

IZVORNI ZNANSTVENI RAD

Promjene fizikalnih svojstava stajskih gnojiva pri kompostiranjuMarija Vukobratović¹, Zdenko Lončarić², Želimir Vukobratović¹, Sanela Gibač³¹*Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, M. Demerca 1, Križevci, Hrvatska (e-mail: mvukobratovic@vguk.hr)*²*Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Trg Sv. Trojstva 3, 31 000 Osijek*³*Agronomski fakultet u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb***Sažetak**

Primjena stajskog gnoja, uz sve pozitivne efekte, može imati i niz negativnih. Najznačajniji su velika vlažnost, velika masa i loša fizikalna svojstva, a gnoj može potencijalno sadržavati patogene mikroorganizme i klijavo sjeme korova. Cilj istraživanja bio je pratiti promjene fizikalnih svojstava stajskih gnojiva pri kompostiranju i utvrditi da li se loša svojstva mogu ovim procesima popraviti. Aktivnim kompostiranjem postignute su temperature potrebne za dezinfekciju, porasla je specifična gustoća, porozitet, kapacitet za vodu i slobodni zračni prostor, a gnoj je dobio oblik i konzistenciju jednostavniju za manipulaciju i primjenu.

Ključne riječi: stajski gnoj, kompostiranje, temperatura, fizikalna svojstva

Uvod

Pored održavanja plodnosti tala u ratarskoj proizvodnji, sve je veći značaj organskih gnojiva u hortikulturnoj proizvodnji i u proizvodnji i korištenju hranjivog supstrata za uzgoj presadnica. Međutim, proizvodnja, skladištenje i primjena životinjskog otpada može uzrokovati širenje neugodnih mirisa i bolesti izazvanih insektima, kao i zagađenje tala, voda i zraka (El-Mashad, 2003., Nunez-Delgado i dr., 2002.). Moderna vremena i pojačana briga za zdrav okoliš, te želja da se smanji fitotoksičnost, patogeni mikroorganizmi i klijavost sjemena korova, ali i troškovi proizvodnje, rezultirali su razvitkom različitih tehnika kompostiranja.

Kompostiranje stajskog gnoja je jedan od načina zbrinjavanja otpada na farmama mliječnih krava, ali nedostaju informacije o gubicima u volumenu i masi i smanjenju troškova transporta. Michel i dr. (2004.) kompostiranjem dobivaju smanjenje volumena od 33 do 93%, mase od 41% do 83% te značajne promjene u specifičnoj gustoći i porozitetu. El Kader i dr. (2007.) govore o gubicima volumena od 54%, mase za 60%, i povećanju ukupnog poroziteta za 15%. Egzaktnim istraživanjima promjena fizikalnih svojstava kod kompostiranja pojedinih stajskih gnojiva dobit će se podaci koji će omogućiti širu primjenu takvog zbrinjavanja organskih gnojiva te češću i uspješniju primjenu na proizvodnim površinama.

Materijal i metode

U procesu kompostiranja korišten je stajski gnoj s četiri različite farme u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske: 1) svježi goveđi gnoj i poluzreli goveđi gnoj star 7 mjeseci, s farme mliječnih krava; 2) separirana svinjska gnojovka stara 150 dana; 3) pileći gnoj star 42 dana i 4) konjski gnoj star 7 mjeseci. Gnoj je slagan u hrpe pirimidalnog oblika dimenzija 2x2x1 m, a od pilećeg hrpa 2x3x1 m. Vlažnost hrpa održavana je na 60–80%, a prozračivanje je

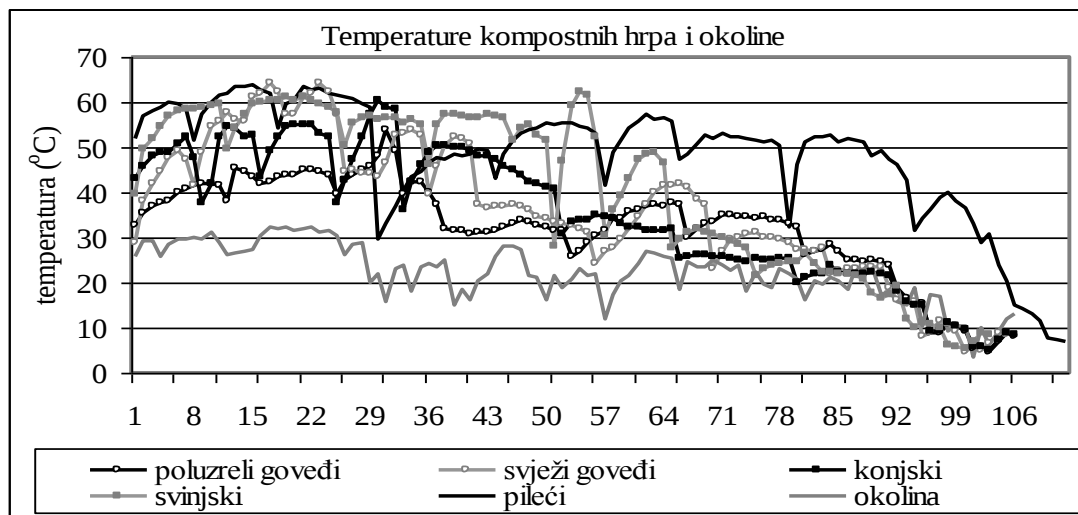
provođeno aktivnim miješanjem. Proces je trajao 9 mjeseci. Uzorkovanje je vršeno na sredini svake hrpe uzimanjem jednog prosječnog uzorka neposredno nakon miješanja. Uzorci su uzeti u količini od oko 5 kg i podijeljeni u dva poduzorka (Zhu, 2007.). Jedan dio je sušen i uskladišten, a u ostatku uzorka provedene su analize fizikalnih svojstava. Specifična gustoća, porozitet i kapaciteti za zrak i vodu analizirani su u uzorcima koji sadrže 45-60% vode, pa su prije analize vlaženi (pileći gnoj) ili sušeni na zraku jedan do dva dana, uz povremeno okretanje i usitnjavanje, prema metodi TMECC 03.01-A (Test Methods for the Examination of Composting and Compost, Thompson, 2001.).

Svakodnevno je, u periodu od formiranja hrpa pa do završetka aktivnog kompostiranja, mjerena temperatura prostora i temperatura svake kompostne hrpe na četiri različite dubine (15, 30, 45 i 60 cm od vrha hrpe), a ukupno je izvršeno 105 mjerenja. Mjerenje je vršeno posebno dizajniranim termometrom sastavljenim od sonde LM5 (industrijski standard koji za svaki stupanj K daje 10 mV napona) i digitalnog voltmetra koji mjeri pad napona.

Rezultati analiza stajskih gnojiva i komposta statistički su obrađeni PC aplikacijama SAS for Windows (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), StatSoft Statistica i Excel za utvrđivanje analize varijance (ANOVA), korelacija i multiregresijskih ovisnosti.

Rezultati i rasprava

Promjena temperature tijekom procesa kompostiranja može se pratiti kroz tri klasične faze: *faza zagrijavanja*, u kojoj dolazi do povećanja temperature; *termofilnu fazu*, u kojoj se zbog razvoja termofilnih mikroorganizama povećavaju temperatura i razgradnja i *faza hlađenja*, u kojoj je razgradnja organske tvari gotova, aktivnost mikroorganizama jenjava, a temperatura opada i konačno se izjednačava s temperaturom okoline. Kompostne hrpe u ovom pokusu prošle su sve tri klasične faze kompostiranja (Grafikon 1.).



Grafikon 1. Temperature kompostnih hrpa po vrstama gnojiva i danima kompostiranja

Kako se radi o različitim početnim materijalima, tako je i trajanje pojedinih faza različito, a različite su i postignute temperature (Grafikon 1.). Trajanje mezofilne faze (<45°C) bilo je od 0 dana kod pilećeg do 12 dana kod poluzrelog goveđeg gnojiva, dok je termofilna faza trajala od 22 dana (kod poluzrelog goveđeg) do čak 93 dana (kod pilećeg gnojiva). Najviše postignute temperature u ovom razdoblju su u svježem goveđem gnojivu 64,2°C 15 dana, pilećem 63,8°C 27 dana, svinjskom 62,5°C 36 dana, konjskom 60,5°C 7 dana te

poluzrelom goveđem gnoju 53.8°C jedan dan. Pošto stajski gnoj potencijalno sadrži životinjske i biljne patogene i sjeme korova, visina i trajanje temperature su radi dezinfekcije izuzetne važni. Epstein (1997.) smatra da bi se temperatura iznad 55°C trebala zadržati bar nekoliko dana, Haug (1993.) da je potrebno postići 55-60°C u trajanju od 1-2 dana, a Rynk i dr. (1992.) da je potrebno svega tri dana da bi se uništili patogeni mikroorganizmi, ali ako se želi uništiti sjeme korova temperatura ne bi smjela za to vrijeme biti niža od 63°C. Kompostni materijal u ovom pokusu postiže temperature potrebne za dezinfekciju, međutim što se uništavanja klijavosti sjemena korova tiče, ova dezinfekcija je vjerojatno obavljena u svim kompostima, osim u poluzrelom goveđem.

Između prosječnih vrijednosti specifične gustoće poluzrelog, svježeg i svinjskog komposta i specifičnih težina konjskog i pilećeg komposta (Tablica 1.) postoje statistički značajne razlike ($P < 0,001$). Pri tom najmanju prosječnu gustoću ima kompost od svježeg goveđeg gnoja ($0,162 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$), slijedi kompost od svinjskog, poluzrelog goveđeg i pilećeg, a najveća je specifična gustoća konjskog ($0,234 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) gnoja. Statistički značajna razlika ($P < 0,001$) utvrđena je i između prosjeka za sve komposte po danima kompostiranja iako su pojedine faze trajale različito kod različitih stajskih gnojiva (Tablica 1.). Prosječna vrijednost svih komposta na početku procesa iznosi $0,153 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ i raste protjecanjem procesa kompostiranja, da bi po završetku iznosila $0,218 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Značajan porast specifične gustoće zabilježen je nakon 30.-35. dana te nakon 92-97. dana.

Tablica 1. Specifična gustoća ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) u kompostima po danima kompostiranja

Dani kompostiranja	poluzreli goveđi	svježi goveđi	konjski	svinjski	pileći	Prosjek
1.	0,125	0,096	0,158	0,122	0,263	0,153 a
30.-35.	0,155	0,155	0,250	0,183	0,234	0,195 b
64.-69.	0,209	0,174	0,247	0,212	0,212	0,211 bc
92.-97.	0,235	0,213	0,258	0,228	0,220	0,231 c
269.-270.	0,230	0,170	0,257	0,207	0,228	0,218 bc
Prosjek	0,191 a	0,162 a	0,234 b	0,190 a	0,231 b	

Razlika u specifičnoj gustoći između goveđih gnojiva javila se zbog razlike u sadržaju i fazi razgradnje slame, kako se slama razgrađuje specifična gustoća raste. Rezultati ovih istraživanja u skladu su s rezultatima Michel i dr. (2004.), koji su utvrdili promjenu specifične gustoće goveđeg gnoja sa slamom od $0,050$ do $0,450 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ovisno o količini slame i dužini trajanja kompostiranja. Pileći gnoj ima, zbog velikog udjela oblovine, najveću specifičnu gustoću ($0,263 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) koja se tijekom mezofilne i termofilne faze smanjuje, a tijekom zrenja i do završetka procesa se malo promjenila (Tablica 1.). Slične rezultate dobivaju Kotaro i dr. (2005.) kompostirajući pileći gnoj s rižinom ljuskom i posijama te Michel i dr. (2004.) kompostirajući goveđi gnoj s piljevinom.

Uspoređujući prosječni porozitet pet komposta utvrđeno je da postoje statistički značajne razlike ($P < 0,05$) jer najmanji porozitet ima konjski kompost (57,13 %), između goveđih komposta gotovo nema razlike (Tablica 2.), a najveći porozitet ima pileći kompost (71,01 %). Slične vrijednosti navode Ribeiro i dr. (2007.) kompostirajući šumski otpad i pileći gnoj.

Tablica 2. Ukupni porozitet (%) u kompostima po danima kompostiranja

Dani kompostiranja	poluzreli goveđi	svježi goveđi	konjski	svinjski	pileći	Prosjeak
1.	52,97	53,40	49,57	69,19	63,37	57,70 a
30.-35.	52,28	63,79	48,48	63,13	67,50	59,12 ab
64.-69.	62,60	52,49	62,01	56,06	76,27	61,89 ab
92.-97.	62,01	62,62	57,93	65,91	77,06	65,11 bc
269.-270.	71,65	76,47	67,68	76,60	70,87	72,65 d
Prosjeak	60,30 a	61,76 a	57,13 a	66,18 b	71,01 b	

Prosječne vrijednosti ukupnog poroziteta svih komposta pokazuju statistički značajnu promjenu tijekom pet uzastopnih mjerenja. Prosječni porozitet raste od 57,70% na početku do 72,34% na kraju ispitivanog razdoblja. Značajan porast zabilježen je nakon 92.-97. dana i nakon 269.-270. dana. Tijekom procesa kompostiranja porozitet je u stalnom porastu kod svih materijala, s tim da su promjene u svježem goveđem kompostu neujednačene i nepravilne. Pileći gnoj pokazuje pravilnu dinamiku porasta poroziteta do 92.-97. dana što se poklapa s krajem termofilne faze i redovitim mješanjem kompostne hrpe, da bi nakon toga porozitet pao, što je vjerojatno posljedica zbijanja materijala.

Kapacitet za vodu komposta dobivenih iz različitih stajskih gnojiva statistički je značajno ($P < 0,01$) različit (Tablica 3.). Iako postoji razlika prosječnih kapaciteta za vodu svih komposta po danima kompostiranja, ona nije statistički značajna (Tablica 3.). Kapacitet za vodu je u prvih mjesec dana padao, a zatim je tijekom procesa rastao s 29,6 % na 37,4%.

Tablica 3. Kapacitet za vodu (%) u kompostima po danima kompostiranja

Dani kompostiranja	poluzreli goveđi	svježi goveđi	konjski	svinjski	pileći	Prosjeak
1.	37,08	37,91	29,31	44,28	22,81	34,28 n.s.
30.-35.	32,92	38,51	24,55	25,71	26,25	29,59 n.s.
64.-69.	37,34	34,18	31,07	18,60	40,70	32,38 n.s.
92.-97.	38,44	36,04	30,17	29,55	37,43	34,33 n.s.
269.-270.	46,49	51,61	35,53	39,28	28,42	39,82 n.s.
Prosjeak	38,45 b	39,65 b	30,13 a	31,48 ab	31,12 a	

ns = nema statistički značajnih razlika

Uspoređujući razlike u prosječnom slobodnom zračnom prostoru između različitih stajskih gnojiva tijekom procesa kompostiranja, može se vidjeti (Tablica 4.) da postoji statistički značajna razlika ($P < 0,01$) između komposta. Najmanji postotak ovog prostora je kod goveđih komposta (21,85 i 22,10%), značajno je veći kod konjskog i svinjskog, a najveći je kod pilećeg komposta (39,89%).

Tablica 4. Slobodni zračni prostor (%) u kompostima po danima kompostiranja

Dani kompostiranja	poluzreli goveđi	svježi goveđi	konjski	svinjski	pileći	Prosjeak
1.	15,89	15,49	20,26	24,91	40,56	23,42 a
30.-35.	19,36	25,28	24,33	37,42	41,25	29,53 b
64.-69.	25,26	18,31	30,94	37,46	35,57	29,51 b
92.-97.	23,57	26,58	27,76	36,36	39,63	30,78 b
269.-270.	25,16	24,86	30,56	37,32	42,45	32,07 c
Prosjeak	21,85 a	22,10 a	26,77 b	34,69 c	39,89 d	

Prosječni sadržaj pora za zrak svih komposta u stalnom je porastu od početka do kraja procesa kompostiranja (Tablica 4.), s najnižim slobodnim zračnim prostorom na početku procesa (23,42%). Značajan porast zabilježen je nakon mjesec dana, a do kraja kompostiranja značajnije se promijenio samo na kraju ispitivanog razdoblja (32,07%).

Zaključak

Postupkom aktivnog kompostiranja razvijene su temperature iznad potrebnog praga (55°C) za dezinfekciju stajskog gnoja, ali u poluzrelom goveđem gnoju ne i za uništavanje sjemena korova (>65°C). Proces kompostiranja najduže je trajao kod pilećeg gnoja koji je ujedno imao i najdužu termofilnu fazu (93 dana), dok je ona bila znatno kraća kod ostalih gnojiva. Faza hlađenja bila je najduža i trajala je od 76 dana kod svinjskog gnoja do čak 131 dan kod pilećeg. Dinamika promjene fizikalnih svojstava kompostnih tvoriva ukazuje na trend porasta njihovih vrijednosti kod svih stajskih gnojiva. Najdosljedniji trend porasta utvrđen je za ukupni porozitet u svim kompostima, dok su za slobodni zračni prostor utvrđena manja odstupanja za sva gnojiva osim svinjskog. Također, trend porasta specifične gustoće nije utvrđen jedino kod pilećeg komposta, a porast kapaciteta za vodu bio je nepravilan kod naknadno vlaženog svinjskog i pilećeg komposta.

Literatura

- El Kader, N.A., Robin, P., Paillat, J.M., Leterme, P. (2007): Turning, compacting and addition of water as factors affecting gaseous in farm manure composting. *Bioresource Technology* 98: 2619-2628.
- El-Mashad, H.M., van Loon, W.K.P., Zeeman, G., Bot, G.P.A., Lettinga, G. (2003): Reuse potential of agricultural wastes in semi-arid regions: Egypt as a case study. *Re/views in Environmental Science & Bio/Technology* 2:53-66.
- Epstein, E. (1997): *The science of composting*. Technomic Publishing Company. Lancaster, Pennsylvania, USA.
- Haug, R.T. (1993): *The Principal Handbook of Compost Engineering*, Lewis Publishers
- Kotaro, K., Nobuaki, M., Hiroyasu, T., Ichio, N. (2005): Evaluation of maturity of poultry manure compost by phospholipid fatty acids analysis. *Biology and Fertility of Soils* 41: 399-410.
- Michel, F.C. Jr., Pecchia, J.A, Rigot, J., Keener, H.M. (2004): Mass and nutrient losses during the composting of dairy manure amended with sawdust or straw. *Compost Science & Utilization*, 12: 323-334.
- Nunez-Delgado, A., Lopez- Periago, E., Diaz-Fierros-Viqueira, F. (2002): Pollution attenuation by receiving cattle slurry after passage of a slurry-like feed solution. *Column experiments. Bioresource Technology* 84: 229-236.
- Ribeiro, H.M., Romero, A.M., Pereira, H., Borges, P., Cabral, F., Vasconcelos E. (2007): Evaluation of a compost obtained from forestry wastes and solid phase of pig slurry as a substrate for seedlings production. *Bioresource Technology* 98: 3294-3297.
- Rynk, R., van de Kamp, M., Willson, G.B., Singley, M.E., Richard, T.L., Kolega, J.J., Gouin, F.R., Laliberty Jr. L., Kay, D., Murphy, D.W., Hoitink, H.A.J., Brinton, W.F. (1992): *On farm composting*. Northeast Regional Agriculture and Engineering Service, Ithaca.
- Thompson, W.H. (ed.) (2001): *Test Methods for the Examination of Composting and Compost*. The United States Composting Council Research and Education Foundation. The United States Department of Agriculture.
- Zhu, N. (2007): Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw. *Bioresource Technology* 98: 9-13.

Impact of composting proces on manures physical properties

Abstract

The use of manure, aside its positive effects, can also produce series of negative ones. The most important negative effects are high humidity, large volume and unfavorable physical characteristics. Manure can also potentially contain plant pathogens and weed seeds.

The aim of experiment was to follow the changes of physical characteristics of manure during the composting process and to establish whether the bad features could be anulated. By the active composting process temperatures needed for disinfection were achieved, bulk density, porosity, water capacity and free air space increased, and manure gained shape and consistency that was more practical for use and manipulation.

Keywords: manure, composting, temperature, physical properties