



Procena pristupačnosti azota, fosfora i kalijuma u organskim đubrivima metodom aerobne inkubacije

Ranko Čabilovski^{a*}, Maja Manojlović^a, Dragan Kovačević^a, Mirna Štrbac^a,
Klara Petković^a, Mirjana Vijuk^a

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

*Autor za kontakt: ranko@polj.uns.ac.rs

SAŽETAK

Cilj ovog istraživanja bio je da se utvrdi mineralizacioni potencijal različitih organskih đubriva (OĐ), dinamika oslobađanja makroelemenata, i udeo lakomineralizujućih oblika u ukupnom sadržaju makroelemenata u različitim OĐ.

U inkubacionom eksperimentu analizirano je pet različitih OĐ biljnog i životinjskog porekla: suncokretova sačma (S), glistenjak (V), potrošeni kompost iz proizvodnje šampinjona (SMC), ovčiji stajnjak (SM) i goveđi stajnjak (BM). Zemljište vlažnosti 70% od poljskog vodnog kapaciteta je pomešano sa samlevenim OĐ i inkubirano u PVC posudama 62 dana na konstantnoj temperaturi (27°C) u tamnim uslovima. Organska đubriva su primenjena u količini ekvivalentnoj 5 mg azota (N), a sadržaj mineralnog N, pristupačnog fosfora (P) i kalijuma (K) analiziran je svakih 7 dana tokom trajanja inkubacije. Maksimalna vrednost neto N mineralizacije izmerena je za SM (46,4% od ukupno primenjenog N), a najniža za SPM (30,1% od ukupno primenjenog N). Najveći sadržaj pristupačnog P na kraju inkubacije utvrđen je u BM (61,6% od ukupnog primenjenog P). Značajno niži sadržaj u odnosu na BM imali su V (40,3%) i SM (42,9%), dok su najniže vrednosti izmerene za S, (32,6%) i SMC (32%). Primena BM je dovela do povećanja pristupačnog K u zemljištu u odnosu na kontrolu, koji je na kraju inkubacije iznosio 79,4% od ukupno primenjenog K. Značajno niže vrednosti izmerene su za SMC (51,1%) i SM (67,8%), dok su najniže vrednosti izmerene za S (42,2%) i V (45,9%). Pristupačnost P i K u analiziranim OĐ bila je viša u odnosu na N. Ukoliko se količina primene OĐ određuje na osnovu sadržaja ukupnog N kao što je predviđeno zakonskim regulativama (170-210 kg N ha⁻¹), u zemljište se mogu uneti značajno veće količine P i K koje će tokom mineralizacije postati pristupačne gajenim biljkama u većoj meri u odnosu na N.

KLJUČNE REČI Pristupačnost makroelemenata, stajnjak, kompost, glistenjak, suncokretova sačma

Uvod

Pod organskim đubrivima (OĐ) podrazumeva se heterogena grupa materijala životinjskog i/ili biljnog porekla koji sadrže hranljive elemente u obliku kompleksnih organskih molekula koji procesom mineralizacije prelaze u neorganske, biljkama pristupačne oblike (Lampkin, 2000). Organska đubriva imaju značajno nižu koncentraciju hranljivih elemenata u odnosu na sintetička mineralna đubriva. Takođe, za razliku od mineralnih đubriva gde se hranljivi elementi nalaze u pristupačnim oblicima za biljke, kod OĐ period u kome hranljivi elementi postaju pristupačni gajenim biljkama je značajno duži, pošto je mineralizacija biohemijski proces koji je uslovljen aktivnošću zemljišnih mikroorganizama i brojnim drugim faktorima (Cassity-Duffey et al., 2020). Iz tog razloga teško je predvideti dinamiku oslobađanja hraniva iz OĐ i uskladiti je sa potrebama useva (Keskinen et al., 2017; Osterholz et al., 2017).

Opšte je poznato da postoji veza između dinamike mineralizacije organskog N i biohemijskih karakteristika OĐ. Ukupan sadržaj N i C/N odnos su najznačajnija hemijska svojstva od kojih zavisi dinamika mineralizacije i oslobađanje mineralnog N (Montealegre et al., 2019; Burgos et al., 2006). S druge strane, znatno manje istraživanja se odnosi na oslobađanje P i K tokom procesa mineralizacije.

Organska đubriva sadrže više hranljivih elemenata, te je čest slučaj da se primenom đubriva u količini kojom se zadovoljavaju zahtevi biljaka u jednom hranljivom elementu, drugi elementi unose u zemljište u suvišku ili u nedovoljnoj količini. Torbert et al. (2005) navode da višegodišnja primena OĐ u količini kojom se zadovoljavaju zahtevi biljaka prema N, dovodi do drastičnog povećanja pristupačnog P u zemljištu, što na lakšim peskovitim zemljištima sa visokim nivoom podzemnih voda može imati negativan uticaj na životnu sredinu usled ispiranja (proces eutrofikacije) (Karimi et al., 2018).

Nekontrolisana i prekomerna primena OĐ može da dovede do negativnih pojava kao što su: ispiranje N u podzemne vode, unošenje teških metala i štetnih organskih supstanci, širenje korova,

zagađenje zemljišta štetnim mikroorganizmima i dr. Iz tog razloga, u skladu sa EC regulativom 1804/1999 za organsku proizvodnju, kao i Nitratnom direktivom (1991) predviđen je maksimalni godišnji unos OĐ u količini ekvivalentne 170 kg N ha⁻¹.

Cilj ovog istraživanja bio je da se utvrdi mineralizacioni potencijal različitih OĐ, dinamika oslobađanja makroelemenata, i udeo lakomineralizujućih oblika u ukupnom sadržaju makroelemenata u različitim OĐ.

Material i metod rada

U laboratorijskim uslovima, vršena je inkubacija površinskog sloja zemljišta (0-30 cm), beskarbonatnog černozema, na kome je planirano postavljanje poljskog ogleada. Zemljište je uzeto sa parcele Oglednog polja za voćarstvo, vinogradarstvo, hortikulturu i pejzažnu arhitekturu, Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu, koje se nalazi na Rimskim Šančevima (45°20'24.44"N, 19°50'22.32"E).

Prilikom uzimanja uzoraka vlažnost zemljišta bila je iznad poljskog vodnog kapaciteta (PVK), pa je po donošenju u laboratoriju zemljište osušeno na sobnoj temperaturi dok se sadržaj vlage nije spustio do vrednosti 70% PVK (18,2% m/m) (Vučić, 1964). Zemljište nije sušeno u sušnici u cilju što manjeg remećenja mikrobiološke aktivnosti. Vidljivi ostaci biljnog materijala su ručno otklonjeni, a veći agregati zemljišta usitnjeni. Osnovna hemijska svojstva zemljišta prikazana su u Tabeli 1.

Tabela 1

Osnovna hemijska svojstva zemljišta

Table 1

Basic chemical properties of soil

pH (u KCl)	pH (u H ₂ O)	CaCO ₃ (mg g ⁻¹)	Humus (mg g ⁻¹)	AL-P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	AL-K ₂ O (mg kg ⁻¹)
7,18	7,96	8,30	20,5	57	215

Ukupno pet različitih OĐ ispitano je metodom aerobne inkubacije u laboratorijskom eksperimentu: suncokretova sačma (*Helianthus annuus*), glistenjak, potrošeni kompost iz proizvodnje šampinjona (*Agaricus bisporus*), ovčiji stajnjak i goveđi stajnjak. Hemijski sastav OĐ prikazan je u Tabeli 2.

Tabela 2

Hemijski sastav organskih đubriva ispitanih u inkubacionom eksperimentu

Table 2

Chemical composition of the organic fertilizer analyzed in the incubation experiment

Organska đubriva	Suva materija (%)	Ukupan N (%)	Ukupan C (%)	C/N odnos	Ukupan P (%)	Ukupan K (%)
Suncokretova sačma	95,42	5,96	42,24	7,08	2,01	1,24
Kompost	80,26	1,65	18,37	11,11	0,99	1,51
Glisenjak	75,46	1,99	27,4	13,83	1,32	1,05
Ovčiji stajnjak	74,25	2,56	36,22	14,14	0,91	1,83
Goveđi stajnjak	76,36	2,71	36,95	16,64	0,89	2,34

Zemljište vlažnosti 70% PVK izmešano je sa samlevenim OĐ i smešteno u plastične posude zapremine 100 ml. Organska đubriva su dodata u količini koja je predstavljala 5 mg ukupnog N. Nakon punjenja, posude su zatvorene polupropustljivim voštanim parafilmom kako bi se smanjili gubici vode tokom inkubacije.

Inkubacija je trajala 62 dana bez prisustva svetlosti pri konstantnoj temperaturi od 28 °C. Ovako visoka temperatura za sprovođenje inkubacije je izabrana da bi mineralizacija OĐ bila što intenzivnija, a samim tim i preciznije izmerena.

Sadržaj vode u zemljištu održavan je na istom nivou merenjem mase posude sa zemljištem svakih 7 dana. Destilovana voda je dodavana svaki put kada bi smanjenje mase posude bilo veće od 0,05 g. Uzorak zemljišta bez OĐ inkubiran je kao kontrola kako bi se procenio mineralizacioni potencijal zemljišta, kao i da bi se mogao izračunati udeo mineralizovanog N u ukupnom sadržaju N u OĐ.

Sadržaj mineralnog N u posudama meren je svakih 7 dana uzimanjem po četiri ponavljanja od svakog tretmana. Mineralni N u zemljištu ekstrahovan je 2 M KCl (odnos KCl : zemljište, 4:1) i određen parnom destilacijom (Bremner, 1965). U istim uzorcima zemljišta određen je sadržaj pristupačnih oblika P i K nakon ekstrakcije AL rastvorom (Enger et al., 1960).

Neto mineralizacija (NM) OĐ računata je kao razlika između sadržaja mineralnog N i lakopristupačnog P i K (ekstrahovanog AL rastvorom) u posudama sa OĐ i sadržaja u posudama bez OĐ (samo zemljište, kontrola) prema jednačini:

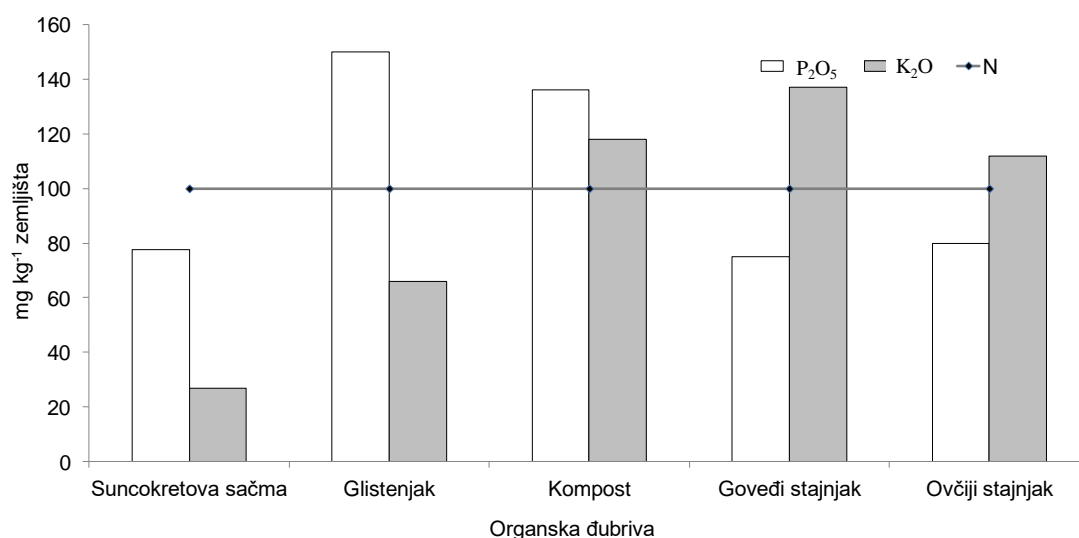
$$NM (\%) = ((T-K-P)/V) \times 100 \% \quad (1)$$

gde je *NM* neto mineralizacija OĐ; *T*, sadržaj mineralnog N, pristupačnog P i K u posudi sa primenjenim OĐ ($\text{mg NH}_4^+\text{-N} + \text{NO}_3^-\text{-N}$); *K*, sadržaj mineralnog N i pristupačnog P i K u posudi sa zemljištem bez OĐ; *P*, početni sadržaj mineralnog N i pristupačnog P i K; *V*, ukupan sadržaj N, P i K u OĐ.

Rezultati i diskusija

Ukoliko se količina primene OĐ određuje na osnovu sadržaja ukupnog N, kao što je predviđeno zakonskim regulativama koje se odnose na organsku proizvodnju, kao i Nitratnom direktivom, može se desiti da se u zemljište istovremeno unese značajno više P i K od godišnje potrebe biljaka za ovim elementima.

Na grafikonu 1. prikazane su ukupne količine P i K koje su unete u zemljište putem različitih OĐ sa primenom 100 mg N kg⁻¹ zemljišta.



Grafikon 1.. Ukupne količine fosfora i kalijuma koje se unose u zemljište sa primenom organskih đubriva u količini ekvivalentnoj 100 mg N kg⁻¹ zemljišta.

Figure 1. Total amount of phosphorus and potassium introduced into the soil with the application of organic fertilizers in an amount equivalent to 100 mg N kg⁻¹ of soil

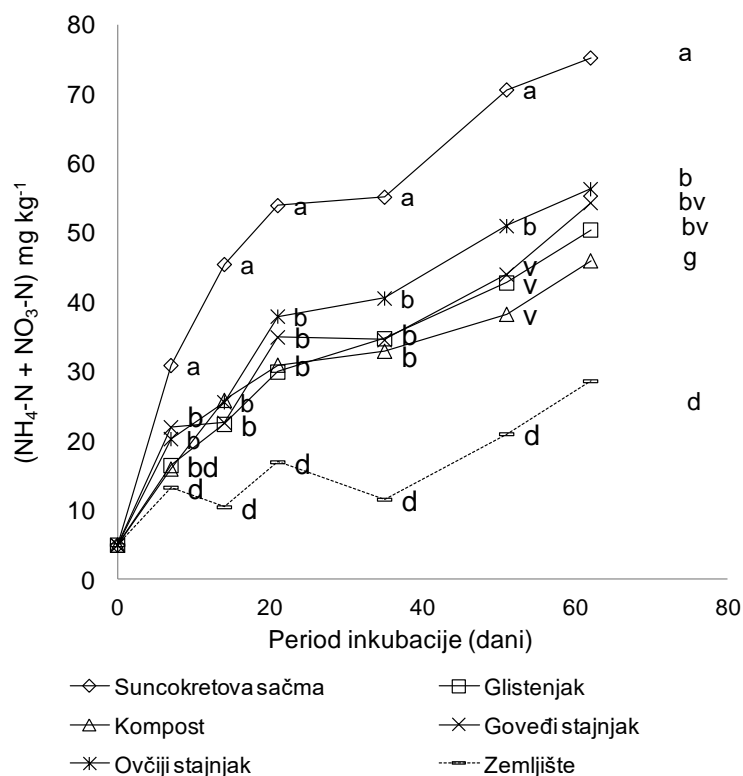
Ukoliko se količina primene OĐ određuje na osnovu sadržaja ukupnog N, kao što je predviđeno zakonskim regulativama (170-210 kg N ha⁻¹), primenom komposta i glistenjaka u zemljište se unosi za 40%, odnosno 50% više P od N. Sa druge strane, suncokretova sačma i goveđi i ovčiji stajnjak imali su značajno širi N/P odnos. Primenom ovih đubriva u zemljište se unosi u proseku 20% manje P od N. Pored nižeg sadržaja ukupnog P, suncokretova sačma odlikovala se i nižim sadržajem K u odnosu na ostala ispitivana OĐ. Ukoliko se đubriva primenjuju u količini kojima se unosi identična količina ukupnog N, stajnjakom, glistenjakom i kompostom se unosi do 5 puta više K u odnosu na

suncokretovu sačmu.

Na grafikonu 2 prikazan je sadržaj mineralnog N na kontroli (zemljište bez dodatka đubriva) i tretmanima koji su osim zemljišta sadržali istu količinu ukupnog N dodatog kroz različita OĐ.

Utvrđeno je da je od drugog termina merenja (14 dana nakon postavljanja ogleda) pa do kraja inkubacije sadržaj mineralnog N bio znatno viši na tretmanima sa primenjenim OĐ u odnosu na kontrolu, usled mineralizacije N iz OĐ dodatih u zemljište.

Na kraju inkubacije sadržaj mineralnih oblika N kod tretmana gde su dodata OĐ kretao se od 48.05 mg N kg⁻¹ (kompost-pečurke) do 75.2 mg N kg⁻¹ (suncokretova sačma). Preračunato na sloj zemljišta od 0-30 cm i površinu zemljišta od 1 ha, ove vrednosti su jednake 162,6 kg N ha⁻¹, odnosno 254,1 kg N ha⁻¹. Istovremeno, sadržaj mineralnih oblika N kod kontrole (zemljište bez OĐ) na kraju inkubacije iznosio je 28.63 mg N kg⁻¹, što je jednako 97.22 kg N ha⁻¹, preračunato za sloj zemljišta od 0-30 cm.

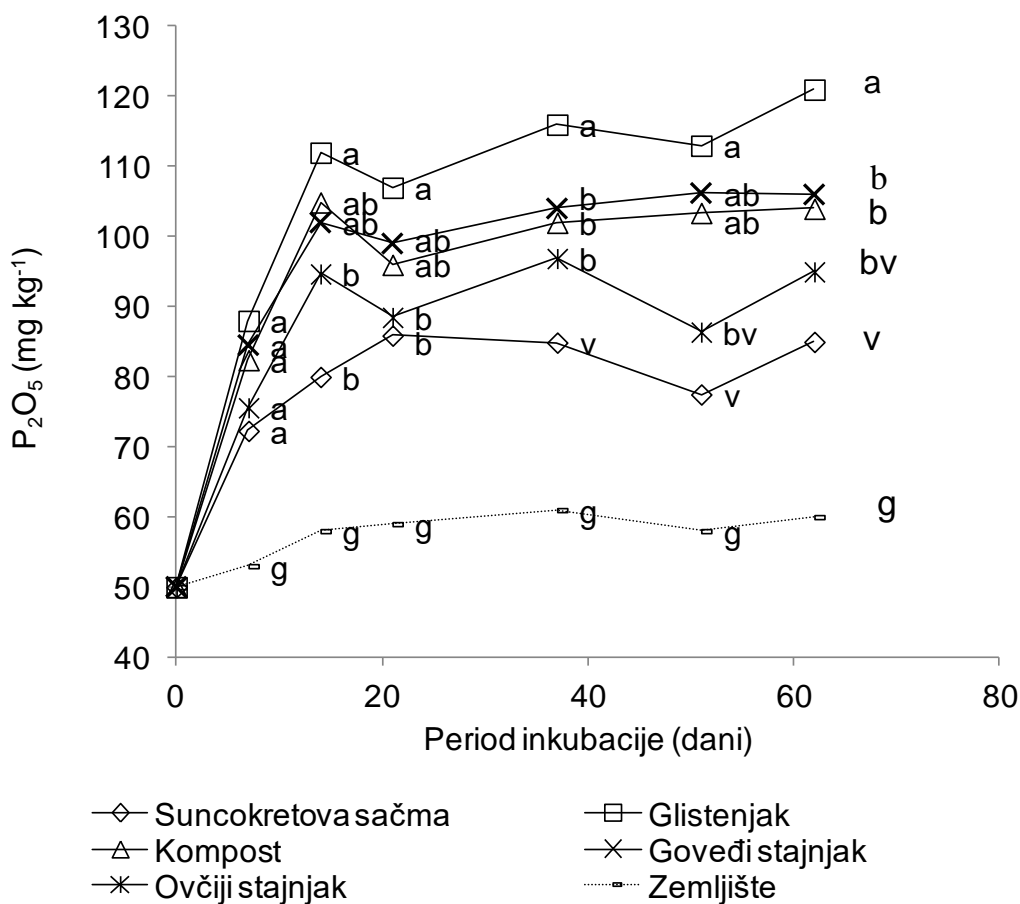


Grafikon 2. Sadržaj mineralnog azota (NH₄-N i NO₃-N) tokom inkubacije (mg kg⁻¹); *Vrednosti obeležene različitim slovima statistički su značajno različite (P<0.01).

Figure 2. Mineral nitrogen content (NH₄-N and NO₃-N) during incubation (mg kg⁻¹); *Values marked with different letters are statistically significantly different (P<0.01).

Sadržaj mineralnog N kod tretmana gde je primenjena suncokretova sačma bio je značajno viši u odnosu na ostale tretmane đubrenja, tokom celog perioda inkubacije. Najniži sadržaj mineralnog N među tretmanima sa OĐ izmeren je na tretmanu gde je primenjen kompost iz proizvodnje pečuraka (Graf. 2).

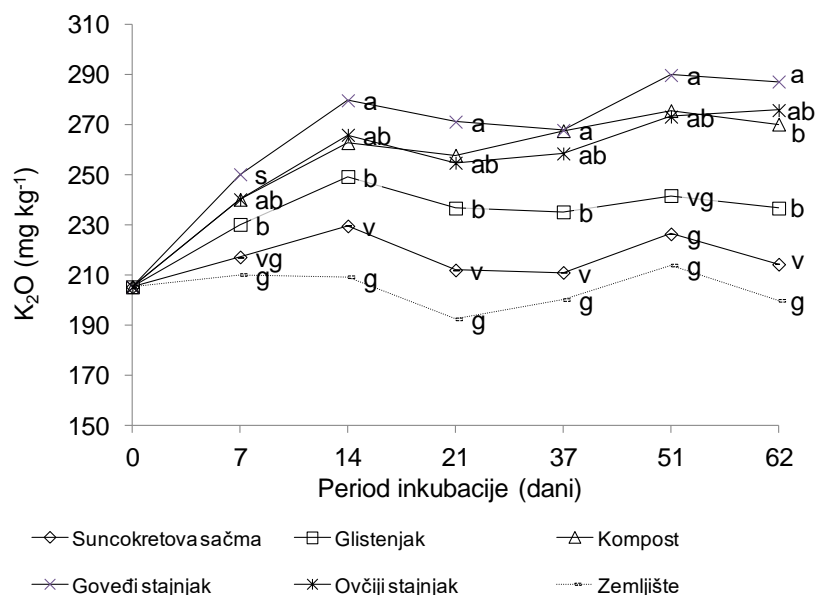
Na kraju inkubacije, kod svih pet ispitivanih đubriva sadržaj pristupačnih oblika P bio je značajno viši u odnosu na kontrolu. Najviši sadržaj mineralnih oblika P izmeren je na tretmanu sa glistenjakom (121 mg P₂O₅ kg⁻¹), koji je bio značajno viši od ostalih tretmana đubrenja. Kod ostalih tretmana đubrenja sadržaj pristupačnog P kretao se od 85 mg P₂O₅ kg⁻¹ (suncokretova sačma) do 106 mg P₂O₅ kg⁻¹ (govedi stajnjak). Na tretmanima sa stajnjakom, glistenjakom i kompostom izmereno je značajno više mineralnih oblika P u zemljištu u odnosu na tretman sa suncokretovom sačmom (Graf. 3).



Grafikon 3. Sadržaj pristupačnih oblika fosfora (AL-P₂O₅) tokom inkubacije (mg kg⁻¹); *Vrednosti obeležene različitim slovima statistički su značajno različite (P<0.01).

Figure 3. Content of available forms of phosphorus (AL-P₂O₅) during incubation (mg kg⁻¹); *Values marked with different letters are statistically significantly different (P<0.01).

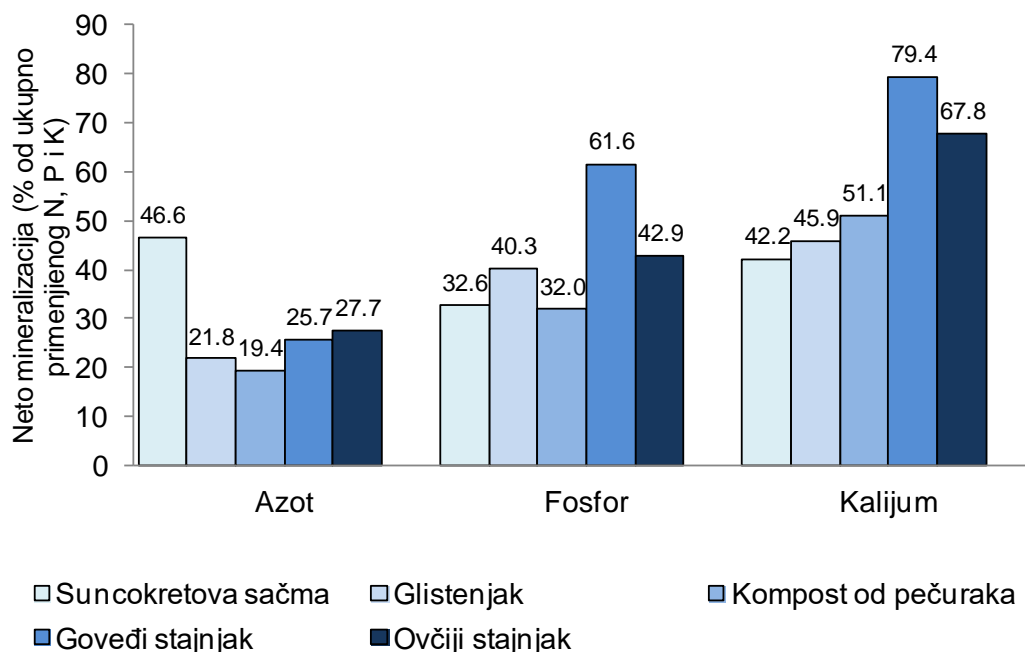
Pored višeg sadržaja N i P u zemljištu gde su primenjena OĐ, tokom celog perioda inkubacije, na svim tretmanima meren je i značajno viši sadržaj pristupačnih oblika K u odnosu na kontrolu. Najviši sadržaj pristupačnih oblika K izmeren je na tretmanima sa stajnjakom i kompostom (od 270 do 290 mg K₂O kg⁻¹). Značajno niži sadržaj pristupačnog K izmeren je na tretmanu sa glistenjakom (236 mg K₂O kg⁻¹), dok je najniži sadržaj među analiziranim OĐ izmeren na tretmanu sa suncokretovom sačmom (214 mg K₂O kg⁻¹) (Graf. 4).



Grafikon 4. Sadržaj pristupačnih oblika kalijuma (AL-K₂O) tokom inkubacije (mg kg⁻¹); *Vrednosti obeležene različitim slovima statistički su značajno različite (P<0.01).

Figure 4. Content of available forms of potassium (AL-K₂O) during incubation (mg kg⁻¹); *Values marked with different letters are statistically significantly different (P<0.01).

Da bi se procenila pristupačnost N, P i K u ispitivanim OĐ na kraju inkubacije, određena je neto mineralizacija (NM). Dobijene vrednosti praktično pokazuju koliko bi procenata od ukupno primenjene količine ovih elemenata postalo pristupačno biljkama nakon aplikacije. U grafikonu 5 su prikazane vrednosti mineralnog N i pristupačnog P i K na kraju inkubacije u analiziranim OĐ. Vrednost NM azota u analiziranim OĐ kretala se u intervalu od 19,5% do 46,6% od ukupno primenjenog N. Najveća vrednost NM na kraju inkubacije izmerena je kod suncokretove sačme (46,6%), dok su značajno niže vrednosti imali ovčiji stajnjak (27,6%), govedi stajnjak (25,7%) i glistenjak (21,8%). Najnižu vrednost NM je imao kompost iz proizvodnje pečuraka (19,5%). Vrednost NM ovog tretmana bila je značajno niža u odnosu na vrednosti NM suncokretove sačme i ovčijeg stajnjaka, ali ne i u odnosu na govedi stajnjak i glistenjak (Grafikon 5). Organska đubriva koja su analizirana u okviru inkubacionog ogleđa odlikovala su se različitim sadržajem ukupnog N i C/N odnosom, međutim za sva đubriva se moglo pretpostaviti da će osloboditi značajne količine mineralnih oblika N, jer su svi imali C/N odnos uži od 20 (Kranz et al., 2020). Najviši sadržaj pristupačnog P izmeren je kod govedeg stajnjaka (61,6% od ukupno primenjenog). Značajno niže vrednosti od govedeg stajnjaka imali su glistenjak (40,26%) i ovčiji stajnjak (42,9%), dok su najniže vrednosti izmerene kod suncokretove sačme (32,63%) i komposta (31,97%). Ovakvi rezultati su u saglasnosti sa istraživanjima Eghball (2000) koji u svom istraživanju navodi da je u prvoj godini nakon aplikacije govedeg stajnjaka pristupačnost P a 85% od ukupno primenjene količine, dok je kompostirani govedi stajnjak imao nešto niže vrednosti (73%). Autor zaključuje da je manja pristupačnost P u kompostiranom stajnjaku posledica hemijskih reakcija tokom procesa kompostiranja koje dovode do smanjenja pristupačnosti P usled povećanja otpornosti organskih jedinjenja koja sadrže P na razgradnju u procesu mineralizacije.



Grafikon 5. Sadržaj mineralnih/pristupačnih oblika azota, fosfora i kalijuma u organskim đubrivima (% od ukupno primenjene količine).

Figure 5. Content of mineral/available forms of nitrogen, phosphorus and potassium in organic fertilizers (% of the total amount applied).

Primena svih pet OĐ dovela je i do značajnog povećanja pristupačnog K u odnosu na kontrolni tretman. Primena govedeg stajnjaka dovela je do povećanja pristupačnog K u zemljištu u odnosu na kontrolu, koje je na kraju inkubacije iznosilo 79,36% od ukupno primenjenog K (Grafikon 5). Značajno niže vrednosti izmerene su za kompost (51,1%) i ovčiji stajnjak (67,8%), dok su najniže vrednosti izmerene za suncokretovu sačmu (42,2%) i glistenjak (45,9%). Wen et al. (1997) su u svom istraživanju ispitivali pristupačnost K iz različitih OĐ (kanalizacioni mulj, kompostirani kanalizacioni mulj i kompostirani stajnjak) metodom kojom se poredi pristupačnost K iz OĐ sa pristupačnošću K iz mineralnog kalijumovog đubriva, kalijum-hlorida (KCl). Autori zaključuju da od ukupne količine K koji se nalazi u OĐ, 89 – 100% postaje pristupačno biljkama u godini aplikacije, odnosno da je primena OĐ imala identičan uticaj na prinos salate i sadržaj pristupačnih oblika K u zemljištu kao i primena iste količine K kroz KCl. Sa druge strane, Motavalli et al. (1989) u svom istraživanju navode nešto niže vrednosti za pristupačnost K iz stajnjaka muznih krava (73%). Visoku pristupačnost K iz stajnjaka navode i Safley et al., (1986). Ovako visoku pristupačnost autori objašnjavaju činjenicom da u govedem stajnjaku preko 70% K potiče iz urina goveda, te da je K u ovom obliku u potpunosti pristupačan biljkama odmah nakon aplikacije

Zaključci

Najveća vrednost neto mineralizacije N izmerena je za suncokretovu sačmu (46,4% od ukupno primenjenog N), a najmanja za kompost iz proizvodnje pečuraka (30,12% od ukupno primenjenog N). Primena svih pet OĐ pored povećanja koncentracije mineralnih oblika N dovela je i do značajnog povećanja koncentracije pristupačnog P i K u zemljištu u odnosu na kontrolni tretman.

Najviši sadržaj pristupačnog P na kraju inkubacije, izmeren je kod govedeg stajnjaka (61,57% od ukupno primenjenog). Značajno niže vrednosti od govedeg stajnjaka imali su glistenjak (40,26%) i ovčiji stajnjak (42,9%), dok su najniže vrednosti izmerene kod suncokretove sačme i (32,63%) komposta (31,97%). Primena govedeg stajnjaka dovela je do povećanja pristupačnog K u zemljištu u odnosu na kontrolu, koje je na kraju inkubacije iznosilo 79,36% od ukupno primenjenog K. Značajno niže vrednosti izmerene su za kompost (51,1%) i ovčiji stajnjak (67,8%), dok su najniže vrednosti izmerene za suncokretovu sačmu (42,2%) i glistenjak (45,9%).

Ukoliko se količina primene OĐ određuje na osnovu sadržaja ukupnog N kao što je predviđeno zakonskim regulativama (170-210 kg N ha⁻¹), u zemljište se mogu uneti značajno veće količine P i K

koje će tokom mineralizacije postati pristupačne gajenim biljkama u većoj meri u odnosu na N.

Zahvalnica

Ubacuje se po potrebi. Naziv i broj projekta, odnosno naziv programa u okviru koga je članak nastao, kao i naziv institucije koja je finansirala projekat ili program navodi se ovde.

Literatura

- Kranz, C.N., McLaughlin, R.A., Johnson, A., Miller, G., Heitman, J.L. 2020. The effects of compost incorporation on soil physical properties in urban soils—A concise review. *J. Environ. Manage.* 26: 110209.
- Berry, P.M., Sylvester-Bradley, R., Philipps, L., Hatch, D.J., Cuttle, S.P., Rayans, F.W., Gosling, P. 2002. Is the productivity of organic farms restricted by the supply of available nitrogen? *Soil Use Manag.* 18: 248-255.
- Bremner, J. M. 1965. Nitrogen availability indexes. In: Black, C.A. (Ed.): *Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy 9, Am. Soc. Of Agron., Medison, Wisconsin*, pp. 1324-1345.
- Burgos, P., Madejón, E., Cabrera, F. 2006. Nitrogen mineralization and nitrate leaching of a sandy soil amended with different organic wastes. *Waste Manag. Res.* 24: 175-182.
- Cassidy-Duffey, K., Cabrera, M., Gaskin, J., Franklin, D., Kissel, D., Saha, U. 2020. Nitrogen mineralization from organic materials and fertilizers: Predicting N release. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 84: 522–533.
- Eghball, B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 2024-2030.
- Enger, H., Riehm, H., Domingo, W.R. 1960. Studies on the chemical soil analysis as a basis for assessing the nutrient status of the soil. II Chemical extraction methods for phosphorus and potassium determination. *Kungl. Lantbr. Hogsk. Ann.* 26: 199-215.
- Karimi, R., Akinremi, W., Flaten, D. 2018. Nitrogen-or phosphorus-based pig manure application rates affect soil test phosphorus and phosphorus loss risk. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 111: 217-230.
- Keskinen, R., Saastamoinen, M., Nikama, J., Särkijärvi, S., Myllymäki, M., Salo, T., Uusi-Kämpä, J. 2017. Recycling nutrients from horse manure: effects of bedding type and its compostability. *Agri. Food Sci.* 26(2): 68–79.
- Lampkin, N.H. 2000. Organic farming. In: Padel, S. (Ed.): *Soil sickness and soil fertility*. Cab Publisher, Wallingford, USA.
- Montealegre, J.P.G., Wortmann, C., Ferguson, R., Shaver, T., Little, R., Schepers, J. 2019. Fertilizer equivalence of organic nitrogen applied in beef cattle manure. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 114: 225-235.
- Motavalli, P.P., Kelling, K.A., Converse, C. 1989. Firstyear nutrient availability from injected dairy manure. *J. Environ. Qual.* 18: 180-185.
- Nitratna direktiva (1991) Council Directive of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution by nitrates from agricultural sources. *Official Journal of the European Communities*. No L 375/1
- Osterholz, W.R., Rinot, O., Liebman, M., Castellano, M.J. 2017. Can mineralization of soil organic nitrogen meet maize nitrogen demand?. *Plant Soil.* 415: 73–84.
- Safley, L.M., Westerman, P.W., Barker, J.C. 1986. Fresh dairy manure characteristics and barnlot nutrient losses. *Agric. Wastes.* 17: 203-215.
- Torbert, H.A., King, K.W., Harmel, R.D. 2005. Impact of soil amendments on reducing phosphorus losses from runoff in sod. *J. Environ. Qual.* 34(4): 1415-1421.
- Vučić, N. 1964. *Vodne osobine černozeama I livadske crnice I njihov značaj za navodnjavanje na irigacionom području Beške*. (Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu).
- Wen, G., Winter, J.P., Voroney, R.P., Bates, T.E. 1997. Potassium availability with application of sewage sludge, and sludge and manure compost in field experiments. *Nutr. Cycling Agroecosyst.* 47: 233-241.

Evaluation of availability of nitrogen, phosphorus and potassium in organic fertilizers by aerobic incubation method

Ranko Čabilovski^{a*}, Maja Manojlović^a, Dragan Kovačević^a, Mirna Štrbac^a, Klara Petković^a, Mirjana Vijuk^a

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

*Contact: ranko@polj.uns.ac.rs

ABSTRACT

The goal of this research was to determine the mineralization potential of different organic fertilizers (OF), the dynamics of the release of macroelements, and the share of available forms in the total content of macroelements in different organic fertilizers. Five different plant- and animal-derived OFs were chosen for the incubation experiment: sunflower (*Helianthus annuus*) meal (S), vermicompost (V), spent compost from mushroom production (SMC), sheep manure (SM) and beef manure (BM). Soil with a moisture content of 70% of the field water capacity was mixed with ground OF and incubated in PVC containers for 62 days at a constant temperature (27°C) in dark conditions. Organic fertilizers were applied in an amount equivalent to 5 mg N, and the content of mineral N, available phosphorus (P) and potassium (K) was analyzed every 7 days during the incubation period. The maximum value of the net N mineralization was measured for SM (46.4% of total applied N), and the lowest for the SPM (30.1% of total applied N). The highest content of available P at the end of incubation, were found in BM (61.6% of total P applied). Significantly lower content compared to BM had V (40.3%) and SM (42.9%), while the lowest values was measured for S, (32.6%) of SMC (32%). The application of BM has led to an increase of available K in the soil compared to the control treatment, which is at the end of the incubation amounted to 79.4% of the total applied K. Significantly lower values were measured for SMC (51.1%) and SM (67.8%), while the lowest values were measured for S (42.2%) and V (45.9%). The availability of P and K in the analyzed OF was higher in relation to N. If the amount of OF application is determined based on the content of total N as provided by legal regulations (170-210 kg N ha⁻¹), significantly higher amounts of P and K can be introduced into the soil that will become available to cultivated plants during mineralization in a greater extent than N.

KEY WORDS: Availability of macroelements, manure, compost, vermicompost, sunflower meal