

Primjena stajskih gnojiva na travnjacima

Sažetak

Cilj je ovoga rada prikazati primjenu stajskih gnojiva (kruti stajski gnoj (KSG), gnojovka i gnojnica) u proizvodnji krme na travnjacima. Stajska gnojiva (SG) predstavljaju vrijedan izvor organske tvari (OT) i biljnih hraniva u proizvodnji krme na travnjacima. S druge strane, neodgovarajuća primjena SG rezultira smanjenjem učinkovitosti iskorištenja hraniva uz negativne učinke na okoliš. Godišnja primjena 20-50 t KSG ili 28-110 m³ gnojovke ha⁻¹ rezultira povećanjem produktivnosti travnjaka i poboljšanjem kvalitete voluminozne krme. Međutim, budući da je količina primjene SG administrativno ograničena na najviše 170 kg N ha⁻¹ godišnje, gnojidbom stajskim gnojivima na travnjacima osigurava se manji dio hraniva, a razlika potrebna za planirani prinos, u konvencionalnom načinu proizvodnje, namiruje se pojedinačnim ili kompleksnim mineralnim gnojivima. S aspekta učinkovitosti korištenja stajskih gnojiva, glavni periodi primjene KSG tijekom vegetacije su proljeće i ljeto. Dok je kod primjene KSG izbor metode primjene ograničen, primjena gnojovke nekom od alternativnih metoda osigurava manje gubitke hraniva i veću učinkovitost iskorištenja hraniva.

Ključne riječi: travnjaci, livade, pašnjaci, organska gnojiva, stajski gnoj, gnojovka

Uvod

Organska gnojiva (OG) predstavljaju prirodne materijale biljnog ili životinjskog porijekla koji se primjenjuju na poljoprivrednim površinama s ciljem povećanja plodnosti tla te u konačnici i prinosa te kvalitete poljoprivrednih proizvoda. Primjenom OG mijenjaju se fizikalna i kemijska svojstva tla, pospješuje se mikrobiološka aktivnost i kruženje hranjivih tvari u tlu (Shi i sur., 2018; Ma i sur., 2020), tlo se obogaćuje organskom tvari (OT) i biljnim hranivima. S druge strane, OG su izvor emisija nitrata (NO₃⁻), amonijaka (NH₃) i dušikovih oksida (NO_x) u okoliš. Dušik (N) je u OG prisutan kao lako dostupni N (LDN) i kao organski vezan N (OrgN) (Anonymous, 2010). Lako dostupni dušik je potencijalno dostupan za brzo usvajanje od strane biljke, a obuhvaća amonijski-N (NH₄⁻-N), nitratni-N (NO₃⁻-N), te kod gnoja peradi i N u formi mokraćne kiseline. S druge strane OrgN predstavlja N sadržan u organskim oblicima koji se polako razgrađuju, te stoga ima produženo (rezidualno) djelovanje. Govoreći o stajskom gnoju starija literatura rezidualno djelovanje opisuje riječima "Djeluju polaganije, ali je zato njihovo djelovanje trajnije" (Turina, 1948). Ovisno o sadržaju OT, OG utječu i na ostale aspekte plodnosti tla poput strukture tla, vodozračnog režima tla, kapaciteta tla za vodu i zrak, toplinskih svojstava tla te biološke aktivnosti u tlu (Anonymous, 2010; Vukadinović i

¹ prof. dr. sc. **Krešimir Bošnjak**, prof. dr. sc. **Marina Vranić**, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska
Autor za korespondenciju: kbosnjak@agr.hr

Vukadinović, 2011; Shi i sur., 2018; Walsh i sur., 2018). S druge strane, zajednička karakteristika primjene OG s visokim C:N odnosom (>18-26:1), kao što je npr. kruti stajski gnoj (KSG), je pojava neto imobilizacije N u tlu (Pain, 2001; Chrystal i sur., 2016), o čemu bi trebalo voditi računa kod planiranja ukupne gnojidbe.

Primjena OG raširena je agronomska praksa koja se koristi za poboljšanje plodnosti tla, no ipak daleko više u proizvodnji oraničnih kultura, a manje u proizvodnji krme na travnjacima. Kruti stajski gnoj, gnojovka i gnojnica najčešće su korištena stajska gnojiva u proizvodnji krme na travnjacima, s različitim učincima primjene na produktivnost travnjaka, kvalitetu krme i botanički sastav travnjaka, te različitim utjecajem ne okoliš. Dok je primjena mineralnih gnojiva na travnjacima daleko više opisana u znanstvenoj i stručnoj literaturi, o utjecaju primjene organskih gnojiva (OG) na različite aspekte proizvodnje krme na travnjacima postoji vrlo malo podataka. Cilj ovoga rada je sa stručnog aspekta dati prikaz primjene stajskih gnojiva u proizvodnji krme na travnjacima.

Kruti stajski gnoj

Kruti stajski gnoj je smjesa krutih i tekućih životinjskih izlučevina te stelje. Sadržaj hraniva u KSG prikazan je u tablici 1. Sadržaj N ovisi o vrsti KSG, stelji (vrsti, količini i količini upijanja urina), ali i o načinu i duljini skladištenja KSG (Anonymous, 2010; Laidlaw i Frame, 2011).

Smatra se da se iz KSG u prvoj godini nakon primjene iskoristi 20-50 % dušika, 15-60 % P_2O_5 i 50-90 % K_2O (Schroder i sur., 2007; Anonymous, 2010; Vukadinović i Vukadinović, 2011). Neto mineralizacija organskog N KSG u prvoj godini često je vrlo mala ili zanemariva (Kayser i sur., 2015), što praktički znači da za biljku raspoloživa količina N u godini primjene gotovo u potpunosti odgovara sadržaju NH_4-N u KSG (Cavalli i sur., 2016). Prosječni C:N omjer KSG iznosi 20:1 (Vukadinović i Vukadinović, 2011).

Većina K u KSG je brzo dostupna i u lako pristupačnoj formi. Budući da KSG sadrži dosta K u odnosu na P i N, trave ga mogu usvajati u velikim količinama, najčešće na štetu usvajanja Mg, o čemu treba voditi računa kod ispaše te po potrebi prevenirati hipomagnezemiju (Pain, 2001).

Tablica 1: Sadržaj hraniva u različitim vrstama KSG (Anonymous, 2010)

Table 1: Nutrient content of different manures (Anonymous, 2010)

Vrsta KSG Type of manure %		ST	N_{uk}	LDN	LDN	P_2O_5	Dostupni/ Available P_2O_5	K_2O	Dostupni/ Avalilable K_2O	Maksimalna količina*/ Maximal amount
		kg t ⁻¹		% N_{uk}	kg t ⁻¹				t ha ⁻¹	
Goveđi/ Cattle	Svježi/Fresh	25	6	1,2	20,0	3,2	1,9	8,0	7,2	28
	Zreli/Old	25	6	0,6	10,0	3,2	1,9	8,0	7,2	28
Svinjski/ Pig	Svježi	25	7	1,8	25,7	6,0	3,6	8,0	7,2	24
	Zreli/	25	7	1,0	14,3	6,0	3,6	8,0	7,2	24
Ovčji/ Sheep	Svježi/	25	7	1,4	20,0	3,2	1,9	8,0	7,2	24
	Zreli	25	7	0,7	10,0	3,2	1,9	8,0	7,2	24

Vrsta KSG Type of manure %		ST	N _{uk}	LDN	LDN	P ₂ O ₅	Dostupni/ Available P ₂ O ₅	K ₂ O	Dostupni/ Avalilable K ₂ O	Maksimalna količina*/ Maximal amount
		kg t ⁻¹	% N _{uk}	kg t ⁻¹			t ha ⁻¹			
Konjski/ Horse	Svježi/ Zreli/	25	7	-	-	5,0	3,0	6,0	5,4	24
		30	7	-	-	5,0	3,0	6,0	5,4	24
Gnoj peradi/ Poultry	Nesilice/ laying hens)	35	19	9,5	50,0	14,0	8,4	9,5	8,6	9
	Brojleri/ broiler	60	30	10,5	35,0	25,0	15,0	18,0	16,2	6

*prema pravilniku (NN, 2021)/according to the law norm (NN, 2021); N_{uk} – ukupni N/Total Nitrogen (N); LDN – lako dostupni N/readily available N; ST – suha tvar/dry matter;

Prema starijoj literaturi primjena KSG ima veći utjecaj na prinos, a manje na botanički sastav travnjaka (Turina, 1948). Na ovakav zaključak upućuju i rezultati novijih istraživanja. Općenito se može reći da primjena KSG povećava prinos ST travnjaka u usporedbi s neprijemnom gnojiva, no prinos ST je obično manji u usporedbi s prinosom ST kod primjene mineralnih gnojiva. Primjena KSG rezultira smanjenjem biljne raznolikosti i brojnosti vrsta u tratinu (Simpson i Jefferson, 1996; Kutnjak i sur., 2010) te nema utjecaja na udio korova. Međutim, o utjecaju primjene KSG na udio trava i mahunarki ne može se donijeti jednoznačan zaključak. U uvjetima primjene različitih količina i vrsta KSG, različiti tipovi samoniklih poluprirodnih travnjaka pokazuju različitu reakciju u promjeni botaničkog sastava na razini funkcionalnih grupa (Jones i Hagggar, 1997; Knežević i sur., 2007; Bayram i sur., 2009; Mut i sur., 2010).

Primjena KSG na poluprirodnim travnjacima smanjuje sadržaj SB u usporedbi s mineralnom gnojivom (Vranić i sur., 2016; Bošnjak i sur., 2020) ili nema utjecaja na sadržaj SB u usporedbi s negnojnom kontrolom (Jones i Hagggar, 1997; Simić i sur., 2016). U nekim istraživanjima zabilježeno smanjenje sadržaja SB u biljnoj masi nakon primjene KSG bilo je prvenstveno posljedica promjene botaničkog sastava, odnosno smanjenja sadržaja mahunarki u tratinu (Bayram i sur., 2009). Primjena KSG na travnjacima ne utječe na sadržaj vlakana u biljnoj masi (Vranić i sur., 2016). S aspekta ostalih pokazatelja kvalitete krme, u cilju sprečavanja potencijalno negativnog utjecaja primjene KSG uslijed kontaminacije biljne mase, KSG je potrebno primijeniti dovoljno rano prije napasivanja ili košnje (Laidlaw i Frame, 2011).

Zbog širokog C:N odnosa (>26:1) primjena svježeg KSG obično rezultira imobilizacijom N u početnom periodu nakon primjene i smanjenom produktivnosti travnjaka. Stoga, u primjeni KSG na travnjacima prednost treba dati zreloom KSG sa C:N odnosom <15:1, a u slučaju primjene svježeg KSG s visokim udjelom stelje potrebna je dodatna primjena mineralnog N kako bi se prebrodila pojava imobilizacije N (Chrystal i sur., 2016).

Iako su gubici N volatilizacijom NH₃ i ispiranjem NO₃-N koji nastaje u procesu nitrifikacije iz NH₄-N kod primjene KSG manji nego kod gnojovke i gnojnice, oni također mogu biti značajni (Pain, 2001). Osim toga, treba voditi računa da pojačana nitrifikacija, osim većim ispiranjem NO₃-N rezultira i pojačanom denitrifikacijom i emisijom NxO (Nagatake i sur., 2018). Količina, vrijeme i način primjene KSG predstavljaju glavne metode kontrole gubitaka N kod primjene OG na travnjacima.

Prema trenutnom administrativnom rješenju (NN, 2021) najveća dozvoljena količina primjene KSG na poljoprivrednoj površini ne smije biti veća od one kojom se primjenjuje više od 170 kg N ha⁻¹ godišnje, za sve vrste KSG, što je obaveza za ranjiva područja, a preporuka za ostala područja RH. Osim toga, primjena KSG regulirana je i obzirom na sadržaj teških metala i potencijalno toksičnih esencijalnih elemenata (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, Mo, As, Co) (NN, 2019). Bilanca hraniva za prinos od 8 t ST ha⁻¹ uspostavljenog travnjaka kod površinske primjene KSG u količini od 170 kg N (iskoristivost N=22 %, (Schroder i sur., 2007)) prikazana su u tablici 2. Ova okvirna projekcija odražava pristup gnojidbi travnjaka prema kojem se primjenom KSG unosi jedan dio hraniva, a razlika potrebna za formiranje planiranog prinosa u konvencionalnom načinu proizvodnje namiruje se pojedinačnim ili kompleksnim mineralnim gnojivima.

S agronomskog aspekta, primjena KSG na travnjacima kreće se u rasponu 20(30)-50 t KSG godišnje (Schroder i sur., 2007; Bayram i sur., 2009; Chrystal i sur., 2016; Simić i sur., 2016). Površinska primjena >30 t KSG na uspostavljenom travnjaku ne rezultira daljnjim povećanje produktivnosti travnjaka i kvalitete biljne mase (Vranić i sur., 2016). S aspekta bioraznočnosti vrsta i staništa, te brojnosti vrsta u tratini, a u cilju dugoročnog očuvanja brojnosti vrsta i bioraznočnosti travnjaka s velikim brojem vrsta preporuča se primjena 20 t ha⁻¹ KSG, svakih 3-5 godina (Simpson i Jefferson, 1996). Osim toga, godišnje količine KSG >30 t ha⁻¹ se ne preporučuju budući da uzrokuju ožegotine na biljci, prorjeđenje sklopa i pojavu praznih mjesta na travnjaku (Simpson i Jefferson, 1996).

Tablica 2: Bilanca hraniva za prinos od 8 t ST ha⁻¹ kod primjene KSG u količini od 170 kg N ha⁻¹*, gnojidba u vegetaciji uspostavljenog travnjaka / **Table 2:** Nutrient balance for a yield of 8 t DM ha⁻¹ with the application of manures at a rate of 170 kg N ha⁻¹, fertilization of an established grassland during the vegetation season

Vrsta KSG Manure type	Tip travnjaka/ Grassland type	Primijenjeno hraniva/ nutrients applied			Potencijalni prinos/ yield potential			Nedostaje za prinos od 8 t ST ha ⁻¹ Missing for a yield of 8 t DM ha ⁻¹		
		sa maksimalnom količinom KSG*/ with the maximum amount of manure						N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	po N	po P ₂ O ₅	po K ₂ O			
kg ha ⁻¹			t ST ha ⁻¹ t DM ha ⁻¹			kg ha ⁻¹				
Goveđi (Cattle)	DTS	37	36	136	1,3	5,0	4,8	-192	-22	-93
	Trave	37	36	136	3,8	5,4	5,3	-96	-18	-70
Svinjski (Pig)	DTS	37	58	117	1,3	8,0	4,1	-192	0	-112
	Trave	37	58	117	3,8	8,7	4,5	-96	4	-89
Ovčji (Sheep)	DTS	37	31	117	1,3	4,3	4,1	-192	-27	-112
	Trave	37	31	117	3,8	4,6	4,5	-96	-23	-89
Konjski (Horse)	DTS	37	49	87	1,3	6,7	3,1	-192	-10	-141
	Trave	37	49	87	3,8	7,2	3,4	-96	-5	-119
Gnojperadi- nesilice (Poultry - laying hen)	DTS	37	50	51	1,3	6,9	1,8	-192	-8	-178
	Trave	37	50	51	1,7	7,4	2,0	-144	-4	-155
Gnojperadi- brojleri (Poultry - Broiler)	DTS	37	57	61	1,3	7,8	2,1	-192	-1	-168
	Trave	37	57	61	1,7	8,4	2,4	-144	3	-145

* - prema trenutno važećem propisu, (NN, 2021)/according to the law norm (NN, 2021); DTS-djetelinsko travne smjese/grass-clover mixtures; Trave - pure grasses;

KSG se na travnjacima primjenjuje (i) tijekom zasnivanja travnjaka i/ili (ii) tijekom vegetacije na uspostavljenom travnjaku, u oba slučaja korištenjem prikolica za KSG. Tijekom zasnivanja travnjaka KSG se primjenjuje prije osnovne obrade tla i oranjem unosi u tlo, što znatno smanjuje mogućnost gubitaka N volatilizacijom NH_3 i povećava iskoristivost N. U slučaju primjene KSG tijekom vegetacije na uspostavljenom travnjaku, budući da se KSG primjenjuje površinski na tratinu, treba očekivati znatno manju iskoristivost, odnosno nešto veće gubitke N.

S obzirom na razlike u kemijskom sastavu KSG i gnojovke, prvenstveno u sadržaju OT i LDN (tablice 1 i 3), a iz aspekta iskorištenja N, vrijeme primjene KSG znatno je manje važno u usporedbi s vremenom primjene gnojovke (Beckwith i sur., 2002). Primjena KSG predstavlja manji rizik i ne opravdava ograničenja u pogledu vremena primjene koja se čine neophodnima za gnojovku (Smith i sur., 2002). Međutim, što se tiče vremena primjene KSG, treba uzeti u obzir dvije činjenice. Prvo, odgođena mineralizacija OrgN te neusklađenost vremena primjene i količine KSG s količinom hraniva koju biljke mogu usvojiti, povećavaju rizik ispiranja NO_3^- (Pain, 2001). I drugo, dok metodom primjene OG nije moguće kontrolirati ispiranje NO_3^- (Kayser i sur., 2015), volatilizacija NH_3 uglavnom je povezana s metodom primjene OG (Huijsmans i sur., 2016), odnosno mogućnosti unošenja KSG u tlo. Stoga je potrebno držati se općih načela primjene gnojiva te bi vrijeme primjene KSG na travnjacima trebalo uskladiti s potrebama biljke, vodeći računa o potrebi vremena za mineralizaciju te izbjeći eventualnu imobilizaciju N, osobito nakon sjetve u periodu uspostave tratine. Iz tih su razloga glavni periodi primjene KSG tijekom vegetacije proljeće i ljeto.

Gnojovka/Gnojnica

Gnojovka je smjesa krutih i tekućih životinjskih izlučevina, najčešće bez stelje. Gnojnica je tekući stajski gnoj, odnosno smjesa mokraće domaćih životinja, iscjetka s gnojišta i različitih količina otpadnih i oborinskih voda, s ili bez komadića stelje.

Gnojovka je relativno jeftin izvor N, koji se široko koristi kao organsko gnojivo na travnjacima. Sadržaj hraniva u gnojovki ovisi o vrste stoke, sastavu obroka kao i uvjetima skladištenja (Laidlaw i Frame, 2011). Sastav različitih vrsta gnojovke prikazan je u tablici 3.

Tablica 3: Sastav različitih vrsta gnojovke (Anonymous, 2010)

Table 3: Nutrient content of slurries (Anonymous, 2010)

Vrsta gnojovke/ Slurry type	ST	N_{uk}	LDN	LDN	P_2O_5	Dostupni/ Available P_2O_5	K_2O	Dostupni/ Available K_2O	Maksimalna količina**/ Maximal amount
	%	kg m^{-3}	ili/or t^{-1}	% N_{uk}		kg m^{-3}	ili/or t		m^3 ili/or t
Goveđa	6	2,6	1,2	46	1,2	0,6	3,2	2,9	73
Goveđa - separirana (tekući dio)*/ Cattle-separated (liquid)	4	3,0	1,5	50	1,2	0,6	3,5	3,2	57
Goveđa - separirana (čvrsti dio)*/ Cattle-separated (solid)	20	4,0	1	25	2,0	1,0	4,0	3,6	43
Svinjska/Pig	4	3,6	2,5	69	1,8	0,9	2,4	2,2	47

Vrsta gnojovke/ Slurry type	ST	N _{uk}	LDN	LDN	P ₂ O ₅	Dostupni/ Available P ₂ O ₅	K ₂ O	Dostupni/ Avalilable K ₂ O	Maksimalna količina**/ Maximal amount
	%	kg m ⁻³ ili/or t ⁻¹	% N _{uk}	% N _{uk}	kg m ⁻³ ili/or t	kg m ⁻³ ili/or t	kg m ⁻³ ili/or t	m ³ ili/or t	
Svinjska - separirana (tekući dio)*/ Pig-separated (liquid)	3	3,6	2,2	61	1,6	0,8	2,4	2,2	47
Svinjska - separirana (čvrsti dio)*/ Pig-separated (solid)	20	5,0	1,3	26	4,6	2,3	2,2	2,0	34

* - mehanička separacija/mechanical separation; ** - prema pravilniku (NN, 2021)/according to the law norm (NN, 2021); N_{uk} - ukupni N/Total Nitrogen (N); LDN - lako dostupni N/readily available N; ST - suha tvar/dry matter;

C : N odnos kod gnojovke iznosi 5-8:1 (Vukadinović i Vukadinović, 2011). Iskoristivost N iz gnojovke u prvoj godini nakon primjene značajno ovisi o načinu primjene (Schroder i sur., 2007) i kreće se u rasponu 25-50 % (Schroder i sur., 2007; Vukadinović i Vukadinović, 2011; Dale i sur., 2015). Udio LDN veći je u usporedbi sa KSG (tablice 1 i 3), a većina LDN u gnojovci je u formi NH₄-N (Pain, 2001; Lalor i sur., 2014). Povećanje iskoristivosti N nakon primjene gnojovke, kod svih metoda primjene ukazuje na kratkoročni i dugoročni rezidualni učinak primjene gnojovke (Schroder i sur., 2007). Dostupnost P iznosi 30-60 %, a K 90 % (Pain, 2001; Anonymous, 2010). Volatizacija NH₃ i ispiranje NO₃⁻ su dominantni načini gubitaka N iz gnojovke. Volatizacijom NH₃ izgubi se 14-41 % ukupnog N, ispiranjem NO₃⁻ 20-60 %, a denitrifikacijom samo 2-9 % ukupnog N (Maris i sur., 2021). Učinkovitost iskorištenja N iz gnojovke značajno je smanjena gubitcima N (Kayser i sur., 2015), te ovisi o količinama, metodi i vremenu primjene te postupcima sa gnojovkom (razrjeđivanje) (Pain, 2001; Beckwith i sur., 2002; Hoekstra i sur., 2010; Huijsmans i sur., 2016).

Primjena gnojovke rezultira povećanjem produktivnost travnjaka u usporedbi s negnojnom kontrolom ili prinosima ST sličnima ili nešto nižima u usporedbi s primjenom mineralnih N gnojiva (Jones i Hagggar, 1997; Min i sur., 1999; Knezević i sur., 2007; Dale i sur., 2013; Dale i sur., 2015; Walsh i sur., 2018; Čop i Eler, 2019). Reakcija travnjaka u produktivnosti na primjenu gnojovke ovisi o tipu i botaničkom sastavu travnjaka, klimatskim uvjetima kao i količini primjene gnojovke, te se kreće u rasponu 10,3-30,2 kg ST kg⁻¹ N, odnosno prosječno 15,6 kg ST kg⁻¹ N (Min i sur., 1999; Dale i sur., 2015).

Primjena gnojovke na travnjacima smanjuje udio mahunarki u tratini poluprirodnih travnjaka u usporedbi s negnojnom kontrolom (Dale i sur., 2013; Walsh i sur., 2018; Čop i Eler, 2019), dok udio trava i korova u tratini znatno ovisi o tipu travnjaka i količini primijenjene gnojovke (Knezević i sur., 2007; Liu i sur., 2010; Duffkova i sur., 2015; Duffkova i Brom, 2018).

Primjena gnojovke na travnjacima povećava sadržaj SB u biljnoj masi, bez utjecaja na sadržaj vlakana (Min i sur., 2002; Bittman i sur., 2007; Lalor i sur., 2014; Walsh i sur., 2018; Čop i Eler, 2019). Međutim, neki aspekti kvalitete poput fermentacijskih karakteristika, konzumacije biljne mase od strane životinja kao i ponašanja životinja na paši značajno ovise o metodi i vremenu od primjene gnojovke do košnje ili napasivanja (Laws i Pain, 2002; Laws i sur., 2002;

Min i sur., 2002). Naime, površinska primjena gnojovke širom po tratini rezultira padom konzumacije biljne mase i proizvodnosti životinja (Danby i sur., 1997; Laws i Pain, 2002). U cilju sprečavanja tih negativnih učinaka preporuča se osigurati minimalno 4-6 tjedana razmaka od primjene gnojovke do napasivanja (Laws i Pain, 2002; Laidlaw i Frame, 2011).

Trenutno je primjena gnojovke/gnojnice ograničena s obzirom na količinu (maksimalno 170 kg N ha⁻¹ godišnje, (NN, 2021), sadržaj teških metala (NN, 2019) te vrijeme i način primjene (NN, 2021). Bilanca hraniva za prinos od 8 t ST ha⁻¹ pri različitim metodama primjene gnojovke u količini od 170 kg N ha⁻¹, na uspostavljenom travnjaku rijekom vegetacije prikazana je u tablici 4.

Tablica 4: Bilanca hraniva za prinos od 8 t ST ha⁻¹ u gnojdbi uspostavljenog travnjaka u vegetaciji pri različitim metodama primjene gnojovke

Table 4: Nutrient balance for a yield of 8 t DM ha⁻¹ for fertilization of an established grassland during vegetation with different methods of slurry application

Vrsta-primjena/ Slurry type- application method	Tip travnjaka/ Grassland type	Primijenjeno hraniva/ nutrients applied			Potencijalni prinos/ yield potential			Nedostaje za prinos od 8 t ST ha ⁻¹ Missing for a yield of 8 t DM ha ⁻¹		
		sa maksimalnom količinom*/ with the maximum amount of slurry						N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	po N	po P ₂ O ₅	po K ₂ O			
kg ha ⁻¹			t ST ha ⁻¹ / t DM ha ⁻¹			kg ha ⁻¹				
Goveda – površinska/ Cattle- broadcast	DTS	43	57	213	1,5	7,8	7,4	-187	-1	-16
	Trave	43	57	213	1,9	8,4	8,3	-139	3	7
Goveda – injektirana/ Cattle- injected	DTS	58	44	213	2,0	6,1	7,4	-172	-14	-16
	Trave	58	44	213	2,6	6,6	8,3	-124	-10	7
Svinjska – površinska/ Pig-broadcast	DTS	43	43	102	1,5	5,8	3,6	-187	-16	-127
	Trave	43	43	102	1,9	6,3	4,0	-139	-11	-104
Svinjska – injektirana/ Pig- injected	DTS	58	43	102	2,0	5,8	3,6	-172	-16	-127
	Trave	58	43	102	2,6	6,3	4,0	-124	-11	-104

* - prema trenutno važećem propisu, (NN, 2021)/according to the law norm (NN, 2021); DTS-djetelinsko travne smjese/grass-clover mixtures; Trave – pure grasses;

Sa aspekta povećanja prinosa i kvalitete krme s travnjaka količine gnojovke kod primjene na sijanim i samoniklim poluprirodnim travnjacima kreću se u rasponu 28-110 m³ ha⁻¹ godišnje, kojom se unosi 120-350 kg ha⁻¹ ukupnog N (Smith i sur., 1995; Dale i sur., 2015; Duffkova i sur., 2015; Duffkova i Brom, 2018; Rodd i sur., 2021). Reakcija travnjaka u produktivnosti na primijenjenu količinu gnojovke slijedi opći princip povećanja produktivnosti travnjaka s povećanjem količine primijenjenog N (Bittman i sur., 2007).

Gnojovka ili gnojnica se može primjenjivati tijekom zasnivanja travnjaka ili tijekom vegetacije na uspostavljenom travnjaku. Prilikom zasnivanja travnjaka gnojovka/gnojnica se obično primjenjuje prije osnovne ili dopunske obrade, a unošenje u tlo osigurava bolje iskorištenje hraniva (Pain, 2001). S obzirom na vrijeme i način primjene, primjena gnojnice i gnojovke na poljoprivrednim površinama dopuštena je od 15. ožujka do 15. prosinca, a unutar toga perioda, od 1. svibnja do 1. rujna primjena gnojnice i gnojovke dopuštena je samo unošenjem u tlo (NN, 2021). S aspekta iskorištenja N i produktivnosti travnjaka gnojovka najveću učinkovitost ima kada se primjenjuje tijekom kasne zime i tijekom proljeća, a najmanju kod primjene tijekom ljeta i jeseni (Pain, 2001; Beckwith i sur., 2002; Laidlaw i Frame, 2011; Lalor i sur., 2011). Kao opće načelo primjene N na travnjacima, kako kod mineralnih N gnojiva, pa tako i kod gnojovke, vrijedi da primjena u periodima aktivnog i intenzivnog rasta biljke i usvajanja biljnih hraniva smanjuje opasnost od ispiranja hraniva (Laidlaw i Frame, 2011), povećava iskoristivost hraniva i u konačnici povećava produktivnost travnjaka.

Učinkovitost N iz gnojovke/gnojnice znatno ovisi i o metodi primjene. Iako je metoda primjene širom po površini travnjaka najraširenija u praksi, ona ima najmanju iskoristivost N, odnosno najveće gubitke (tablica 5). S druge strane, injektiranje gnojovke osigurava najmanje gubitke N kroz isparavanje NH₃. S obzirom na sve prednosti i nedostatke pojedinih metoda primjene gnojovke na travnjacima, primjena "na tlo ispod tratine" (engl. Trailing shoe) smatra se najučinkovitijom alternativom primjeni gnojnice širom po površini travnjaka (Laws i Pain, 2002; Lalor i sur., 2011; Bourdin i sur., 2014), koja osim povećanom iskoristivosti hraniva rezultira i smanjenjem kontaminacije biljne mase, te omogućava primjenu gnojovke na pašnjacima bez štetnog utjecaja na ponašanje i performanse životinja tijekom ispaše.

Tablica 5: Usporedba različitih metoda primjene gnojovke na travnjacima
Table 5: Comparison of different methods of slurry application on grasslands

Metoda	Karakteristike
Površinska primjene širom po tratini	najveći gubitci volatilizacijom NH ₃ (Huijsmans i sur., 2016) najveća kontaminacija biljne mase i smanjenje vremena aktivnog napasivanja (Laws i Pain, 2002) negativan utjecaj na ponašanje životinja na pašnjaku i produktivnost životinja u trajanju od minimalno 5 tjedana nakon primjene (Danby i sur., 1997)
Primjena u trake na površinu tratine	smanjeni gubitci N u usporedbi sa površinskom primjenom širom (Frost i sur., 2007) veći prinos ST u usporedbi sa površinskom primjenom širom (Frost i sur., 2007)

Metoda	Karakteristike
Primjena na tlo ispod tratine	<p>smanjeni gubitci N (volatizacija NH₃) u usporedbi sa površinskom primjenom širom (Frost i sur., 2007; Huijsmans i sur., 2016)</p> <p>veći prinos ST u usporedbi sa površinskom primjenom širom</p> <p>manja kontaminacija biljne mase i povećano trajanje aktivnog napasivanja u usporedbi sa površinskom primjenom širom (Laws i Pain, 2002)</p> <p>poboljšane karakteristike fermentacije biljne mase u usporedbi s drugim metodama (Laws i sur., 2002)</p>
Plitko ili duboko injektiranje	<p>najmanji gubitci N volatizacijom NH₃ (Huijsmans i sur., 2016)</p> <p>najveća iskoristivost N u usporedbi sa ostalim metodama (Kayser i sur., 2015)</p> <p>najmanja kontaminacija biljne mase (Laws i Pain, 2002; Laws i sur., 2002)</p> <p>ograničena primjena u visokim tratinama (Laws i sur., 2002)</p> <p>ograničena primjena na neravnim i skeletnim tlima (Laidlaw i Frame, 2011)</p> <p>smanjeni gubitci N uslijed manje volatizacije NH₃ zamijenjeni su drugim vrstama gubitaka N: - ispiranje NO₃-slično kao kod ostalih metoda primjene (Kayser i sur., 2015)</p> <p>- povećani gubitci N denitrifikacijom (Maris i sur., 2021)</p> <p>radni organi oštećuju tratinu (Rodhe i Halling, 2015)</p> <p>skupa oprema</p> <p>produktivnost travnjaka slična ili manja kao kod ostalih metoda primjene (Maris i sur., 2021)</p>

Primjena razrijeđene gnojovke rezultirati će manjim gubiticima N, budući da razrijeđena gnojovka brže prodire u tlo, NH₃ se veže u tlu, a gnojnica je tako manje izložena zraku (Pain, 2001). Osim toga, primjena nerazrijeđene gnojovke uzrokuje opržotine na biljkama, naročito ako se gnojovka primjenjuje po sunčanom i toplom vremenu širom te metodom primjene širom po površini tratine (Smith i sur., 1995).

Zaključak

Stajska gnojiva u proizvodnji krme na travnjacima su vrijedan izvor hraniva za biljku, povoljno djeluju na ostale aspekte plodnosti tla čime se povećava prinos travnjaka i kvaliteta biljne mase. Gnojidbom SG na travnjacima, ponajprije zbog administrativnih ograničenja, osigurava se manji dio hraniva, a razliku do planiranog prinosa potrebno je, u konvencional-

nom načinu proizvodnje, namiriti pojedinačnim ili kompleksnim mineralnim gnojivima. Primjena SG tijekom proljeća ili ljeta osigurava najveću učinkovitost korištenja SG. Dok je kod primjene KSG na travnjacima izbor metode značajno ograničen, primjena gnojovke nekom od alternativnih metoda, poput primjene u trake na površinu tratine, primjene na tlo ispod tratine ili injektiranja u tlo osigurava manje gubitke i veću učinkovitost iskorištenja hraniva.

Literatura

Anonymous (2010). *Fertiliser manual (RB209), 8th Edition, TSO (The Stationery Office), Norwich, 257 str.*

Bayram G., Turk M., Carpici E. B., Celik N. (2009). *The effect of aeration and application of manure and fertilizer on the hay yield, its quality and botanical composition of the abandoned range. Afr J Agr Res 4 (5): 498-504. doi:*

Beckwith C. P., Lewis P. J., Chalmers A. G., Froment M. A., Smith K. A. (2002). *Successive annual applications of organic manures for cut grass: short-term observations on utilization of manure nitrogen. Grass Forage Sci 57 (3): 191-202. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.2002.00317.x>*

Bittman S., Kowalenko C. G., Forge T., Hunt D. E., Bounaix F., Patni N. (2007). *Agronomic effects of multi-year surface-banding of dairy slurry on grass. Bioresource Technology 98 (17): 3249-3258. doi: 10.1016/j.biortech.2006.07.016*

Bošnjak K., Vranić M., Čačić I., Mašek T., Beljan A. (2020). *Utjecaj primjene krutog stajskog gnoja na sadržaj sirovih proteina i nitrata u krmi s poluprirodnog travnjaka. Zbornik radova 55 hrvatskog i 15 međunarodnog simpozija agronoma 414-418.*

Bourdin F., Sakrabani R., Kibblewhite M. G., Lanigan G. J. (2014). *Effect of slurry dry matter content, application technique and timing on emissions of ammonia and greenhouse gas from cattle slurry applied to grassland soils in Ireland. Agriculture Ecosystems & Environment 188: 122-133. doi: 10.1016/j.agee.2014.02.025*

Cavalli D., Cabassi G., Borrelli L., Geromel G., Bechini L., Degano L., Gallina P. M. (2016). *Nitrogen fertilizer replacement value of undigested liquid cattle manure and digestates. European Journal of Agronomy 73: 34-41. doi: 10.1016/j.eja.2015.10.007*

Chrystal J. M., Smith L. C., Monaghan R. M., Hedley M., Horne D. (2016). *Effects of applying dairy wintering barn manure of differing C:N ratios directly to pasture on N mineralisation and forage growth. New Zealand Journal of Agricultural Research 59 (3): 324-331. doi: 10.1080/00288233.2016.1188131*

Čop J., Eler K. (2019). *Effect of fertiliser application and cutting regime on temporal differentiation of mesic semi-natural grassland vegetation. Ital J Agron 14 (3): 153-161. doi: ARTN 140510.4081/ija.2019.1405*

Dale A. J., Ferris C. P., Frost J. P., Mayne C. S., Kilpatrick D. J. (2013). *The effect of applying cattle slurry using the trailing-shoe technique on dairy cow and sward performance in a rotational grazing system. Grass Forage Sci 68 (1): 138-150.*

Dale A. J., Laidlaw A. S., Bailey J. S., Mayne C. S. (2015). *Effect of dairy slurry application rate and forage type on production, soil nutrient status and nitrogen-use efficiency. Grass Forage Sci 70 (1): 44-58. doi:*

Danby S., Penning P. D., Pain B. F., Owen E., Laws J. A. (1997). *Effect of timing of slurry spreading on production in dairy cows. Proceedings of the British Grassland Society, Fifth Research Conference, Newton Abbot, UK, September 1997: 71-72.*

Duffkova R., Hejcman M., Libichova H. (2015). *Effect of cattle slurry on soil and herbage chemical properties, yield, nutrient balance and plant species composition of moderately dry Arrhenatherion grassland. Agriculture Ecosystems & Environment 213: 281-289. doi: 10.1016/j.agee.2015.07.018*

Duffkova R., Brom J. (2018). *Plant composition, herbage yield, and nitrogen objectives in Arrhenatherion grasslands affected by cattle slurry application. Plant Soil and Environment 64 (6): 268-275. doi: 10.17221/178/2018-pse*

Frost J. P., Gilkinson S., Binnie R. C. (2007). *Methods of spreading slurry to improve N efficiency on grassland.*

High value grassland: providing biodiversity, a clean environment and premium products British Grassland Society Occasional Symposium No 38: 82-87.

Hoekstra N. J., Lalor S. T. J., Richards K. G., O’Hea N., Lanigan G. J., Dyckmans J., Schulte R. P. O., Schmidt O. (2010). Slurry 15NH₄-N recovery in herbage and soil: effects of application method and timing. *Plant and Soil* 330 (1-2): 357-368. doi: 10.1007/s11104-009-0210-z

Huijsmans J. F. M., Schroder J. J., Mosquera J., Vermeulen G. D., Ten Berge H. F. M., Neeteson J. J. (2016). Ammonia emissions from cattle slurries applied to grassland: should application techniques be reconsidered? *Soil Use and Management* 32: 109-116. doi: 10.1111/sum.12201

Jones D., Haggard R. J. (1997). Impact of nitrogen and organic manures on yield, botanical composition and herbage quality of two contrasting grassland field margins. *Biol Agric Hort* 14 (2): 107-123.

Kayser M., Breitsameter L., Benke M., Isselstein J. (2015). Nitrate leaching is not controlled by the slurry application technique in productive grassland on organic-sandy soil. *Agronomy for Sustainable Development* 35 (1): 213-223. doi: 10.1007/s13593-014-0220-y

Knezević M., Leto J., Perčulija G., Bošnjak K., Vranić M. (2007). Effects of liquid manure application on yield, quality and botanical composition of grassland. *Cereal Research Communications* 35 (2): 637-640. doi: 10.1556/crc.35.2007.2.118

Knezević M., Leto J., Bošnjak K., Perčulija G., Vranić M., Kutnjak H., Matić I., Vragović K. (2007). The effects of rate, periodicity and timing of farmyard manure application on grassland productivity and botanical composition. *Zbornik radova 42 hrvatskog i 2 međunarodnog simpozija agronoma*: 420-423.

Kutnjak K., Knezević M., Leto J., Bošnjak K., Perčulija G., Vranic M. (2010). Razlike u brojnosti biljnih vrsta i prinosu travnjaka prihranjivanih mineralnim i stajskim gnojem. *Zbornik radova s 45 hrvatskog i 5 međunarodnog simpozija agronoma* 95-99.

Laidlaw A. S., Frame J. (2011). *Using Organic Manures. U: Improved Grassland Management (Ur.)*, Crowood Press Ltd, Ramsbury, 156-166

Lalor S. T. J., Schroder J. J., Lantinga E. A., Oenema O., Kirwan L., Schulte R. P. O. (2011). Nitrogen Fertilizer Replacement Value of Cattle Slurry in Grassland as Affected by Method and Timing of Application. *Journal of Environmental Quality* 40 (2): 362-373. doi: 10.2134/jeq2010.0038

Lalor S. T. J., Schroder J. J., Lantinga E. A., Schulte R. P. O. (2014). Effect of application timing and grass height on the nitrogen fertilizer replacement value of cattle slurry applied with a trailing-shoe application system. *Grass Forage Sci* 69 (3): 488-501. doi: 10.1111/gfs.12051

Laws J. A., Pain B. F. (2002). Effects of method, rate and timing of slurry application to grassland on the preference by cattle for treated and untreated areas of pasture. *Grass Forage Sci* 57 (2): 93-104. doi: 10.1046/j.1365-2494.2002.00306.x

Laws J. A., Smith K. A., Jackson D. R., Pain B. F. (2002). Effects of slurry application method and timing on grass silage quality. *Journal of Agricultural Science* 139: 371-384.

Liu W. J., Zhu Y. G., Christie P., Laidlaw A. S. (2010). Botanical composition, production and nutrient status of an originally *Lolium perenne*-dominant cut grass sward receiving long-term manure applications. *Plant and Soil* 326 (1-2): 355-367.

Ma Q., Wen Y., Wang D., Sun X., Hill P. W., Macdonald A., Chadwick D. R., Wu L., Jones D. L. (2020). Farmyard manure applications stimulate soil carbon and nitrogen cycling by boosting microbial biomass rather than changing its community composition. *Soil Biology and Biochemistry* 144: 107760. doi: <https://doi.org/10.1016/j.silbio.2020.107760>

Maris S. C., Abalos D., Capra F., Moscatelli G., Scaglia F., Reyes G. E. C., Ardeni F., Boselli R., Ferrarini A., Mantovi P., Tabaglio V., Fiorini A. (2021). Strong potential of slurry application timing and method to reduce N losses in a permanent grassland. *Agriculture Ecosystems & Environment* 311: doi: 10.1016/j.agee.2021.107329

Min D. H., Vough L. R., Chekol T., Kim D. A. (1999). Effects of surface-applied dairy slurry on herbage yield and stand persistence: I. Orchardgrass, reed canarygrass and alfalfa-grass mixtures. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 12 (5): 758-765. doi: 10.5713/ajas.1999.758

Min D. H., Vough L. R., Reeves J. B. (2002). Dairy slurry effects on forage quality of orchardgrass, reed canarygrass and alfalfa-grass mixtures. *Animal Feed Science and Technology* 95 (3-4): 143-157. doi: 10.1016/s0377-8401(01)00318-2

Mut H., Ayan I., Basaran U., Onal-Asci O., Acar Z. (2010). The effects of sheep manure application time and rates on yield and botanical composition of secondary succession rangeland. *Afr J Biotechnol* 9 (23): 3388-3395. doi:

Nagatake A., Mukumbuta I., Yasuda K., Shimizu M., Kawai M., Hatano R. (2018). Temporal Dynamics of Nitrous Oxide Emission and Nitrate Leaching in Renovated Grassland with Repeated Application of Manure and/or Chemical Fertilizer. *Atmosphere* 9 (12): doi: 10.3390/atmos9120485

NN (2019). Pavilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja. *Narodne Novine* 71/2019: doi:

NN (2021). III Akcijski program zaštite voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima poljoprivrednog porijekla. *Narodne Novine* 73/2021:

Pain B. F. (2001). Control and Utilization of Livestock Manures. U: *Grass: Its Production and Utilization (Ur.)*, Blackwell Science, Oxford, 343-364

Rodd A. V., Wells J., Fillmore S. A. E., Smith E. L., Gordon R., Madani A., MacLeod J., Nyiraneza J., Fuller K., Grimmett M. G., Mills A. (2021). Effect on forage yield and nutrient uptake of long-term surface application of manure at various rates and times in the growing season to timothy grown on two contrasting soils. *Canadian Journal of Plant Science* 101 (4): 568-595. doi: 10.1139/cjps-2020-0147

Rodhe L., Halling M. A. (2015). Grassland yield response to knife/tine slurry injection equipment - benefit or crop damage? *Grass Forage Sci* 70 (2): 255-267. doi: 10.1111/gfs.12106

Schroder J. J., Uenk D., Hilhorst G. J. (2007). Long-term nitrogen fertilizer replacement value of cattle manures applied to cut grassland. *Plant and Soil* 299 (1-2): 83-99. doi: 10.1007/s11104-007-9365-7

Shi Y. C., Ziadi N., Hamel C., Bittman S., Hunt D., Lalonde R., Shang J. L. (2018). Soil microbial biomass, activity, and community composition as affected by dairy manure slurry applications in grassland production. *Applied Soil Ecology* 125: 97-107. doi: 10.1016/j.apsoil.2017.12.022

Šimić A., Stojanović B., Vučković S., Marković J., Božičković A., Bijelić Z., Mandić V. (2016). Application of farmyard manure in grassland production. *Agrofor International Journal* 1: 20-27. doi: 10.7251/AGRENG1602020S

Simpson N. A., Jefferson R. G. (1996). Use of farmyard manure on semi-natural (meadow) grassland, *English Nature*, 97 str.

Smith K. A., Jackson D. R., Unwin R. J., Bailey G., Hodgson I. (1995). Negative effects of winter-applied and spring-applied cattle slurry on the yield of herbage at simulated early grazing and first-cut silage. *Grass Forage Sci* 50 (2): 124-131. doi: 10.1111/j.1365-2494.1995.tb02305.x

Smith K. A., Beckwith C. P., Chalmers A. G., Jackson D. R. (2002). Nitrate leaching following autumn and winter application of animal manures to grassland. *Soil Use and Management* 18 (4): 428-434. doi: 10.1079/sum2002156

Turina B. (1948). *Livade-pašnjaci*, Poljoprivredni nakladni zavod Zagreb, 227 str.

Vranić M., Bošnjak K., Leto J., Ivanković A., Sunek M. (2016). Usporedba prinosa suhe tvari i hranjivosti krme poluprirodnog travnjaka nakon desetogodišnje primjene krutog stajskog gnoja. *Zbornik radova 51 hrvatskog i 11 međunarodnog simpozija agronoma*: 261-265.

Vukadinović V., Vukadinović V. (2011). *Ishrana bilja*, III izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, 442 str.

Walsh J. J., Jones D. L., Chadwick D. R., Williams A. P. (2018). Repeated application of anaerobic digestate, undigested cattle slurry and inorganic fertilizer N: Impacts on pasture yield and quality. *Grass Forage Sci* 73 (3): 758-763.

Prispjelo/Received: 27.2.2024.

Prihvaćeno/Accepted: 12.4.2024.

Professional paper

Farmyard manure and slurry application on grasslands

Abstract

The aim of this paper is to show the application of farmyard manure (FYM) and slurry in grassland forage production. Manures provide organic matter (OM) and plant nutrients to grasslands. On the other hand, inappropriate manure application decreases the efficiency of nutrient utilization with negative effects on the environment. The annual application of 20-50 t FYM or 28-110 m³ of slurry ha⁻¹ increases grassland productivity and improves forage quality. However, since the amount of manure application is limited to a maximum of 170 kg N ha⁻¹ per year, a smaller amount of nutrients is provided by with manure application on grassland, and the difference required for the planned yield, in the conventional agriculture, is applied with individual or complex mineral fertilizers. From the aspect of the manure efficiency the main periods of FYM application during the growing season are spring and summer. While the choice of application method is limited when applying FYM, the application of slurry using one of the alternative methods ensures lower nutrients loss and greater efficiency of nutrient utilization.

Keywords: grassland, pasture, meadow, forage, organic manures, farmyard manure, slurry