



UPORABA ZEOLITA V POLJEDELSKEM KOLOBARJU ZA IZBOLJŠANJE TRAJNOSTI V PRIDELAVI POLJŠČIN NA VODOVARSTVENIH OBMOČJIH

Marko Flajšman



Ljubljana, 2023

Naslov publikacije:	Uporaba zeolita v poljedelskem kolobarju za izboljšanje trajnosti v pridelavi poljščin na vodovarstvenih območjih
Avtor:	Marko Flajšman
Recenzija:	Darja Kocjan Ačko
Založnik in izdajatelj:	Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Oddelek za agronomijo
Oblikovanje in prelom:	DORANI, grafično oblikovanje, Anamarija Ačko Hrovat s.p.
Izdano:	Elektronska izdaja

Publikacija je brezplačna

Podatki o sofinancerjih: Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja in proračun Republike Slovenije

Publikacija je dostopna na: <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=152607>



To delo je ponujeno pod licenco Creative Commons Priznanje avtorstva-Deljenje pod enakimi pogoji 4.0 Mednarodna licenca

Katalogni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani

COBISS.SI-ID 174560515

ISBN 978-961-6275-61-3 (PDF)

KAZALO

PREDGOVOR	1
ZEOLIT	4
ZASNOVA MAKRO POLJSKIH POSKUSOV	5
PRIDELAVA SOJE	7
PRIDELAVA OZIMNE PŠENICE	14
SETEV NEPREZIMNEGA DOSEVKA	20
PRIDELAVA KORUZE	21
UGOTOVITVE in ZAKLJUČKI	25
LITERATURA	26

PREDGOVOR

Vodovarstvena območja so posebno varovana območja z namenom zaščite vodnega telesa in kjer veljajo prepovedi in omejitve posegov v okolje z namenom zmanjševanju tveganja za onesnaženje vodnega telesa.

Celotno ozemlje Republike Slovenije je že od leta 2001 opredeljeno kot ranljivo območje z vidika onesnaževanja z nitrati iz kmetijskih virov. Kljub temu, da so bili sprejeti nekateri ukrepi za varovanje vod, pa ostaja onesnaževanje površinskih in podzemnih vod z nitrati iz kmetijske pridelave zaskrbljujoč problem trajnostnega kmetijstva.

Povišane vsebnosti nitratov v vodah so posledica človekovih dejavnosti, predvsem kmetijstva, ki prispeva več kot 50 % celotnega odvajanja dušika v površinske in podzemne vode. Eden glavnih virov onesnaženja površinskih in/ali podzemnih vod iz kmetijstva so gnojila, ki pa so temelj konkurenčne pridelave poljščin na kmetijskih zemljiščih. Zato je potrebno aktivno reševanje obremenitve voda z nitrati iz naslova poljedelske pridelave, ki je ena izmed najpomembnejših dejavnosti kmetijstva.

Drug problem, ki močno otežuje razvoj kmetijstva in tudi zmanjšuje uspešnost poljedelske pridelave, so podnebne spremembe, predvsem visoke temperature, dolgotrajne suše in pomanjkanje vlage. Zato je potrebno iskati prilagoditve poljedelske pridelave na podnebne spremembe na načine, ki bi bili ekonomsko sprejemljivi in čim bolj enostavni za uporabo.

Poleg sprememb v samem načinu poljedelske pridelave, kot so zmanjšan vnos gnojil v tla, uporaba širo-

kega poljedelskega kolobarja, idr. je mogoče rešitve za trajnostno pridelavo poljščin na vodovarstvenih območjih iskati tudi z uporabo različnih sredstev za izboljševanje lastnosti tal. Eden izmed teh je tudi zeolit, ki je vulkanska kamnina z nekaterimi dobro poznanimi pozitivnimi vpliv na tla in poljedelsko pridelavo.

Cilji projekta, ki je bil podlaga za nastanek tega priročnika, so bili:

- prenos znanja na kmetijska gospodarstva o uporabi biološko uravnoteženega kolobarja za bolj trajnostno pridelavo poljščin soje, ozimne pšenice in koruze pri vključevanju dosevkov, ki omogočajo celoletno pokritost tal z zelenim pokrovom, kar ugodno vpliva na tla in okolje in je še posebej pomembno na vodovarstvenih območjih,
- uporaba zeolita kot dodatka k tlom z namenom preprečevanja izpiranja dušika v površinske in podzemne vode, saj ima zeolit sposobnost adsorpcije hranil in ionske izmenjave kationov,
- zmanjšati količino uporabljenega mineralnega dušika ob gnojenju poljščin zaradi dodatka zeolita v tla, ki veže dušik in ostala hranila ter omogoča njihovo počasnejše sproščanje.

Vpliv suše in peščenih tal na rast in razvoj soje



Soja



Pšenica



Koruzna

Raziskovalne domneve

Zeolit bo s svojimi lastnostmi zadrževanja hranil:

- omogočal manjše vnose mineralnega dušika pri gnojenju v poljedelskem kolobarju in doseganje enako velikih pridelkov kot pri polnem gnojenju, in
- zagotovil večjo vsebnost talnega mineralnega dušika v tleh in s tem manjše izpiranje dušika v površinske in podzemne vode, kar bi pomenilo manjšo obremenitev okolja zaradi intenzivne poljedelske pridelave.

Namen projekta je bil izvesti poljske poskuse in realizirati druge aktivnosti z namenom doseganja zgoraj naštetih ciljev. Na ta način smo želeli doseči, da bi intenzivna poljedelska pridelava manj obremenjevala površinske in podzemne vode zaradi spiranja dodanih gnojil, predvsem nitratov.

V vsebini tega priročnika bo prikazano, kako so potekali poljski poskusi, poleg tega pa bodo izpostavljene dobre kmetijske prakse in njihovi učinki na doseganje zastavljenih ciljev. Kmetijstvo kot gospodarska dejavnost ima izredno velik vpliv na okolje in ljudi, zato so ukrepi kmetovanja, ki temeljijo na trajnosti, potrebni in nujni za ohranjanje narave in dobrobiti vsega živega.

Povzetek

Vsebina projekta »Uporaba zeolita v poljedelskem kolobarju za izboljšanje trajnosti v pridelavi poljščin na vodovarstvenih območjih« se je nanašala na pridelavo poljščin na vodovarstvenih območjih in v bližini rek, kjer smo preizkušali izboljšane kmetijske prakse za varovanje voda in okolja ter obenem prilagajanja na podnebne spremembe ob konkurenčni poljedelski pridelavi z doseganjem visokih pridelkov poljščin. Prvi pristop za doseganje zastavljenih ciljev je bila uporaba poljedelskega kolobarja, ki je temeljil na uporabi metuljnic in dosevkov, s katerimi smo dosegli celoletno pokritost kmetijskih zemljišč z zeleno odejo. Drugi pristop, ki je bil integriran v poljedelski kolobar, pa je bila uporaba zeolita kot dodatka k tlom pred setvijo glavnih poljščin in spremljanje njegovega večletnega učinka.

Aktivnosti projekta so se začele s setvijo soje v letu 2021, nadaljevale s pridelavo ozimne pšenice v sezoni 2021/2022 in setvijo neprezimnega dosevka po spravilu pšenice v letu 2022 ter se končale s pridelavo koruze v rastni sezoni 2023. Makro poljski poskusi so potekali na štirih kmetijskih gospodarstvih (KG) v Posavju: na KG Mirana Grubiča (Brežice), na KG Franca Peterkoviča (Brežice), na KG Vinka Bogoviča (Krško) in na KG Franca Škofljanca (Krško). V makro poljskih poskusih se je pokazalo, da manjši vnosi mineralnega dušika ob uporabi različnih količin zeolita niso vplivali na pomembnejše zmanjšanje pridelka poljščin, ki smo jih uporabili v poskusih. Pri analizah talnega mineralnega dušika (TMN) se je pokazal trend, da je večja v tla dodana količina zeolita načeloma pomenila večjo vsebnost TMN tako v globini tal 0 do 30 cm kot v globini 30 do 60 cm. Vendar pa nekatera odstopanja kličejo po dodatnih poskusih in bolj detajlnih analizah.



Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje

ZEOLIT

Zeolit je sestavina sedimentnih kamnin vulkanskega izvora. Nastal je pred več deset milijoni let z mešanjem vulkanske lave, pepela in morske vode pod visokim tlakom. Znanih je več kot 50 različnih vrst zeolitov. Med njimi pa je najbolj znan tip klinoptilolit, ki spada med minerale glin. Sestavljen je iz aluminijevih (AlO_4) in silicijevih oksidov (SiO_4), v notranjosti mineralne mreže pa se nahajajo kationi magnezija, kalcija, kalija in natrija. Pri obdelavi z visoko temperaturo dobijo delci zeolita porozno mineralno strukturo z negativnim nabojem. Temu procesu pravimo aktivacija, v procesu pridobivanja zeolita pa ima tudi praktičen pomen, saj je surov zeolit vlažen, s sušenjem na visokih temperaturah pa se posuši in ga je mogoče mleti v različne granulacije. Aktivirani delci zeolita imajo sposobnost zadrževanja, izmenjave in sprejema snovi v ionski obliki. Zaradi velike adsorpcijske sposobnosti zeolit dobro zadržuje vodo v tleh, uravnava pH ter nase veže škodljive snovi iz tal, vode in živih organizmov.



Zeolit tip klinoptilolit

Večja nahajališča sedimentnih kamnin, ki vsebujejo zeolit, najdemo v Kaliforniji, Bolgariji, na Kubi, Japonskem, Madžarskem, Slovaškem, v Srbiji in Rusiji. V Sloveniji je večje nahajališče tufa z zeolitom v Zaloški Gorici pri Žalcu. Pridobljeni tuf vsebuje več kot polovico zeolita, od tega pa prevladuje klinoptilolit. Zeolitno moko in pesek se pridobiva z lomljenjem, drobljenjem in mletjem zeolita pri visokih temperaturah ($300\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Zeolit nase veže mineralna hranila ter druge snovi, ki se kasneje počasi sproščajo v tla. S tem izboljšamo založenost tal s potrebnimi hranili, še posebej z mineralnim dušikom, ki se hitreje izpira v tla. Z ionsko izmenjavo zeolit prispeva k uravnavanju pH vrednosti tal, zaradi tega pa k boljši mobilnosti hranil. Zeolit zelo dobro zadržuje vodo, kar pripomore k izboljšanju talne vlage. V primeru, da je v tleh veliko vode, pa se zeolit lahko uporabi za izsušitev tal. Prav tako nase veže strupene snovi in težke kovine.

Vpliv zeolita na pridelavo poljščin je kljub nekaterim znanstvenim objavam še vedno slabo raziskano področje, njegova uporaba v praksi pa ni razširjena. Delovanje zeolita je odvisno od številnih dejavnikov, kot so količina in vrsta zeolita, klimatski in pedološki dejavniki, prisotnost talne vlage, uporaba rastlinske vrste v pridelavi, in drugo. V nekaterih raziskavah se kažejo pozitivni trendi uporabe zeolita pri pridelavi posameznih poljščin, vendar ostaja veliko nejasnosti za postavitve jasnih smernic pri uporabi zeolita v poljedelski pridelavi. Zato so izvedbe poljskih poskusov za odkrivanje dokazovanje visokega potenciala zeolita za uporabo v poljedelski pridelavi smiselne in lahko pripomorejo k večji uporabi tega naravnega izboljševalca tal, ki je dovoljen tudi v ekološki pridelavi.

Zeolit ima sposobnost zadrževanje vode in če ga dodamo v lahka tla, lahko pričakujemo manjše negativne vplive ob pojavu suše. Poleg tega lahko zeolit služi tudi kot izboljševalec strukture težkih tal, saj strukturo rahlja in ustvarja pore, ki se lahko napolnijo z zrakom, ob obilici vode pa izboljša pretočnost vode skozi taka tla.

ZASNOVA MAKRO POLJSKIH POSKUSOV

Vsebina projekta se je nanašala na pridelavo poljščin na vodovarstvenih območjih in v bližini rek, kjer smo preizkusili izboljšane prakse za varovanje voda in okolja ter obenem prilagajanja na podnebne spremembe ob konkurenčni poljedelski pridelavi z doseganjem visokih pridelkov. Prvi pristop za doseganje zastavljenih ciljev je bila uporaba poljedelskega kolobarja, ki temelji na uporabi metuljnic in dosevkov, s katerimi dosežemo celoletno pokritost kmetijskih zemljišč z zeleno odejo. Drugi pristop, ki je bil integriran v poljedelski kolobar, pa je bila uporaba zeolita kot dodatka k tlom pred setvijo glavne poljščine.

Makro poljske poskuse so izvajala štiri kmetijska gospodarstva (KG) v Posavju:

1. KG Miran Grubič (Brežice)
2. KG Marija Peterkovič (Brežice)
3. KG Vinko Bogovič (Krško)
4. KG Franc Škofljanec (Krško)

Na prvih treh KG so si kulture sledile v naslednjem vrstne redu: v prvem letu (2021) smo pridelovali sojo. Po soji smo posejali ozimno pšenico (2021/2022) in nato neprezimni dosevek. V letu 2023 je sledila še pridelava koruze. Na KG Škofljanec je pridelavi koruze v prvem letu sledil ozimni ječmen, za njim strniščna soja in v zadnjem letu ponovno koruza. Pridelava poljščin na vseh KG je v poskusih potekala na konvencionalen način. Osnovne parcele so bile velike med 12 in 18 arov, na KG Škofljanec pa 50 arov.

Pred setvijo glavnih poljščin soje in ozimne pšenice v prvem letu poskusov smo potrosili in v tla zamešali zeolit (3 količine: 10 t/ha, 5 t/ha, 1 t/ha in kontrola – brez zeolita). Na poskusnih parcelah smo uporabili običajno (100 %) in za 30 % manjše gnojenje (70 %) z mineralnim dušikom z namenom opazovati interakcije zeolita in različnih količin dušika na pridelek glavnih posevkov. Uporabljeno je bilo tudi kontrolno obravnavanje, to je brez dodanega dušika in zeolita. Količino mineralnega dušika v tleh smo spremljali z meritvami na dveh globinah tal (0 do 30 cm, 30 do 60 cm).

Lastnosti tal na poskusnih parcelah na štirih kmetijskih gospodarstvih s komentarjem

	Tekstura tal	Organska snov (%)	pH (v CaCl₂)	P₂O₅ (mg/100 g)	K₂O (mg/100 g)
KG Grubič	lahka do srednje težka	2,9 ustrezno	7,3 ustrezno	19,3 – C dobro	12,9 – B
KG Peterkovič	srednje težka	3,4 ustrezno	7,3 ustrezno	25,8 – D prekomerno	12,3 – B
KG Bogovič	lahka, peščena	2,1 majhna vsebnost (priporočeno >2,5)	5,3 prekisl; potr. apnjenje	9,8 – B srednje	19,3 – B
KG Škofljanec	srednje težka	3,1 ustrezno	7,3 ustrezno	10,0 – B srednje	9,8 – A

Obravnavanja v poskusih so bila:

- 1 t/ha zeolita + 100 % odmerek dušika pri gnojenju
- 1 t/ha zeolita + 70 % odmerek dušika pri gnojenju
- 5 t/ha zeolita + 100 % odmerek dušika pri gnojenju
- 5 t/ha zeolita + 70 % odmerek dušika pri gnojenju
- 10 t/ha zeolita + 100 % odmerek dušika pri gnojenju
- 10 t/ha zeolita + 70 % odmerek dušika pri gnojenju
- brez zeolita in brez dušika pri gnojenju (kontrola)

PRIDELAVA SOJE



Raztros zeolita na KG Grubič



Sojo smo pridelovali v letu 2021. Po zimski brazdi smo najprej potrosili zeolit. Granulacija zeolita je bila od 0 do 2,5 mm, kar je omogočilo uporabo običajnih trosilnikov za mineralna gnojila.



Raztros zeolita na KG Bogovič



Raztros zeolita na KG Škofljanec



Raztros zeolita na KG Peterkovič



Zeolit, viden na površini tal po raztrosu

Zeolitno moko granulacije do 2,5 mm je mogoče trositi z običajnimi trosilniki za mineralna gnojila. Trošenje je smiselno v vremenu brez vetra, saj se lahko fini delci zeolita ob močnem vetru po zraku širijo daleč naokoli, izven površine njive, ki so ji namenjeni. Priporočljivo je, da zeolit čim prej po trošenju zadelamo v tla, da veter ne odnaša majhnih delcev iz površine.

Nato smo opravili osnovno gnojenje s 300 kg/ha NPK 0-14-28 in 30 kg/ha čistega dušika v obliki KAN-a pri 100 % odmerku oziroma 21 kg/ha čistega dušika v obliki KAN-a pri 70 % odmerku. Setev soje sorte ES Mentor (Saatbau Linz) v količini 120 kg/ha semena in pri medvrstni razdalji 12,5 cm je potekala v maju. Seme je bilo predhodno inokulirano s svežim inokulantom NS-Nitragin (NS Seme), ki je vseboval bakterije vrste *Bradyrhizobium japonicum*.



Plevele smo zatirali na konvencionalen način. Dognojevanje z dušikom v obliki KAN-a (30 kg/ha pri 100-odstotnem odmerku in 21 kg/ha pri 70-odstotnem odmerku) je potekalo v začetku julija. V času polnega cvetenja rastlin smo izvedli pregled oblikovanja gomoljčkov oziroma nodulacije korenin rastlin soje. Gre za test, kjer se preverja uspešnost oblikovanja bakterijskih nodulov na koreninah. To smo izvedli na način, da smo korenine rastlin previdno izkopali iz tal, odstranili zemljo z odmakanjem v vodi in nato prešteli ter stehali suhe nodule. Žetev je potekala v zadnjem tednu septembra. Vzorčenje tal za določanje talnega mineralnega dušika (TMN) na globinah 0 do 30 cm in 30 do 60 cm je potekalo pred setvijo soje, pred dognojevanjem in po žetvi.

Vremenske razmere

Mesec maj je bil v letu 2021 dvakrat bolj moker od dolgoletnega povprečja, saj je padlo 211 mm padavin, in 2,5 °C hladnejši od dolgoletnega povprečja, kar je pomenilo neugodne razmere setve in tudi za vznik rastlin soje. Nato so bili vsi meseci podpovprečno suhi, še najbolj junij, ko je padlo le 31 % padavin dolgoletnega povprečja, in september, ko je padlo 49 % padavin dolgoletnega povprečja. Junija tega leta je bila povprečna temperatura 2,1 °C višja, julija pa 1,1 °C višja od dolgoletnega povprečja.



LEVO: Izkopavanje rastlin soje za preverjanje nodulacije korenin v času polnega cvetenja.



DESNO: test preverjanja nodulacije na koreninah

Noduli na koreninah soje

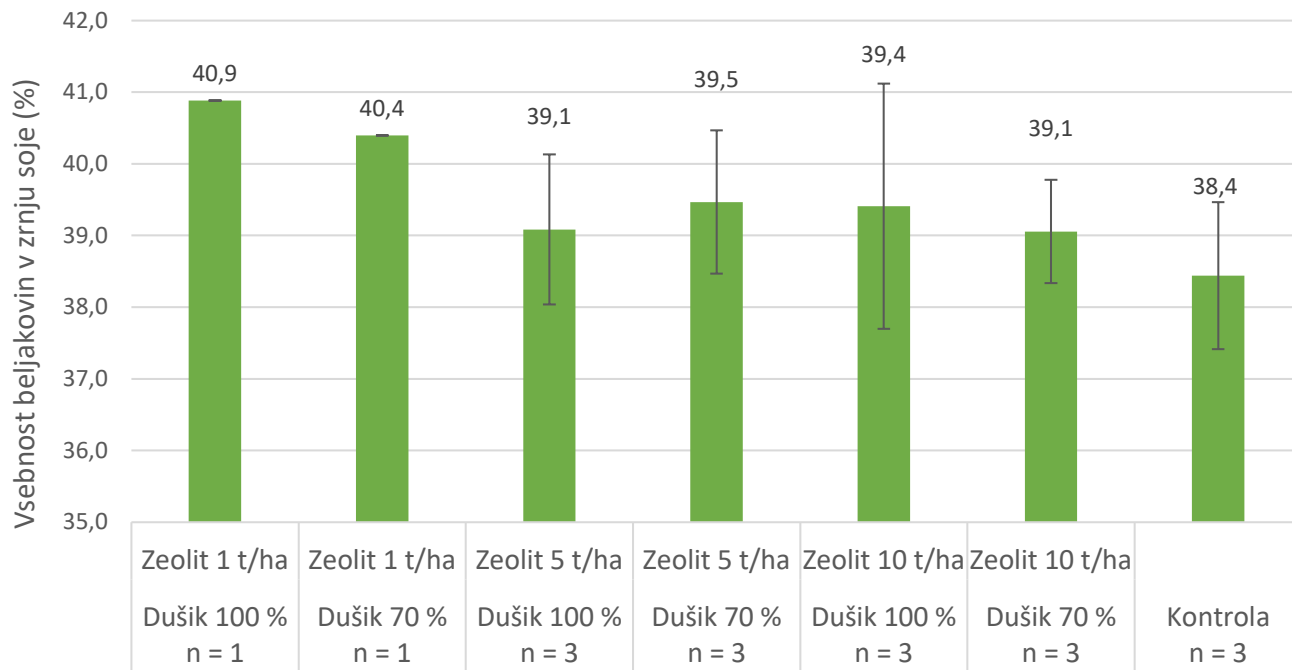


Noduli na koreninah soje pri
njivskem pregledu

Rezultati števila in mase nodulov so pokazali, da ima dodajanje dušika pri gnojenju negativen vpliv, saj je imela negnojena kontrola največje število (20) in največjo suho maso (1,768 g) koreninskih nodulov na rastlino. Kot najboljša količina zeolita se je pokazala količina 5 t/ha, kjer sta bili število in masa nodulov primerljivi s kontrolo. Manjši vpliv na število in maso nodulov je imela količina 10 t zeolita/ha, še manjšega pa količina 1 t/ha.

Vsebnost surovih beljakovin v zrnju soje

Vsebnost beljakovin v zrnju soje se je z dodatkom dušika in zeolita povečala v primerjavi s kontrolo. Na največjo vsebnost beljakovin je imel največji vpliv dodatek zeolita 1 t/ha, medtem kot sta imeli količini 5 t/ha in 10 t/ha podoben vpliv. Vsebnost beljakovin v zrnju pri kontroli je bila 38,4 %.



Vsebnost surovih beljakovin v zrnju soje. Črka n pomeni število parcel, iz katerih je izračunano prikazano povprečje. Mere variabilnosti povprečij prikazujejo standardno napako.



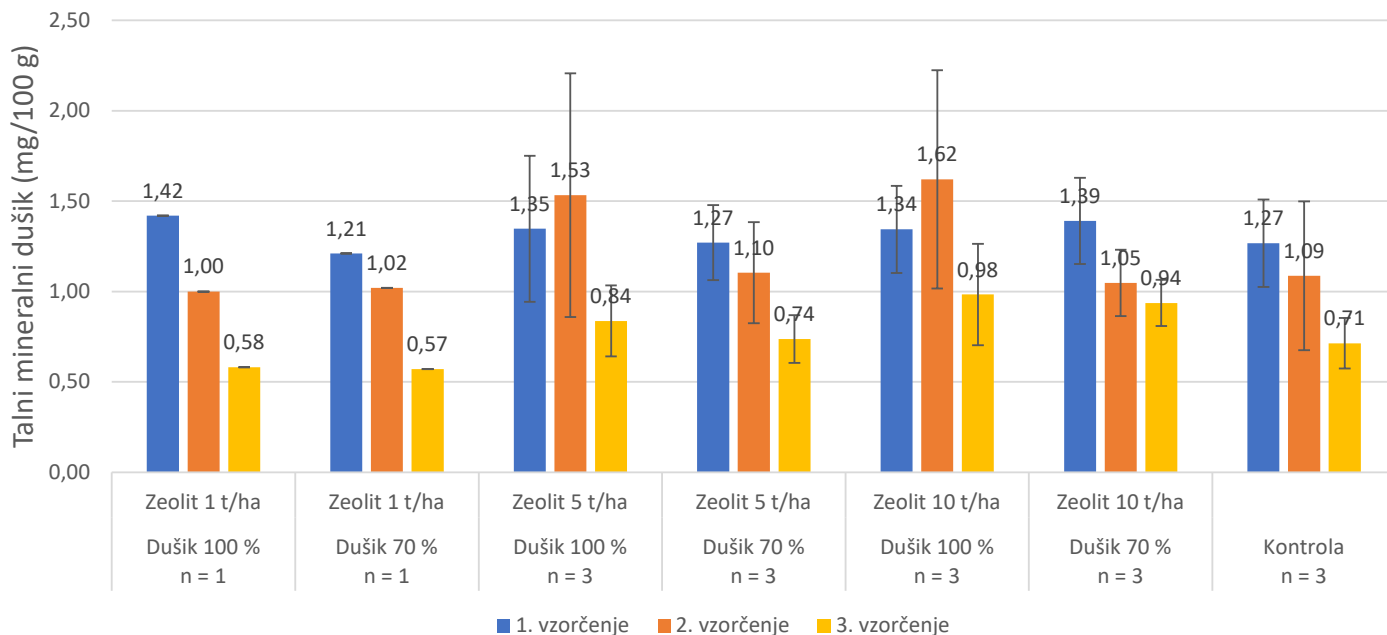
Najmanjša vsebnost surovih beljakovin v zrnju soje je bila pri kontroli, kjer nismo dodali ne zeolita in dušika, in sicer 38,4 %. Dodatek zeolita in dušika je vsebnost beljakovin povečal do največ 40,9 %, kar je do 6,4 odstotka.

Vsebnost mineralnega dušika v tleh

Vsebnost talnega mineralnega dušika (TMN) smo v poljskih poskusih s sojo določevali v treh časovnih točkah, in sicer pred setvijo soje, pred dognojevanjem in po žetvi. Vsebnost je bila določena na dveh globinah, in sicer na globini 0 do 30 cm in na globini 30 do 60 cm. Globina 0 do 30 cm predstavlja globino ornice in pred začetkom poskusa so bile vsebnosti TMN izenačene med obravnavanji, kar je pričakovano. Pred dognojevanjem soje v začetku julija se je pokazalo, da smo pri kombinaciji 10 t zeolita/ha in 5 t zeolita/ha s 100-od-

stotnim odmerkom dušika v tleh izmerili največje vsebnosti TMN, kar je v skladu z domnevo in kaže na to, da se je dušik verjetno vezal na zeolit. Po žetvi soje so bile vsebnosti TMN na splošno manjše, pojavil pa se je enak trend, da sta količini zeolita 10 t/ha in 5 t/ha v kombinaciji s 100-odstotnim odmerkom dušika povzročili največjo vsebnost TMN v ornici.

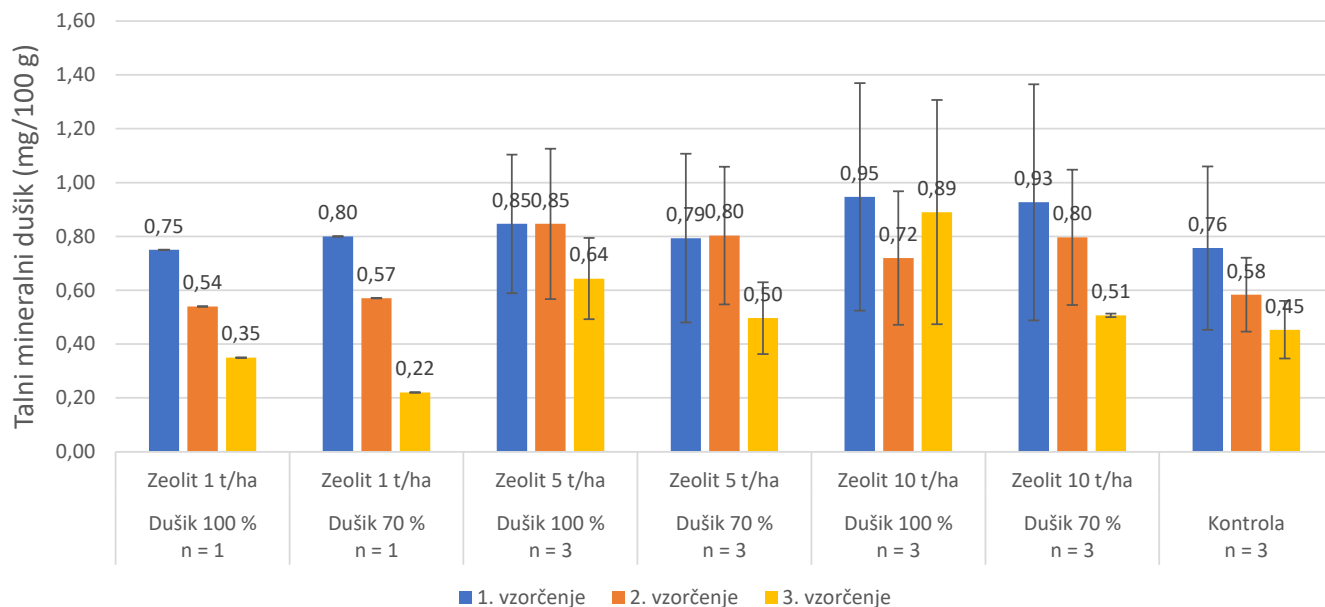
Globina vzorčenja 0 - 30 cm, poskus s sojo



Vsebnost talnega mineralnega dušika v poskusih s sojo na globini 0 do 30 cm. 1. vzorčenje je bilo izvedeno pred setvijo soje v maju, 2. vzorčenje je bilo izvedeno pred dognojevanjem v začetku julija, 3. vzorčenje je bilo izvedeno po žetvi soje v začetku oktobra. Črka n pomeni število parcel, iz katerih je izračunano prikazano povprečje. Mere variabilnosti povprečij prikazujejo standardno napako

Na globini 30 do 60 cm smo tudi ugotovili izenačeno vsebnost TMN pred izvedbo poskusov s sojo. Pred dognojevanjem soje v začetku julija se je pokazalo, da smo imeli na vseh obravnavanjih pri količini zeolita 10 t/ha in 5 t/ha večje vsebnosti TMN v primerjavi z uporabo 1 t/ha zeolita in kontrolo. Sklepamo lahko, da se je pri najmanjši količini zeolita in kontroli TMN izpral tudi iz te plasti tal v podtalje. Pri meritvah tretjega vzorčenja po žetvi soje se je pokazalo, da smo največjo vsebnost TMN ugotovili pri največji uporabi zeolita (10 t/ha) in dušika (100 %).

Globina vzorčenja 30 - 60 cm, poskus s sojo

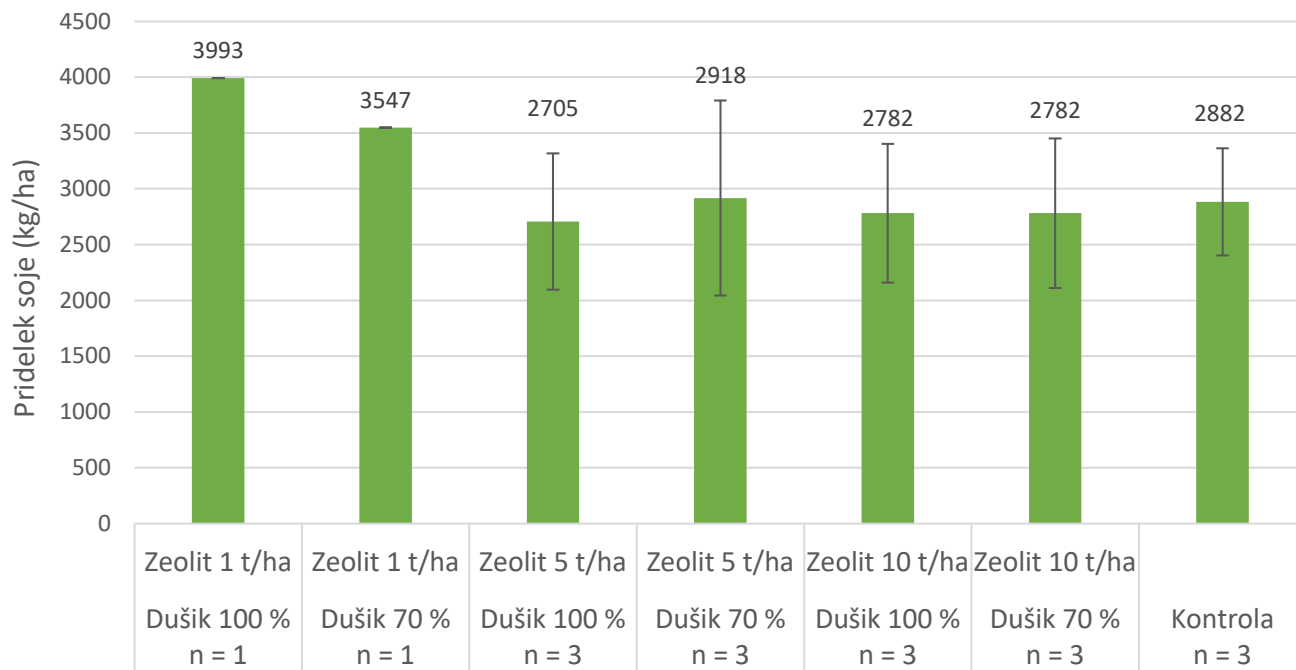


Vsebnost talnega mineralnega dušika v poskusih s sojo na globini 30 do 60 cm. 1. vzorčenje je bilo izvedeno pred setvijo soje v maju, 2. vzorčenje je bilo izvedeno pred dognjevanjem v začetku julija, 3. vzorčenje je bilo izvedeno po žetvi soje v začetku oktobra. Črka n pomeni število parcel, iz katerih je izračunano prikazano povprečje. Mere variabilnosti povprečij prikazujejo standardno napako.

V globini ornice (0 do 30 cm) je bila vsebnost talnega mineralnega dušika (TMN) odvisna od količine uporabljenega zeolita; pri količinah 10 t/ha in 5 t/ha zeolita in uporabi 100-odstotnega odmerka dušika pri gnojenju se pokaže, da je pri teh obravnavanjih dosežena večja vsebnosti TMN v primerjavi s kontrolo in uporabi 1 t zeolita/ha. Isti trend opazimo v globini 30 do 60 cm. To je skladno z domnevo in kaže na to, da se je dušik najbrž vezal na zeolit in tako omogočal počasnejše sproščanje in odtekanje v podtalje.

Pridelek zrnja soje

V poskusih se je pokazalo, da zmanjšanje odmerka dušika pri pridelavi soje iz 100 % na 70 % ni pomembno vplivalo na zmanjšanje pridelka semena soje. Zanimiv je rezultat kontrole, kjer nismo uporabili ne dušika ne zeolita. Povprečen pridelek (2,9 t/ha) je bil zelo podoben ali celo večji v primerjavi z nekaterimi drugimi obravnavanji, kar kaže na to, da je soja od dušika, dodanega z gnojenjem, precej neodvisna kultura, saj je metuljnica in si ga je sposobna v simbiozi z bakterijami, ki vežejo dušik iz zraka ob koreninah, zagotoviti sama zadostno količino, zato se tehnologija brez dodanega dušika ne kaže v manjšem pridelku. Podobni rezultati so bili ugotovljeni že v nekaterih drugih poskusih s sojo, izvedenih na Biotehniški fakulteti v Ljubljani.



Pridelek soje pri 9-odstotni vlažnosti zrnja. Črka n pomeni število parcel, iz katerih je izračunano prikazano povprečje. Mere variabilnosti povprečij prikazujejo standardno napako

Zmanjšanje odmerka dušika iz 100 % na 70 % ni bistveno vplivalo na zmanjšanje pridelka zrnja soje. Tudi dodatek zeolita ni imel vpliva na pridelek semena soje.

Žetev soje na KG Grubič



Žetev soje na KG Peterkovič



Žetev soje na KG Bogovič



PRIDELAVA OZIMNE PŠENICE

Spravilu soje je v prvi polovici oktobra leta 2021 je sledila osnovna obdelava tal z oranjem ali z grebačem, odvisno od kmetijskega gospodarstva. Po osnovni obdelavi smo posuli zeolit po obarvanjih in osnovno gnojili s 400 kg/ha NPK 0-14-28 ter njive dopolnilno obdelali z vrtavkasto brano. Setev ozimne pšenice Amicus (Saatbau Linz) v količini 240 kg/ha je sledila v drugi polovici oktobra 2021. Dognjevali smo konec februarja (KAN; 300 kg/ha pri 100-odstotnem odmerku in 210 kg/ha pri 70-odstotnem odmerku), konec marca (N GOOO 26N +44SO₃; 300 kg/ha pri 100-odstotnem odmerku in 210 kg/ha pri 70-odstotnem odmerku) in v sredini maja (UREA; 150 kg/ha pri 100-odstotnem odmerku in 105 kg/ha pri 70-odstotnem odmerku). Žetev pšenice je potekala v začetku julija. Zatiranje plevelov in škodljivcev je potekalo na konvencionalen način. Vzorčenje tal za določanje TMN na globinah 0 do 30 cm in 30 do 60 cm smo opravili pred prvim dognjevanje (sredina februarja 2022) in nato še takoj po žetvi (začetek julija 2022).

Vremenske razmere

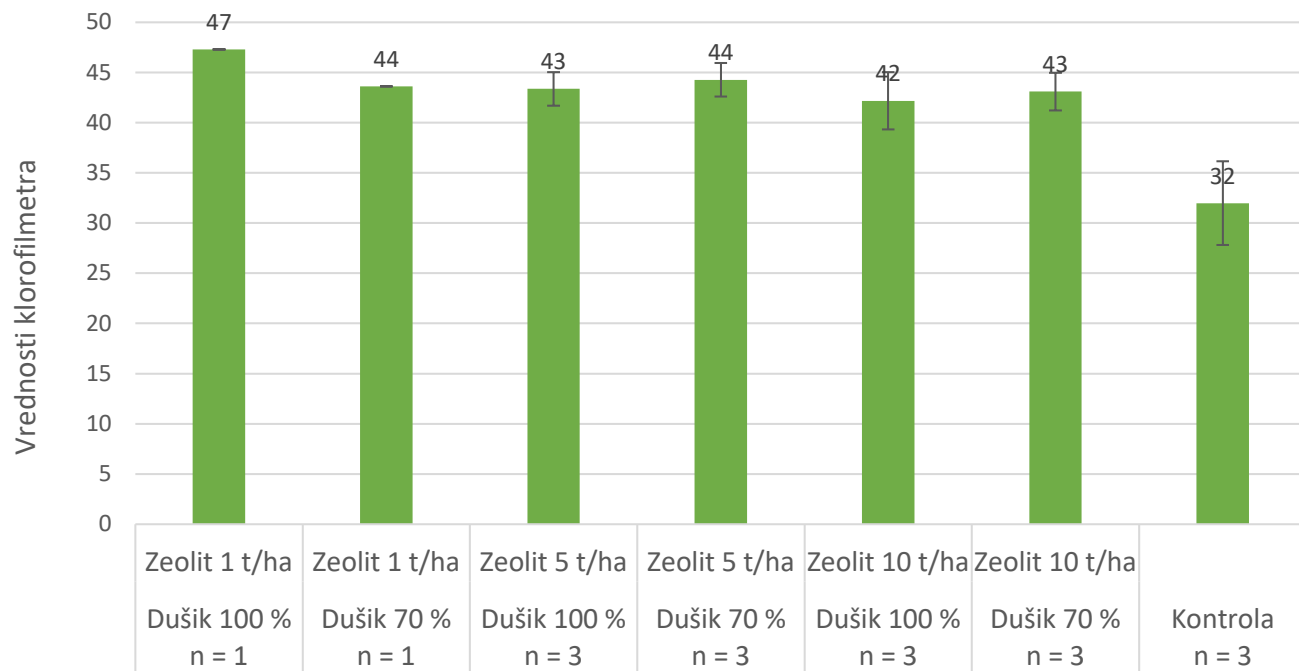
Setev ozimne pšenice je potekala po načrtih in brez posebnosti, saj so bile vremenske razmere v drugi polovici oktobra ustrezne. Čas rasti ozimne pšenice je v nadaljevanju zaznamovalo veliko pomanjkanje padavin od januarja do junija, z izjemo aprila 2022. V marcu 2022 je padlo samo 11 % padavin dolgoletnega povprečja. Temperatura je bila v času setve pšenice manjša za 2 °C v primerjavi z dolgoletnim povprečjem, v februarju 2022 pa za 1,2 stopinje večja. Po hladnejšem aprilu so sledili zadnji trije meseci rastne dobe, ki so bili toplejši od dolgoletnega povprečja, največja razlika (2,2 °C) je bila junija 2022.

Meritve klorofila

Z napravo SPAD-502Plus (klorofilometer) smo v začetku junija izmerili količino klorofila v listih pšenice. Gre za terenski pripomoček, s katerim ugotavljamo oskrbljenost rastlin z dušikom na podlagi meritev vsebnosti klorofila v listih.



Iz rezultatov je razvidno, da je imela negnojena kontrola bistveno manjšo vsebnost klorofila v listih v primerjavi z ostalimi obravnavanji, med katerimi pa ni bilo večjih razlik.



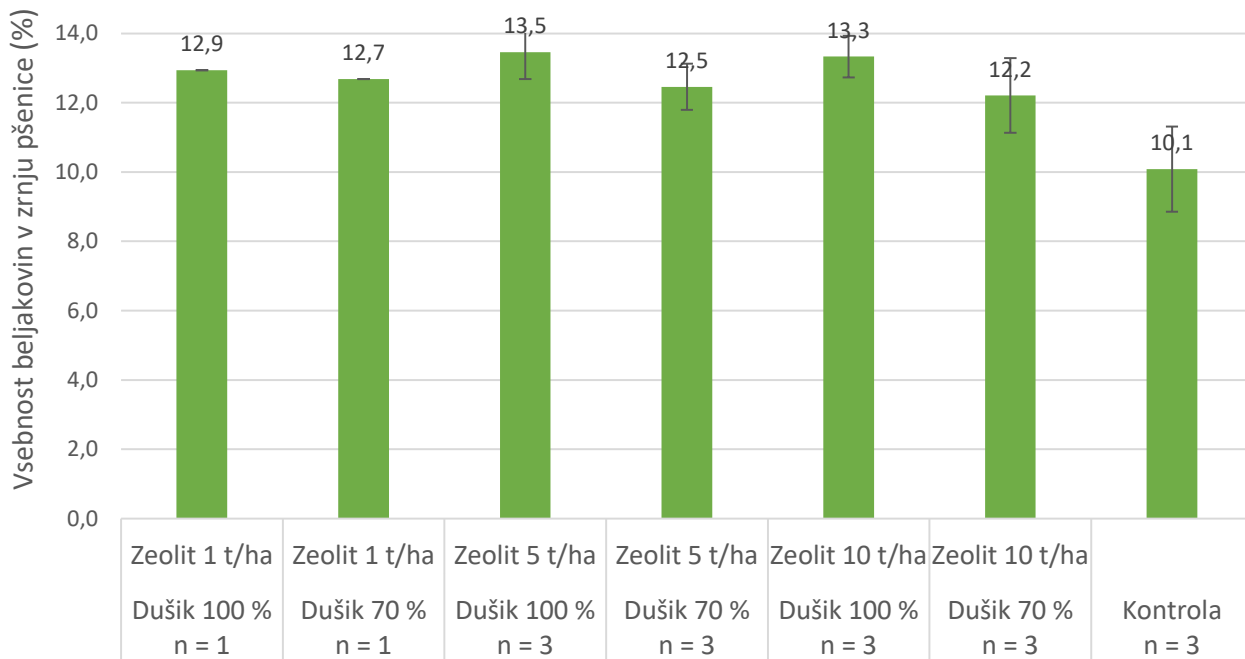
Vsebnost klorofila v listih pšenice. Črka n pomeni število parcel, iz katerih je izračunano prikazano povprečje. Mere variabilnosti povprečij prikazujejo standardno napako

Meritve vsebnosti klorofila v listih so pokazale, da je imelo gnojenje tako z zeolitom kot tudi z dušikom pozitiven vpliv na oskrbljenost rastlin z dušikom.



Vsebnost beljakovin v zrnju ozimne pšenice

Največja povprečna vsebnost beljakovin 13,5 % je bila dosežena pri uporabi 5 t zeolita/ha in 100 % odmerka dušika. Negnojena kontrola je imela v zrnju najmanjšo vsebnost, in sicer 10,1 %. Večji odmerek dušika, dodan pri gnojenju, je pomenil večjo vsebnost beljakovin v zrnju v primerjavi z zmanjšanim odmerkom. Med odmerki zeolita ni bilo pomembnejših razlik.



Vsebnost beljakovin v zrnju pšenice. Črka n pomeni število parcel, iz katerih je izračunano prikazano povprečje. Mere variabilnosti povprečij prikazujejo standardno napako.

V poskusih s pšenico se je pokazalo, da je imelo gnojenje z dušikom pomemben vpliv na vsebnost beljakovin v zrnju, in sicer je večji odmerek dušika, dodan z gnojenjem, pomenil večjo vsebnost beljakovin v zrnju v primerjavi z zmanjšanim odmerkom. Odmerki zeolita so prav tako povečali vsebnost beljakovin v zrnju v primerjavi s kontrolo, vendar pa med odmerki ni bilo večjih razlik.

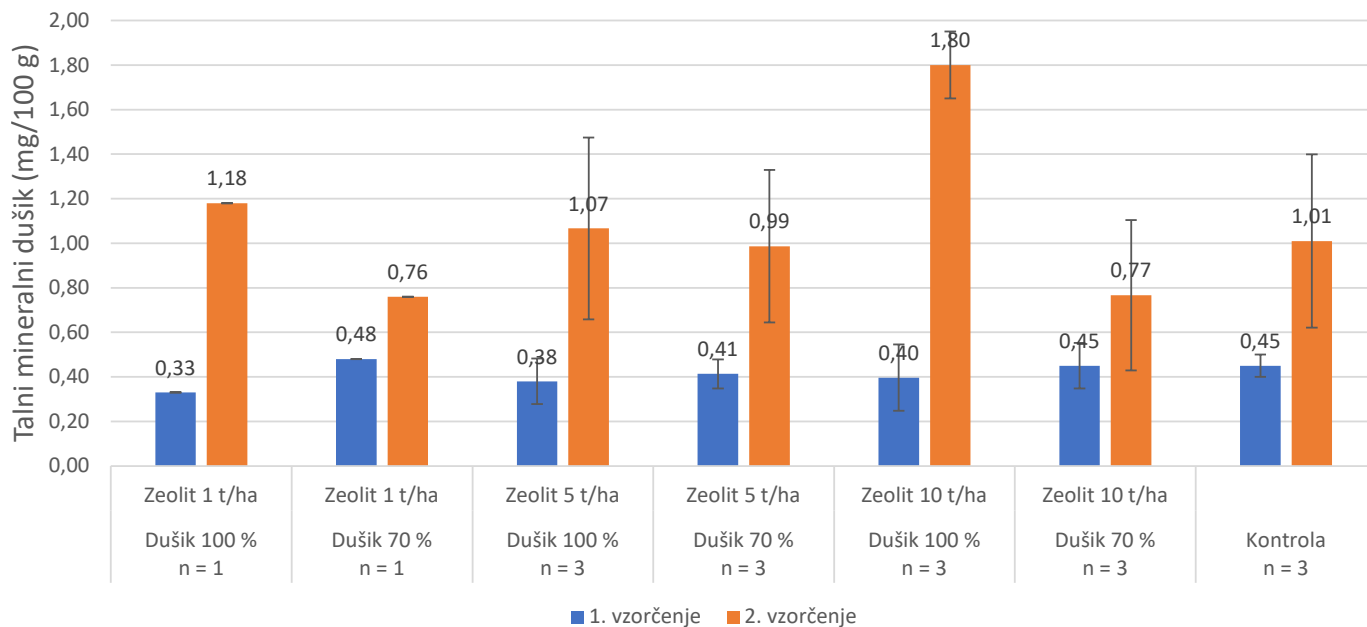
Vsebnost mineralnega dušika v tleh v poskusih s pšenico

Vsebnost talnega mineralnega dušika (TMN) smo v poljskih poskusih s pšenico določevali pred prvim

dognjevanjem in takoj po žetvi. Pred prvim dognjevanjem je bilo skupno malo TMN v tleh, kar je pričakovano, saj gre za obdobje rastne dobe, ko so temperature še nizke in ni mineralizacije, dušik, dodan ob setvi, pa je v večini že porabljen ali izpran v podtalje. Rezultati meritev v tej točki v globini ornice (0 do 30 cm) kažejo, da med obravnavanji ni večjih razlik. Razlog, da vidimo tudi na kontrolnem obravnavanju enako količino TMN kot na ostalih obravnavanjih, bi bilo mogoče pripisati dejstvu, da je bila predposevek soja, ki je znana kot poljščina, ki za sabo pušča dušik v tleh, ki je na voljo naslednji kulturi v kolobarju, poleg tega zrahlja tla in velja za enega izmed najboljših predposevkov v poljedelskem kolobarju. Ob žetvi pšenice so se vsebnosti TMN zaradi višjih temperatur in vlage, ki pospešujejo mineralizacijo, močno povečale.

Seveda na večje vrednosti TMN v tej točki vzorčenja vplivajo tudi tri dognojevanja, ki so bila izvedena med rastno dobo pšenice. Največjo vsebnost je pričakovano doseglo obravnavanje, kjer smo uporabili največjo količino zeolita (10 t/ha) in polni (100 %) odmerek dodanega mineralnega dušika. Pokazal se je trend, da je večja v tla dodana količina zeolita načeloma pomenila večjo vsebnost TMN. V vseh primerih pa je pri 100-odstotnem odmerku z gnojenjem dodanega dušika v tleh ostalo več TMN kot pri 70-odstotnem odmerku.

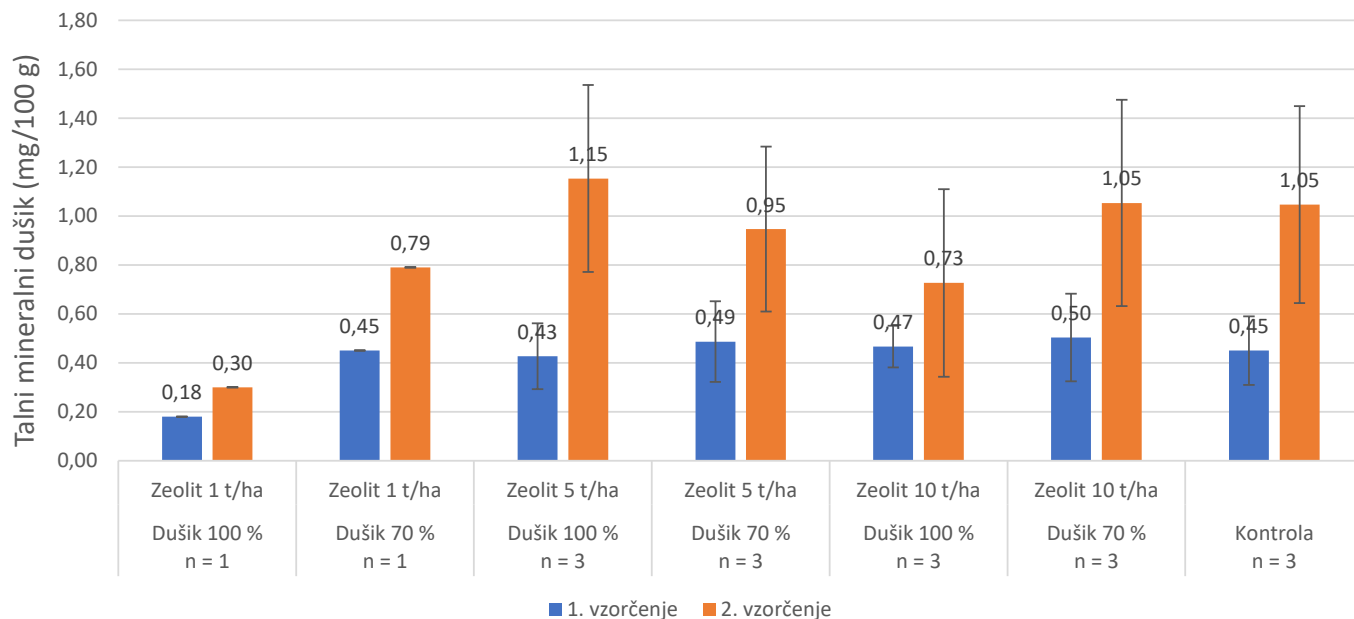
Globina vzorčenja 0 - 30 cm, poskus s pšenico



Vsebnost talnega mineralnega dušika na globini 0 do 30 cm. 1. vzorčenje je bilo izvedeno pred prvim dognojevanjem pšenice v začetku februarja, 2. vzorčenje pa je bilo izvedeno po žetvi pšenice v začetku julija. Črka n pomeni število parcel, iz katerih je izračunano prikazano povprečje. Mere variabilnosti povprečij prikazujejo standardno napako

Na globini 30 do 60 cm pri prvem vzorčenju prav tako ne vidimo večjih razlik med obravnavanji. Pri 2. vzorčenju po žetvi pšenice so vsebnosti na tej globini presenetljivo visoke, kar pomeni, da tudi na tej globini mineralizacija še precej intenzivno poteka, bolj verjetno pa se je dušik iz ornice izpiral v globlje plasti tal enako pri kontroli kot tudi pri dodatku zeolita 5 t/ha in 10 t/ha. Največji vpliv je ime dodani zeolit v količini 1 t/ha, kjer smo izmerili najmanjše vsebnosti TMN, kar bi lahko pomenilo, da se je TMN zadržal v zgornji plasti tal, ali pa da se je že izpiral v še globlje plasti oz. podtalje. Vsekakor rezultati ne potrjujejo naših domnev in samo z dodatnimi preiskavami bi bilo mogoče ugotoviti razloge za naše ugotovitve v predstavljenih poskusih.

Globina vzorčenja 30 - 60 cm, poskus s pšenico

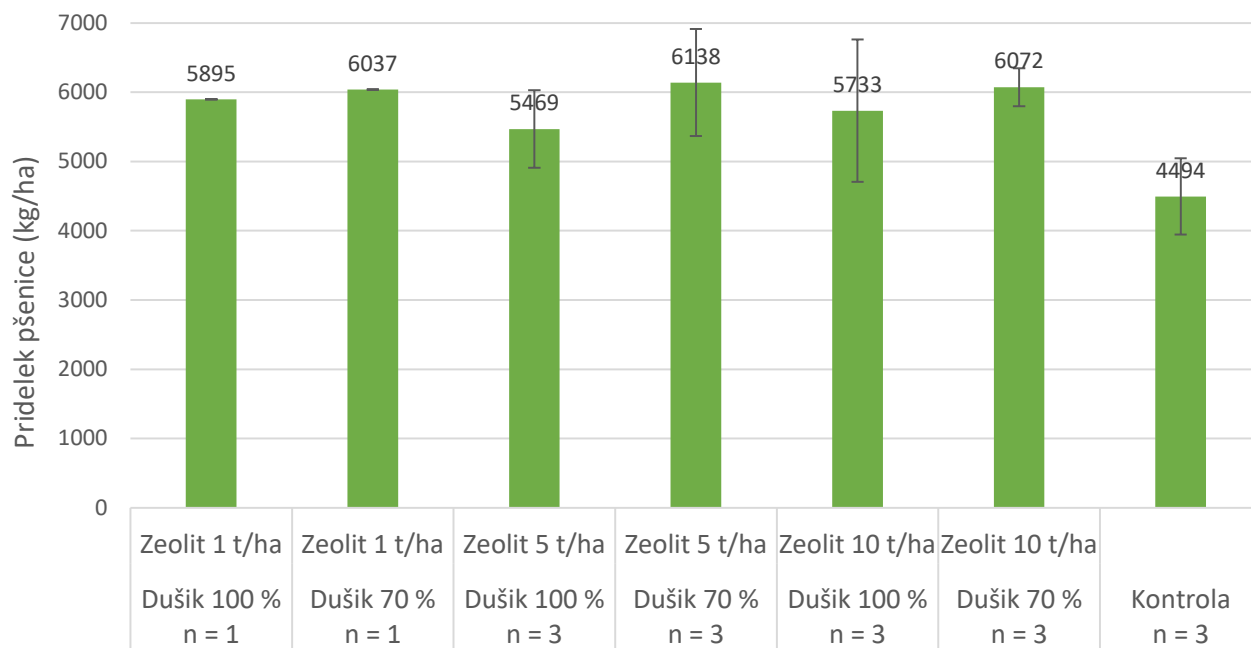


Vsebnost talnega mineralnega dušika na globini 30 do 60 cm. 1. vzorčenje je bilo izvedeno pred prvim dognojevanjem v začetku februarja, 2. vzorčenje pa je bilo izvedeno po žetvi pšenice v začetku julija. Črka n pomeni število parcel, iz katerih je izračunano prikazano povprečje. Mere variabilnosti povprečij prikazujejo standardno napako

Vsebnosti talnega mineralnega dušika v zgornji plasti tal se v februarju pred prvim dognojevanjem pšenice niso razlikovale med obravnavanji. Kombinacija zeolita in polnega odmerka dušika pri gnojenju je povzročila največje vsebnosti TMN v ornici pri vzorčenju po žetvi. Podoben trend v globlji plasti tal (30 do 60 cm) ni bil opažen, saj ni bilo mogoče povezati vpliva zeolita ali dodanega dušika na vsebnost TMN v tej globini tal.

Pridelek zrnja ozimne pšenice

Najmanjši pridelek je po pričakovanjih dosegla kontrola (4,5 t/ha), kjer z gnojenjem nismo dodali ne zeolita ne mineralnega dušika. To je velik pridelek, še posebej, ker dušik z gnojenjem ni bil dodan. Verjetno je razlog ostanek dušika v tleh po soji, ki je bila predposevek. Zrnate stročnice lahko kot predposevek za žita povečajo pridelek tudi do 2,8 t/ha. Največji pridelki so bili doseženi pri uporabi 70 % odmerka dušika in 5 t zeolita/ha (6,1 t/ha) ter 70-odstotnem odmerku dušika in 10 t zeolita/ha (6 t/ha). V primeru uporabe zeolita 1 t/ha je bilo razmerje pridelkov zrnja med uporabljenima odmerkoma dušika pri gnojenju obratno, razlika pa ni velika.



Pridelek ozimne pšenice pri 14-odstotni vlažnosti zrnja. Črka n pomeni število parcel, iz katerih je izračunano prikazano povprečje. Mere variabilnosti povprečij prikazujejo standardno napako

Negnojeno obravnavanje je imelo pri pšenici najmanjši, a vseeno relativno visok pridelek (4,5 t/ha), kar je posledica predposevka, ki je bila soja. Ugotovili smo povečanje pridelka za 19,5 % pri 70-odstotnem odmerku dušika v primerjavi s 100-odstotnim odmerkom, kar ni v skladu s pričakovanji in bi rezultat lahko pojasnili z opaženo variabilnostjo tal znotraj poskusnih lokacij.

Zrelo pšenično poskusno polje na KG Grubič



Žetev pšenice na KG Peterkovič



Poskusno polje s pšenico pred žetvijo na KG Bogovič



SETEV NEPREZIMNEGA DOSEVKA

Po spravi ozimne pšenice julija 2022 so bila tla osnovno obdelana, sledila je setev dosevka Bodenfit (Saatbau Linz). Gre za neprezimni dosevek, ki je sestavljen iz sedem različnih rastlinskih vrst, in sicer aleksandrijske detelje, jare grašice, lana za olje, abesinske gizotije, sudanske trave, meliorativne redkve in žafranike. Dosevek je rasel skozi preostalo sezono poletja in ob prvem mrazu pomrznil. Na površini njive so rastlinski ostanki ostali vse do osnovne obdelave tal pred setvijo koruze v letu 2023. Na dosevku Bodenfit nismo izvajali meritev, saj je služil kot dosevek in vezni člen z namenom pokritosti tal med dvema glavnima posevkoma v kolobarju v naših poljskih poskusih.



Dosevek Bodenfit

Namen setve neprezimnega dosevka je bil zagotoviti pokritost tal z zelenim pokrovom med dvema glavnima kulturama v kolobarju, ki raste v poletnem času. V našem primeru sta bili ti kulture ozimna pšenica in koruza. Uporabili bi lahko tudi prezimni posevek za pokritost tal skozi zimsko obdobje, vendar je prednost uporabe neprezimnega dosevka za pokritost tal skozi zimsko obdobje v tem, da rastline ob prvi slani zaradi nizkih temperatur zmrznejo, kar ustavi njihovo rast. Nato propadajo in venejo. To omogoči, da se lahko osnovna obdelava tal pred setvijo naslednjega glavnega posevka izvede brez dodatnega mulčenja, prav tako tla ostanejo bolj rahla.



Osnovna obdelava
(LEVO) setev dosevka
Bodenfit (DESNO) na KG
Peterkovič



PRIDELAVA KORUZE

Neprezimni dosevek Bodensit je bil pred setvijo koruze zadelan v tla z oranjem ali s krožnimi branami, odvisno od kmetijskega gospodarstva. Pred setvijo koruze smo na vseh parcelah potrosili mineralno gnojilo NPK 7-20-30 v količini 400 kg/ha. Zeolita pred setvijo koruze nismo več trosili. Setev koruze je potekala v prvi polovici aprila, uporabili smo hibrid P9610 (Pioneer).



Setev koruze na KG Grubič



Dognojevanje koruze na KG
Peterkovič

Dognojevali smo z mineralnim gnojilom N GOOO 40N v količini 400 kg/ha pri 100-odstotnem odmerku in 280 kg/ha pri 70-odstotnem odmerku. Za zatiranje plevelov smo uporabili selektivni herbicid za zatiranje enoletnega širokolistnega in ozkolistnega plevela. Žetev je potekala konec septembra.



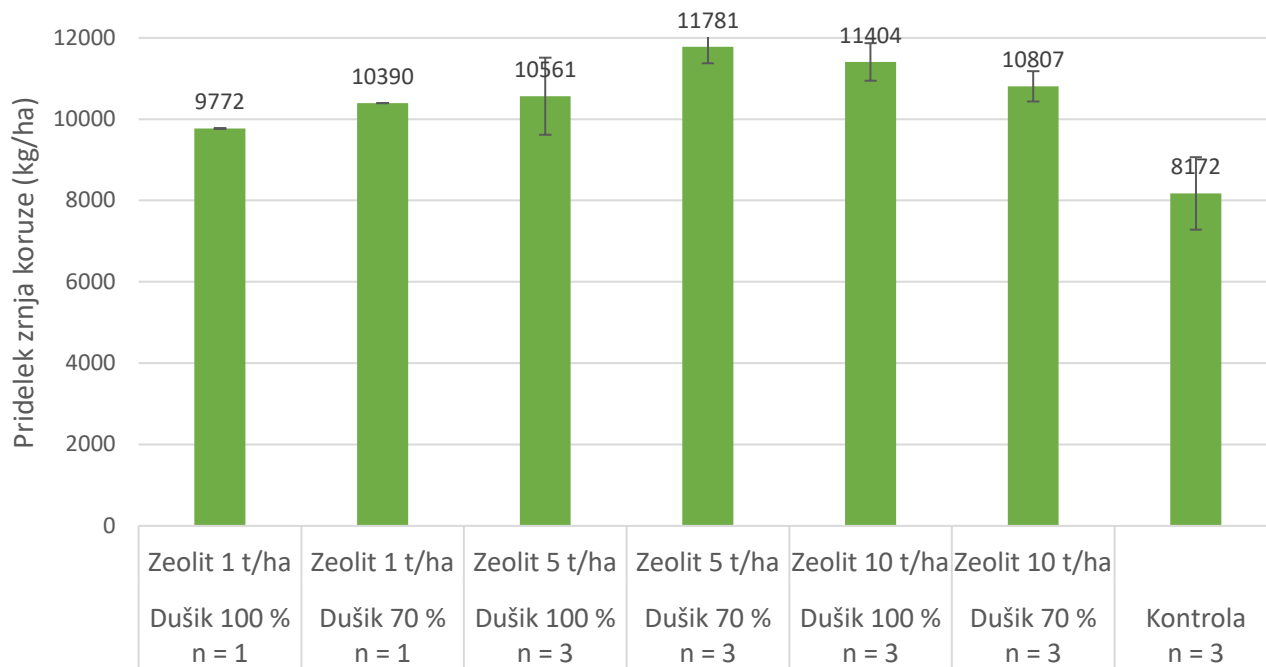
Dognojevanje koruze na KG
Bogovič

Vremenske razmere

Poletna rastna sezona v letu 2023 je bila zaznamovana predvsem z obilico padavin, kar je imelo pozitiven vpliv na rast koruze. Štirje meseci v obdobju od aprila do oktobra so imeli nadpovprečno mesečno količino padavin, najbolj je izstopal julij, ko je padlo skoraj 2-krat več padavin kot v dolgoletnem obdobju. Količina padavin v septembru in oktobru je bila nato nekoliko nižja, sta bila ta dva meseca za 3,1 (september) in 3,2 (oktober) stopinje Celzija toplejša od dolgoletnega povprečja.

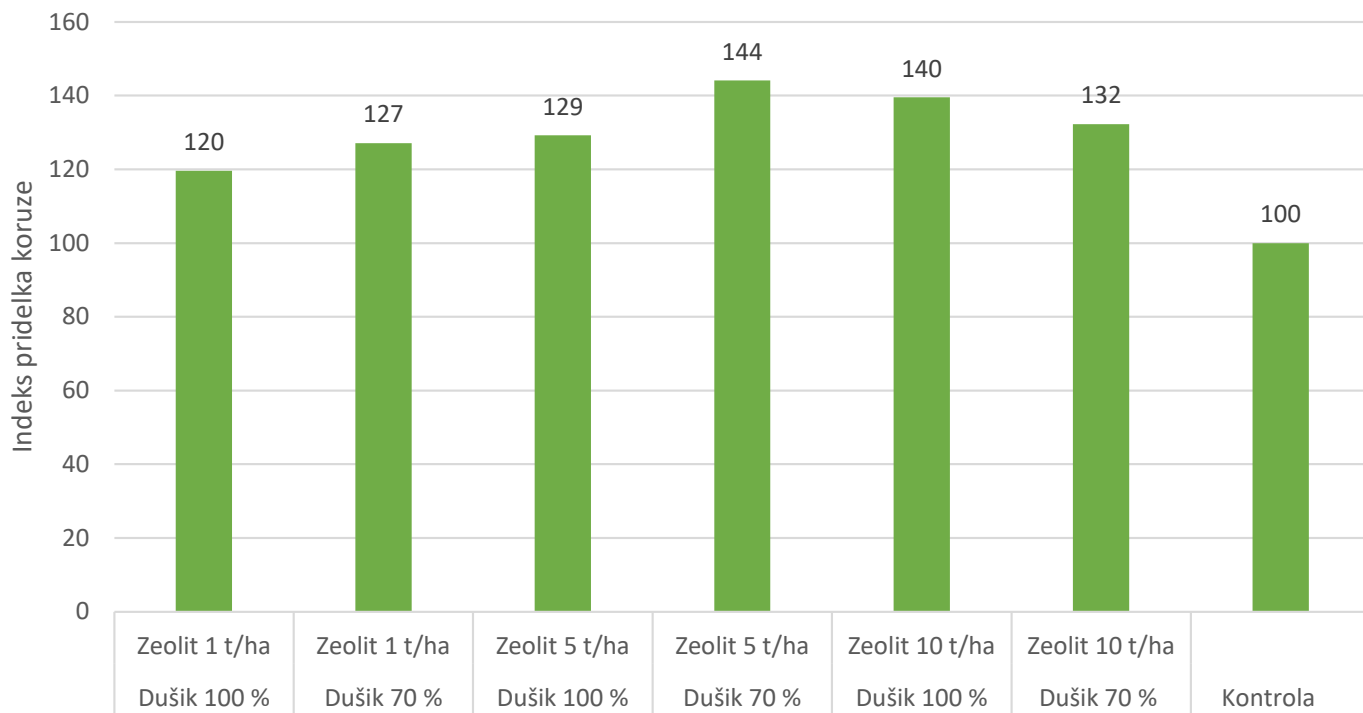
Pridelek zrnja koruze

Neposredno pred setvijo koruze zeolita nismo več trosili po njivskih površinah. Razlog je v tem, da ostane zeolit aktiviran nekaj let, se ne izpira v globlje plasti tal in tako vsakoletna uporaba ni potrebna. V naših poljskih poskusih smo tako zeolit posuli pred setvijo soje in pred setvijo pšenice. Po pričakovanjih je negnojena kontrola dosegla najmanjši povprečni pridelek zrnja, in sicer 8,2 t/ha. Pridelke nad 10,5 t/ha so dosegla vsa obravnavanja pri dodatku zeolita 5 t/ha in 10 t/ha. V primeru uporabe zeolita 1 t/ha in 5 t/ha je bil pridelek pri zmanjšanem odmerku pogojenega dušika večji, obratno pa je bil pri uporabi zeolita 10 t/ha pridelek pri gnojenju z zmanjšanim odmerkom dušika manjši za skoraj 600 kg/ha.



Pridelek koruze pri 14-odstotni vlažnosti zrnja. Črka n pomeni število parcel, iz katerih je izračunano prikazano povprečje. Mere variabilnosti povprečij prikazujejo standardno napako

Prikaz pridelka koruze z indeksi pokaže, da je najboljše obravnavanje (zeolit 5 t/ha in 70-ostoten odmerek dušika) dal 44 % večji pridelek od negnojene kontrole. V povprečju je obravnavanje s količino zeolita 1 t/ha imelo manjši pridelek od obravnavanj z uporabo zeolita 5 t/ha in 10 t/ha.



Prikaz pridelka zrnja koruze z indeksi

Žetev koruze na KG Grubič



Žetev koruze na KG Peterkovič



Žetev koruze na KG Bogovič



Zmanjšani odmerek dušika pri gnojenju ni povzročil zmanjšanja pridelka koruze. Pokazalo se je, da sta večji količini uporabljenega zeolita (5 t/ha in 10 t/ha) vplivali na večji pridelek zrnja koruze v primerjavi s količino zeolita 1 t/ha.

V letu 2023 je na KG Škofljanec prav tako potekal poskus s koruzo, hibrid P8834 (Pioneer). V tem poskusu smo imeli samo dve obravnavanji. Hektarsko njivo smo razdelili na polovico, na eni polovici smo uporabili zeolit v količini 10 t/ha, na drugi polovici zeolita nismo uporabili. Gnojenje je bilo po celi površini enako, pridelava je bila konvencionalna. Pridelek na delu njive, kjer zeolita nismo uporabili, je bil 11,8 t/ha, medtem ko je bil pridelek na obravnavanju z zeolitom za 9,3 % večji, to je 12,9 t/ha.



V makro poljskem poskusu na KG Škofljanec, sestavljenem iz dveh obravnavanj, se je ob uporabi 10 t/ha zeolita pridelek koruze povečal za 9,3 % v primerjavi z ne-uporabo zeolita ob istem režimu gnojenja z mineralnimi gnojili.

UGOTOVITVE in ZAKLJUČKI

- V naših makro poljskih poskusih se je pokazalo, da manjši vnosi mineralnega dušika ob uporabi različnih količin zeolita niso vplivali na pomembnejše zmanjšanje pridelka poljščin, ki smo jih uporabili v poskusih.
- Pri analizah talnega mineralnega dušika se je pokazal trend, da je večja v tla dodana količina zeolita načeloma pomenila večjo vsebnost TMN tako v globini tal 0 do 30 cm kot v globini 30 do 60 cm. Vendar pa nekatera odstopanja kličejo po dodatnih poskusih in bolj detajlnih analizah.



PROGRAM
RAZVOJA
PODEŽELJA

Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje



LITERATURA

- Flajšman M., Šantavec I., Kolmanič A., Kocjan Ačko D. 2019. Pridelek zrnja soje sorte ES Mentor pri uporabi zeolita in dognojevanju z dušikom. V: Novi izzivi v agronomiji 2019. Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 49-55
- Jakop M., Grobelnik Mlakar S., Kocjan Ačko D., Kolmanič A., Čeh B., Flajšman M., Lisec U., Slapnik M., Strugalec M., Čremožnik B., Koren Dvoršak M., Žerjav M., Vučajnk F. 2022. Pridelava zrnatih stročnic. Maribor, Univerzitetna založba, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede
- Jarosz R., Szerement J., Gondek K., Mierzwa-Hersztek M. 2022. The use of zeolites as an addition to fertilisers- a review. *Catena*, 213: 106125
- Kocjan Ačko D. in Mihelič R. 2017. Pomen zrnatih stročnic za samooskrbo in kroženje snovi. V: Novi izzivi v agronomiji 2017 z mednarodno udeležbo. Laško, 26. in 27 januar 2017. Čeh B., Dolničar P., Mihelič R., Stajanko D., Šantavec I. (ur). Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 9-18
- Kocjan Ačko D., Flajšman M. 2018. Zeolit in njegova uporaba v kmetijstvu. *Kmečki glas*, 75, 9: 12
- Kolmanič A. 2021. Učinek uporabe zeolitov na pridelek koruze za zrnje (*Zea mays* L.) v različnih pedoklimatskih razmerah. V: Novi izzivi v agronomiji 2021. Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 111-118
- Mihelič R., Čop J., Jakše M., Štampar F., Majer D., Tojnk S., Vršič S. 2010. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Ljubljana, 182 str.
- Popović V., Sikora V., Tatić M., Maksimović L., Terzić D., Filipović V., Dozet G., Đekić V. 2016. The influence of zeolite on the morpho-productive characteristics of soybean – *Glycine max* (L.) Merr. in organic farming system. 7th International scientific Agriculture Symposium »Agrosym 2016« Jahorina, 6 -9 , October 2016. Sarajevo, Poljoprivedni fakultet: 1152-1156
- Preissel S., Reckling M., Schläfke N., Zander, P. 2015. Magnitude and farm-economic value of grain legume pre-crop benefits in Europe: A review. *Field Crops Research*, 175: 64-79
- Rehakova M., Čuvanová S., Dzivak M., Rimar J., Gavalova Z. 2004. Agricultural and Agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, 8, 6: 397-404
- Sangeetha C., Baskar P. 2016. Zeolite and its potential uses in agriculture: A critical review. *Agriculture Review*, 37, 2: 101-108

Naslov publikacije: Uporaba zeolita v poljedelskem kolobarju za izboljšanje trajnosti v pridelavi poljščin na vodovarstvenih območjih

Avtor: Marko Flajšman

Recenzija: Darja Kocjan Ačko

Založnik in izdajatelj: Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Oddelek za agronomijo

Oblikovanje in prelom: DORANI, grafično oblikovanje, Anamarija Ačko Hrovat s.p.

Elektronska izdaja

Ljubljana, 2023



Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje