i iznadprosječnim temperaturama, posebice u srpnju i kolovozu (tablica 2).

**Tablica 2.** Meteorološki podatci tijekom vegetacije kukuruza 2013.

Mjesec	mm (2013.)	VGP (kontinentalna RH)	°C (2013.)	VGP (kon. RH)
Travanj	45	63	13,1	11,0
Svibanj	119	74	16,7	15,9
Lipanj	63	91	20,0	19,1
Srpanj	37	78	22,9	20,7
Kolovoz	33	78	22,9	19,9
Rujan	129	66	16,0	16,1
<b>Σ (mm)/Prosjek (°C)</b>	<b>426</b>	<b>450</b>	<b>18,6</b>	<b>17,1</b>
<b>VGP (Osijek)</b>	<b>370</b>		<b>17,6</b>	

### 3.1.3. Vegetacija pšenice 2013./2014. godine

Tijekom vegetacije ozime pšenice 2013./2014. palo je 586 mm oborina (tablica 3), što je 21 % iznad višegodišnjeg prosjeka u Osijeku (483 mm), ali na razini

višegodišnjeg prosjeka kontinentalne Hrvatske (tablica 3). Navedene količine oborina bile su neujednačeno raspoređene po mjesecima. Oborina uopće nije bilo u prosincu, a višegodišnji je prosjek 59 mm. S druge strane, u svibnju je bilo dvostruko (115 %) više kiše (159 mm) od višegodišnjeg prosjeka (74 mm). Međutim, u vegetaciji pšenice od sjetve do vlatanja je bio ravnomjeran raspored oborina uz svega 24 % manje oborina od višegodišnjeg prosjeka u kontinentalnoj Hrvatskoj, dok je nakon vlatanja bilo 45 % više oborina od višegodišnjeg prosjeka uz vrlo kišoviti svibanj.

Temperatura zraka tijekom vegetacije 2013./2014. (listopad-lipanj) iznosila je u prosjeku 10,1 °C ili 2,3 °C iznad višegodišnjeg prosjeka 1961.-1990., a svi su mjeseci bili topliji. Zima je bila relativno blaga, najhladniji je bio prosinac (prosjek 1,6 °C, ali topliji od prosjeka), dok je siječanj bio za čak 4,5 °C, a veljača za 3,4 °C toplija od prosjeka.

**Tablica 3.** Meteorološki podatci tijekom vegetacije pšenice 2013./2014.

Mjesec	mm (2014.)	VGP (kontinentalna RH)	°C (2014.)	VGP (kont. RH)
Listopad	52	59	13,3	10,7
Studeni	64	75	7,8	5,4
Prosinac	0	59	1,6	1,0
Siječanj	52	48	3,7	-0,8
Veljača	48	44	5,2	1,8
Ožujak	39	52	9,5	6,1
Travanj	81	63	13,2	11,0
Svibanj	159	74	16,1	15,9
Lipanj	91	91	20,4	19,1
<b>Σ (mm)/Prosjek (°C)</b>	<b>586</b>	<b>565</b>	<b>10,1</b>	<b>7,8</b>
<b>VGP (Osijek)</b>	<b>483</b>		<b>7,9</b>	

### 3.1.4. Vegetacija kukuruza 2014. godine

Tijekom vegetacije kukuruza 2014. (travanj-rujan) palo je prosječno 520 mm oborina, što je 40 % iznad višegodišnjeg prosjeka u Osijeku (370 mm). U tri mjeseca vegetacije kukuruza količine oborina bile su iznad višegodišnjeg prosjeka kontinentalne Hrvatske (tablica 4), a čak i u srpnju i kolovozu na razini samo 15 do 30 % manje od višegodišnjeg prosjeka. Dovoljno kiše i ne previše visoke temperature tijekom ljeta pogodovale su kukuruzu i u tako povoljnoj godini su se uz odgovarajuću agrotehniku, osobito gnojidbu i zaštitu od korova, mogli očekivati iznadprosječni prinosi kukuruza.

**Tablica 4.** Meteorološki podatci tijekom vegetacije kukuruza 2014.

Mjesec	mm (2014.)	VGP (kontinentalna RH)	°C (2014.)	VGP (kont. RH)
Travanj	81	63	13,2	11,0
Svibanj	159	74	16,1	15,9
Lipanj	91	91	20,4	19,1
Srpanj	66	78	21,8	20,7
Kolovoz	54	78	20,8	19,9
Rujan	69	66	17,0	16,1
<b>Σ (mm)/Prosjek (°C)</b>	<b>520</b>	<b>450</b>	<b>18,2</b>	<b>17,1</b>
<b>VGP (Osijek)</b>	<b>370</b>		<b>17,6</b>	

### 3.2. Rezultati analize tla

Osnovna agrokemijska svojstva tla prije postavljanja pokusa ukazuju kako su tla na kojima je uzgajana pšenica (na lokalitetima Josipin Dvor i Ernestinovo, tablica 5) neutralne do slabo alkalne reakcije, osrednje do vrlo humozna. Tla na lokalitetu Josipin Dvor su dobro do ekstremno bogato opskrbljena fosforom i kalijem, slabo do srednje karbonatna, dok je tlo na lokalitetu Ernestinovo karbonatno i nedostatno opskrbljeno fosforom i kalijem. Na lokalitetu Kolođvar utvrđeno je beskarbonatno tlo jako kisele reakcije, osrednje humozno, dobro opskrbljeno fosforom i kalijem.

**Tablica 5.** Osnovna agrokemijska svojstva tala na lokalitetima pokusa

Usjev i lokalitet	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g)	AL-K <sub>2</sub> O (mg/100g)	Humus (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)
<b>Pšenica</b>						
Josipin Dvor 12./13.	8,03	7,37	> 100	73,06	3,31	2,25
Kolođvar 12./13.	6,13	4,92	32,77	26,94	1,71	0,00
Josipin Dvor 13./14.	7,60	6,88	25,58	24,72	2,14	1,44
Ernestinovo 13./14.	8,44	7,49	15,41	18,28	4,27	7,82
<b>Kukuruz</b>						
Josipin Dvor 2013.	7,49	6,96	26,61	24,20	1,86	1,48
Kolođvar 2013.	6,08	4,92	32,38	26,37	1,66	0,00
Ankin Dvor 2014.	8,08	7,39	82,95	22,47	2,36	1,48
Ernestinovo 2014.	8,09	7,10	56,15	21,07	4,16	1,06

Tla na kojima je uzgajan kukuruz (Josipin Dvor, Ernestinovo i Ankin Dvor) su neutralne do slaboalkalne reakcije, osrednje do vrlo humozna i slabo karbonatna. Tlo na lokalitetu Kolođvar je jako kiselo, osrednje humozno i beskarbonatno. Tla na sva četiri lokaliteta na kojima je uzgajan kukuruz imaju visoko raspoloživ do ekstremno bogato raspoloživ fosfor te su dobro opskrbljena kalijem.

### 3.2.1. Dinamika mineralnog dušika ( $N_{min}$ ) u tlu

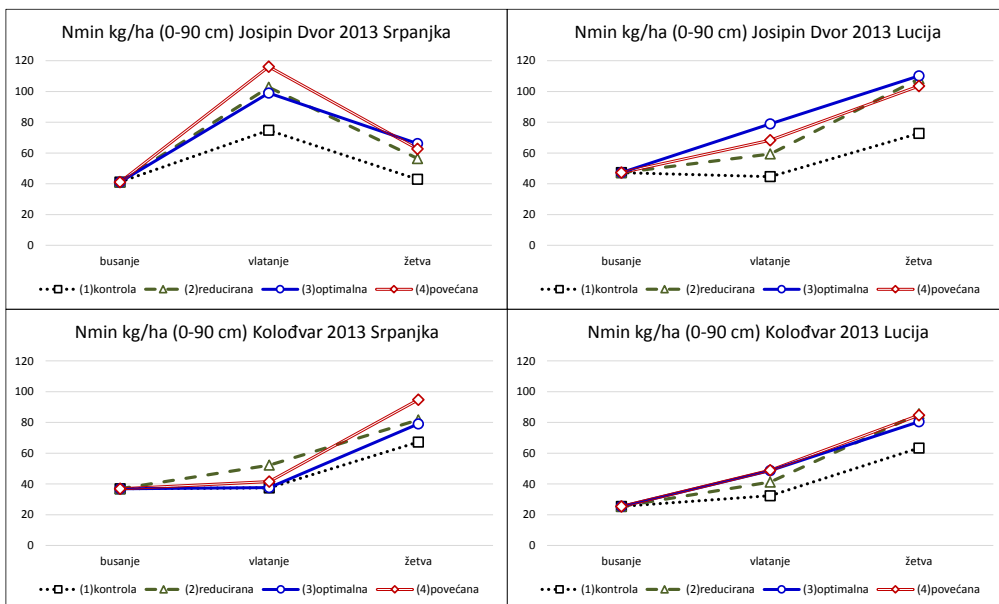
#### *Dinamika $N_{min}$ u vegetaciji pšenice 2013. godine*

Dinamika mineralnog dušika u tlu tijekom 2013. godine bila je vrlo slična na tri pokusne površine (Srpanjka i Lucija na lokalitetu Kolođvar te Lucija na lokalitetu Josipin Dvor). Najmanje je dušika utvrđeno u fazi busanja, određeno povećanje utvrđeno je u fazi vlatanja, a najveće količine dušika ostale su u tlu nakon žetve (63,34 do 110,11 kg/ha). Najveće su količine očekivano uglavnom utvrđene nakon najveće gnojidbe, a još je značajnije što su najmanje količine dušika u tlu uvijek utvrđene na parcelicama s kontrolnom gnojidbom (grafikon 1). Najmanja količina dušika na kontrolnim parcelicama utvrđena je i na jedinoj pokusnoj površini s nešto drukčijom dinamikom dušika (Srpanjka na lokalitetu Josipin Dvor), gdje je više dušika u tlu utvrđeno u fenofazi vlatanja nego nakon žetve. Detaljnije analize dinamike mineralnog dušika u tlu na različitim lokalitetima i sortama prikazuju određene razlike u okviru navedene glavne karakteristike dinamike dušika.

Ukupni mineralni dušik na lokalitetu Josipin Dvor na dubini od 0 do 90 cm za sortu Srpanjka bio je od 41,14 do 116,07 kg/ha (grafikon 1). Pri tome su najniže prosječne vrijednosti mineralnog dušika u tlu od 41,14 kg/ha zabilježene u fenofazi busanja. Kao rezultat gnojidbe pšenice dušikom, najveća raspoloživost mineralnog dušika u tlu utvrđena je u fenofazi vlatanja, pri čemu su prosječne količine mineralnog dušika u tlu bile od 74,80 do 116,07 kg/ha. Nakon žetve i iznošenja dušika ukupnim biološkim prinosom pšenice, prosječne vrijednosti mineralnog dušika u tlu bile su od 42,92 do 66,14 kg/ha. Koncentracija mineralnog dušika u tlu značajno je rasla s povećanjem gnojidbene doze dušika. Najveće koncentracije mineralnog dušika u fenofazi vlatanja zabilježene su za povećanu gnojidbu te je povećanje pristupačnosti u odnosu na kontrolni tretman iznosilo 55,2 %. Nakon žetve najveće su količine raspoloživog dušika utvrđene za tretman optimalne gnojidbe, kojom je pristupačnost dušika u odnosu na kontrolu povećana 45,9 %.

Prosječna koncentracija ukupnog mineralnog dušika u profilu tla do 90 cm dubine na lokalitetu Josipin Dvor za sortu Lucija u 2013. godini bila je od 44,63 do 110,11 kg/ha (grafikon 1). Prema očekivanju, najmanje količine mineralnog dušika u tlu utvrđene su u fenofazi busanja te su iznosile prosječnih 47,24 kg/ha. Gnojidba pšenice dušikom rezultirala je značajnim povećanjem količine mineralnog dušika u tlu. Najveće količine mineralnog dušika u tlu na lokalitetu Josipin Dvor zabilježene su nakon žetve (72,79 do 110,11 kg/ha), dok su prosječne količine u vlatanju iznosile od 44,63 do 78,93 kg N/ha. Tretmani gnojidbe dušikom značajno su povećali količine mineralnog dušika u tlu u odnosu na kontrolni tretman. Najveće razine opskrbljenosti tla mineralnim dušikom bile su u vlatanju i nakon žetve uz

tretman optimalne gnojidbe, a najniža bez gnojidbe (kontrolni tretman). Pri tome je povećanje količine mineralnog dušika optimalnom gnojidbom u odnosu na kontrolni tretman u vlatanju iznosilo 76,8 %, a nakon žetve 51,3 %.



**Grafikon 1.** Dinamika mineralnog dušika u tlu pri uzgoju pšenice u 2013. godini

Na lokalitetu Kolođvar u 2013. godini količina mineralnog dušika u tlu od 0 do 90 cm dubine za sortu Srpanjka bila je od 36,88 do 94,73 kg/ha. Najveća količina mineralnog dušika za navedenu sortu na lokalitetu Kolođvar utvrđena je nakon žetve (67,25 do 94,73 kg/ha). Količine mineralnog dušika u tlu u vlatanju bile su od 37,41 do 52,23 kg/ha, a najniža količina dušika u tlu zabilježena je u busanju (prosječno 36,88 kg/ha). Gnojidba dušikom rezultirala je značajnim povećanjem opskrbljenosti tla mineralnim dušikom u odnosu na kontrolni tretman. Nakon žetve najveća je opskrbljenost tla mineralnim dušikom utvrđena na tretmanu povećane gnojidbe. Povećanje količine mineralnog dušika u tlu je u usporedbi s kontrolnim tretmanom za povećanu gnojidbu nakon žetve iznosilo 40,9 %. Količine mineralnog dušika u tlu do dubine 90 cm na lokalitetu Kolođvar za sortu Lucija bile su od 25,41 do 85,62 kg/ha. Gnojidba dušikom utjecala je na značajno povećanje količina mineralnog dušika. Pri tome su najveće količine mineralnog dušika u tlu za sortu Lucija utvrđene nakon žetve (63,34 do 85,62 kg/ha). U vlatanju su vrijednosti mineralnog dušika u tlu iznosile od 32,36 do 48,95 kg/ha, a najniže vrijednosti (prosječno 25,41 kg/ha) zabilježene su u busanju. Najveća raspoloživost dušika u tlu u vlatanju i nakon žetve zabilježena je za povećanu gnojidbu, a povećanje

raspoloživosti u odnosu na kontrolni tretman iznosilo je 51,3 % (vlatanje) i 33,6 % (nakon žetve).

#### *Dinamika $N_{min}$ u vegetaciji pšenice 2014. godine*

Dinamika mineralnog dušika u tlu tijekom 2014. godine bila je slična dinamici pri uzgoju sorte Srpanjka na lokalitetu Josipin Dvor u 2013. godini. Naime, najviše je dušika utvrđeno u fenofazi vlatanja (33,78 do 99,31 kg/ha), a znatno manje količine utvrđene su u fenofazi busanja (15,34 do 64,44) i nakon žetve (27,60 do 67,62 kg/ha). Također, na oba je lokaliteta bez obzira na sortu najmanja količina dušika utvrđena na kontrolnom tretmanu bez gnojidbe dušikom, kako u fenofazi busanja, tako i u vlatanju i nakon žetve. S druge strane, najviše je dušika utvrđeno u tlu na tretmanima povećane gnojidbe, a jedini je izuzetak u fenofazi vlatanja sorte Srpanjka na lokalitetu Josipin Dvor gdje je količina utvrđena nakon optimalne gnojidbe (65,50) bila tek nešto veća nego nakon povećane gnojidbe (60,62).

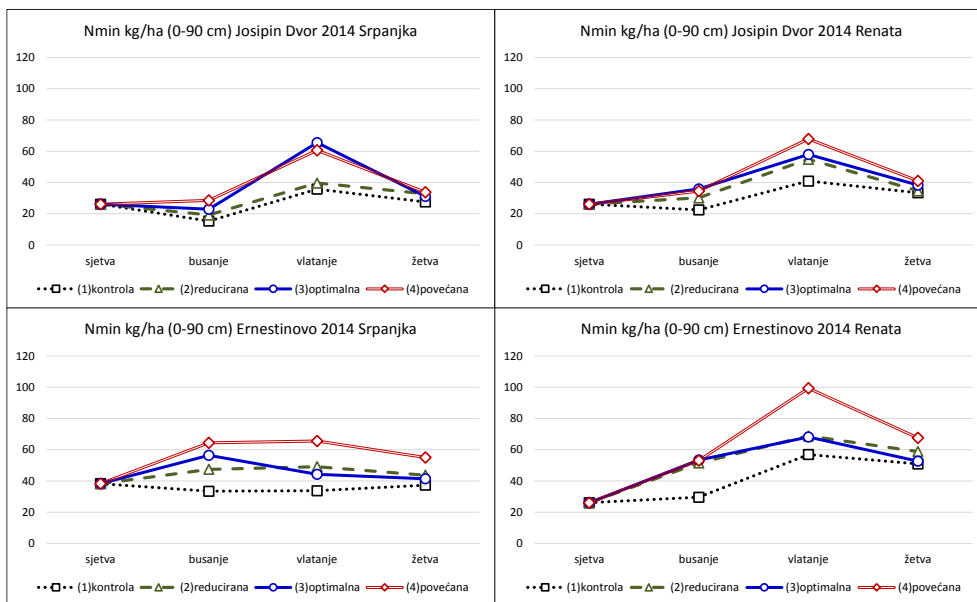
Kao i u 2013. godini, detaljnije analize dinamike mineralnog dušika u tlu po lokalitetima i sortama 2014. godine (grafikon 2), uz određene manje razlike, potvrđuju navedene glavne karakteristike dinamike dušika.

U 2014. godini količina ukupnog mineralnog dušika u tlu na dubini od 0 do 90 cm na lokalitetu Josipin Dvor za sortu Srpanjka bila je od 15,34 do 65,50 kg/ha. Najmanje količine mineralnog dušika izmjerene su u fenofazi busanja (15,34 do 28,52 kg/ha). Najveće količine raspoloživog dušika (35,77 do 65,50 kg/ha) utvrđene su u vlatanju, dok su nakon žetve bile od 27,60 do 33,76 kg/ha. Pri tome je utvrđen značajan utjecaj provedene gnojidbe na raspoloživost mineralnog dušika u tlu. U busanju i nakon žetve tretman povećane gnojidbe rezultirao je najvećim povećanjem ukupnog mineralnog dušika u tlu, te je povećanje mineralnog dušika povećanom gnojidbom u odnosu na kontrolni tretman u busanju iznosilo 85,8 %, a nakon žetve 22,3 %. U fenofazi vlatanja najveće povećanje mineralnog dušika ostvareno je optimalnom gnojidbom (83,1 % u odnosu na kontrolni tretman).

Količina ukupnog mineralnog dušika u tlu na dubini od 0 do 90 cm za sortu Renata na lokalitetu Josipin Dvor bila je od 22,47 do 67,82 kg/ha. Najmanje su količine mineralnog dušika u tlu zabilježene u fenofazi busanja (22,47 do 35,88 kg/ha), najveće u vlatanju (40,92 do 67,82 kg/ha), dok su prosječne količine mineralnog dušika nakon žetve bile od 33,42 do 40,98 kg/ha. Najveća raspoloživost dušika u tlu u busanju posljedica je optimalne gnojidbe, a u vlatanju i nakon žetve povećane gnojidbe. Pri tome je povećanje raspoloživosti u odnosu na kontrolni tretman u busanju iznosilo 59,7 %, u vlatanju 65,7 %, a nakon žetve 22,6 %.

Prosječna količina mineralnog dušika u tlu na lokalitetu Ernestinovo u 2014. godini za sortu Srpanjka bila je od 33,47 do 65,58 kg/ha. U busanju i vlatanju za većinu

gnojdbenih tretmana na navedenom lokalitetu nisu zabilježene značajne razlike u raspoloživosti mineralnog dušika u tlu. Raspon količina mineralnog dušika u tlu u busanju je iznosio od 33,47 do 64,44 kg/ha, a u vlatanju od 33,78 do 65,58 kg/ha. Količine mineralnog dušika u tlu nakon žetve bile su od 37,34 do 55,07 kg/ha. Najveća količina mineralnog dušika u tlu u busanju, vlatanju i nakon žetve ostvarena je povećanom gnojidbom, što je u usporedbi s kontrolnim tretmanom u busanju iznosilo 92,5 %, u vlatanju 94,1 %, a nakon žetve 47,5 %.



**Grafikon 2.** Dinamika mineralnog dušika u tlu pri uzgoju pšenice u 2014. godini

Na lokalitetu Ernestinovo količina mineralnog dušika u tlu za sortu Renata bila je od 24,70 do 99,31 kg/ha. Najveći raspon vrijednosti mineralnog dušika u tlu utvrđen je u vlatanju (56,92 do 99,31 kg/ha). Raspon količina mineralnog dušika u tlu u busanju je bio od 29,64 do 53,44 kg/ha, a nakon žetve od 50,92 do 67,62 kg/ha. Primjenom povećane gnojdbenosti u busanju, vlatanju i nakon žetve utvrđena je najveća količina mineralnog dušika u tlu, u usporedbi s kontrolnim tretmanom u busanju je bila veća 79,1 %, u vlatanju 74,5 %, a nakon žetve 32,8 %.

#### *Dinamika N<sub>min</sub> u vegetacijama kukuruza 2013. i 2014. godine*

Dinamika mineralnog dušika u tlu tijekom vegetacija kukuruza ukazuje na najveću količinu mineralnog dušika u vrijeme prihrane, a značajno manje dušika bilo je u vrijeme berbe. Izuzetak je 2013. godina na lokalitetu Josipin Dvor jer je nakon berbe utvrđeno više dušika u tlu nego u vrijeme prihrane (grafikon 3). Najveće su količine dušika u tlu utvrđene uglavnom nakon maksimalne gnojdbenosti, a značajna su

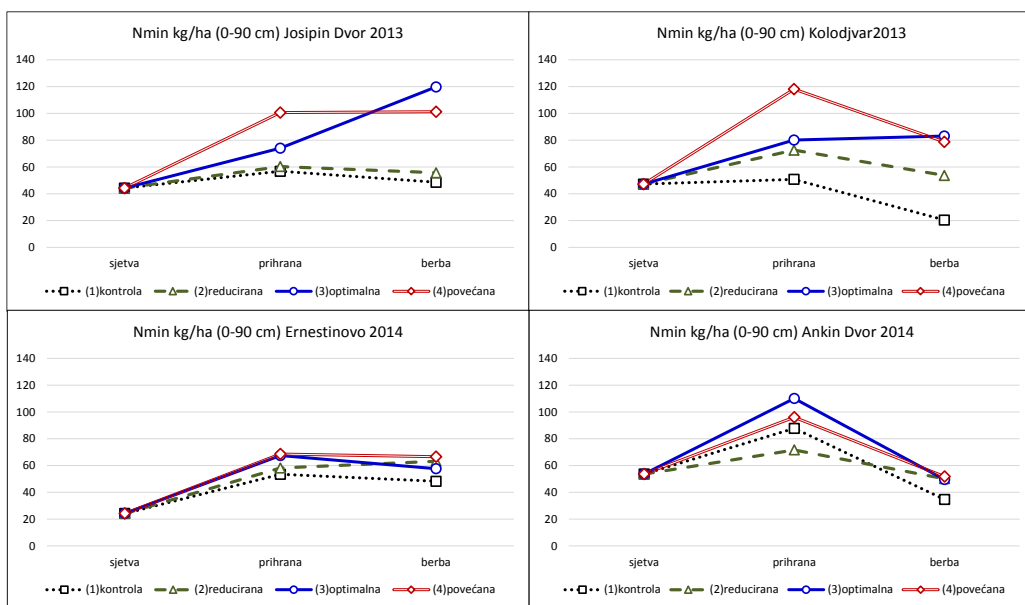


odstupanja nakon berbe 2013. godine na lokalitetu Josipin Dvor i u vrijeme prihrane 2014. godine na lokalitetu Ankin Dvor (20-ak kg/ha dušika više nakon optimalne nego nakon maksimalne gnojidbe). Na skoro svim je analiziranim površinama najmanja količina dušika utvrđena na kontrolnim parcelicama bez gnojidbe dušikom (20,43 u berbi do 87,66 kg/ha u vrijeme prihrane) jer je na površinama reducirane gnojidbe raspon mineralnog dušika bio od 50,14 (u berbi) do 72,58 kg/ha (u vrijeme prihrane), na površinama optimalne gnojidbe od 49,58 (u berbi) do 119,70 kg/ha (u berbi), a na površinama maksimalne gnojidbe od 51,78 (u berbi) do 118,13 kg/ha (u vrijeme prihrane).

U 2013. godini ukupna količina mineralnog dušika u tlu od 0 do 90 cm na lokalitetu Josipin Dvor u prosjeku je za dva hibrida kukuruza bila od 44,23 do 119,70 kg/ha. Najmanja količina mineralnog dušika u tlu zabilježena je u vrijeme sjetve, prosječno 44,23 kg/ha. Dušična gnojidba utjecala je na značajno povećanje količine mineralnog dušika u tlu, te je u vrijeme prihrane kukuruza količina mineralnog dušika u tlu bila od 56,77 do 100,73 kg/ha. Najveća razina mineralnog dušika u tlu zabilježena je nakon berbe, a vrijednosti su se kretale od 48,62 do 119,70 kg/ha. U prihrani je najveće povećanje raspoloživosti dušika u tlu ostvareno na tretmanu povećane gnojidbe (77,2 % više od kontrole), a nakon berbe na tretmanu optimalne gnojidbe (146,2 % više od kontrole).

Na lokalitetu Kolođvar u 2013. godini količina ukupnog mineralnog dušika u tlu u prosjeku je za dva hibrida kukuruza iznosila od 20,43 do 118,13 kg/ha. Najviše vrijednosti mineralnog dušika rezultat su osnovne gnojidbe dušikom zabilježene u vrijeme prije prihrane (50,78 do 118,13 kg/ha). Nakon berbe utvrđena je manja količina mineralnog dušika u tlu (20,43 do 78,80 kg/ha). Slično kao na lokalitetu Josipin Dvor, i na lokalitetu Kolođvar u prihrani je najvećim povećanjem količina mineralnog dušika rezultirala povećana gnojidba (132,6 % više od kontrole), a nakon berbe optimalna gnojidba (306,7 % više od kontrole).

U 2014. godini količine mineralnog dušika u tlu na lokalitetu Ernestinovo u prosjeku su bile od 24,19 do 68,57 kg/ha. Najveća količina mineralnog dušika utvrđena je u vrijeme prije prihrane kukuruza (53,40 do 68,57 kg/ha). Nešto niža opskrbljenost tla mineralnim dušikom utvrđena je nakon berbe kukuruza (48,19 do 66,51 kg/ha), a najmanja prosječna količina mineralnog dušika u tlu bila je u vrijeme sjetve (24,19 kg/ha). Tretman povećane gnojidbe na lokalitetu Ernestinovo rezultirao je najvećim povećanjem količine mineralnog dušika, te je povećanje u odnosu na kontrolu bez gnojidbe u prihrani kukuruza iznosilo 28,4 %, a nakon berbe 38,0 %.



**Grafikon 3.** Dinamika mineralnog dušika u tlu, uzgoj kukuruza 2013. i 2014. godine

Prosječna količina mineralnog dušika u tlu na lokalitetu Ankin Dvor bila je 34,65 do 110,07 kg/ha. Najmanja količina mineralnog dušika utvrđena je prije sjetve (53,57 kg/ha). Aplikacija gnojidbe dušikom rezultirala je značajnim povećanjem količina mineralnog dušika u tlu. Najveća količina mineralnog dušika u tlu zabilježena je prije prihrane (71,59 do 110,07 kg/ha). Nakon berbe kukuruza količina mineralnog dušika u tlu na lokalitetu Ankin Dvor je bila niža u odnosu na vrijeme prije prihrane (34,65 do 51,78 kg/ha). Najveće povećanje raspoloživosti mineralnog dušika u tlu u vrijeme prije prihrane kukuruza ostvareno je tretmanom optimalne gnojidbe (25,6 % više od kontrole). Nakon berbe najintenzivnije povećanje opskrbljenosti tla mineralnim dušikom utvrđeno je za povećanu gnojidbu (49,4 % više od kontrole).

Zaključno, utvrđen je značajan utjecaj gnojidbe na dinamiku mineralnog dušika ( $N_{min}$ ) u tlu. Utvrđene količine mineralnog dušika bile su 15-64 kg/ha u busanju, 32-116 u vlatanju i 28-110 kg/ha u žetvi pšenice, a 51-118 prije prihrane i 20-101 kg/ha nakon berbe kukuruza. Ukupno je u 96 % slučajeva  $N_{min}$  metodom utvrđena najmanja količina dušika na kontroli bez gnojidbe, a najveća količina nakon povećane (61 % slučajeva) ili optimalne gnojidbe (32 % slučajeva). Količina mineralnog dušika u tlu nakon žetve korespondirala je s ostvarenim prinosima pšenice i kukuruza. Utvrđena dinamika mineralnog dušika u tlu potvrđuje  $N_{min}$  metodu pouzdanom za utvrđivanje statusa dušika u tlu i koristan je podatak za planiranje gnojidbe prije sjetve i korekciju gnojidbe prihranama tijekom vegetacije.

### 3.3. Utjecaj gnojidbe na prinos i svojstva pšenice

#### 3.3.1. Vegetacija pšenice 2012./13.

Značajna razlika među sortama pšenice u vegetaciji 2012./13. utvrđena je za većinu agronomskih svojstava pšenice, pri čemu je Srpanjka imala značajno veću visinu klasa, broj fertilnih klasića i hektolitarsku masu, a Lucija visinu biljke.

Tretmani optimalne i povećane gnojidbe dušikom su u vegetaciji 2012./13. utjecali na značajno povećanje visine biljke, mase vlati te visine klasa pšenice (tablica 6). Nadalje, optimalna i povećana gnojidba rezultirale su značajnim smanjenjem broja sterilnih klasića. Za visinu biljke, masu vlati i broj sterilnih klasića nije zabilježena značajna razlika između razine optimalne i razine povećane gnojidbe. Najniže vrijednosti agronomskih svojstava pšenice utvrđene su za reduciranu gnojidbu (izuzevši kontrolu). Gnojidba nije značajno utjecala na promjenu broja fertilnih klasića i hektolitarske mase ozime pšenice.

**Tablica 6.** Agronomska svojstva pšenice u vegetaciji 2012./2013.

Lokalitet, sorta i gnojidba	Visina biljke (cm)	Masa vlati (g)	Visina klasa (cm)	Broj fertilnih klasića	Broj sterilnih klasića	Hektolitarska masa (kg/hl)
Josipin Dvor	65,88 a	2,29 a	7,71	18,15	1,91	69,34 a
Kolođvar	62,84 b	2,04 b	7,73	17,66	1,96	67,48 b
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>1,61</i>	<i>0,15</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>1,32</i>
Lucija	70,47 a	2,22	7,51 b	17,36 b	2,01	67,28 b
Srpanjka	58,25 b	2,11	7,92 a	18,44 a	1,85	69,54 a
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>1,61</i>	<i>ns</i>	<i>0,30</i>	<i>0,57</i>	<i>ns</i>	<i>1,32</i>
Kontrola	61,49 c	2,02 b	7,21 c	17,62	2,40 a	68,30
Reducirana	63,52 bc	2,09 ab	7,69 b	17,62	2,09 a	68,63
Optimalna	65,48 ab	2,23 ab	7,77 b	17,98	1,70 b	68,76
Povećana	66,96 a	2,31 a	8,21 a	18,39	1,53 b	67,96
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>2,28</i>	<i>0,22</i>	<i>0,43</i>	<i>ns</i>	<i>0,36</i>	<i>ns</i>
Prosjek	64,36	2,16	7,72	17,90	1,93	68,41

Sorta Srpanjka u vegetaciji 2012./13. značajnije je reagirala na gnojidbu dušikom većim sklopom, masom 1000 zrna, prinosom zrna i žetvenim indeksom u odnosu na sortu Lucija (tablica 7). Sorta pšenice nije značajno utjecala na broj zrna po klasu i prinos slame u navedenoj vegetaciji.

Utvrđen je značajan utjecaj gnojidbe dušikom na promjenu komponenti prinosa, osim na masu 1000 zrna. U prosjeku je ostvaren prinos zrna pšenice od 4,20 do 5,35 t/ha, prinos slame od 5,64 do 6,91 t/ha, a žetveni indeks od 41,8 do 43,6.

Optimalna i povećana gnojidba u odnosu na kontrolni tretman značajno su povećale broj zrna, prinos zrna, prinos slame i žetveni indeks. Pri tome nije utvrđena značajna razlika između utjecaja optimalne i povećane gnojidbe na prinos zrna i slame te na žetveni indeks, što ukazuje da povećana gnojidba nije bila potrebna (tablica 7).

**Tablica 7.** Komponente prinosa pšenice u vegetaciji 2012./13.

Lokalitet, sorta i gnojidba	Br. klasova po m <sup>2</sup>	Br. zrna po klasu	Masa 1000 zrna (g)	Prinos zrna (kg/ha)	Prinos slame (kg/ha)	Žetveni indeks
Josipin Dvor	537,3	29,94	31,70	5.087 a	6.823	42,3
Kolođvar	536,6	28,80	30,25	4.594 b	5.956	43,4
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	-	-	-	477	579	-
Lucija	503,4 b	28,85	29,41 b	4.265 b	6.191	40,6 b
Srpanjka	570,5 a	29,89	32,54 a	5.415 a	6.587	45,1 a
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	33,5	ns	1,65	477	ns	1,2
Kontrola	502,5 b	25,14 c	32,10	4.199 b	5.643 b	42,4 ab
Reducirana	551,9 a	28,51 b	29,89	4.677 ab	6.411 ab	41,8 b
Optimalna	539,6 ab	30,86 ab	30,79	5138 a	6.587 a	43,5 a
Povećana	553,8 a	32,98 a	30,12	5.348 a	6.915 a	43,6 a
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	47,4	2,40	ns	674	819	1,7
Prosjek	537,0	29,37	30,97	4.840	6.389	42,8

**Tablica 8.** Koncentracije i iznošenje dušika u vegetaciji 2012./13.

Lokalitet, sorta i gnojidba	N u zrnju (%)	N u slami (%)	Odnosnošenje N zrnjom (kg/ha)	Iznošenje N slamom (kg/ha)	Ukupno iznošenje N (kg/ha)	Agronomska učinkovit. N	Fiziološka učinkovit. N
Josipin Dvor	1,97 a	0,64 a	100,1 a	43,5 a	143,6 a	20,3	37,6 b
Kolođvar	1,66 b	0,45 b	77,0 b	27,1 b	104,1 b	17,2	51,2 a
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	0,12	0,05	11,3	4,1	14,0	ns	6,9
Lucija	1,82	0,48 b	78,5 b	30,3 b	108,8 b	15,9 b	46,2
Srpanjka	1,81	0,60 a	98,6 a	40,3 a	138,9 a	21,6 a	42,6
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	ns	0,05	11,3	4,1	14,0	3,4	ns
Kontrola	1,62 b	0,42 c	68,1 c	23,7 c	91,8 c	24,1 a	50,4
Reducirana	1,84 a	0,56 b	85,1 b	36,4 b	121,5 b	16,9 b	44,3
Optimalna	1,88 a	0,55 b	96,4 ab	36,8 b	133,2 ab	17,6 b	41,5
Povećana	1,92 a	0,64 a	104,5 a	44,2 a	148,7 a	16,5 b	41,4
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	0,18	0,07	16,0	5,8	19,8	4,8	ns
Prosjek	1,81	0,54	88,5	35,3	123,8	18,8	44,4

Usporedbom reakcije sorti pšenice na gnojidbu dušikom u vegetaciji 2012./13., Srpanjka je imala značajno veću koncentraciju dušika u slami, veće iznošenje dušika zrnjom i slamom te veće ukupno iznošenje dušika i agronomsku učinkovitost dušika nego sorta Lucija (tablica 8).

Sve tri razine gnojidbe dušikom značajno su utjecale na povećanje koncentracije dušika u zrnu i slami, iznošenje dušika zrnom i slamom te ukupno iznošenje dušika u usporedbi s kontrolom. Pri tome je u prosjeku koncentracija dušika u zrnu bila u rasponu od 1,62 % do 1,92 %, u slami od 0,42 % do 0,64 %, dok je ukupno iznošenje dušika bilo u rasponu od 91,8 kg/ha do 148,7 kg/ha. Prema očekivanju, tretman povećane gnojidbe za većinu je ovdje promatranih svojstava rezultirao značajno većim vrijednostima u odnosu na reduciranu gnojidbu. Gnojidba dušikom u vegetaciji 2012./2013. rezultirala je značajnim smanjenjem agronomske učinkovitosti u odnosu na kontrolu, a nije značajno utjecala na fiziološku učinkovitost.

### 3.3.2. Vegetacija pšenice 2013./14.

Značajno veća visina biljke i veći broj sterilnih klasića bili su kod sorte Renata, a veća visina klasa i veći broj fertilnih klasića kod sorte Srpanjka (tablica 9).

**Tablica 9.** Agronomska svojstva pšenice u vegetaciji 2013./2014.

Lokalitet, sorta i gnojidba	Visina biljke (cm)	Masa vlati (g)	Visina klasa (cm)	Broj fertilnih klasića	Broj sterilnih klasića	Hektolitarska masa (kg/hl)
Josipin Dvor	61,84 b	2,57	6,97 b	14,80 b	2,76	74,25
Ernestinovo	65,15 a	2,64	7,49 a	16,35 a	2,54	72,75
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>1,85</i>	<i>ns</i>	<i>0,28</i>	<i>0,69</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Renata	66,40 a	2,62	6,95 b	15,15 b	2,91 a	73,85
Srpanjka	60,59 b	2,59	7,51 a	16,00 a	2,39 b	73,15
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>1,85</i>	<i>ns</i>	<i>0,28</i>	<i>0,69</i>	<i>0,45</i>	<i>ns</i>
Kontrola	57,26 b	2,20 b	6,60 b	14,16 b	3,36 a	72,40
Reducirana	65,58 a	2,72 a	7,30 a	15,90 a	2,42 b	73,01
Optimalna	64,45 a	2,70 a	7,43 a	15,85 a	2,60 b	74,89
Povećana	66,69 a	2,82 a	7,59 a	16,39 a	2,22 b	73,69
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>2,62</i>	<i>0,31</i>	<i>0,39</i>	<i>0,97</i>	<i>0,64</i>	<i>ns</i>
Prosjek	63,49	2,61	7,23	15,57	2,65	73,50

Tretmani reducirane, optimalne i povećane gnojidbe rezultirali su značajnim povećanjem visine biljke, mase vlati, visine klasa, broja fertilnih klasića, kao i značajnim smanjenjem broja sterilnih klasića pšenice u odnosu na kontrolni tretman. Pri tome između reducirane, optimalne i povećane razine gnojidbe dušikom nije utvrđena značajna razlika. Također, gnojidba dušikom nije imala značajan utjecaj na promjenu hektolitarske mase pšenice. Gnojidba dušikom u vegetaciji 2013./14. utjecala je na značajno veći broj klasova, masu 1000 zrna i

prinos slame kod sorte Renata te veći broj zrna po klasu i veći žetveni indeks kod sorte Sranjka (tablica 10).

**Tablica 10.** Komponente prinosa u vegetaciji 2013./14.

Lokalitet, sorta i gnojidba	Br. klasova po m <sup>2</sup>	Br. zrna po klasu	Masa 1000 zrna (g)	Prinos zrna (kg/ha)	Prinos slame (kg/ha)	Žetveni indeks
Josipin Dvor	596,4 a	29,50 b	42,94 a	6.434 a	7.043 a	47,5
Ernestinovo	531,2 b	33,64 a	39,98 b	5.928 b	6.504 b	47,4
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>58,8</i>	<i>2,33</i>	<i>0,96</i>	<i>500</i>	<i>530</i>	<i>ns</i>
Renata	597,4 a	28,77 b	43,69 a	6.223	7.192 a	45,8 b
Sranjka	530,2 b	34,37 a	39,24 b	6.139	6.355 b	49,1 a
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>58,8</i>	<i>2,33</i>	<i>0,96</i>	<i>ns</i>	<i>530</i>	<i>0,9</i>
Kontrola	517,0	24,04 b	40,51 b	3.887 c	4.759 c	45,0 b
Reducirana	572,8	31,79 a	41,44 ab	6.456 b	6.916 b	48,3 a
Optimalna	590,3	34,93 a	42,11 a	7.223 a	7.576 ab	48,8 a
Povećana	575,3	35,52 a	41,80 ab	7.158 ab	7.842 a	47,7 a
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>ns</i>	<i>3,29</i>	<i>1,36</i>	<i>708</i>	<i>750</i>	<i>1,2</i>
Prosjek	563,8	31,57	41,46	6.181	6.773	47,5

Tretmani gnojidbe dušikom su prema očekivanju značajno utjecali na komponente prinosa pšenice u odnosu na kontrolni tretman. Sve razine gnojidbe rezultirale su značajnim povećanjem broja zrna po klasu, prinosa zrna i slame te žetvenog indeksa. Optimalna gnojidba rezultirala je značajno najvećom prosječnom masom 1000 zrna (42,11 g) u odnosu na kontrolu (tablica 10) te najvećim prosječnim prinosom zrna (7,22 t/ha), dok je povećana gnojidba utjecala na najveći prosječni prinos slame (7,84 t/ha).

**Tablica 11.** Koncentracije i iznošenje dušika u vegetaciji 2013./14.

Lokalitet, sorta i gnojidba	N u zrnu (%)	N u slami (%)	Oдноšenje N zrnem (kg/ha)	Iznošenje N slamom (kg/ha)	Ukupno iznošenje N (kg/ha)	Agronomska učinkovit. N	Fiziološka učink. N
Josipin Dvor	1,14	0,37	75,4	26,9	102,2	19,2 a	63,1
Ernestinovo	1,22	0,36	73,1	23,7	96,8	13,0 b	73,7
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>3,5</i>	<i>ns</i>
Renata	1,27 a	0,41 a	79,0	30,2 a	109,2 a	15,3	79,2
Sranjka	1,09 b	0,32 b	69,5	20,3 b	89,8 b	16,9	57,6
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>0,12</i>	<i>0,04</i>	<i>ns</i>	<i>3,3</i>	<i>11,6</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Kontrola	0,98 b	0,28 c	38,3 c	13,2 c	51,5 c	-	-
Reducirana	1,20 a	0,35 b	78,1 b	24,0 b	102,1 b	23,4 a	66,6
Optimalna	1,22 a	0,40 ab	87,6 ab	30,3 a	117,9 ab	23,0 ab	77,6
Povećana	1,31 a	0,42 a	92,9 a	33,6 a	126,5 a	18,2 b	129,4
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>0,18</i>	<i>0,05</i>	<i>14,2</i>	<i>4,6</i>	<i>16,4</i>	<i>4,9</i>	<i>ns</i>
Prosjek	1,18	0,36	74,2	25,3	99,5	16,1	68,4

Utvrđen je značajno veći intenzitet reakcije na gnojidbu dušikom sorte Renata nego sorte Srpanjka, što se očitovalo većom koncentracijom dušika u zrnu i slami, većim iznošenjem dušika slamom i ukupnim iznošenjem dušika. Koncentracija N u zrnu bila je u prosjeku od 0,98 % do 1,31 %, u slami od 0,28 % do 0,42 %, a ukupno iznošenje dušika od 51,5 do 126,5 kg/ha. Sve razine gnojidbe rezultirale su značajnim povećanjem koncentracije dušika u zrnu i slami, iznošenja dušika zrnom i slamom te ukupnog iznošenja (tablica 11). Nije zabilježena statistički značajna razlika između optimalne i povećane gnojidbe. Najveća je bila agronomska učinkovitost reducirane gnojidbe, dok tretmani gnojidbe nisu značajno utjecali na fiziološku učinkovitost.

### 3.3.3. Prosječan utjecaj gnojidbe u dvogodišnjem istraživanju uzgoja pšenice

U prvoj godini istraživanja zabilježena je značajno veća visina klasa i broj fertilnih klasića, a u drugoj godini veća masa vlati i hektolitarska masa te veći broj sterilnih klasića (tablica 12).

**Tablica 12.** Agronomska svojstva pšenice u vegetaciji 2012./13. i 2013./14.

Lokalitet, sorta i gnojidba	Visina biljke (cm)	Masa vlati (g)	Visina klasa (cm)	Broj fertilnih klasića	Broj sterilnih klasića	Hektolitarska masa (kg/hl)
2012/2013	64,36	2,16 b	7,72 a	17,90 a	1,93 b	68,41 b
2013/2014	63,49	2,61 a	7,23 b	15,57 b	2,65 a	73,50 a
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>ns</i>	<i>0,14</i>	<i>0,20</i>	<i>0,45</i>	<i>0,26</i>	<i>1,18</i>
Kontrola	59,37 c	2,11 b	6,90 c	15,89 b	2,88 a	70,35
Reducirana	64,55 b	2,40 a	7,49 b	16,76 a	2,26 b	70,82
Optimalna	64,96 b	2,46 a	7,60 b	16,91 a	2,15 bc	71,83
Povećana	66,83 a	2,56 a	7,90 a	17,39 a	1,88 c	70,82
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>1,79</i>	<i>0,19</i>	<i>0,28</i>	<i>0,64</i>	<i>0,37</i>	<i>ns</i>
Prosjek	63,93	2,39	7,47	16,74	2,29	70,95

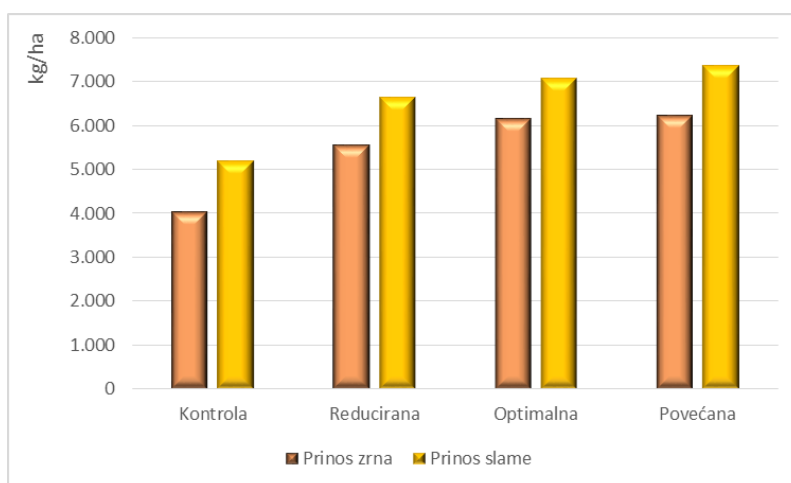
Utvrđen je značajan pozitivan utjecaj gnojidbe dušikom na sva agronomska svojstva pšenice, osim na hektolitarsku masu u odnosu na kontrolni tretman u prosjeku obje godine istraživanja. Dakle, povećana gnojidba značajno je povećala visinu biljke i visinu klasa, dok razina gnojidbe nije značajno utjecala na masu vlati i broj fertilnih klasića. Tretmani gnojidbe rezultirali su značajnim smanjenjem broja sterilnih klasića u usporedbi s kontrolnim tretmanom, a najmanje je sterilnih klasića utvrđeno nakon maksimalne gnojidbe.

**Tablica 13.** Komponente prinosa u vegetaciji 2012./13. i 2013./14.

Lokalitet, sorta i gnojidba	Br. klasova po m <sup>2</sup>	Br. zrna po klasu	Masa 1000 zrna (g)	Prinos zrna (kg/ha)	Prinos slame (kg/ha)	Žetveni indeks
2012/2013	537,0	29,37 b	30,97 b	4.840 b	6.389	42,8 b
2013/2014	563,8	31,57 a	41,46 a	6.181 a	6.773	47,5 a
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>ns</i>	<i>1,45</i>	<i>0,99</i>	<i>380</i>	<i>ns</i>	<i>0,8</i>
Kontrola	509,8 b	24,59 c	36,80	4.043 c	5.201 c	43,7 c
Reducirana	562,3 a	30,15 b	35,67	5.567 b	6.664 b	45,1 b
Optimalna	564,9 a	32,90 a	36,45	6.181 a	7.082 ab	46,2 a
Povećana	564,5 a	34,25 a	35,96	6.253 a	7.379 a	45,7 ab
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>46,9</i>	<i>2,05</i>	<i>ns</i>	<i>537</i>	<i>576</i>	<i>1,1</i>
Prosjek	550,4	30,47	36,22	5.511	6.581	45,2

U drugoj godini istraživanja ostvarene su značajno veće prosječne vrijednosti komponenti prinosa ozime pšenice (veći broj zrna po klasu, veća masa 1000 zrna) te prinosa zrna i žetvenog indeksa.

Sve su tri razine gnojidbe u prosjeku obje godine istraživanja pozitivno utjecale na promjenu vrijednosti komponenti prinosa. Gnojidba dušikom u prosjeku je značajno povećala sklop pšenice, broj zrna po klasu, prinos zrna i slame te žetveni indeks (tablica 13). U prosjeku za obje godine, prinos zrna pšenice po gnojidbenim je tretmanima bio od 4,04 do 6,25 t/ha, prinos slame od 5,20 do 7,38 t/ha, a žetveni indeks od 43,7 do 45,7. Nije utvrđena značajna razlika utjecaja optimalne i povećane gnojidbe na komponente prinosa, što ukazuje da maksimalna (tj. povećana) gnojidba pšenicom nije bila statistički opravdana.

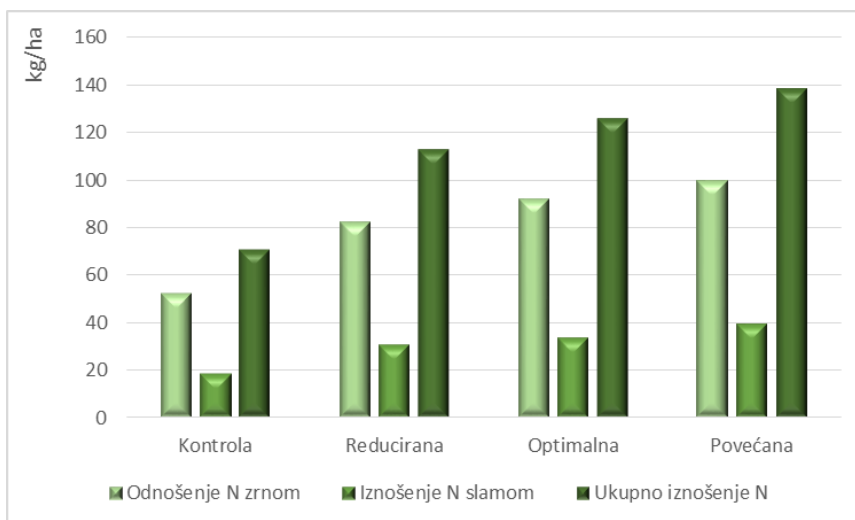
**Grafikon 4.** Prosječni prinosi pšenice u vegetacijama 2012./13. i 2013./14.



**Tablica 14.** Koncentracije i iznošenje dušika u vegetaciji 2012./13. i 2013./14.

Lokalitet, sorta i gnojidba	N u zrnu (%)	N u slami (%)	Oдноšenje N zрном (kg/ha)	Iznošenje N slamom (kg/ha)	Ukupno iznošenje N (kg/ha)	Agronomska učinkovit. N	Fiziološka učink. N
2012/2013	1,81 a	0,54 a	88,5 a	35,3 a	123,8 a	18,8	44,4
2013/2014	1,18 b	0,36 b	74,4 b	25,3 b	99,7 b	16,1	52,4
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>0,08</i>	<i>0,03</i>	<i>7,5</i>	<i>2,6</i>	<i>8,9</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Kontrola	1,28 b	0,35 c	52,3 c	18,5 c	70,7 d	12,1 b	25,2 b
Reducirana	1,53 a	0,46 b	82,3 b	30,2 b	112,5 c	20,1 a	59,4 a
Optimalna	1,55 a	0,48 b	92,0 ab	33,5 b	125,5 b	20,3 a	56,8 a
Povećana	1,63 a	0,59 a	99,3 a	38,9 a	138,2 a	17,3 a	52,3 a
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>0,12</i>	<i>0,04</i>	<i>10,6</i>	<i>3,7</i>	<i>12,6</i>	<i>4,7</i>	<i>16,4</i>
Prosjek	1,50	0,45	81,5	30,3	111,7	17,5	48,4

Sve su tri razine gnojidbe dušikom prema prosjeku za obje godine istraživanja značajno utjecale na povećanje koncentracije dušika u zrnu, na agronomsku i fiziološku učinkovitost gnojidbe u odnosu na kontrolni tretman, a između reducirane, optimalne i povećane razine gnojidbe nije bila značajna razlika (tablica 14). Povećana gnojidba je u usporedbi s kontrolom rezultirala značajno najvećim vrijednostima koncentracije dušika u slami, većim iznošenjem dušika zрном, slamom i većim ukupnim iznošenjem dušika (grafikon 5). Koncentracija dušika u zrnu bila je u rasponu od 1,28 % do 1,63 %, u slami od 0,35 % do 0,59 %, dok je ukupno iznošenje dušika bilo od 70,8 do 138,2 kg/ha.

**Grafikon 5.** Prosječno iznošenje dušika zрном i slamom, ukupno iznošenje dušika u vegetacijama pšenice 2012./13. i 2013./14.

Gnojidba dušikom (od kontrolne varijante bez gnojidbe do povećane, tj. maksimalne gnojidbe dušikom) značajno je utjecala na povećanje visine pšenice, mase vlati, duljine klasa, broj fertilnih klasića, broj zrna po klasu i masu 1000 zrna, te posljedično i na prinos zrna i slame. Kontrolna varijanta rezultirala je najnižim vrijednostima, a najvećim vrijednostima optimalna ili povećana gnojidba. Reducirana gnojidba rezultirala je nižim prinosom od optimalne gnojidbe u vegetaciji s ostvarenim visokim prinosom pšenice (2014.), ali ne i u 2013. godini kada je prinos pšenice bio niži. Povećana (maksimalna) gnojidba nije statistički značajno povećala prinos zrna pšenice (pa niti slame). Gnojidbeni tretmani (osim kontrolnog) nisu značajno utjecali na koncentraciju N u zrnu pšenice, ali je povećana gnojidba rezultirala većom koncentracijom i iznošenjem N slamom. Prosječno iznošenje dušika ukupnom nadzemnom masom pšenice kretalo se od samo 52 kg/ha na tretmanu bez gnojidbe do 149 kg/ha na tretmanu s povećanom gnojidbom. Najveća je agronomska učinkovitost utvrđena za reduciranu gnojidbu (16,9-23,4), a najmanja za povećanu gnojidbu (16,5-17,3).

### 3.4. Utjecaj gnojidbe na prinos i svojstva kukuruza

#### 3.4.1. Vegetacija kukuruza 2013. godine

U 2013. godini hibrid kukuruza BC 344 imao je značajno veći prosječni prinos zrna (9,65 t/ha) i ukupan prinos (18,37 t/ha) u odnosu na hibrid KWS 2376. Gnojidbom dušikom povećan je prinos zrna i ukupan prinos u odnosu na kontrolni tretman, ali nije bilo značajne razlike među razinama gnojidbe (tablica 15). Značajno povećanje žetvenog indeksa u odnosu na kontrolu je ostvareno samo primjenom optimalne gnojidbe.

**Tablica 15.** Prinos kukuruza u 2013. godini

Hibrid i gnojidba	Prinos zrna (kg/ha)	Prinos kukuruzovine (kg/ha)	Ukupan prinos (kg/ha)	Žetveni indeks
BC 344	9.648 a	8.723	18.371 a	52,6
KWS 2376	8.016 b	8.561	16.577 b	48,5
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>761</i>	<i>ns</i>	<i>1.424</i>	<i>ns</i>
Kontrola	7.125 b	8.419	15.544 b	46,0 b
Reducirana	9.234 a	8.619	17.853 a	52,1 ab
Optimalna	9.781 a	8.671	18.452 a	53,2 a
Povećana	9.188 a	8.859	18.046 a	50,9 ab
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>1.076</i>	<i>ns</i>	<i>2.014</i>	<i>6,2</i>
Prosjek	8.832	8.642	17.474	50,6

**Tablica 16.** Koncentracije (%) i iznošenje dušika (kg/ha) u 2013. godini

Hibrid i gnojidba	N u zrnu	N u stabljici	N u listu	Oдноšenje N zrnom	Iznošenje N kukuruzovinom	Ukupno iznošenje
BC 344	0,81	0,40	2,14 a	79,4 a	110,3 a	189,7 a
KWS 2376	0,85	0,48	1,58 b	68,0 b	87,7 b	155,7 b
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>0,24</i>	<i>9,7</i>	<i>16,3</i>	<i>17,9</i>
Kontrola	0,68 b	0,33 b	1,64 b	48,8 b	80,4 b	129,2 b
Reducirana	0,86 a	0,44 ab	1,95 ab	79,0 a	102,3 ab	181,3 a
Optimalna	0,87 a	0,49 a	1,71 b	85,3 a	94,9 b	180,2 a
Povećana	0,89 a	0,51 a	2,14 a	81,9 a	118,3 a	200,2 a
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>0,12</i>	<i>0,13</i>	<i>0,34</i>	<i>13,8</i>	<i>23,0</i>	<i>25,4</i>
Prosjek	0,83	0,44	1,86	73,7	99,0	172,7

Hibrid BC 344 u 2013. godini karakterizirala je značajno veća prosječna koncentracija dušika u listu, zatim značajno veće prosječno iznošenje dušika zrnom, listom i ukupno iznošenje dušika u usporedbi s hibridom KWS 2376 (tablica 16). Koncentracija dušika bila je najniža u stabljici (0,33 % do 0,51 %), u zrnu nešto veća (0,68 % do 0,89 %), a u listu su bile najveće koncentracije dušika (1,64 % do 2,14 %). Optimalna i povećana gnojidba utjecale su na značajno povećanje koncentracije dušika u zrnu, stabljici i listu kukuruza u odnosu na kontrolni tretman, ali između navedene dvije razine gnojidbe nije bilo statistički značajne razlike. Sve tri razine gnojidbe dušikom značajno su povećale odnošenje dušika zrnom i ukupno iznošenje, pri čemu među razinama gnojidbe nije utvrđena značajna razlika. Samo je povećana gnojidba značajno utjecala na povećanje iznošenja dušika kukuruzovinom u odnosu na kontrolu.

**Tablica 17.** Učinkovitost gnojidbe dušikom u 2013. godini

Hibrid i gnojidba	Agronomska učinkovitost	Fiziološka učinkovitost	Ukupna potrošnja N (kg N/t zrna)	Potrošnja N za zrno (kg N/t zrna)
BC 344	13,1	53,0	19,7	8,1
KWS 2376	7,9	57,2	19,5	8,5
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>0,9</i>
Kontrola	-	-	18,4 b	6,8 b
Reducirana	16,5	74,2	19,7 ab	8,6 a
Optimalna	15,6	77,0	18,5 b	8,7 a
Povećana	9,7	69,1	21,8 a	8,9 a
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>2,6</i>	<i>1,2</i>
Prosjek	10,5	55,1	19,6	8,3

Tretmani gnojidbe u 2013. godini nisu utjecali na promjenu agronomske i fiziološke učinkovitosti ispitivanih hibrida kukuruza. Međutim, dušičnom je gnojidbom

značajno povećana potrošnja dušika po toni zrna, ali među razinama gnojidbe nije bilo značajne razlike.

### 3.4.2. Vegetacija kukuruza 2014. godine

Hibrid kukuruza Agristar u 2014. godini rezultirao je značajno većim prosječnim prinosom zrna te žetvenim indeksom u odnosu na hibrid BC 678 (tablica 18). Značajna reakcija kukuruza na gnojidbu dušikom u 2014. godini zabilježena je samo po prinosu zrna, ali bez značajnosti razlika među razinama gnojidbe. Pri tome je prosječna visina prinosa kukuruza bila od 11,69 do 13,15 t/ha.

Tablica 18. Prinos kukuruza u 2014. godini

Hibrid i gnojidba	Prinos zrna (kg/ha)	Prinos kukuruzovine (kg/ha)	Ukupan prinos (kg/ha)	Žetveni indeks
BC 678	11.933 b	11.185	23.118	51.7 b
Agristar	13.471 a	11.041	24.511	55.2 a
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	623	<i>ns</i>	<i>ns</i>	2,4
Kontrola	11.690 b	10.907	22.597	51.9
Reducirana	13.152 a	11.256	24.408	54.2
Optimalna	13.136 a	11.703	24.839	52.9
Povećana	12.828 a	10.586	23.415	54.8
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	881	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Prosjek	12.702	11.113	23.815	53,4

Tablica 19. Koncentracije (%) i iznošenje dušika (kg/ha) u 2014. godini

Hibrid i gnojidba	N u zrnu	N u stabljici	N u listu	Oдноšenje N zrnom	Iznošenje N kukuruzovinom	Ukupno iznošenje N
BC 678	1,09 b	0,72	1,06 b	130,6 b	100,3	230,9 b
Agristar	1,19 a	0,75	1,32 a	160,8 a	114,7	275,6 a
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	0,08	<i>ns</i>	0,15	12,4	<i>ns</i>	24,1
Kontrola	1,04 b	0,77	1,17	121,2 b	110,0	231,1 b
Reducirana	1,10 b	0,71	1,16	144,7 a	105,1	249,8 ab
Optimalna	1,22 a	0,71	1,21	160,0 a	112,4	272,4 a
Povećana	1,22 a	0,77	1,23	157,0 a	102,5	259,5 ab
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	0,12	<i>ns</i>	<i>ns</i>	17,5	<i>ns</i>	34,1
Prosjek	1,14	0,74	1,19	145,7	107,5	253,2

U 2014. godini hibrid Agristar je pokazao značajno veću reakciju na gnojidbu dušikom pri usporedbi s hibridom BC 678, te je Agristar rezultirao većom koncentracijom dušika u zrnu i listu te većim odnošenjem dušika zrnom i ukupnim iznošenjem dušika. Značajno povećanje koncentracije dušika u zrnu od 1,04 % do

1,22 % i povećanje odnošenja dušika zrnom od 121,2 kg/ha do 160,0 kg/ha ostvareno je tretmanima optimalne i povećane gnojidbe dušikom u odnosu na kontrolu, ali bez značajne međusobne razlike navedene dvije razine gnojidbe. Samo je optimalna gnojidba u 2014. godini značajno povećala ukupno iznošenje dušika u usporedbi s kontrolnim tretmanom. Navedeni utjecaji gnojidbe na visinu prinosa, koncentracije i iznošenja dušika ukazuju da primjena povećane gnojidbe dušikom nije bila statistički opravdana.

**Tablica 20.** Učinkovitost gnojidbe dušikom u 2014. godini

Hibrid i gnojidba	Agronomska učinkovitost	Fiziološka učinkovitost	Ukupna potrošnja N (kg N/t zrna)	Potrošnja N za zrno (kg N/t zrna)
BC 678	5,9	98,6 a	19,3	10,9 b
Agristar	6,8	27,6 b	20,4	11,9 a
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>ns</i>	63,6	<i>ns</i>	0,8
Kontrola	-	-	19,7	10,4 b
Reducirana	11,5 a	122,9	19,0	11,0 b
Optimalna	8,5 ab	82,5	20,7	12,2 a
Povećana	5,3 b	47,1	20,2	12,2 a
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	3,5	<i>ns</i>	<i>ns</i>	1,1
Prosjek	6,3	63,1	19,9	11,4

Za hibrid BC 678 u 2014. godini zabilježena je značajno veća fiziološka učinkovitost, a za hibrid Agristar značajno veća potrošnja dušika za tonu zrna (tablica 20). Agronomska učinkovitost gnojidbe dušikom značajno je smanjena s povećanjem gnojidbenih doza. Optimalna i povećana gnojidba utjecale su na značajno povećanje potrošnje dušika za tonu zrna, pri čemu među ovim dvjema razinama gnojidbe nije utvrđena značajna razlika.

### 3.4.3. Prosječan utjecaj gnojidbe u dvogodišnjem istraživanju uzgoja kukuruza

Prema prosjeku dvogodišnjeg istraživanja utjecaja gnojidbe dušikom na uzgoj kukuruza, značajno intenzivnija reakcija ispitivanih hibrida zabilježena je u 2014. godini, i to za prinos zrna, prinos kukuruzovine i ukupan prinos te žetveni indeks. Gnojidba dušikom značajno je povećala prinos zrna kukuruza od 9,41 t/ha (kontrola) do 11,46 t/ha (optimalna gnojidba) i ukupan biološki prinos od 19,07 t/ha (kontrola) do 21,73 t/ha (povećana gnojidba) te žetveni indeks, ali bez značajnih razlika među razinama gnojidbe (tablica 21).

**Tablica 21.** Prinos kukuruza u 2013. i 2014. godini

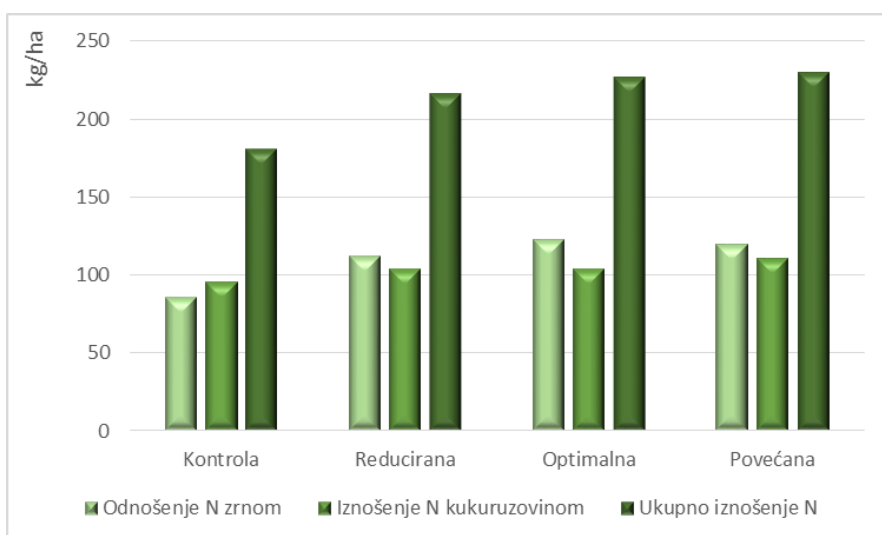
Vegetacija i gnojidba	Prinos zrna (kg/ha)	Prinos kukuruzovine (kg/ha)	Ukupan prinos (kg/ha)	Žetveni indeks
2013	8.832 b	8.642 b	17.474 b	50,6 b
2014	12.702 a	11.113 a	23.815 a	53,4 a
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	482	839	1.029	2,5
Kontrola	9.408 b	9.663	19.070 b	48,9 b
Reducirana	11.193 a	9.938	21.130 a	53,1 a
Optimalna	11.459 a	10.187	21.645 a	53,0 a
Povećana	11.008 a	9.723	20.731 a	52,9 a
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	682	<i>ns</i>	1.455	3,5
Prosjek	10.767	9.877	20.644	52,0

**Tablica 22.** Koncentracije (%) i iznošenje (kg/ha) dušika u 2013. i 2014. godini

Vegetacija i gnojidba	N u zrnu	N u stabljici	N u listu	Oдноšenje N zrnom	Iznošenje N kukuruzovinom	Ukupno iznošenje N
2013	0,83 b	0,44 b	1,86 a	73,7 b	99,0	172,7 b
2014	1,14 a	0,74 a	1,19 b	145,7 a	107,5	253,2 a
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	0,06	0,07	0,15	7,6	<i>ns</i>	15,0
Kontrola	0,86 b	0,55	1,44 b	85,0 c	95,2	180,2 b
Reducirana	0,98 a	0,57	1,56 ab	111,8 b	103,7	215,6 a
Optimalna	1,05 a	0,60	1,46 ab	122,6 a	103,7	226,3 a
Povećana	1,06 a	0,64	1,65 a	119,4 ab	110,4	229,8 a
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	0,08	<i>ns</i>	0,21	10,7	<i>ns</i>	21,2
Prosjek	0,98	0,59	1,53	109,7	103,3	213,0

Na temelju prosjeka uzgajanih hibrida kukuruza tijekom dvije godine, u 2014. godini zabilježene su značajno veće koncentracije dušika u zrnu i stabljici kukuruza te veće odnošenje dušika zrnom i ukupno iznošenje dušika (tablica 22).

Sve razine gnojidbe rezultirale su značajnim povećanjem koncentracije dušika u zrnu kukuruza, dok je samo povećana gnojidba utjecala na značajno povećanje koncentracije dušika u listu u odnosu na kontrolu. Sve razine gnojidbe značajno su povećale odnošenje dušika zrnom i ukupno iznošenje dušika nadzemnom masom u usporedbi s kontrolnim tretmanom, ali bez značajnih razlika među trima razinama gnojidbe (grafikon 6).

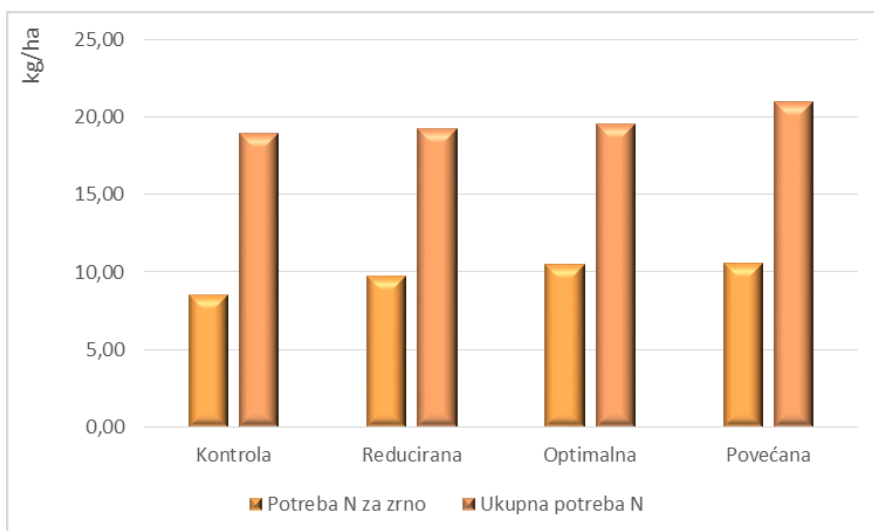


**Grafikon 6.** Prosječno iznošenje dušika zrnom i kukuruzovinom te ukupno iznošenje dušika u 2013. i 2014. godini

**Tablica 23.** Učinkovitost gnojidbe dušikom u 2013. i 2014. godini

Vegetacija i gnojidba	Agronomska učinkovitost	Fiziološka učinkovitost	Ukupna potrošnja N (kg N/t zrna)	Potrošnja N za zrno (kg N/t zrna)
2013	10,5 a	55,1	19,6	8,3 b
2014	6,3 b	63,1	19,9	11,4 a
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	3,0	<i>ns</i>	<i>ns</i>	0,6
Kontrola	-	-	19,0 b	8,6 b
Reducirana	14,0 a	98,6	19,3 ab	9,8 a
Optimalna	12,1 a	79,8	19,6 ab	10,5 a
Povećana	7,5 b	58,1	21,0 a	10,6 a
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	4,2	<i>ns</i>	1,7	0,8
Prosjek	8,4	59,1	19,7	9,8

U 2013. godini je na temelju prosjeka dvogodišnjeg istraživanja zabilježena značajno veća agronomska učinkovitost gnojidbe kukuruza dušikom, a u 2014. godini značajno veća potrošnja dušika za tonu zrna kukuruza (tablica 23). Povećanje gnojidbenih doza utjecalo je na smanjenje agronomske učinkovitosti gnojidbe dušikom. Sve tri razine gnojidbe značajno su povećale potrošnju dušika za tonu zrna u usporedbi s kontrolnim tretmanom, ali bez značajnih razlika među razinama gnojidbe, dok je samo povećana gnojidba utjecala na značajno povećanje ukupne potrošnje dušika za tonu zrna.



**Grafikon 7.** Prosječna potrošnja dušika za tonu zrna i ukupna potreba dušika za kukuruz u 2013. i 2014. godini

Niti u jednoj godini nije utvrđena značajna razlika u prinosu zrna unutar tretmana s provedenom gnojidbom, a sve su tri razine gnojidbe rezultirale značajno većim prinosom od kontrolnog tretmana bez gnojidbe. Međutim, navedeno je povećanje prinosa bilo samo 10-29 % jer je kukuruz bez gnojidbe ostvario prinose 7,1 t/ha (2013.) i 11,7 t/ha (2014.). Na tim je tretmanima u tlu u vrijeme prihrane utvrđeno prosječno 62 kg/ha mineralnog dušika ( $N_{min}$ ), a uz najveću gnojidbu samo 34 kg više. Gnojidba također nije značajno utjecala niti na prinos kukuruzovine, ali je značajno utjecala na povećanje koncentracije N u stabljici i listu kukuruza te na iznošenje dušika. Ukupno iznošenje dušika nadzemnom masom kukuruza kretalo se od 129 kg/ha bez gnojidbe do 272 kg/ha uz optimalnu gnojidbu. Međutim, prosječna potrošnja dušika po toni zrna kukuruza uz pripadajuću nadzemnu masu bila je 19 kg bez gnojidbe te 21 kg uz povećanu gnojidbu. Pri tome je najveća agronomska učinkovitost (14) reducirane gnojidbe kukuruza dušikom, a najmanja (7,5) povećane gnojidbe dušikom.



### 3.5. Izračun gnojidbe pšenice i kukuruza dušikom

Na temelju rezultata provedenih istraživanja kreiran je sustav racionalnog proračuna gnojidbe pšenice i kukuruza dušikom. Sustav uključuje dvije osnovne faze:

1. proračun osnovne jesenske gnojidbe dušikom i planirane prihrane (kod kukuruza i startne gnojidbe)
2. proljetna korekcija planirane prihrane (i startne gnojidbe kod kukuruza).

Sustav uključuje niz različitih stupnjeva raspoloživosti podataka za racionalizaciju gnojidbe:

1. osnovni stupanj raspoloživih podataka (neophodno je koristiti realan ciljni prinos za planirani usjev i prosječne vremenske prilike te osnovne podatke o tlu, tj. sadržaj humusa i pH radi procjene mineralizacije)
2. agrotehnički podatci za racionalizaciju gnojidbe (podatci o vrsti, gnojidbi i ostvarenom prinosu predusjeva; podatak o mineralnom dušiku u tlu prije gnojidbe te specifičnost kultivara u pogledu potrebe za dušikom)
3. podatci za racionalizaciju gnojidbe na temelju stanja usjeva tijekom vegetacije, tj. korekcija planiranih prihrana i startne gnojidbe dušikom (podatci o mineralnom dušiku u tlu u vrijeme prihrane ili pred startnu gnojidbu kukuruza, podatci o koncentraciji N u listu, podatci o ostvarenom sklopu i podatci o SPAD vrijednosti).
4. podatci za racionalizaciju gnojidbe na temelju vremenskih prilika tijekom vegetacije (korak racionalizacije na temelju korekcija predviđene mineralizacije na temelju evidentiranih vremenskih prilika tijekom vegetacije).

Sustav je kreiran tako da se koriste postavljene prosječne (tzv. „default“) vrijednosti ako korisnik ne raspolaže traženim podacima, a pripremljen je u obliku html dokumenta koji se vrlo lako i razumljivo može koristiti svim programima iz kategorije internetskih preglednika.

### 3.6. Ekonomska analiza gnojidbe pšenice i kukuruza

Troškovi pri uzgoju pšenice koji se odnose na mineralnu gnojidbu dušikom iznosili su za optimalnu gnojidbu prosječno **1.782 kn** (po vegetacijama 1.883,02 i 1.680,20 kn/ha). Reducirana gnojidba smanjila je troškove prosječno na **82,3 %** (po vegetacijama 86,8 % i 77,18 %), a prekomjerna povećala na **118,1 %** (po vegetacijama 113,6 % i 123,2 %). Istovremeno su i reducirana i prekomjerna gnojidba rezultirali nižim prinosom i prihodom (reducirana 662,7 kn/ha, a prekomjerna 153,4 kn/ha), te je ukupno reducirana gnojidba rezultirala **smanjenjem dobiti 346,74 kn/ha**, a prekomjerna gnojidba **smanjenjem dobiti 475,67 kn/ha**. Prosječno je reducirana gnojidba smanjila dobit po kg ostvarenog prinosa zrna pšenice 0,06 kn, a prekomjerna gnojidba nešto više, 0,08 kn.

Troškovi gnojidbe kukuruza dušikom iznose **1.864,11 kn/ha za optimalnu gnojidbu**. Reducirana gnojidba smanjila je troškove na **75,6 %**, a prekomjerna povećala na **123,8 %**. Reducirana i prekomjerna gnojidba rezultirali su nižim prihodom (reducirana 620,25 kn/ha, a prekomjerna 450,75 kn/ha), te je ukupno reducirana gnojidba rezultirala **smanjenjem dobiti 165,79 kn/ha**, a prekomjerna gnojidba **smanjenjem dobiti 895,47 kn/ha**. Prosječno je reducirana gnojidba smanjila dobit po kg zrna kukuruza 0,03 kn, a prekomjerna gnojidba 0,09 kn.

## 4. ZAKLJUČAK

### 1. Dinamika mineralnog dušika u tlu

Utvrđen je značajan utjecaj provedene gnojidbe na dinamiku mineralnog dušika ( $N_{\min}$ ) u tlu tijekom vegetacija pšenice i kukuruza. Raspon utvrđenih količina  $N_{\min}$  kretao se 15-64 kg/ha u busanju, 32-116 u vlatanju i 28-110 kg/ha nakon žetve pšenice te 51-118 kg/ha tijekom prihrane i 20-101 kg/ha nakon berbe kukuruza. Ukupno je u 96 % slučajeva  $N_{\min}$  metodom utvrđena najmanja količina dušika na kontrolnim tretmanima bez gnojidbe dušikom. Najveća količina utvrđena je nakon povećane (61 % slučajeva) ili optimalne gnojidbe (32 % slučajeva). Količina  $N_{\min}$  u tlu nakon žetve korespondirala je s ostvarenim prinosima pšenice ili kukuruza. Utvrđeni rezultati praćenja dinamike mineralnog dušika u tlu potvrđuju da je  $N_{\min}$  pouzdan pokazatelj raspoloživosti N u tlu i vrlo koristan podatak za planiranje gnojidbe prije sjetve i korekciju planirane gnojidbe prihranama tijekom vegetacije.

### 2. Utjecaj gnojidbe dušikom na pšenicu

Gnojidba dušikom (od kontrolne varijante bez gnojidbe do povećane, tj. maksimalne gnojidbe dušikom) značajno je utjecala na povećanje visine pšenice, mase vlati, duljine klasa, broj fertilnih klasića, broj zrna po klasu i masu 1000 zrna, te posljedično i na prinos zrna i slame. Kontrolna varijanta rezultirala je najnižim vrijednostima, a najvećim vrijednostima optimalna ili povećana gnojidba. Reducirana gnojidba rezultirala je nižim prinosom od optimalne gnojidbe u vegetaciji s ostvarenim visokim prinosom pšenice (2014.), ali ne i u 2013. godini kada je prinos pšenice bio niži. Povećana (maksimalna) gnojidba nije statistički značajno povećala prinos zrna pšenice (pa niti slame). Gnojidbeni tretmani (osim kontrolnog) nisu značajno utjecali na koncentraciju N u zrnu pšenice, ali je povećana gnojidba rezultirala većom koncentracijom i iznošenjem N slamom. Prosječno iznošenje dušika ukupnom nadzemnom masom pšenice kretalo se od samo 52 kg/ha na tretmanu bez gnojidbe do 149 kg/ha na tretmanu s povećanom gnojidbom. Najveća je agronomska učinkovitost utvrđena za reduciranu gnojidbu (16,9-23,4), a najmanja za povećanu gnojidbu (16,5-17,3).

### 3. Utjecaj gnojidbe dušikom na kukuruz

Niti u jednoj godini nije utvrđena značajna razlika u prinosu zrna unutar tretmana s provedenom gnojidbom, a sve su tri gnojidbe rezultirale značajno većim prinosom od kontrolnog tretmana bez gnojidbe. Međutim, navedeno je povećanje prinosa bilo samo 10-29 % jer je kukuruz bez gnojidbe ostvario prinose 7,1 t/ha (2013.) i

11,7 t/ha (2014.). Na tim je tretmanima u tlu u vrijeme prihrane utvrđeno prosječno 62 kg/ha mineralnog dušika ( $N_{\min}$ ), a uz najveću gnojidbu samo 34 kg više. Gnojidba također nije značajno utjecala niti na prinos kukuruzovine, ali je značajno utjecala na povećanje koncentracije N u stabljici i listu kukuruza te na iznošenje dušika. Ukupno iznošenje dušika nadzemnom masom kukuruza kretalo se od 129 kg/ha bez gnojidbe do 272 kg/ha uz optimalnu gnojidbu. Međutim, prosječna potrošnja dušika po toni zrna kukuruza uz pripadajuću nadzemnu masu bila je 19 kg bez gnojidbe te 21 kg uz povećanu gnojidbu. Pri tome je najveća agronomska učinkovitost (14) reducirane gnojidbe kukuruza dušikom, a najmanja (7,5) povećane gnojidbe dušikom.

#### **4. Nedestruktivne metode utvrđivanja statusa ishranjenosti dušikom**

Utvrđena je vrlo značajna korelacija među SPAD vrijednostima (očitanje nedestruktivnom metodom klorofilometrom) s koncentracijama klorofila a ( $r=0,5712$ ), klorofila b ( $r=0,508$ ) i sumom klorofila a+b ( $r=0,605$ ) u listu pšenice, a nije bilo značajne korelacije s koncentracijama karotenoida ( $r=0,380$ ). SPAD vrijednosti, koncentracije klorofila a i klorofila b, bile su najveće na tretmanu prekomjerne (ili povećane) gnojidbe, a najmanje na kontrolnom tretmanu i za sortu Srpanjka i za sortu Lucija. Metoda mjerenja SPAD vrijednosti pogodna je za posredno utvrđivanje statusa N u listu pšenice (potrebno je kalibrirati pojedinu sortu pšenice), ali nije bila pogodna za list kukuruza. Razlog je izraženo žilno tkivo lista kukuruza te očitavanje značajno ovisi o položaju optičkog dijela uređaja na listu i ponovljivost očitavanja u našim istraživanjima nije bila dovoljna.

#### **5. Utjecaj vremenskih prilika na pšenicu i kukuruz**

Tijekom vegetacije 2012./2013. bile su prevelike količine oborina u prvom dijelu vegetacije, nepovoljan raspored u drugom dijelu vegetacije, topliji studeni i siječanj, što je rezultiralo potencijalno preintenzivan razvoj pšenice do zimskog mirovanja, s izraženim busanjem i intenzivnijom pojavom bolesti, a time i manjom masom 1000 zrna i hektolitarskom masom zrna. Vegetacija 2013./2014. povoljnije je utjecala na razvoj pšenice jer je imala povoljniji raspored oborina (izuzetak je vrlo kišoviti svibanj). 2014. godina je bila povoljnija od 2013. godine i za kukuruz zbog veće količine i povoljnijeg rasporeda oborina.

#### **6. Sustav racionalnog proračuna gnojidbe pšenice i kukuruza dušikom**

Sustav uključuje niz različitih stupnjeva raspoloživosti podataka za racionalizaciju gnojidbe. Minimalan sustav podrazumijeva planirani prinos (neophodan za procjenu ukupne potrebe dušika) i procjenu mineralizacije na temelju osnovne

analize tla (humus i pH). Za racionalizaciju gnojidbe značajni su podatci o vrsti, gnojdbi i ostvarenom prinosu predusjeva i/ili podatak o mineralnom dušiku u tlu prije gnojidbe te sortna specifičnost u pogledu potrebe za dušikom. Drugi korak racionalizacije gnojidbe je korekcija planiranih prihrana dušikom na temelju ukupnog mineralnog dušika u tlu u vrijeme prihrane, a korisni su podatci o koncentraciji N u listu, ostvarenom sklopu i SPAD vrijednosti. Treći korak racionalizacije gnojidbe je korekcija planirane mineralizacije na temelju evidentiranih vremenskih prilika tijekom vegetacije. Minimalni sustav i prvi korak racionalizacije koriste se u pripremi osnovnog plana gnojidbe, a drugi i treći korak racionalizacije u vrijeme prihrane usjeva.

## 5. LITERATURA

Egner H., Riehm H., Domingo W. R. (1960.): Investigations on the chemical soil analysis as a basis for assessing the soil nutrient status II: Chemical extraction methods for phosphorus and potassium determination. *Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler* 26:199–215.

International Organization for Standardization (1994): Soil quality - Determination of pH. ISO 10390:1994.

International Organization for Standardization (1998.): Soil quality - Determination of organic carbon by sulfochromic oxidation. ISO 14235:1998.

Rastija, D., Lončarić, Z. (2014.): Plodnost i tipovi tala u pograničnome području. U *Plodnost i opterećenost tala u pograničnome području*. Urednik Lončarić, Z. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku, Osijek. 9-25.

Lončarić, Z., Karalić, K. (2015.): Mineralna gnojiva i gnojidba ratarskih usjeva. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku, Osijek.

Vukadinović, V., Lončarić, Z. (1998.): Ishrana bilja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.

## 6. SAŽETAK

Stabilnost i visina prinosa osnova su isplative poljoprivredne proizvodnje, a optimizacija gnojidbe pretpostavka je ekonomske i ekološke prihvatljivosti i održivosti poljoprivrede. S druge strane, klimatska nestabilnost i promjene u vidu povećanih prosječnih temperatura i sve češćih i izraženijih odstupanja, posebice u pogledu količine i dinamike oborina, značajno utječu na potrebne agrotehničke mjere. Pored neophodne otpornosti genotipova usjeva na nedostatak i/ili suvišak vode, potrebno je optimizirati raspoloživost hraniva tijekom vegetacije. Posebnu pozornost pri tome treba posvetiti gnojidbi dušikom jer dušik kao glavni prinosotvorni element uslijed nedovoljne gnojidbe može limitirati visinu prinosa, a uslijed prekomjerne gnojidbe može opteretiti okoliš i smanjiti isplativost proizvodnje.

Cilj istraživanja planiranih u okviru ovog projekta bio je kreiranje sustava racionalizacije gnojidbe dušikom s aspekta stvarnih proizvodnih uvjeta tijekom vegetacije. Takav sustav uvažavao bi specifičnosti tla s aspekta mineralizacije, sortnu specifičnost usjeva, stanje usjeva i vremenske prilike tijekom vegetacije. Za izgradnju takvog sustava bilo je potrebno tijekom dvogodišnjeg istraživanja prikupiti što je više moguće informacija o razlici u produkciji suhe tvari i u prinosu visokoprinosnih i visokokvalitetnih kultivara, o utjecaju optimalne, reducirane i prekomjerne gnojidbe dušikom na prinos kultivara, o interakciji N gnojidbe (optimalna, nedostatna i previsoka), raspoloživosti vode i prinosa, o raspoloživim metodama utvrđivanja optimalne gnojidbe dušikom. Prikupljene istraživačke rezultate planirano je iskoristiti za izradu optimalne strategije praćenja utjecaja raspoloživosti dušika na vegetacije pšenice i kukuruza. Također, planirano je izgraditi sustav pogodan za različite proizvođače, ali i osjetljiv na klimatske promjene i stanje usjeva tijekom vegetacije.

U pravcu realizacije navedenih ciljeva provedeni su dvogodišnji vegetacijski pokusi s različitim gnojidbenim tretmanima pšenice i kukuruza.

U vegetacijskom pokusu pšenice tijekom obje vegetacije uzgajana je sorta Srpanjka (kvalitetna grupa B1, I.–II. razred kakvoće) kao standard u RH za visinu prinosa. U prvom je vegetaciji sa Srpanjkom uspoređena nova sorta Lucija (kvalitetna grupa B1, I.–II. razred kakvoće), vrlo slične rodnosti i kvalitete Srpanjki, ali nešto više stabiljike što ju čini potencijalno manje otpornom na polijeganje. U drugoj je vegetaciji sa Srpanjkom uspoređena sorta Renata (farinografska kvalitetna grupa A1, I. razred kakvoće), sorta kvalitetnija od Srpanjke, a približno iste visine stabiljike. Pokusi su provedeni na proizvodnim površinama Novi Agrar d.o.o. na lokalitetima Josipin Dvor i Kolođvar u 2013. godini te Josipin Dvor i Ernestinovo u 2014. godini. pH

vrijednosti tala bila je u rasponu 6,1-8,4 ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ) i 4,9 -7,5 ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) uz sadržaj humusa u rasponu 1,72-3,63 %, što rezultira značajnim rasponom potencijalne godišnje mineralizacije dušika. Provedena su četiri različita gnojidbena tretmana: 1. kontrola (78 kg/ha N u prvoj vegetaciji i 0 kg/ha N u drugoj vegetaciji), 2. reducirana gnojidba (140 i 105 kg/ha N), 3. optimalna gnojidba (160 i 140 kg/ha N) i 4. prekomjerna gnojidba (184 i 175 kg/ha N). Pred osnovnu gnojidbu provedena je analiza mineralnog dušika u tlu ( $N_{\text{min}}$  kao suma  $\text{NH}_4\text{-N}$  i  $\text{NO}_3\text{-N}$ ) te je praćen utjecaj gnojidbenih tretmana na dinamiku raspoloživih oblika dušika u vrijeme prve i druge prihrane pšenice, a na kraju vegetacije utvrđen je preostali mineralni dušik u tlu. Također je u vrijeme busanja, vlatanja, klasanja i žetve tijekom vegetacije pšenice utvrđen utjecaj gnojidbe na dinamiku alokacije suhe tvari u nadzemne organe pšenice, koncentraciju dušika te na ukupno usvajanje dušika. U fenofazi klasanja provedeno je nedestruktivno mjerenje SPAD indeksa (pokazatelj koncentracije klorofila utvrđen nedestruktivnim mjerenjem lista zastavičara pomoću SPAD 502 Plus klorofilmetra) i egzaktna koncentracija fotosintetskih pigmentata (klorofili i karotenoidi) analizom svježe tvari istih listova zastavičara. Nakon žetve izmjerena su agronomska svojstva (visina biljke, duljina klasa, broj fertilnih i sterilnih klasića) i komponente prinosa (broj klasova i zrna po klasu, masa 1000 zrna).

U vegetacijskom pokusu kukuruza u prvoj je vegetaciji uzgajan hibrid BC 344 (FAO 300) na lokalitetu Josipin Dvor i hibrid KWS 2376 (FAO 350) na lokalitetu Kolođvar, a u drugoj vegetaciji (2014.) hibrid BC 678 (FAO 670) na lokalitetu Ankin Dvor i hibrid Agister (FAO 570) na lokalitetu Ernestinovo. Pokusi su provedeni na proizvodnim površinama pH vrijednosti tala u rasponu 6,1-8,1 ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ) i 4,9 -7,4 ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) uz sadržaj humusa u rasponu 1,66-3,54 %. Provedena su četiri različita gnojidbena tretmana: 1. kontrola (0 kg/ha N), 2. reducirana gnojidba (127,5 kg/ha N), 3. optimalna gnojidba (170 kg/ha N) i 4. prekomjerna gnojidba (212,5 kg/ha N). Pred osnovnu gnojidbu provedena je analiza mineralnog dušika u tlu ( $N_{\text{min}}$  kao suma  $\text{NH}_4\text{-N}$  i  $\text{NO}_3\text{-N}$ ) te je praćen utjecaj gnojidbenih tretmana na dinamiku raspoloživih oblika dušika u vrijeme predsetvene gnojidbe i prihrane kukuruza, a na kraju vegetacije utvrđen je preostali mineralni dušik u tlu. U fazi 5-6 listova provedeno je nedestruktivno mjerenje SPAD indeksa, ali zbog izraženog žilnog tkiva na listu kukuruza ponovljivost rezultata nije bila dobra, podatci nisu bili homogeni i nisu se mogli statistički obraditi, te nisu obrađeni u okviru analize rezultata. Nakon berbe izmjereni su prinosi zrna kukuruza, nadzemne mase te koncentracija N u listu, stabljici i zrnu kukuruza.

Glavni očekivani rezultat istraživanja je izgradnja optimalnog sustava praćenja dinamike statusa ishranjenosti usjeva (pšenice i kukuruza) dušikom. Osnovna nova



karakteristika takovog sustava je optimizacija gnojidbe dušikom (osnovna gnojidba, predstjetvena gnojidba, prihrane) usklađivanjem sa svojstvima tla, stanjem usjeva te dinamikom temperature i raspoloživosti vode. Elementi usklađivanja optimalne gnojidbe i stanja agroekosustava su sljedeći:

1. dinamika mineralnog dušika u tlu i uvjeti mineralizacije tijekom vegetacije,
2. dinamika produkcije suhe tvari usjeva i status ishranjenosti usjeva dušikom
3. odstupanje temperatura i oborina (količina i raspored) od optimalnih vrijednosti.

Za kreiranje ovog sustava korišteni su rezultati prethodno opisanih vegetacijskih pokusa ovog istraživanja (dinamika mineralnog dušika u tlu, utjecaj gnojidbe dušikom na komponente prinosa i prinos pšenice i kukuruza, status ishranjenosti pšenice dušikom, dinamika temperatura i oborina) te ostala istraživačka i stručna iskustva iz prethodnih projekata.

Utvrđena je značajna korelacija ukupne količine mineralnog dušika u tlu ( $N_{min}$ ) i gnojdbenih tretmana, kako tijekom vegetacije, tako i u vrijeme žetve/berbe jer je količina  $N_{min}$  u tlu nakon žetve korespondirala s ostvarenim prinosima pšenice ili kukuruza. Provedena su istraživanja pokazala da na  $N_{min}$ , kao pokazatelj raspoloživosti N u tlu, vrlo značajno utječe provedena gnojidba dušikom. Stoga je koristan podatak za planiranje gnojidbe prije sjetve i korekcije planirane gnojidbe prihranama tijekom vegetacije.

Gnojidba je značajno utjecala i na ishranjenost usjeva dušikom, tj. na koncentraciju dušika u nadzemnim organima biljke tijekom vegetacije. Ovaj rezultat potvrđuje da se korekcija gnojidbe, tj. prihrane dušikom tijekom vegetacije može provoditi na temelju statusa dušika u listu biljke tijekom vegetacije. Nedestruktivna metoda utvrđivanja SPAD vrijednosti također se može koristiti u istu svrhu kod strnih žitarica. Nedestruktivna je metoda brža, ali je manje precizna i neophodna je kalibracija prema sortama (ili grupi sorata) i prema fenofazama. Podatci utvrđeni u ovom projektu nisu bili dovoljni za navedenu kalibraciju jer je potreban veći broj sorata, veći broj gnojdbenih tretmana i višegodišnje istraživanje s različitim vremenskim prilikama tijekom vegetacija. Međutim, utvrđeni rezultati i odnosi bili su dostatni za kreiranje modela koji pruža mogućnost korekcije gnojidbe na temelju rezultata nedestruktivnih metoda.

Gnojidba dušikom značajno je utjecala na agronomska svojstva usjeva, komponente prinosa te visinu prinosa i priroda. Prosječno, kontrolna varijanta rezultirala je najnižim vrijednostima, reducirana gnojidba rezultirala je nižim prinosom od optimalne gnojidbe, a najvećim vrijednostima optimalna ili povećana gnojidba. Povećana gnojidba nije statistički značajno povećala prinose zrna niti prirode slame i kukuruzovine, ali je zbog povećane koncentracije dušika rezultirala

prosječno većim iznošenjeme dušika. Posljedično, najveća agronomska učinkovitost gnojidbe dušikom utvrđena je za reduciranu, a najmanja za povećanu gnojidbu.

Istraživane vegetacije razlikovale su se u pogledu ukupne količine i rasporeda oborina, te su različito utjecale na visinu prinosa. Tijekom vegetacije 2012./2013. bile su prevelike količine oborina u prvom dijelu vegetacije koji je bio topliji od prosjeka, nepovoljan raspored u drugom dijelu vegetacije, što može objasniti manju masu 1000 zrna i hektolitarsku masu zbog izraženijeg busanja i intenzivnije pojave bolesti. Vegetacija 2013./2014. imala je povoljniji raspored oborina, a vegetacija 2014. bila je povoljnija od 2013. godine za kukuruz i zbog veće količine oborina.

Na temelju rezultata provedenih istraživanja kreiran je sustav racionalnog proračuna gnojidbe pšenice i kukuruza dušikom. Sustav uključuje dvije osnovne faze:

1. proračun osnovne jesenske gnojidbe dušikom i planirane prihrane (kod kukuruza i startne gnojidbe)
2. proljetna korekcija planirane prihrane (i startne gnojidbe kod kukuruza).

Sustav uključuje niz različitih stupnjeva raspoloživosti podataka za racionalizaciju gnojidbe:

1. osnovni stupanj raspoloživih podataka (neophodno je koristiti realan ciljni prinos za planirani usjev i prosječne vremenske prilike te osnovne podatke o tlu, tj. sadržaj humusa i pH radi procjene mineralizacije)
2. agrotehnički podatci za racionalizaciju gnojidbe (podatci o vrsti, gnojidbi i ostvarenom prinosu predusjeva; podatak o mineralnom dušiku u tlu prije gnojidbe te specifičnost kultivara u pogledu potrebe za dušikom)
3. podatci za racionalizaciju gnojidbe na temelju stanju usjeva tijekom vegetacije, tj. korekcija planiranih prihrana i startne gnojidbe dušikom (podatci o mineralnom dušiku u tlu u vrijeme prihrane ili pred startnu gnojidbu kukuruza, podatci o koncentraciji N u listu, podatci o ostvarenom sklopu i podatci o SPAD vrijednosti).
4. podatci za racionalizaciju gnojidbe na temelju vremenskih prilika tijekom vegetacije (korak racionalizacije na temelju korekcija predviđene mineralizacije na temelju evidentiranih vremenskih prilika tijekom vegetacije).

Sustav je kreiran tako da se koriste postavljene prosječne (tzv. „default“) vrijednosti ako korisnik ne raspolaže traženim podacima, a pripremljen je u obliku html dokumenta koji se vrlo lako i razumljivo može koristiti svim programima iz kategorije internetskih preglednika.