

CRP V4-2216

VPLIV

TALNEGA GNOJENJA Z ORGANSKIMI IN
MINERALNIMI GNOJILI
NA PREHRANJENOST, RAST IN RAZVOJ

Univerza v Ljubljani
Biotehniška fakulteta



Vpliv talnega gnojenja z organskimi in mineralnimi gnojili na prehranjenost, rast in razvoj

POROČILO O CILJNORAZISKOVALNEM PROJEKTU CRP V4-2216:

Ohranjanje in izboljšanje proizvodnega potenciala tal za trajnostno pridelavo oljk
GO-TO S-OIL

Naročnika:

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano
Dunajska 22
1000 Ljubljana

Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije
Bleiweisova cesta 30
1000 Ljubljana



Koper, 2026

VPLIV TALNEGA GNOJENJA Z ORGANSKIMI IN MINERALNIMI GNOJILI NA PREHRANJENOST, RAST IN RAZVOJ

Poročilo o ciljnoraziskovalnem projektu CRP V4-2216

Avtorji besedila, vsebin in rezultatov: Jakob Fantinič¹, Rok Babič¹, Katja Fičur¹, Nina Šiškovič¹, Iztok Jože Košir², Gašper Kozlovič¹, Saša Volk¹, Milena Bučar Miklavčič¹, Maja Podgornik¹

1 Inštitut za oljkarstvo, Znanstveno-raziskovalno središče Koper, Garibaldijeva ulica 1, 6000 Koper, Slovenija

2 Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenija

Naziv projekta: CRP V4-2216 Ohranjanje in izboljšanje proizvodnega potenciala tal za trajnostno pridelavo oljk (GO-TO S-OIL)

Delovni sklop 2: Poljski poskus (nadgradnja poskusa zasnovanega v letu 2018) – vpliv talnega gnojenja z organskimi in mineralnimi gnojili na prehranjenost, rast in razvoj oljk ter lastnosti tal

Vodja projekta: Maja Podgornik

Glavni urednik založbe: Tilen Glavina

Tehnični urednici: Maja Podgornik, Alenka Obid

Oblikovanje naslovnice: Gal Vončina

Založnik: Znanstveno-raziskovalno središče Koper, Annales ZRS

Za založnika: Rado Pišot

Spletna izdaja, dostopna na: <https://doi.org/10.35469/978-961-7276-08-4>

pod licenco CC-BY-NC-ND



Koper, 2026

Za vsebino dokumenta je odgovorno Znanstveno-raziskovalno središče Koper in v nobenem pogledu ne izraža stališče financerja.

Poročilo vsebuje podatke, ki so nastali v času izvajanja raziskovalnega projekta CRP V4-2216 Ohranjanje in izboljšanje proizvodnega potenciala tal za trajnostno pridelavo oljk (GO-TO S-OIL) in ne gre za zakonsko ali podzakonsko urejanje področja.

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

[COBISS.SI](https://cobiss.si)-ID [272408067](https://cobiss.si/272408067)

ISBN 978-961-7276-08-4 (PDF)

Povzetek (SLO)

Evropska unija si je zadala cilj zmanjšati izgube hranil za vsaj 50 % ob ohranjanju rodovitnosti tal. Do leta 2030 naj bi se poraba gnojil zmanjšala za najmanj 20 % ob popolnem izvajanju okoljskih in podnebnih predpisov. Zeleni dogovor EU predvideva, da bo do leta 2030 vsaj 25 % kmetijskih zemljišč v EU prešlo na ekološko kmetovanje. Ker je približno 50 % svetovnega prebivalstva odvisnega od kmetijskih proizvodov, pridelanih z mineralnimi gnojili, in ker je bila v preteklosti široka uporaba mineralnih gnojil posledica nizkih cen in lahke dostopnosti, se evropska industrija gnojil zdaj sooča z velikim izzivom: razvojem trajnostnih gnojil. Večina raziskav se je osredotočila na sinergijske učinke kombinacije organskih in sintetičnih gnojil ter na vpliv različnih odmerkov gnojil na vegetativno rast, kakovost olja in pridelek. V literaturi je malo podatkov o primerjalnih učinkih enake uporabe dušika z različnimi gnojili na rast in pridelek. Za oceno učinkov različnih dušikovih gnojil (mineralno gnojilo (MG), organsko-mineralno gnojilo (OMG) in organsko gnojilo – kozji gnoj, vdolan v tla (OG)) na rast, cvetenje in razvoj plodov oljk v zmernem sredozemskem podnebju je bil v oljčnem nasadu sorte 'Maurino' izveden petletni poljski poskus. Rezultati so pokazali, da nizka vsebnost fosforja in kalija v OMG v primerjavi z MG ni pomembno vplivala na rast in pridelek oljk, saj med oljkami, gnojenimi z enim ali drugim gnojilom, ni bilo bistvenih razlik. Vnos kozjega gnoja v tla brez dodatka drugih gnojil je povzročil manjše število plodov in manjšo rast oljk v primerjavi z drugimi gnojili, vendar so bili pridelki v vseh letih bolj enakomerni. Zato bi lahko kozji gnoj, vdolan v tla, predstavljal alternativo konvencionalnim metodam gnojenja v regijah z zmernim sredozemskim podnebjem. Primerjalna analiza laboratorijskih in NIR-meritev za oceno vsebnosti hranil v oljčnih listih je pokazala najboljše ujemanje pri dušiku ($R^2 = 0,78$), kar potrjuje potencial NIR-metode za hitro in stroškovno učinkovito spremljanje prehranjenosti oljk.

Povzetek (ANG)

The European Union has set a target to reduce nutrient losses by at least 50% while maintaining soil fertility. By 2030, fertiliser use is to be reduced by at least 20%, with full implementation of environmental and climate regulations. The EU's Green Deal also aims for at least 25% of agricultural land in the EU to be under organic farming by 2030. Given that about 50% of the world's population depends on agricultural products produced with mineral fertilisers, and that the widespread use of mineral fertilisers in the past was due to their cost-effectiveness and easy accessibility, the European fertiliser industry now faces a major challenge: developing sustainable fertiliser products. Most research has focused on the synergistic effects of combining organic and synthetic fertilisers and on the effects of different fertiliser rates on vegetative growth, oil quality, and yield. There is little information in the literature on the comparative effects of uniform nitrogen application with different fertilisers on crop growth and yield.

To evaluate the effects of different nitrogen fertilisers – mineral fertiliser (MG), organo-mineral fertiliser (OMG), and organic fertiliser (goat manure incorporated into the soil, OG)—on the growth, flowering, and fruit development of olive trees in a temperate Mediterranean climate, a five-year field experiment was conducted in an olive grove planted with the 'Maurino' cultivar. The results showed that the lower phosphorus and potassium content of OMG compared to MG had no significant effect on olive tree growth and yield, as there were no significant differences between olive trees fertilised with either product. Incorporating goat manure into the soil without adding other fertilisers resulted in fewer fruits and reduced growth of olive trees compared to the other fertilisers, but more uniform yields were observed over the years. Consequently, goat manure incorporated into the soil could be a viable alternative to conventional fertilisation methods in regions with temperate Mediterranean climates. A comparative analysis of laboratory measurements and measurements with a NIR spectrometer to assess the mineral content in olive leaves showed the best correlation for nitrogen ($R^2 = 0.78$), confirming the potential of the NIR method for rapid and cost-effective monitoring of olive nutrition.

1. Uvod

Evropska unija (EU) utira pot trajnostnemu razvoju z namenom, da do leta 2050 postane prvi podnebno nevtralni kontinent. V središču te vizije sta preusmeritev kmetijstva in vzpostavitev odporne ter trajnostne prehranske verige ter spodbujanje dobrih kmetijskih praks za učinkovito zmanjšanje izgub hranil in zaščito okolja. Ključni izziv je obravnava izgub hranil, zlasti dušika (N) in fosforja (P), ki se sproščata v okolje zaradi prekomernega gnojenja in slabega prevzema rastline. Težava prispeva k onesnaževanju zraka, tal in vode ter močno vpliva na podnebje (Evropska komisija, 2020). Svet Evropske unije se zaveda škodljivih učinkov nitratov na zdravje ljudi in okolje, zato je že leta 1991 sprejel Direktivo 91/676/EGS z dne 12. decembra o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov (Direktiva Sveta, 1991). Direktiva o nitratih vzpostavlja celovit okvir za upravljanje onesnaževanja z nitrati iz kmetijskih dejavnosti v vseh državah članicah Evropske unije. Natančno izvajanje teh ukrepov, vključno s posebnimi omejitvami in predpisi, se lahko razlikuje med državami članicami, saj je treba upoštevati posebne kmetijske in okoljske razmere. V skladu z direktivo o nitratih imajo države članice pravico določiti odmerke za živinski gnoj, ki se gibljejo med 170 in 250 kg N/ha. V Sloveniji, letni vnos dušika iz organskih gnojil ne sme preseči 250 kg N/ha na leto (Uredba o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov).

Kljub sprejetju direktive o nitratih in zavedanju, da lahko prekomerna uporaba dušika negativno vpliva na okolje, zdravje ljudi, zmanjša cvetenje oljk in vpliva na kakovost oljčnega olja, različni avtorji še vedno poročajo o prekomerni uporabi dušikovih gnojil v oljčnih nasadih (Rodrigues in sod., 2011). Letna poraba 80–200 kg N/ha ali več je pogosta v številnih območjih Sredozemlja (Fernández-Escobar in sod., 2011), čeprav 13-letni poskus ni pokazal razlik v pridelku med drevesi, ki niso bila pognojena z dušikovimi gnojili in tistimi, ki so prejemale različne količine dušika (Fernández-Escobar in sod., 2009). EU si je zadala cilj zmanjšati izgube hranil za vsaj 50 % ob ohranjanju rodovitnosti tal. Do leta 2030 želi zmanjšati uporabo gnojil za najmanj 20 % ter v celoti spoštovati okoljske in podnebne zakonodajne zaveze. V sodelovanju z državami članicami bo opredelila potrebna zmanjšanja obremenitve s hranili, uvedla uravnoteženo gnojenje ter trajnostno upravljala z dušikom in fosforjem skozi celotno življenjsko dobo rastlin. Vzporedno spodbuja širitev ekološkega kmetijstva, ki prispeva k ohranjanju biotske raznovrstnosti in ustvarja odporno, prilagodljivo prehransko verigo. S tem izpolnjuje zavezo Zelenega dogovora, vključno s ciljem, da do leta 2030 vsaj 25 % kmetijskih zemljišč v EU preide na ekološko kmetijstvo (EVROPSKA KOMISIJA, 2020). Ekološka proizvodnja je način kmetovanja, ki prepoveduje uporabo mineralnih gnojil. Kmetovalce spodbuja k uporabi organskih namesto mineralnih gnojil zaradi njihovega vpliva na okolje in zdravje ljudi (Fayed, 2005).

Približno 50 % svetovnega prebivalstva je odvisnega od kmetijskih proizvodov, pridelanih z mineralnimi gnojili (United Nations, 2022). V preteklosti je bila razširjena uporaba mineralnih gnojil posledica nizkih cen in lahke dostopnosti (Hernández in sod., 2014; Lu in sod., 2011). Evropska industrija gnojil se danes sooča z velikim izzivom. Razviti mora izboljšana gnojila, prilagojena posameznim pridelkom in lastnostim tal, ter spodbujati pozitivne učinke na gospodarsko in okoljsko trajnost kmetijskih praks v Evropi. Prvi koraki v tej smeri so bili narejeni s sintetičnimi organskimi gnojili (OG), ki se odlikujejo po visoki vsebnosti hranil, enostavni uporabi in gospodarski učinkovitosti, primerljivi z mineralnimi gnojili (MG) (Hagagg in sod., 2012). Poleg tega so bili intenzivno raziskani uporaba organskih gnojil in sinergijski učinki kombinacije organskih in mineralnih gnojil (Al-Azzawi in Al-Ishaqi, 2022; Al-Kahtani in Ahmed, 2012; Arji in sod., 2021; Berg in sod., 2018; Centeno in sod., 2018; El-Alakmy in sod., 2018; Hagagg in sod., 2012; Haggag in sod., 2014; Delgado in sod., 2021).

Obstoječa literatura se večinoma osredotoča na uporabo organskih gnojil in njihovo kombinacijo z mineralnimi gnojili v sušnih ali polsušnih območjih, medtem ko primanjkuje študij o uporabi organskih gnojil v vlažnih sredozemskih podnebjih. Raziskovalna vrzel je še pomembnejša glede na ugotovitve Bouhafa in sod. (2014), ki kažejo različne učinke gnojenja z dušikom na oljke, odvisno od spremenljivk, kot so specifične okoljske razmere (podnebje in lastnosti tal), značilnosti sort oljk ter starost dreves. Zato je cilj naše študije preučiti učinke različnih načinov gnojenja na vegetativno rast in razvoj plodov oljk v vlažnem sredozemskem podnebjju.

V literaturi se za analizo hranil v listih vse pogosteje uporabljajo metode, ki temeljijo na bližnjem infrardečem spektru (NIR) in Fourierjevi transformirani NIR spektroskopiji (FT-NIR). To sta hitri, poceni in okolju prijazni metodi za določanje mineralov v oljčnih listih. Za kalibracijo spektralnih modelov je ključna velika in reprezentativna baza podatkov (Comino in sod., 2018). Tehnika zahteva minimalno pripravo vzorca; liste je treba le posušiti in zmleti (Comino in sod., 2018; Rotbart in sod., 2013). Sušenje listov bistveno izboljša delovanje modela, saj lahko visoka vsebnost vode povzroča šume na spektralnih zajemih in posledično slabše rezultate (Rotbart in sod., 2013). NIR se uporablja za določanje makro- in mikrohranil, kot so N, P, K, Ca, Mg in B (Comino in sod., 2018). Najboljše napovedi za dušik (N) so dosežene z uporabo temeljito zmletih, posušenih listov ($R^2 = 0,91$) (Rubio-Delgado in sod., 2021).

2. Materiali in metode

Raziskava je potekala od leta 2018 do 2023 v zasebnem oljčnem nasadu na evtričnih rjavih tleh v Izoli v Slovenski Istri (45°31'38,1"; 13°39'23,95"). Letna povprečna temperatura na območju raziskave je 13,7 °C (v povprečju 21,4 °C poleti in 6,1 °C pozimi). Letna količina padavin je 973 mm. 43 % vseh padavin pade med septembrom in decembrom (Statistični urad Republike Slovenije).

Oljke v poskusnem nasadu so zasajene na ravni, nenamakani površini v sadilni razdalji 6 × 6 metrov, z gostoto 270 dreves na hektar. V poskus je bilo vključenih 36 deset let starih dreves sorte 'Maurino'. Sorta izvira iz Toskane (Italija) in se je od tam razširila v severno Italijo ter jugozahodno Slovenijo, kjer je danes tretja najpogostejša sorta oljke.

Drevesa so bila vzdrževana po ustaljeni agronomski praksi, izjema je bilo le gnojenje. Pred začetkom poskusa so bili oljčni nasadi več let gnojeni izključno s kozjim gnojem. Od leta 2018 do 2022 so bili uporabljeni različni načini gnojenja.

Poskus je vključeval naključno razporeditev dvanajstih blokov s tremi obravnavami (vrstami gnojil) in štirimi ponovitvami na obravnavo, vsaka s tremi oljčnimi drevesi.

Obravnave so vključevale:

- **Mineralno gnojilo (MG):** vsebuje hranila anorganskega izvora.
- **Organsko-mineralna gnojila (OMG):** lahko vsebujejo eno ali več anorganskih gnojil ter eno ali več snovi, ki vsebujejo organski ogljik in hranila biološkega izvora.
- **Organsko gnojilo (OG):** vsebuje organski ogljik in hranila izključno biološkega izvora.

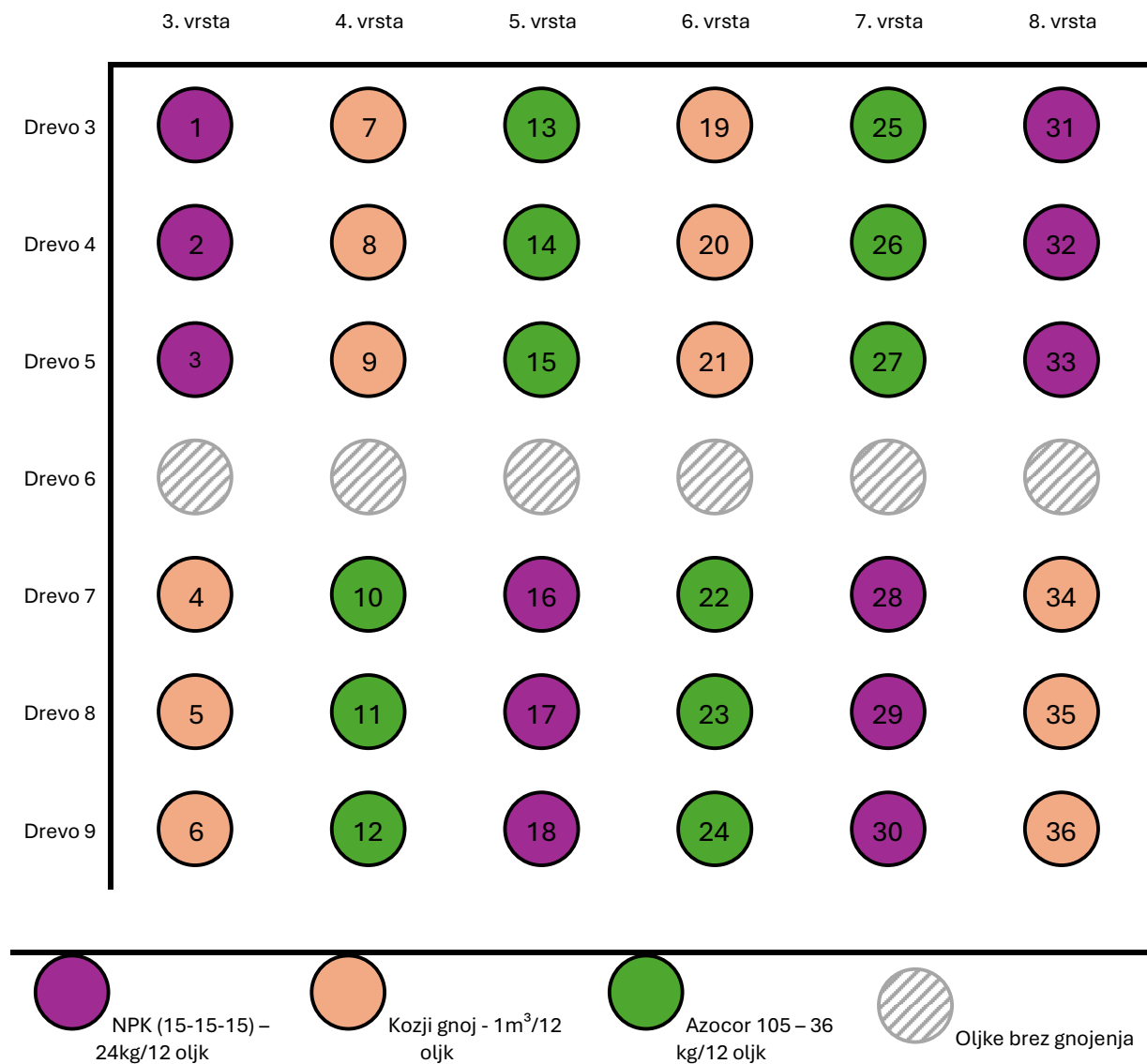
Gnojili MG in OMG, uporabljeni v tej raziskavi, sta bili komercialno dostopni mineralni gnojili, medtem ko je bil pri obravnavi OG uporabljen tri mesece star kozji gnoj. Gnojenje je potekalo spomladi. Kozji gnoj je bil apliciran v 1,5 metra širokih pasovih na vsaki strani dreves. Pred aplikacijo kozjega gnoja je bila površina za gnojenje plitvo obdelana za izboljšanje strukture tal, po nanosu pa je bil gnoj mehansko vdelan v tla, da sta bili zagotovljeni enakomerna razporeditev in zmanjšana izguba hranil. Mineralna in organska gnojila so bila dodana v skladu s strokovnimi smernicami za gnojenje oljčnikov v Sloveniji (Mihelič in sod., 2010). Pri vseh obravnavah je bila zagotovljena enaka letna količina dodanega dušika, 90 kg N/ha. Količina dodanega dušika je ostala nespremenjena skozi celotno trajanje poskusa. Za zagotovitev enakega odmerka dušika pri vseh obravnavah so bila oljčna drevesa gnojena s 600 kg/ha mineralnega gnojila (MG), 857 kg/ha organsko-mineralnega gnojila (OMG) in 13.235 kg/ha hlevskega kozjega gnoja (OG). Vsebnosti makro- in mikrohranil ter osnovne kemijske lastnosti uporabljenih gnojil so prikazane v preglednica 1.

Preglednica 1: Kemijske lastnosti gnojil uporabljenih v raziskavi

Vsebnost hranila na svežo maso	Mineralno gnojilo (MG)	Organsko-mineralno gnojilo (OMG)	Organsko gnojilo – kozji gnoj(OG)
Skupni dušik (N) (%)	15 (3,5 amonijski dušik (NH ₄ -N); 11,5 urea)	13,33	0,68
Skupni fosforjev pentoksid (P ₂ O ₅) (%)	15	0,17	0,16
Skupni kalijev oksid (K ₂ O) (%)	15	0,03	1,09
Žveplov trioksid (SO ₃) (%)	5.0 - 7.0	/	/
Skupni kalcij (Ca) (%)	/	0,55	2,40
Skupni magnezij (Mg) (%)	/	0,03	0,10
Bor (B) (mg/kg)	/	11,58	26,74
Baker (Cu) (mg/kg)	/	0,00	10,21
Cink (Zn) (mg/kg)	/	23,96	26,69
Mangan (Mn) (mg/kg)	/	1,39	82,70
Železo (Fe) (mg/kg)	/	531,29	2308,80
Organski ogljik (C) (%)	/	37,10	37,95
pH	/	4,7	3,27
Količine uporabljene v raziskavi (kg/ha)	600	857	13235

¹Povprečna vsebnost ogljika v kozjem gnoju povzeta iz literature (Fernández-Escobar in sod., 1997; Ferreira in sod., 1986; Mihelič in sod., 2010)

/ - podatki niso na voljo



Slika 1: Shema poskusa

2.1 Določanje vsebnosti hranil v listih in tleh

ANALIZA LISTOV

V okviru projekta smo v oljčniku izvedli več terminov vzorčenj listov in tal (20. 2. 2023, 7. 7. 2023, 20. 2. 2024 in 17. 7. 2024) z namenom določitve vsebnosti hranil na suho snov. Vzorčenji iz leta 2024 nista bili reprezentativni, saj je pridelovalec v januarju 2024 celoten oljčnik pognojil z organskim peletiranim gnojilom, kar je bistveno vplivalo na hranilni status tal in listov. Zato smo se v nadaljnjih analizah osredotočili izključno na podatke, pridobljene v letu 2023.

V vzorce listov za foliarne analize smo odvzeli v dveh značilnih fenoloških obdobjih, ki sta ključni za zanesljivo oceno prehranskih razmer v oljki. Za februarjski termin vzorčenja listov smo se odločili, ker obdobje zimskega mirovanja omogoča zanesljivejšo oceno ravnovesja med posameznimi hranili v listih (Ferreira idr., 1986). Julijsko vzorčenje pa smo izvedli v skladu z uveljavljenim protokolom za severno poloblo, kot ga navaja Fernández-Escobar (1997), ki predvideva odvzem listov v času stabiliziranih koncentracij hranil (julij).

Za vsak vzorec smo nabrali 250 zdravih, normalno razvitih, nepoškodovanih enoletnih listov s pecljem s sredine poganjkov. Vzorci so bili po odvzemu shranjeni v hladnem in suhem prostoru,

Vzorci listov so bili posušeni pri sobni temperaturi do konstantne mase. Posušene vzorce smo zmleli do fine konsistence. Zmlet material smo uporabili za določitev koncentracij hranil v listih:

- skupni dušik (N) v skladu z ISO 11261:1995 (SIST ISO 11261);
- skupni fosforjev pentoksid (P_2O_5);
- skupni kalijev oksid (K_2O); skupni kalcij (Ca);
- skupni magnezij (Mg);
- baker (Cu) (mg/kg),
- cink (Zn) (mg/kg),
- mangan (Mn) (mg/kg),
- železo (Fe) (mg/kg) v skladu s Hodnik (1988),
- bor (B) (mg/kg) v skladu s standardom NF X31-122 (1993).

Rezultate foliarnih analiz, pridobljenih z laboratorijskimi metodami, smo nato primerjali z rezultati vzporednih meritev, izvedenih s FT-NIR spektrometrom (MPA II, Bruker, Nemčija). Namen primerjave je bil oceniti skladnost in uporabnost hitrih spektroskopskih metod za rutinsko ocenjevanje hranilnega statusa oljčnih dreves.

ANALIZA TAL

Ob vsakem vzorčenju smo iz vsakega poskusnega bloka odvzeli približno 0,5 kg tal. Kemijska analiza tal, odvzetih na 20 do 25 mestih s sondo na globini 0–25 cm, je bila izvedena po naslednjih metodah:

- pH je bil določen v skladu z ISO 10390:2005 (ISO 10390:2005);
- organska snov v skladu s SIST ISO 14235:1999 (SIST ISO 14235:1999);
- skupni dušik (N) v skladu z ISO 11261:1995 ("SIST ISO 11261:1995);
- skupni fosforjev pentoksid (P_2O_5), skupni kalijev oksid (K_2O), skupni kalcij (CaO), skupni magnezij (Mg), baker (Cu) (mg/kg), cink (Zn) (mg/kg), mangan (Mn) (mg/kg), železo (Fe) (mg/kg) v skladu s Hodnik (1988), Popovič (1970);
- bor (B) (mg/kg) v skladu z NF X31-122 (NF X 31-122)

2.2 Meritve vegetativne rasti in rodnosti

Med letoma 2018 in 2023 smo vsako leto pred cvetenjem na posameznem oljčnem drevesu izbrali pet enoletnih poganjkov, daljših od 15 cm in z najmanj desetimi socvetji. Za vsak izbrani poganjek smo evidentirali število socvetij, število cvetnih brstov in začetno dolžino poganjka.

Po končanem cvetenju smo enkrat mesečno do oktobra beležili število razvijajočih se plodov na poganjek, oktobra pa ponovno izmerili končno dolžino poganjka. Poleg tega smo na vsakem drevesu spomladi in jeseni izmerili obseg debla na višini 30 cm nad tlemi.

Na podlagi zbranih podatkov smo izračunali naslednje parametre rodnosti in vegetativne rasti:

- prirast poganjkov,
- nastavek plodov,
- stopnjo oploditve,
- stopnjo junijskega trebljenja plodičev (redčenja),
- število plodov na socvetje,
- število socvetij na centimeter poganjka,
- število cvetov na centimeter poganjka,
- število plodov na centimeter poganjka ter
- sprememba obsega debla.

2.3 Statistična analiza

Statistična analiza podatkov je bila izvedena s programom Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), različica 11.0 za Windows (SPSS, Chicago, IL, ZDA). Grafični prikaz rezultatov je bil pripravljen s programom RStudio (Posit Team, Boston, ZDA) in paketom ggplot. Za določitev razlik med obravnavami je bila uporabljena enosmerna analiza variance (ANOVA). V primeru statistično značilnih razlik je bil za oceno razlik med srednjimi vrednostmi obravnav uporabljen neparametrični post-hoc test Games-Howell s stopnjo verjetnosti 0,05.

3. Rezultati in diskusija

3.1 Analiza tal in listov

Analiza vsebnosti hranilnih snovi v listih, vzorčenih februarja 2023 pri različnih načinih gnojenja, je pokazala statistično značilne razlike med drevesi, gnojenimi z OG in MG, v vsebnosti cinka (OG – $18,44 \pm 1,28$ %; MG – $14,06 \pm 1,51$ %) in statistično večja je bila vsebnost kalija pri drevesih gnojenih z OG (OMG – $0,58 \pm 0,05$ %; OG – $0,75 \pm 0,07$; MG – $0,61 \pm 0,07$ %) (preglednica 2). Razlike v vsebnost kalija v listih so potrdila tudi analize opravljene na listih vzorčenih julija 2023, ko je bila ugotovljena statistično značilna razlika med skupno vsebnostjo kalija v obravnavah MG ($0,87 \pm 0,08$ %), OMG ($0,79 \pm 0,08$ %) in OG ($1,03 \pm 0,04$ %) (preglednica 2).

Preglednica 2: Vsebnost mineralov v listih oljk gnojenih z OMG, OG in MG določeno februarja 2023 in julija 2023

	Februar 2023			Julij 2023			
	Organsko-mineralno gnojilo (OMG)	Organsko gnojilo – kozji gnoj (OG)	Mineralno gnojilo (MG)	Organsko-mineralno gnojilo (OMG)	Organsko gnojilo – kozji gnoj (OG)	Mineralno gnojilo (MG)	Optimalna vsebnost v listih ¹
N (%)	$1,93 \pm 0,18$ a	$1,28 \pm 0,75$ a	$1,76 \pm 0,62$ a	$1,7 \pm 0,05$ a	$1,51 \pm 0,08$ b	$1,69 \pm 0,06$ a	1,5 – 2,0
NO ₃ (mg/kg)	$0,45 \pm 0,16$ a	$0,32 \pm 0,09$ a	$0,26 \pm 0,11$ a	$0,1 \pm 0,12$ a	0 ± 0 a	$0,05 \pm 0,1$ a	
P ₂ O ₅ (%)	$0,12 \pm 0,01$ a	$0,15 \pm 0,03$ a	$0,12 \pm 0,01$ a	$0,21 \pm 0,01$ b	$0,23 \pm 0,01$ a	$0,22 \pm 0,01$ ab	0,1 – 0,3
K ₂ O ₅ (%)	$0,58 \pm 0,05$ b	$0,75 \pm 0,07$ a	$0,61 \pm 0,07$ b	$0,79 \pm 0,08$ b	$1,03 \pm 0,04$ a	$0,87 \pm 0,08$ b	0,8 – 1,0
B (mg/kg)	$13,80 \pm 0,75$ a	$13,25 \pm 0,79$ a	$11,36 \pm 3,59$ a	$15,16 \pm 15,88$ a	$16,41 \pm 13,33$ a	$11,29 \pm 3,1$ a	19 – 150
Cu (mg/kg)	$5,99 \pm 0,90$ a	$6,33 \pm 0,62$ a	$6,33 \pm 0,58$ a	$8,45 \pm 2,85$ a	$9,11 \pm 0,87$ a	$6,76 \pm 2,09$ a	4 – 9
Ca (%)	$4,20 \pm 0,31$ a	$3,67 \pm 0,20$ a	$3,67 \pm 0,47$ a	$2,05 \pm 0,33$ a	$2,17 \pm 0,18$ a	$2,16 \pm 0,04$ a	1,0 – 1,43
Mg (%)	$0,08 \pm 0,01$ a	$0,08 \pm 0,01$ a	$0,08 \pm 0,01$ a	$0,08 \pm 0,01$ a	$0,08 \pm 0,01$ a	$0,09 \pm 0,01$ a	0,1 – 0,16
Zn (mg/kg)	$16,32 \pm 1,61$ ab	$18,44 \pm 1,28$ a	$14,06 \pm 1,51$ b	$15,45 \pm 4,46$ a	$15,9 \pm 4,92$ a	$14,19 \pm 4,16$ a	10 – 24
Mn (mg/kg)	$53,40 \pm 5,69$ a	$45,47 \pm 6,95$ a	$46,27 \pm 6,95$ a	$26,92 \pm 3,11$ a	$28,73 \pm 1,31$ a	$30,35 \pm 2,55$ a	20 – 36
Fe (mg/kg)	$85,27 \pm 3,67$ a	$96,07 \pm 21,25$ a	$86,53 \pm 10,55$ a	$53,35 \pm 11,85$ a	$57,9 \pm 3,6$ a	$68,91 \pm 13,27$ a	90 – 124

¹(Fernández-Escobar in sod., 1997)

Zanimivo je, da je bila najvišja povprečna koncentracija kalija (K) v listih ($1,03 \pm 0,04$ %) ugotovljena pri obravnavi z OG, čeprav je bil največji odmerek kalija vnesen pri obravnavi z MG. Kot kaže preglednica 3, so tla, gnojena z OG, vsebovala več vode ($17,7 \pm 1,42$ %) kot tla drugih obravnav (OMG – $16,25 \pm 0,85$ %; MG – $16,67 \pm 2,01$ %), čeprav statistično značilnih razlik ni bilo mogoče potrditi. Na podlagi študije Restrepo-Diaz idr. (2008), ki je pokazala, da sta vnos in akumulacija kalija v oljki povezana tako s pomanjkanjem kalija kot tudi z vodnim stresom, sklepamo, da je izboljšano stanje vode v tleh pri obravnavi z OG prispevalo k učinkovitejšemu privzemu kalija v rastlino. To je skladno z ugotovitvami Hussein in sod. (2008) ter Zipori in sod. (2015), ki so prav tako poročali, da razpoložljivost vode in režim namakanja pomembno vplivata na sprejem kalija v drevo. Podobne rezultate je pokazala tudi šestletna študija v namakanem nasadu sorte 'Barnea', v kateri je bila razpoložljivost vode prepoznana kot ključni dejavnik privzema kalija: čeprav gnojenje s kalijem ni bilo izvedeno, koncentracija K v listih ni padla pod prag pomanjkanja (0,4 %) in je po šestih letih dosegla zadostno raven (0,82 %) (Zipori in sod., 2015). Kljub temu je treba opozoriti, da lahko pri dobro preskrbljenih in namakanih drevesih prehrana s kalijem hitro postane omejujoč dejavnik, zlasti zaradi odvoza rastlinske biomase s pridelkom in ostanki rezi iz oljčnika (Zipori in sod., 2020).

Statistično značilne razlike med obravnavami OG, OMG in MG so bile ugotovljene tudi pri koncentraciji dušika (N) v listih v julijskem terminu. Glede na številne študije, ki opisujejo sezonsko dinamiko dušika v listih namakanih in nenaamakanih oljk ter poročajo, da koncentracija dušika doseže maksimum pozimi in zgodaj spomladi, nato pa se sredi poletja močno zniža ter jeseni ponovno naraste, smo pričakovali zmanjšanje koncentracije dušika v listih pri vseh obravnavah. Vendar rezultati naše raziskave kažejo drugače: koncentracija dušika se je v juliju zmanjšala le pri obravnavah OMG in MG, medtem ko se je pri obravnavi z OG povečala in se statistično značilno razlikovala od drugih dveh obravnav. Višje koncentracije dušika v listih pri obravnavi z OG so lahko posledica večje vsebnosti vode v tleh (preglednica 3) ter drugačne dinamike sproščanja dušika, kar potrjuje tudi statistično višja vsebnost amonijskega dušika v tleh, gnojenih z OG, v primerjavi z OMG in MG.

Raziskave kažejo, da se stopnja mineralizacije dušika pospeši z naraščanjem temperature (Guntiñas idr., 2012; Sierra, 1997), zato lahko višje poletne temperature okrepijo sproščanje dušika iz gnoja, predvsem v obliki amonijaka, s čimer se poveča njegova razpoložljivost za rastline. Pri mineralnem gnojenju so oblike dušika rastlinam takoj dostopne, vendar se lahko zaradi izpiranja hitro izgubijo iz tal.

Vsebnost vode v tleh igra ključno vlogo tudi pri razpoložljivosti dušika. Študije dinamike dušika v namakanih sistemih s kontinuiranim vnosom dušika so pokazale, da se sezonski trendi koncentracij v listih razlikujejo od tistih v sušnih razmerah. Največje potrebe po dušiku

se pojavijo spomladi in zgodaj poleti – obdobju, ki ga v sredozemskem okolju pogosto spremljata nizka količina padavin in sušni stres, kar omejuje dostopnost mineralov v nenaamakanih nasadih. Posledično listi pogosto delujejo kot rezervoar dušika za razvijajoče se plodove in poganjke, kar pojasnjuje zmanjšanje koncentracije N v listih v poletnih mesecih. Ustrezno preskrbo z dušikom med rastno sezono je mogoče vzdrževati z namakanjem ali uporabo organskih gnojil.

Pri ostalih hranilih v tleh nismo zabeležili statistično značilnih razlik.

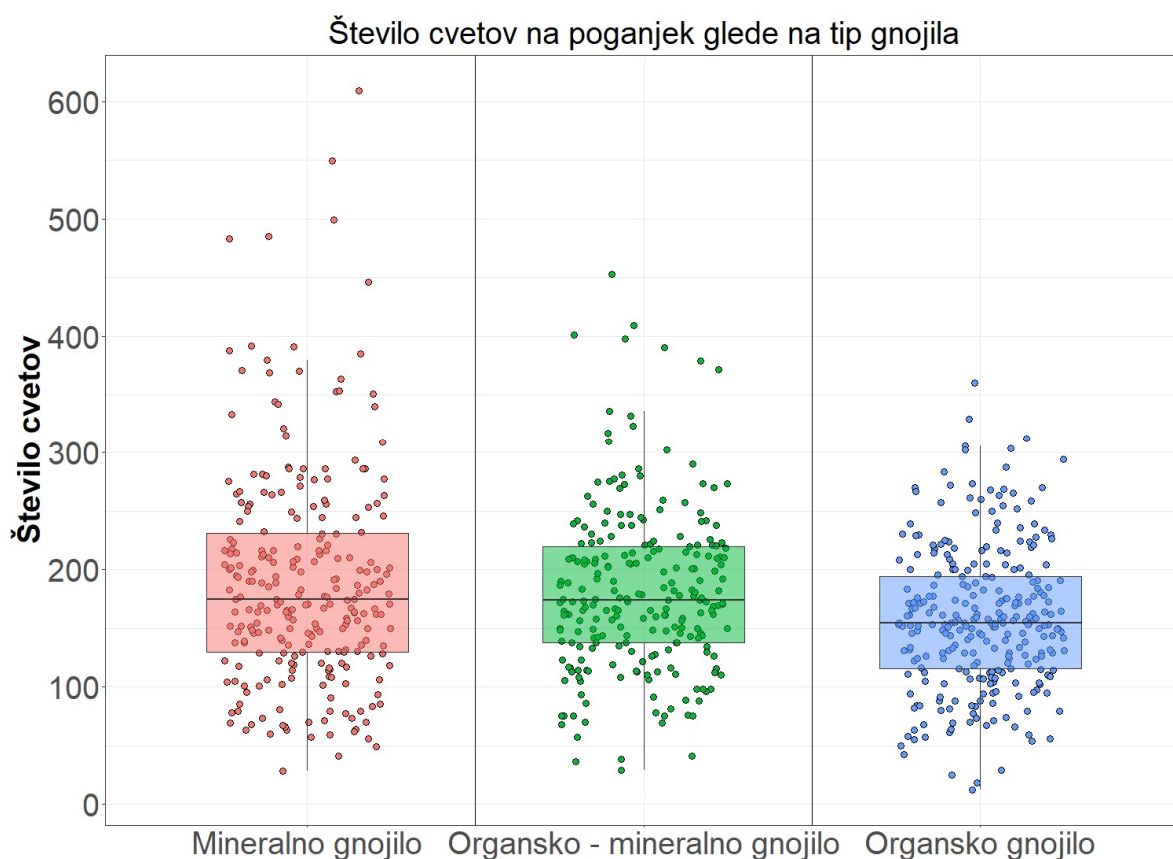
Izvedli smo tudi primerjavo med različnima terminoma vzorčenja tal (februar–julij). Statistično značilnih razlik pri vsebnosti kalija, kalcija in dušika ni bilo. Pri ostalih parametrih pa je prišlo do razlik. Pri veliki večini, z izjemo kalcija, smo ugotovili, da se je količina hranil od februarja do julija povečala.

Preglednica 3: Vsebnost mineralov v tleh gnojenih z OMG, OG in MG določenih februarja 2023 in julija 2023

	Februar 2023			Julij 2023			Optimalna vsebnost v tleh	Vir
	Organsko-mineralno gnojilo (OMG)	Organsko gnojilo – kozji gnoj (OG)	Mineralno gnojilo (MG)	Organsko-mineralno gnojilo (OMG)	Organsko gnojilo – kozji gnoj (OG)	Mineralno gnojilo (MG)		
N (%)	0,13 ± 0,05 a	0,11 ± 0,05 a	0,14 ± 0,02 a	0,14 ± 0,00 a	0,15 ± 0,02 a	0,15 ± 0,01 a	0,11 – 0,20	(García Zamorano in sod., 2004.)
NO ₃ (mg/kg)	16,50 ± 3,64 a	16,75 ± 6,79 a	18,08 ± 2,87 a	18,03 ± 3,85 a	14,37 ± 3,09 a	15,83 ± 1,43 a		
NH ₄ -N (mg/kg)	66,13 ± 12,05 a	70,98 ± 7,63 a	65,45 ± 3,54 a	152,65 ± 17,23 b	214,63 ± 9,2 a	162,23 ± 14,60 b		
P ₂ O ₅ mg/100g	16,00 ± 6,12 a	13,88 ± 2,48 a	16,13 ± 6,16 a	24,08 ± 4,17 a	25,00 ± 2,43 a	32,13 ± 4,49 a	13 – 25	(Leskovšek, 1993)
K ₂ O ₅ mg/100g	21,20 ± 1,65 a	23,25 ± 3,47 a	21,90 ± 0,62 a	21,23 ± 1,58 a	22,53 ± 2,24 a	22,57 ± 1,76 a	20 – 30	(Leskovšek, 1993)
B (mg/kg)	0,46 ± 0,06 b	0,68 ± 0,1 a	0,67 ± 0,03 a	0,93 ± 0,33 a	0,83 ± 0,06 a	1,00 ± 0,16 a	0,25 – 0,80	(Mihelič in sod., 2010)
Cu (mg/kg)	66,08 ± 7,67 a	60,65 ± 10,31 a	62,68 ± 14,59 a	71,2 ± 4,85 a	69,67 ± 13,22 a	70,5 ± 10,9 a	60,00	(Uredba o mejnih, opozorilnih..., 1996)
Ca (%)	9,05 ± 4,4 a	7,6 ± 4,15 a	6,09 ± 2,95 a	8,66 ± 4,04 a	9,94 ± 0,83 a	5,26 ± 4,1 a	3 – 4	(García Zamorano in sod., 2010)
Mg (mg/100g)	5,85 ± 0,69 a	6,5 ± 1,41 a	5,75 ± 0,31 a	6,4 ± 0,71 a	6,3 ± 0,46 a	6,6 ± 0,72 a	10 – 20	(Mihelič in sod., 2010)
Zn (mg/kg)	77,03 ± 4,72 a	78,03 ± 14,28 a	84,62 ± 10,16 a	86,32 ± 15,24 a	88,41 ± 22,85 a	92,31 ± 13,29 a	200,00	(Uredba o mejnih, opozorilnih..., 1996)
Mn (mg/kg)	403 ± 378 a	338 ± 218 a	348 ± 135 a	1254 ± 108 a	1351 ± 47 a	1209 ± 103 a	30 – 60	(Mihelič in sod., 2010)
Fe (mg/kg)	18052 ± 5708 a	19633 ± 2080 a	16508 ± 2489 a	31956 ± 1789 b	31338 ± 381 b	36580 ± 2230 a		
Organska snov (%)	2,18 ± 0,05 a	2,05 ± 0,13 a	2,13 ± 0,38 a	2,25±0,17 a	2,4 ± 0,62 a	2,20 ± 0,20a	2 – 4	(Giandon and Bartolami, 2007.)
pH (s KCl)	6,70 ± 0,26 a	6,88 ± 0,10 a	6,83 ± 0,10 a	7,35 ± 0,06 a	7,47 ± 0,06 a	7,33 ± 0,21 a	6,6–7,2 nevtralna tla	
Vsebnost vode (%)	16,28± 2,52 a	14,67± 0,74 a	15,38± 3,08 a	16,25±0,85 a	17,7±1,42 a	16,67±2,01 a		(García Zamorano in sod., 2004)

3.2 Rezultati vegetativne rasti in rodnosti

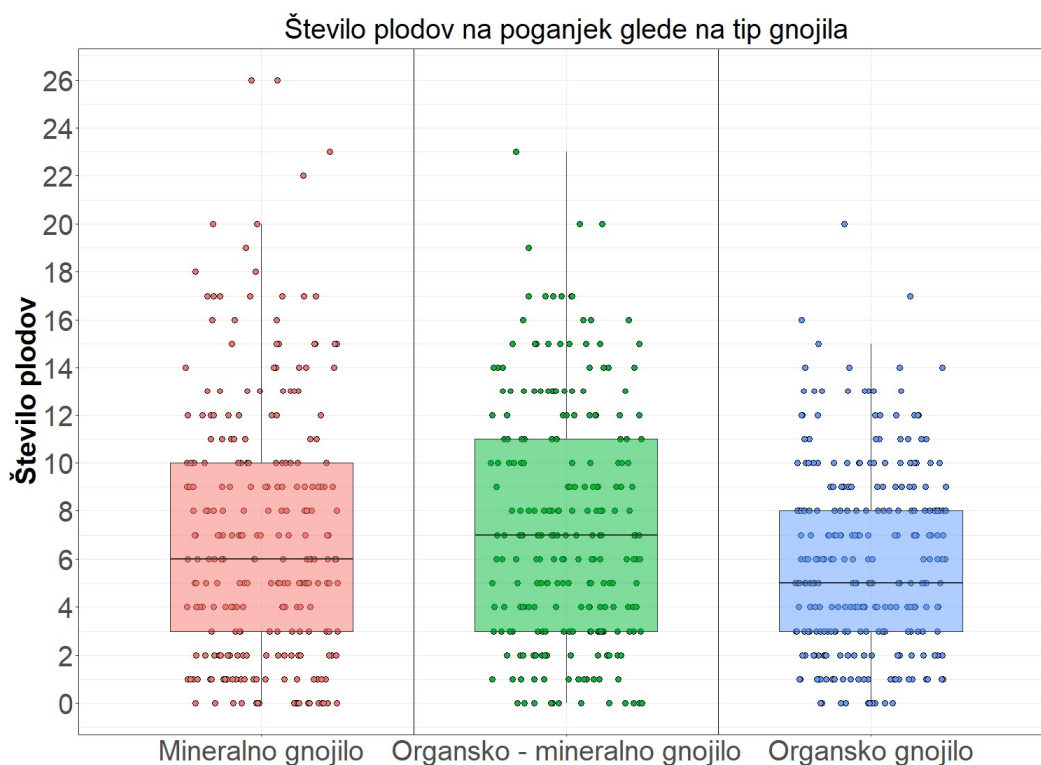
Na sliki 1 so prikazani rezultati štetja cvetov na označenih pogankih glede na vrsto gnojila. Podatki predstavljajo povprečne vrednosti, opazovane v obdobju 2018–2022. Statistično značilne razlike so bile ugotovljene med MG in OG ter med OMG in OG. Najvišje povprečno število cvetov je bilo zabeleženo na oljkah, gnojenih z MG (181,34), najnižje pa na tistih, gnojenih z OG (158,34), kar pomeni 12,7 % manj cvetov. Od leta 2019 se je povprečno število cvetov na oljko povečalo ne glede na vrsto uporabljenega gnojila. Rahlo odstopanje v intenzivnosti cvetenja med posameznimi obravnavami je mogoče pripisati vplivu dušika na nastanek cvetnih brstov. Kot navajajo Haberman in sod. (2019), ustrezna raven dušika spodbuja nastanek dobrega cvetnega nastavka.



Slika 1: Povprečno število cvetov na poganjek v odvisnosti od vrste gnojila med letoma 2018 in 2022

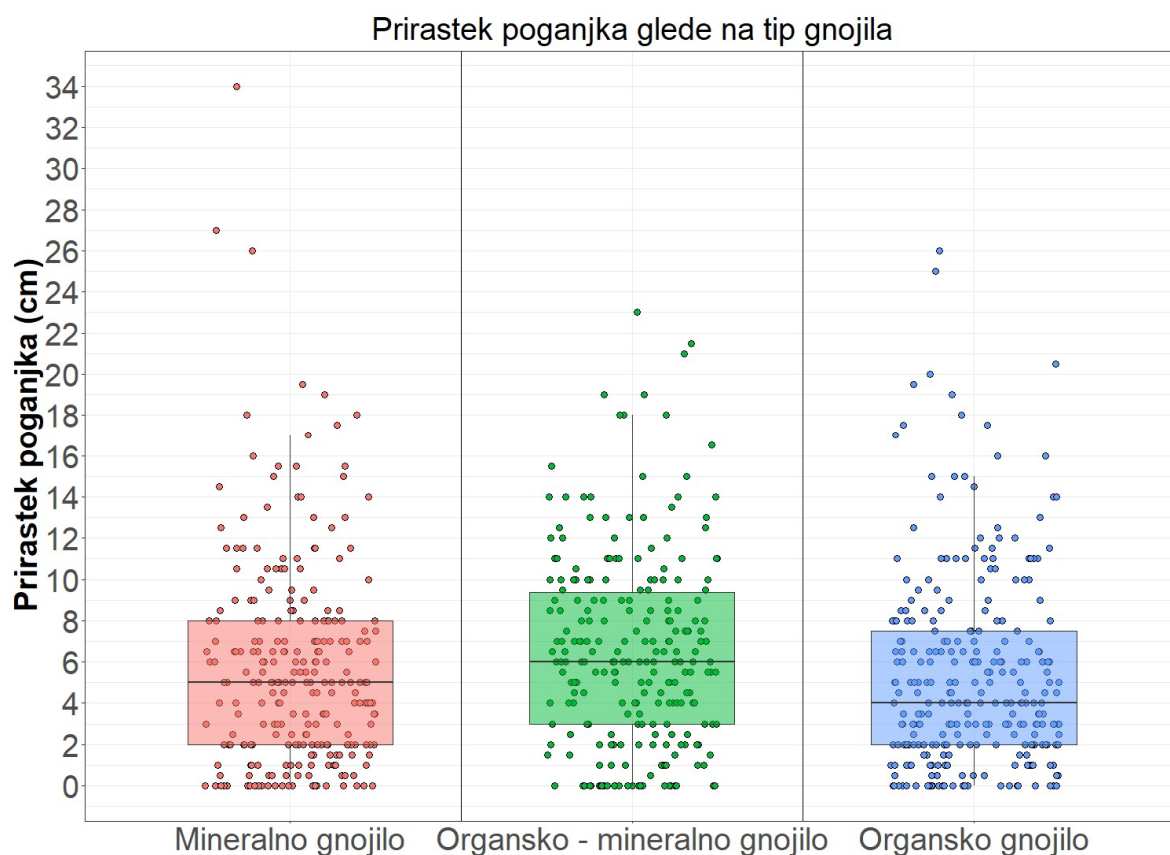
Večje razlike med obravnavami so bile opazne pri štetju končnega števila plodov na poganku oktobra (slika 2). Podobno kot pri cvetenju so bile statistično pomembne razlike v končnem številu plodov na poganku ugotovljene med MG in OG ter med OMG in OG. Povprečne

vrednosti so bile: 7,02 ploda na poganjek pri oljkah, gnojenih z MG, 7,38 pri tistih, gnojenih z OMG, in 5,95 pri tistih, gnojenih z OG. Ta razlika približno enega ploda na poganjek, zlasti glede na to, da so oljke razmeroma mlade, pomeni skoraj 20-odstotno povečanje pridelka pri oljkah, gnojenih z OMG, v primerjavi z OG. Manjši pridelek na drevesih, gnojenih z OG, je mogoče pripisati počasnejši mineralizaciji hranil v OG, saj se v prvem letu po nanosu mineralizira le 15–20 % organsko vezanega dušika, medtem ko se 70 % mineralizira postopoma v naslednjih letih (Mihelič in sod., 2010). Več avtorjev je poročalo, da kombinacija MG in OG pozitivno vpliva na cvetenje in razvoj plodov pri oljkah (Hagagg in sod., 2012; Mohamad in sod., 2014; Roussos in sod., 2017). Prisotnost organske snovi v tleh zaradi dolgotrajne uporabe OG kot edinega vira gnojila je morda omogočila boljšo absorpcijo hranil v tleh in oljkah, kjer so bili uporabljeni MG in OMG. Pekcan in sod. (2009) so opazili znatno povečan pridelek pri oljkah, gnojenih s kombinacijo OMG in hlevskega gnoja, v primerjavi s kombinacijo MG in hlevskega gnoja ter MG samim. Vendar v našem podnebjju nismo opazili tako izrazitih razlik, čeprav smo ugotovili, da so oljke, gnojene z OMG, imele nekoliko višje povprečno število plodov (statistično neznačilno) v primerjavi z MG – približno 5 % višje.



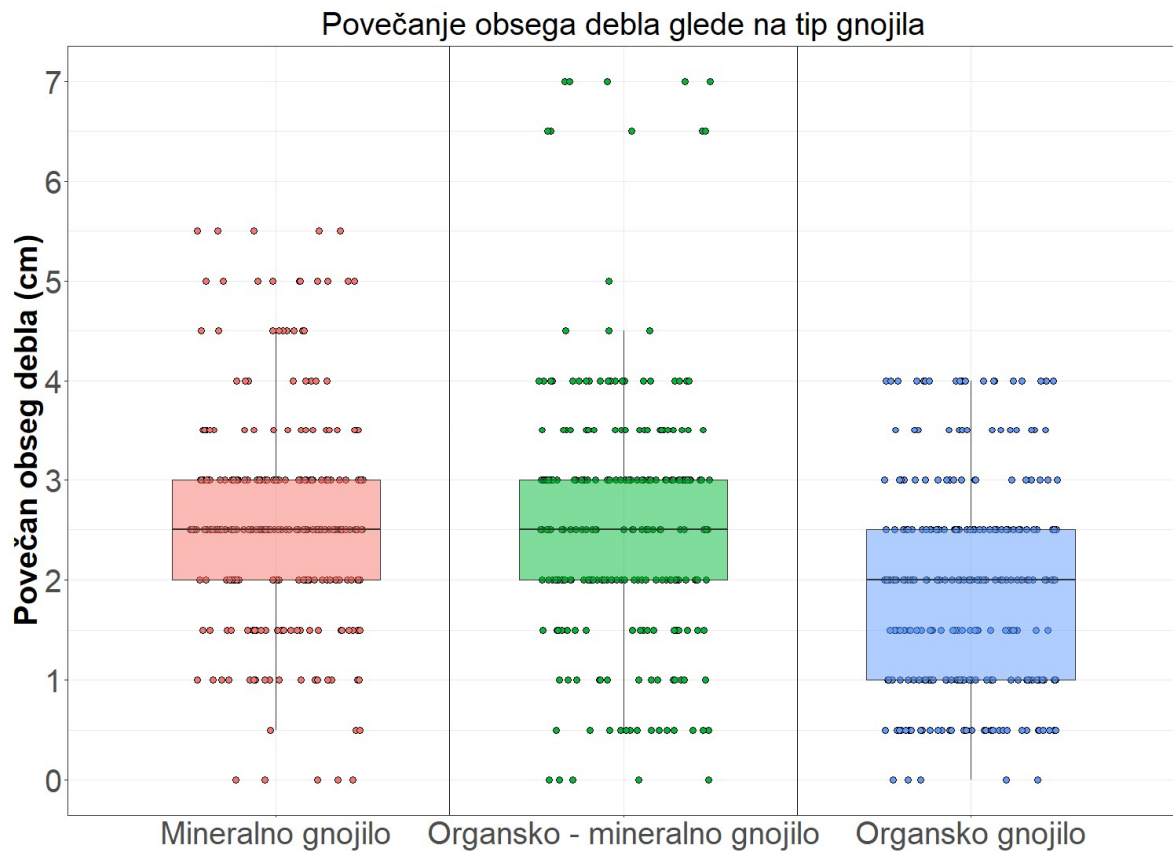
Slika 2: Povprečno število plodov na poganjek v odvisnosti od vrste gnojila med letoma 2018 in 2022.

Drug pomemben pokazatelj učinkovitosti gnojenja je prirast poganjkov. V okviru študije je bila pred cvetenjem izmerjena dolžina enoletnih poganjkov, meritev pa je bila ponovljena pred obiranjem (oktobra). Razlika je bila opazna predvsem med OMG in OG (slika 3). OMG je imel najvišji povprečni prirast (6,5 cm), medtem ko so oljke, gnojene z OG, imele najnižjega (5,38 cm), kar kaže na 12 % večji prirast poganjkov pri oljkah, gnojenih z OMG. Vendar nismo ugotovili korelacije med prirastom poganjkov, končnim številom plodov ali intenzivnostjo cvetenja.



Slika 3: Povprečen prirastek (cm) v odvisnosti od vrsto gnojila med letoma 2018 in 2022

Pred začetkom poskusa in po vsaki sezoni smo izmerili obseg debla vsake oljke, vključene v raziskavo. Rezultati na sliki 4 kažejo boljšo vegetativno rast dreves, gnojenih z MG ali OMG, v primerjavi z OG, kjer se je obseg debla povečal za približno 26 % manj kot pri drugih obravnavah.

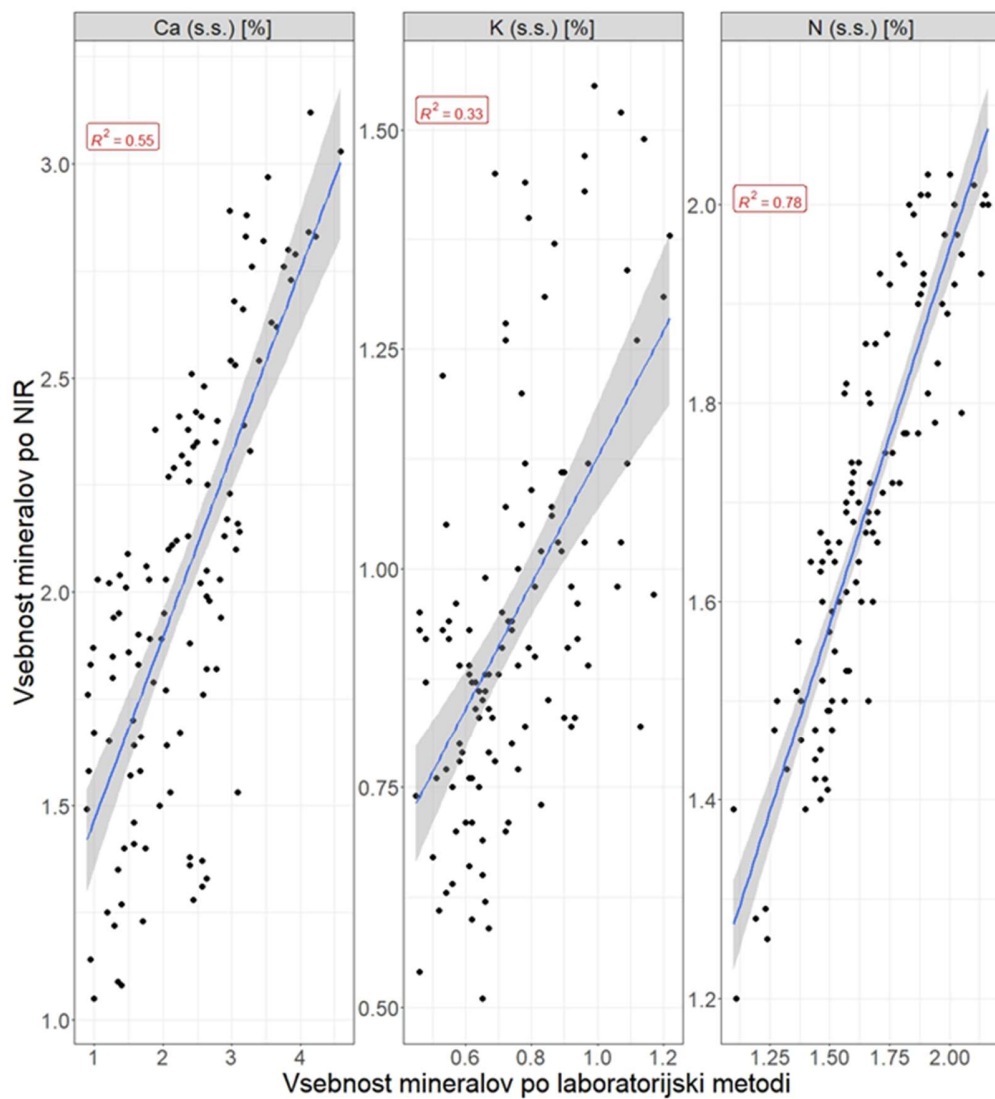


Slika 4: Povprečna sprememba obsega debla (cm) v odvisnosti od tipa gnojila med letoma 2018 in 2022

3.3 Rezultati vegetativne rasti in rodnosti

Skozi vse delovne sklope projekta smo zbirali vzorce listov in analizirali vsebnost mineralov. Izvedli smo primerjalno analizo vsebnosti mineralov po standardni laboratorijski in NIR metodi. Osredotočili smo se na analize fosforja, kalija, magnezija, kalcija in dušika. Med vsemi analiziranimi minerali smo najboljše rezultate linearnega regresijskega modela dosegli pri kalciju, kaliju in dušiku. Rezultati so prikazani na sliki 5. Od teh treh elementov smo najnižjo vrednost R^2 zabeležili pri kaliju (0,33), nekoliko višjo pri kalciju (0,55) in najvišjo pri dušiku (0,78). Pri dušiku so rezultati najbolj obetavni, saj so rezultati, pridobljeni z NIR metodo, primerljivi s tistimi iz običajnih laboratorijskih analiz, in na podlagi linearnega regresijskega modela lahko zaključimo, da z NIR metodo dokaj natančno ocenimo prehranjenost oljčnih listov z dušikom v 78 % primerov.

Z različnimi statističnimi pristopi in dodatnimi analizami bo mogoče v prihodnje izboljšati modele za vse tri elemente ter razviti metodo za hitrejšo in cenejšo analizo mineralov v oljčnih listih.



Slika 5: Primerjalna analiza vsebnosti hranil v listih po NIR in laboratorijski metodi

4. Zaključek

Rezultati raziskave kažejo na boljšo učinkovitost izkoriščanja hranil pri gnojenju z MG ali OMG, kar je pričakovano, saj se hranila v OG sproščajo nekoliko počasneje kot pri drugih gnojilih, kljub podobnim odmerkom dušika v vseh obravnavah. V našem zmernem sredozemskem podnebj, kjer je vsebnost organske snovi v tleh relativno visoka v primerjavi s sušnimi regijami, se hranila iz MG in OMG lažje inkorporirajo v tla, kar zmanjša tveganje izpiranja ali odtekanja hranil. Večletna predhodna uporaba OG pred poskusom je dodatno obogatila tla z organsko snovjo. Kljub temu so bili rezultati uporabe OG še vedno zadovoljivi.

Možna zamenjava dela MG ali OMG z OG, kot je kozji gnoj, bi lahko zmanjšala stroške gnojenja in pozitivno vplivala na tla v oljčnih nasadih ter na okolje. Površinska obdelava tal ob uporabi OG je morda prav tako prispevala k zadovoljivim rezultatom pri tej vrsti gnojila. Večkratna vožnja s traktorjem lahko v oljčnih nasadih povzroči zbitost tal, kar ovira prodiranje vode in hranil v globlje plasti. Plitva površinska obdelava, izvedena pred in po gnojenju z OG, je morda to težavo ublažila. Dolgoročno gnojenje z OG v celotnem oljčnem nasadu je verjetno obogatilo tla s hranili in organsko snovjo, kar je vplivalo na rezultate poskusa. Nizke vsebnosti fosforja (P) in kalija (K) v uporabljenem OMG v primerjavi z drugimi gnojili kažejo, da so bila tla morda že dobro oskrbljena s temi hranili. Posledično dodatno gnojenje s P in K pri MG in OG ni prispevalo k boljši vegetativni rasti ali rodnosti oljk, kar potrjujejo tudi rezultati raziskave Centeno in Gomez-del-Campo (2011). Primerjava standardne laboratorijske metode in NIR analize, kjer smo primerjali fosfor, kalij, magnezij, kalcij in dušik, je pokazala najboljše ujemanje linearne regresijskega modela pri kalciju, kaliju in zlasti dušiku, kjer smo v približno 78 % primerov zanesljivo ocenili vsebnost dušika v oljčnih listih. Nadaljnje izboljšave statističnih modelov bi lahko omogočile hitrejšo in cenovno ugodnejšo analizo mineralov v prihodnje.

Višje cene gnojil v zadnjih letih so mnoge pridelovalce spodbudile k iskanju alternativnih načinov gnojenja za zagotavljanje kakovosti in visokih donosov. Kombinacija OG z MG ali OMG bi lahko predstavljala izvedljivo alternativo konvencionalnemu gnojenju in znatno zmanjšala proizvodne stroške oljk v zmernem sredozemskem podnebj.

5. Zahvala

Avtorji se iskreno zahvaljujejo financerjem projekta — Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije ter Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano — za finančno podporo pri izvedbi raziskave. Posebna zahvala gre župniku Janezu Kobalu, družini Busija ter sodelavcem Inštituta za oljkarstvo ZRS Koper za njihovo pomoč, podporo in sodelovanje. Zahvaljujemo se tudi vsem ostalim, ki so med letoma 2022 in 2025 na kakršen koli način prispevali k poteku in uspešni izvedbi raziskave.

6. Viri in literatura

Al-Azzawi, A.K.T., Al-Ishaqi, J.M.K., 2022. Effect of organic and NPK fertilizers on some chemical traits of seedlings of two olive cultivars *Olea europaea* L. *Euphrates J. Agric. Sci.* 14, 159–170.

Al-Kahtani, S.H., Ahmed, M.A., 2012. Effect of Different Mixtures of Organic Fertilizers on Vegetative Growth, Flowering, Fruiting and Leaf Mineral Content of Picual Olive Trees. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 12 (8): 1105-1112

Arji, I., Safari, M., Hadavi, I., 2021. Effects of Different Organic Manures and Chemical Fertilizers on Yield and Yield Component of Olive *Olea Europaea* L.) Cv Zard In Kermanshah Province. *Agrotechniques in Industrial crops*, 1(2): 61-70

Berg, H., Maneas, G., Salguero Engström, A., 2018. A Comparison between Organic and Conventional Olive Farming in Messenia, Greece. *Horticulturae* 4, 15.

Bouhafa, K., Moughli, L., Bouchoufi, K., Douaik, A., Daoui, K., 2014. Nitrogen fertilization of olive orchards under rainfed Mediterranean conditions. *Am. J. Exp. Agric.* 4, 890–901.

Centeno, A., García, J.M., Gómez-del-Campo, M., 2018. Effects of Nitrogen Fertilization and Nitrification Inhibitor Product on Vegetative Growth, Production and Oil Quality in ‘Arbequina’ Hedgerow and ‘Picual’ Vase-Trained Orchards. *Grasas Aceites* 68, 215.

Centeno, A., Gomez-del-Campo, M., 2011. Response of Mature Olive Trees with Adequate Leaf Nutrient Status to Additional Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Fertilization. *Acta Hortic.* 888, 277–280.

Comino, F., Ayora-Cañada, M.J., Aranda, V., Díaz, A., Domínguez-Vidal, A., 2018. Near-infrared spectroscopy and X-ray fluorescence data fusion for olive leaf analysis and crop nutritional status determination. *Talanta* 188, 676–684.

Evropska komisija. 2020. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52020DC0381>

Direktiva Sveta z dne 12. decembra 1991, o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov. Uradni list L 375 , 31/12/1991 str. 0001 - 0008. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=CELEX:31991L0676>

- El-Alakmy, D., Nagaty, M., Sourour, M., El-Deeb, M., 2018. Effect of Bio and Organic Fertilizers on Flowering, Yield, and Fruit Quality of Kalamata Olive Trees under North Sinai Condition. *J. Plant Prod.* 9, 939–945. <https://doi.org/10.21608/jpp.2018.36607>
- Fayed, T.A., 2005. Effect of some organic manures and biofertilizers on Anna apple trees. Yield and fruit characteristics. *Egypt J. Appl. Sci.* 20, 176–191.
- Fernández-Escobar, R., Fernández-Escobar, R., 2018. Trends in olive nutrition. *Acta Horti* 1199, 215–224.
- Fernández-Escobar, R., García-Novelo, J.M., Restrepo-Díaz, H., 2011. Mobilization of nitrogen in the olive bearing shoots after foliar application of urea. *Sci Hort* 127, 452–454.
- Fernández-Escobar, R., In, F., Barranco, D., Fernández-Escobar, R., Rallo, L., editores, 1997. *El cultivo del olivo*. Mundi-Prensa-Junta de Andalucía, Madrid.
- Fernández-Escobar, R., R., M., L., S.-Z., M.A., G.-N., J.M., M.-S., C., P., M.A., 2009. Long-term effects of N fertilization on cropping and growth of olive trees and on N accumulation in soil profile. *Eur J Agron* 31, 223–232.
- Ferreira, J., J., G.-O., Frias, L., Fernández, A.L. nutrientes N., P., 1986. K en la fertilización del olivar. *Olea* 17, 141–152.
- García Zamorano, F., Ruiz Coleto, F., Cano Rodríguez, J., Pérez García, J., Luis Molina de la Rosa, J., 2004. *Suelo, riego, nutrición y medio ambiente en el olivar*. Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca: 178 str.
- Giandon, P., Bartolami, P., 2007. *L'interpretazione delle analisi del terreno: Strumento per la sostenibilità ambientale*. Dipartimento Provinciale di Treviso – Servizio Osservatorio Suolo e Rifiuti. ARPAV: 74 str.
- Gutiérrez, M.E., Leirós, M.C., Trasar-Cepeda, C., Gil-Sotres, F., 2012. Effects of moisture and temperature on net soil nitrogen mineralization: A laboratory study. *Eur. J. Soil Biol.* 48, 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2011.07.015>
- Haberman, A., Dag, A., Shtern, N., Zipori, I., Erel, R., Ben-Gal, A., Yermiyahu, U., 2019. Significance of Proper Nitrogen Fertilization for Olive Productivity in Intensive Cultivation. *Sci. Hort.* 246, 710–717.
- Hagagg, L.F., El-Migied, M.M.M., Shahin, M.F.M., Hassan, H.S.A., El-Ashry, S., N, P., 2012. Effect of mineral and organic fertilization rates on vegetative growth. *Aust. J. Basic Appl. Sci.* 6, 570–576.

Haggag, L.F., Merwad, M.A., Shahin, M.F.M., Fouad, A.A., 2014. Effect of NPK and Bio-Fertilizers as Soil Application on Promoting Growth of Toffahi Olive Seedl. *Greenh. Cond. J. Agric. Technol.* 10, 1607–1617.

Hernández, T., Chocano, C., Moreno, J.-L., García, C., 2014. Towards a more sustainable fertilization: combined use of compost and inorganic fertilization for tomato cultivation. *Agric Ecosyst Env.* 196, 178–184.

Hodnik, A., 1988. Chemical analyses of soil and plant samples and leachate (Kemične analize talnih vzorcev, rastlinskih vzorcev in odcednih vod, in: Biotechnical Faculty. Ljubljana, Slovenija, 4–95

Hussein, A.H.A., 2008. Response of Manzanillo olive (*Olea europaea*, L.) cultivar to irrigation regime and potassium fertigation under tabouk conditions, Saudi Arabia. *J Agron* 7, 285–296.

ISO 10390:2005 - Soil quality - Determination of pH

Leskošek M. 1993. Gnojenje.- Ljubljana: Kmečki glas, 197 str

Lu, H.J., Ye, Z.Q., Zhang, X.L., Lin, X.Y., Ni, W.Z., 2011. Growth and Yield Responses of Crops and Macronutrient Balance Influenced by Commercial Organic Manure Used as a Partial Substitute for Chemical Fertilizers in an Intensive Vegetable Cropping System. *Phys. Chem. Earth Parts ABC* 36, 387–394.

Mihelič, R., Čop, J., Jakše, M., Štampar, F., Majer, D., Tojnik, S., Vršič, S., Grčman, Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje, 2010. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano; 183 str.

Mohamad, R.S., Verrastro, V., Cardone, G., Bteich, M.R., Favia, M., Moretti, M., Roma, R., 2014. Optimization of Organic and Conventional Olive Agricultural Practices from a Life Cycle Assessment and Life Cycle Costing Perspectives. *J. Clean. Prod.* 70, 78–89.

NF X 31-122. Extraction du bore soluble à l'eau bouillante, 1993. , in: *Qualité des sols.* AFNOR, pp. 91–95.

Pekcan, T., Turan, H.S., Çolakoğlu, H., 2009. Effects of Organomineral, Mineral and Farmyard Manures on The Yield and Quality of Olive Trees (*Olea Europaea* L. University of California. <https://escholarship.org/uc/item/38303984>

Restrepo-Díaz, H., Benlloch, M., Fernández-Escobar, R., 2008. Potassium fertilization of rainfed olive orchards. *Sci. Hortic.* 116, 399–403.

Rodrigues, A., Pavão, F., Lopes, J.I., Gomes, V., Arrobas, M., Moutinho-Pereira, J., Ruivo, S., Cabanas, J.E., C.M, C., 2011. Olive Yields and Tree Nutritional Status during a Four-Year Period without Nitrogen and Boron Fertilization. *Commun Soil Sci Plant Anal* 42, 803–814.

Rotbart, N., Schmilovitch, Z., Cohen, Y., Alchanatis, V., Erel, R., Ignat, T., Shenderay, C., Dag, A., Yermiyahu, U., 2013. Estimating olive leaf nitrogen concentration using visible and near-infrared spectral reflectance. *Biosyst. Eng.* 114, 426–434.

Roussos, P.A., Gasparatos, D., Kechrologou, K., Katsenos, P., Bouchagier, P., 2017. Impact of Organic Fertilization on Soil Properties, Plant Physiology and Yield in Two Newly Planted Olive (*Olea Europaea* L.) Cultivars under Mediterranean Conditions. *Sci. Hortic.* 220, 11–19.

Rubio-Delgado, J., Pérez, C.J., Vega-Rodríguez, M.A., 2021. Predicting leaf nitrogen content in olive trees using hyperspectral data for precision agriculture. *Precis. Agric.* 22, 1–21.

Sierra, J., 1997. Temperature and soil moisture dependence of N mineralization in intact soil cores. *Soil Biol. Biochem.* 29, 9/10: 1557–1563. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(96\)00288-X](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(96)00288-X)

SIST ISO 11261:1995 - Soil quality - Determination of total nitrogen - Modified Kjeldahl method

SIST ISO 14235:1999 - Soil quality — Determination of organic carbon by sulfochromic oxidation

United Nations, 2022. Statement attributable to the Spokesperson for the Secretary-General - on the shipment of fertilizer from Russian Federation producers | Secretary-General | United Nations. <https://www.un.org/sg/en/content/sg/statements/2022-11-29/statement-attributable-the-spokesperson-for-the-secretary-general-the-shipment-of-fertilizer-russian-federation-producers> (accessed 11.20.25).

Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (PISRS), Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2. 1996 <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=URED114> (12. 11. 25).

Uredba o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov (PISRS). Uradni list RS, št. 113/09, 5/13, 22/15, 12/17 in 44/22 – ZVO-2, 2009. <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=URED5124> (12. 11. 2025).

Popović Ž., 1963. *Agrohemija*. Savremena administracija, Beograd. 303 str.

Zipori, I., Erel, R., Yermiyahu, U., Ben-Gal, A., Dag, A., 2020. Sustainable Management of Olive Orchard Nutrition: A Review. *Agriculture* 10(1), 11: 21 str. <https://doi.org/10.3390/agriculture10010011>

Zipori, I., Yermiyahu, U., Erel, R., Presnov, E., Faingold, I., Ben-Gal, A., Dag, A., 2015. The influence of irrigation level on olive tree nutritional status. *Irrig Sci* 33, 277–287.

