

HMELJEVINA KOT VHODNI MATERIAL ZA KOMPOSTIRANJE

Barbara ČEH¹, Lucija LUSKAR² in Bojan ČREMOŽNIK³

Izvirni znanstveni članek / scientific article

Prispelo / received: 23. 10. 2019

Sprejeto / accepted: 16. 12. 2019

Izveček

Hmeljevina je ostanek zelene mase rastlin hmelja, ki ostane po strojnem obiranju storžkov (listi in stebela). Ker se v času obiranja iz hmeljišča odpelje skoraj celotna nadzemna masa hmelja, predstavlja hmeljevina dragocen vir organske mase in hranil za vračanje na kmetijske površine. V prispevku smo predstavili hmeljevino kot vhodni material za kompostiranje. Skupno je v letu 2019 v Sloveniji ostalo po obiranju hmelja približno 23.762 t hmeljevine. Tudi kmetije, ki imajo le ≤ 5 ha hmeljišč, razpolagajo z dovolj hmeljevine za dovolj velik kompostni kup (okoli 39 t). Manj bujna sorta hmelja Savinjski golding je v preučevanih letih 2014 in 2018 v primerjavi s sortama Aurora in Celeia vsebovala v hmeljevini statistično značilno manj kalija, v vsebnosti ostalih analiziranih hranil (fosfor, magnezij, žveplo in dušik) pa med sortami ni bilo značilnih razlik. Tako smo z enega hektarja dobili v masi hmeljevine 21–22 kg P₂O₅, 50–71 kg K₂O, 32–41 kg MgO, 5,5 kg S in 88–99 kg N. V količini zajetih hranil ni bilo značilnih razlik med preučevanima letoma, razen v količini MgO. Zaradi ozkega razmerja C : N = 13 : 1 je smiselno razmisliti o dodajanju materialov z večjim deležem ogljika, kot sta slama in žagovina, če kompostiramo skupaj trte in liste hmelja. Glede na razmerje C : N = 23 : 1 je sama trta hmeljevine brez listja boljša za kompostiranje, vendar bi jo morali rezati na manjše dele (1 cm).

Ključne besede: hmeljevina, kompostiranje, hranila, organska gnojila

HOP BIOMASS AFTER HARVEST AS INPUT MATERIAL FOR COMPOSTING

Abstract

After harvest of hops beside the hop cones we get also a huge amount of biomass that is left behind (leaves and stems). In the process of hop harvest, the whole hop plants are taken from the field. Hop biomass after harvest presents a valuable source of organic mass and nutrients; in this paper we evaluate it as a substrate for

¹ Dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenija, e-pošta: barbara.ceh@ihps.si

² Mag. biotehnologije, isti naslov, e-pošta: lucija.luskar@ihps.si

³ Dipl. inž. agr. in hort., isti naslov, e-pošta: bojan.cremoznik@ihps.si

composting. In Slovenia, there was about 23,762 tons of hop biomass after harvest in 2019. Even small hop producers, that grow hops on ≤ 5 , produce enough biomass for enough big compost pile (about 39 tons). The hop biomass after harvest of variety Savinjski golding, in comparison to varieties Aurora and Celeia, contained statistically less potassium while there was no statistical difference in other analysed nutrients (phosphorus, magnesium, sulphur and nitrogen) in the investigated years (2014 and 2018). Hop biomass after harvest produced on 1 ha contained 21–22 kg P_2O_5 , 50–71 kg K_2O , 32–41 kg MgO , 5.5 kg S and 88–99 kg N. Apart from MgO , there were no statistically significant differences in nutrients content regarding the year of experiment (2014 and 2018). The hop biomass after harvest had C : N ratio of 13 : 1. When composting the whole hop biomass (stems and leaves), the addition of substrates with high carbon content might be needed. Composting only stems ratio would be better (C : N = 23 : 1), but the stems should be cut on smaller, 1 cm pieces.

Key words: hop biomass after harvest, composting, nutrients, organic fertilizers

1 UVOD

Kompostiranje je biološka razgradnja organskih snovi pod kontroliranimi aerobnimi pogoji (Epstein, 1997), naraven proces, pri katerem mikroorganizmi razgradijo organsko snov na vodo, CO_2 , stabilne produkte in mikrobnno biomaso. Namen kompostiranja je časovno in ekonomično optimalna razgradnja bioloških odpadkov do stabilnih humusnih kompozitov. Kompostiranje rastlinskega odpada je najboljši način za njegovo ponovno uporabo v hortikulturi in poljedelstvu (Boldrin in sod., 2009), saj pride ob zagotovljeni dovolj visoki temperaturi v kompostni gmoti med postopkom do eliminacije fitopatogenih bakterij in gliv (Suárez-Estrella in sod., 2006; Herrmann in sod., 1994), poleg tega se uničijo semena plevelov. Kakovost končnega produkta je odvisna od sestave vstopnega substrata, mikrobne populacije in načina kompostiranja (Neher in sod., 2013). Kompostiranje predstavlja pomembno rešitev za trajnostno ravnanje z organskimi odpadki. Na tak način sicer odvečno oz. neuporabljeno biomaso spreminjamo v bogate organske dodatke za kmetijstvo, hortikulturo in urejanje okolice (Neher in sod., 2013).

V literaturi najdemo zelo različne podatke o hranilih v vhodnih substratih za kompostiranje. Rynk (1992) navaja, da je priporočljivo razmerje za kompostiranje med ogljikom (C) in dušikom (N) 20–40, medtem ko Brodie (1993) svetuje nekoliko širše razmerje C : N, in sicer 30–50 : 1. Podobno razmerje navajajo tudi Román in sod. (2015), in sicer od 35 na začetku kompostiranja do 15 na koncu. Cooperband in sod. (2003) navajajo povprečne kemijske lastnosti vhodnih substratov, med katerimi je tudi listje, ki ima razmerje C : N = 27 : 1, medtem ko

Hitman in sod. (2013) poročajo o uspešnem kompostiranju rastlinskega materiala z nekoliko ožjim razmerjem C : N, to je 22.

Dve najpomembnejši hranili za kompostiranje sta ogljik in dušik. Za mikrobnost rast potrebujemo približno 25–30 enot ogljika na eno enoto dušika (Epstein, 1997). Bakterije vsebujejo od 7–11 % dušika (od suhe biomase), glive pa od 4–6 % (Anderson, 1956). V primeru ožjega razmerja med C in N lahko pride do uhajanja amonijaka iz kompostnega kupa, k čemur lahko pripomore tudi alkalno okolje ali anaerobni pogoji razgradnje (Knuth, 1970). V primeru preširokega razmerja med C in N pa lahko pride do upočasnjene rasti mikrobov, saj jim primanjkuje N. Uporaba komposta izboljša strukturno stabilnost tal in prispeva k imobilizaciji ogljika (Som in sod., 2009).

Hmeljevina je ostanek zelene mase rastlin hmelja, ki ostane po strojnem obiranju storžkov (listi in stebela, prepletena z vrvico, ki služi hmelju tekom rastne dobe kot opora). Ker se v času obiranja iz hmeljišča odpelje celotna nadzemna masa hmelja, predstavlja hmeljevina dragocen vir organske mase in hranil za vračanje na kmetijske površine. Po raziskavi Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (Čeh in sod., 2019b), je bila masa sveže hmeljevine v letu 2014 pri sorti Savinjski golding 14,4 t/ha, pri sorti Aurora 16,4 t/ha in pri sorti Celeia 16,3 t/ha, v letu 2018 pa pri sorti Savinjski golding 14,5 t/ha, pri sorti Aurora 13,4 t/ha in pri sorti Celeia 19,8 t/ha. V letu 2014 razlika v masi hmeljevine med sortami ni bila značilna, v letu 2018 pa je bila značilno večja masa hmeljevine izmerjena pri sorti Celeia v primerjavi s sortama Savinjski golding in Aurora. V povprečju dveh let med sortami v masi hmeljevine ni bilo značilnih razlik, povprečno je bila 15,7 t/ha (Čeh in sod., 2019b).

Problem ravnanja s hmeljevino je polipropilenska vrvica, prepletena s hmeljevino, ki se tudi s kompostiranjem ne razgradi in ostaja trdno prepletena in nerazgrajena tudi po več mesecih. Po navodilih IHPS (Čeh in sod., 2019a) je potrebno hmeljevino kompostirati in po tem procesu presejati, da se izločijo vrvice z materialom, ki je z njimi še vedno prepleten. Presejane ostanke polipropilenske vrvice se obravnava kot odpadki, ki se ga odpelje na urejene deponije, kjer so pooblaščen za ravnanje z odpadki. Kompostiranje doda vrednost hmeljevini, ki bi sicer predstavljala rastlinski odpad, saj s procesom kompostiranja pride do mineralizacije hranil in nastajanja humusa, ki predstavlja substrat za rast rastlin. Vendar se zaradi zamudnega in dragega procesa hmeljarji postopku presejevanja polipropilena iz organske mase izogibajo in hmeljevina ostaja neizkoriščen potencial. Problem bo rešen z vpeljavo biorazgradljive vrvice kot vodila v hmeljarstvo, ki ga preučujemo v okviru projekta LIFE BioTHOP, ki poteka od 1. julija 2019 do 30. junija 2022 in katerega demo regija je Spodnja Savinjska dolina.

V prispevku želimo predstaviti hmeljevino kot vhodni material za kompostiranje – potencial za pretvorbo v organsko gnojilo potem, ko bo vseboval biorazgradljivo vrstico, narejeno iz obnovljivih virov, in sicer vsebnost makrohranil, razmerje C : N in količino, pridelano v Sloveniji.

2 MATERIAL IN METODE

Podatke o površinah hmeljišč v Sloveniji in velikosti hmeljišč po kmetijah smo pridobili iz baze podatkov MKGP in opisujejo stanje na dan 4. 9. 2019 (Livk, 2019).

Za pridobitev podatka o količini hranil, zajetih v hmeljevini, smo v času tehnološke zrelosti posamezne sorte (Celeia, Aurora, Savinjski golding) v letu 2014 ročno potrgali po 30 zaporednih rastlin in po 5 zaporednih rastlin hmelja v letu 2018 pri vseh omenjenih sortah na petih različnih lokacijah in jih pripeljali do obiralnega stroja IHPS. Vsak vzorec smo ločeno strojno obrali na obiralnem stroju, ki loči storžke, trto in liste. Vsako frakcijo smo ulovili posebej, jo stehali ter takoj vzeli vzorce za analizo na vsebnost vlage ter kemijsko analizo na vsebnost dušika, fosforja, kalija, žvepla in magnezija. Vzorce smo sproti dostavljali v laboratorij IHPS. Vsebnost vlage so določili po metodi A-EBC:1997, 7.2, vsebnost N po metodi ISO 11261, Soil quality: Determination of total nitrogen – Modified Kjeldahl method, vsebnost fosforja (P), kalija (K) in magnezija (Mg) po metodi Hodnik (1988; Univerza v LJ, Katedra za pedologijo, prehrano rastlin in ekologijo: Kemične analize talnih vzorcev, rastlinskih vzorcev in odcednih vod, Ljubljana, 1988 (modificirana metoda)), vsebnost žvepla (S) po metodi Official Analytical Chemits, edited by Kenneth Helrich, 15th Edition, 1991, Sulfur in plants, Magnesium Nitrate Method.

Glede na podatke o pridelku sveže mase in vsebnosti vlage smo izračunali maso suhe snovi posamezne frakcije. Podatke o količini hranil v trti in listih (hmeljevini) smo preračunali na hektar glede na dejanske gostote nasadov posameznih sort, od koder smo vzorčili (3.200 do 3.300 rastlin/ha pri sortah Savinjski golding in Styrian Gold, 3.200 do 3.570 rastlin/ha pri sorti Aurora, 2.780 do 3.250 rastlin/ha pri sorti Celeia). Ker se količina pridelane hmeljevine v letu 2014 ni značilno razlikovala med sortami, v letu 2018 je bila značilno večja od sort Savinjski golding in Aurora le pri sorti Celei, med preučevanima letoma se ni značilno razlikovala (Čeh in sod., 2019b), smo za nadaljnje preračunavanje vzeli povprečen podatek o pridelani masi hmeljevine, to je 15,7 t/ha.

Za določanje razmerja med C in N smo ob koncu sezone obiranja v letu 2019 na več mestih vzorčili sedem različnih kupov hmeljevine (pet kupov celotna hmeljevina (listi in trta) in dva kupa samo trta). Vzorce smo dostavili v laboratorij IHPS, kjer so jih do analize zamrznili. Določanje organskega ogljika je potekalo s

spektrofotometrično metodo po metodi Hodnik (1988; Univerza v LJ, Katedra za pedologijo, prehrano rastlin in ekologijo: Kemične analize talnih vzorcev, rastlinskih vzorcev in odcednih vod, Ljubljana, 1988 (modificirana metoda)), vsebnost celokupnega dušika pa po metodi ISO 11261, Soil quality: Determination of total nitrogen – Modified Kjeldahl method. Za določanje razmerja smo delili vsebnost organskega ogljika z vsebnostjo celokupnega dušika.

Rezultate smo obdelali z računalniškima programoma Excel in Statgraphics Centurion XVI. Ekonomsko vrednost hranil smo izračunali s pomočjo podatkov, povzetih po Román in sod. (2015) in World Bank (2013).

3 REZULTATI

3.1 Površina hmeljišč v Sloveniji in velikost hmeljišč po kmetijah

V letu 2019 je bilo v Sloveniji 1.595 ha površin, namenjenih pridelavi hmelja (preglednica 1). V tem letu sta po površini prevladovali dve sorti, in sicer Aurora na 35 % ter Celeia na 34 % površin hmeljišč (Livk, 2019). Večji delež sta predstavljali še sorti Savinjski golding (11 %) in Bobek (10 %). Hmelj je pridelovalo 124 kmetov. Med njimi je največ takih, ki imajo ≤ 5 ha hmelja (45). Sledi 26 kmetov, ki prideluje hmelj na 5–10 ha, in 22 takih, ki pridelujejo hmelj na 10–15 ha. Ostali imajo večje površine hmeljišč (preglednica 2).

Preglednica 1: Površina hmeljišč v letu 2019 glede na sorto

	Površina (ha)	Delež %
Aurora	563	35
Celeia	536	34
Savinjski golding	172	11
Bobek	157	10
Styrian Wolf	42	3
Styrian Gold	40	3
Styrian Cardinal	16	1
Ostalo	68	4
Skupaj v letu 2019	1.595	100

3.2 Količina pridelane hmeljevine

Iz podatkov o količini dobljene hmeljevine glede na sorto (Čeh in sod., 2019b) smo izračunali standardni odklon po sortah. Povprečna masa hmeljevine je 15,7 t/ha in je lahko za skoraj 4 t/ha večja ali manjša glede na sorto; standardni odklon sorte Aurora je 3,1 t/ha, sorte Savinjski golding 3,6 t/ha in sorte Celeia 4 t/ha.

Kmetije, ki imajo od ≤ 5 ha hmeljišč, razpolagajo letno z okoli 39 t hmeljevine (preglednica 2), kar je dovolj za en kompostni kup. Hmeljarji, ki obdelujejo 5–10 ha hmeljišč, imajo na razpolago letno okoli 118 t hmeljevine, hmeljarji s 20–25 ha hmeljišč pa okoli 353 t. Skupno je bilo v letu 2019 v Sloveniji pridelano približno 23.762 t hmeljevine (preglednica 2).

Preglednica 2: Število hmeljarjev v Sloveniji v letu 2019 glede na površino in izračunana masa pridobljene hmeljevine

Površina (ha)	Število hmeljarjev	Masa hmeljevine na kmetijo* (t)
140–145	2	2198–2277 (2237)
35–50	3	549,5–785 (589)
30–35	4	471–550 (510)
25–30	4	393–471 (432)
20–25	11	314–393 (353)
15–20	7	236–314 (275)
10–15	22	157–236 (196)
5–10	26	79–157 (118)
0–5	45	0,05–79 (39)
Skupaj	124	23.762

* Masa hmeljevine je izračunana s podatkom Čeh in sod. (2019b), ki navajajo, da z 1 ha dobimo 15,7 t hmeljevine. V stolpcu je prikazan razpon mas za posamezno skupino, v oklepaju pa povprečna masa.

3.3 Količina hranil, odvzetih s hmeljevino

V preglednici 3 je predstavljena količina posameznih rastlinskih hranil, odvzetih s hmeljevino z enega hektarja. Manj bujna sorta hmelja Savinjski golding v primerjavi s sortama Aurora in Celeia vsebuje v hmeljevini statistično značilno manj kalija, v vsebnosti ostalih analiziranih hranil (fosfor, magnezij, žveplo in dušik) pa med sortami ni bilo značilnih razlik. Tako z enega hektarja dobimo v masi hmeljevine 21–22 kg P₂O₅, 50–71 kg K₂O, 32–41 kg MgO, 5,5 kg S in 88–99 kg N. V količini odvzetih hranil s hmeljevino v glavnem ni bilo značilnih razlik med letoma, razen v količini MgO, ki ga je bilo v hmeljevini enega hektarja značilno več v letu 2018 kot v letu 2014.

Preglednica 3: Količina rastlinskih hranil, odvzetih s hmeljevino (kg/ha) glede na sorto v letih 2014 in 2018

		P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	N
Sorta	Sav. golding	22 a*	50 ab	41 a	5,5 a	99 a
	Aurora	22 a	71 b	32 a	5,4 a	99 a
	Celeia	21 a	67 b	38 a	5,4 a	88 a
Leto	2014	20 a	61 a	31 a	4,7 a	90 a
	2018	24 a	65 a	43 b	6,2 a	101 a

*Enaka črka v stolpcu znotraj enega dejavnika (sorta, leto) pomeni, da med obravnavanjema razlika ni statistično značilna (Duncanov test, p=0,05).

3.4 Ekonomska vrednost hranil v hmeljevini

V preglednici 4 je predstavljen izračun ekonomske vrednosti hranil, ki jih ob koncu sezone s hmeljevino odpeljemo z njive, ovrednotena skozi ceno mineralnih gnojil. Vrednost makrohranil (N, P in K) v hmeljevini enega hektarja je 126 €. V primeru nadomeščanja N bi za 1 ha potrebovali 207 kg uree (46 %), kar bi pomenilo 117 € (Cenik mineralnih gnojil – RWA, 2019).

Preglednica 4: Povprečna masa odvzetih hranil s hektarja in cena hranil

	Enota	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	Skupaj
Hmeljevina	kg/ha	22*	63*	95*	
Cena mineralnih gnojil	€/kg	1	0,6	0,7	
Skupaj	€/ha	22	37,8	66,5	126 €

*Povprečje sort iz preglednice 3

3.4 Potencial hmeljevine za kompostiranje

V analiziranih vzorcih je imela hmeljevina razmerje C : N 13 (preglednica 5). Razmerje je precej ozko, kar pomeni, da je v hmeljevini v primerjavi s C veliko N, zaradi česar lahko pride do uhajanja N v obliki amonijaka iz komposta. Zaradi tega lahko pride tudi do zgodnjih pregrevanj komposta. O ozkem razmerju C : N v hmeljevini pišejo tudi Majer in sod. (2002). Román in sod. (2015) v takšnem primeru priporočajo dodajanje substratov z veliko vsebnostjo C, kot so suhi listi, žagovina ali drevesne obreznine. To je v diplomskem delu preizkušal Vipotnik (1993), ki je hmeljevini dodajal slamo ali žagovino, v volumskem razmerju s hmeljevino 1 : 1. Kompostni kup, v katerem je bila le hmeljevina, je imel razmerje C : N 11, hmeljevina s primešano slamo 19 ter hmeljevina s primešano žagovino 31. Kompostiranje v sodih je trajalo 80 dni, v tem času pa so spremljali

temperaturo, vlago in razmerje C : N.. Ugotovili so, da dodajanje organske mase z veliko vsebnostjo C izboljša proces kompostiranja hmeljevine.

Preglednica 5: Razmerje med C in N (C : N) v analiziranih vzorcih

	Št. vzorcev	C : N
Hmeljevina (listi in trta)	5	13 ± 1
Trta hmelja	2	23 ± 0,35

* ± Standardni odklon vzorca

Glede na širše razmerje C : N (23) analiziranih vzorcev nudi sama trta hmelja (preglednica 5) boljše pogoje za kompostiranje. V tem primeru ne bi bilo potrebno dodajati substratov, bogatih s C. Težava pri kompostiranju trt nastane, ker so trte običajno narezane na 15 cm dolge kose, kar v kompostnem kupu oblikuje veliko prostora za kisik, s tem pa omogoča (pre)hitro sušenje in oksidacijo na robovih velikih kosov. Aktivna površina je pri velikih kosih majhna in posledično je razgradnja organske snovi slabša. Z rezanjem trte na manjše dele (1 cm) bi lahko omogočili boljše kompostiranje trt. Vlakna trte vsebujejo velik delež celuloze (84 %) in lignina (6 %) (Reddy in Yang, 2009), ki predstavljata kompleksne ogljikove hidrate, zato lahko pride do pomanjkanja lahko dostopnega ogljika, ki je potreben za začetno segrevanje kompostnega kupa (Epstein, 1997).

4 ZAKLJUČKI

Z enega hektarja dobimo v masi hmeljevine 21–22 kg P₂O₅, 50–71 kg K₂O, 32–41 kg MgO, 5,5 kg S in 88–99 kg N. V količini zajetih hranil ni bilo značilnih razlik med preučevanima letoma (2014 in 2018), razen v količini MgO. V Sloveniji se letno proizvede dobrih 23 tisoč ton hmeljevine, kar v ekonomskem smislu pomeni okoli 200 tisoč €, če upoštevamo vrednost makrohranil (N, P, K).

Če kompostiramo skupaj trte in liste hmelja, je smiselno zaradi ozkega razmerja C : N 13 razmisliti o dodajanju materialov z visokim deležem ogljika, kot sta slama in žagovina. Če kompostiramo le trte, dodajanje drugih, z ogljikom bogatih snovi, ni potrebno, saj je razmerje C : N okoli 23. V tem primeru je potrebno zagotoviti, da so delci trt čim manjši, da preprečimo izsuševanje.

Hmeljevina ima potrebne karakteristike za uspešno kompostiranje (ustrezna vsebnost hranil in razmerje C : N), vendar je trenutno problem polipropilenska vrstica, ki je prepletena v biomasi. Vrstice PLA, ki jih uvajamo v demo regijo Spodnja Savinjska dolina v okviru projekta LIFE BioTHOP, so narejene iz polimerizirane mlečne kisline, ki ob vlagi in povečani temperaturi (>55°C) hidrolizira, s čimer hranila postanejo dostopna mikrobom (Karamanlioglu in

Robson, 2013; Wilfred in sod., 2018). Z uporabo takšnih vodil v pridelavi hmelja bo hmeljevina postala primerna surovina za kompostiranje na kmetijah, s čimer bo omogočeno pridobivanje kakovostnega organskega gnojila in s tem sklenitev krogotoka hranil oziroma krožno gospodarstvo na hmeljarskih kmetijah. Kompostiranje sicer ni odvisno le od vsebnosti hranil v vhodnem materialu, temveč tudi od pH, dostopnosti kisika, vlage in temperature (Epstein, 1997), zato je pridobitev kvalitetnega komposta potreben nadzor vseh parametrov, kar bo predmet nadaljnjega preučevanja v okviru projekta LIFE BioTHOP.

Zahvala. Članek je nastal v okviru projekta LIFE BioTHOP (www.life-biothop.eu). Projekt je sofinanciran v okviru programa LIFE Evropske Unije, s strani Ministrstva za okolje RS, občin Spodnje Savinjske doline (Braslovče, Polzela, Prebold, Tabor, Vransko in Žalec) in Združenja hmeljarjev Slovenije. Podatke o masi hmeljevine in odvzemu hranil s hmeljevino smo pridobili v okviru strokovne naloge Tehnologija pridelave in predelave hmelja, ki jo financira Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS.

Vsebina članka ne odraža nujno stališča ali mnenja Evropske komisije.

5 LITERATURA

- Andreson, M. S. Compost as means of garbage disposal. *The Soil and Crop Sci.Soc. of Florida Proc.* 1956; 16:134-144.
- Boldrin A., Andersen J. K., Møller J., Christensen T. H. in Favoino E. Composting and compost utilization: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Management & Research.* 2009; 27.8: 800–812.
- Brodie, H. L. Multiple component compost recipe maker. *American Society of Agricultural Engineers. Meeting (USA).* 1994; 94:3020-3063.
- Cooperband L. R., Stone A. G., Fryda M. R. in Ravet, J. L.. Relating compost measures of stability and maturity to plant growth. *Compost Science and Utilization.* 2003; 11(2): 113–124.
- Čeh, B., Radišek S., Friškovec I. Navodila za ravnanje s hmeljevino. IHPS. 2019a. Dostopno na: http://www.ihps.si/wp-content/uploads/2019/05/Navodila-za-ravnanje-s-hmeljevino-RS_BČ_MRC_IF.pdf (oktober, 2019)
- Čeh, B., Čremožnik, B., Oset Luskar, M. 2019b. Odvzem hranil s hmeljem (*Humulus lupulus* L.) kot osnova za določanje gnojilnih odmerkov in masa hmeljevine glede na sorto. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. Novi izzivi v agronomiji 2019 : zbornik simpozija, Laško, 2019 = New challenges in agronomy 2019 : proceedings of symposium. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo. 2019, str. 63–69.
- Epstein E. Basic Concepts. V: *The Science of Composting.* Epstein E. 1997. Lancaster, Technomic Publishing Inc. 19–52.
- Herrmann I., Meissner S., Bächle E., Rupp E., Menke G. in Grossmann, F. Einfluß des Rotteprozesses von Bioabfall auf das Überleben von phytopathogenen Organismen und von Tomatensamen/Impact of the rotting process of biodegradable material of household garbage on the survival of phytopathogenic organisms and of tomato

- seeds. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz/Journal of Plant Diseases and Protection*. 1994; 48–65.
- Hitman A., Bos K., Bosch M. in Kolk A. Fermentation versus composting. *Feed innovation Services, Wageningen*. 2013: 1–25.
- Karamanlioglu, M. in Robson, G. D. The influence of biotic and abiotic factors on the rate of degradation of poly(lactic) acid (PLA) coupons buried in compost and soil. *Polymer Degradation and Stability*, 2013; 98(10):2063–2071.
- Livk J., ustni vir, po podatkih MKGP (oktober 2019)
- Majer D., Zmrzлак M., Knapič M., Obiranje hmelja. V: *Priročnik za hmeljarje*. Majer D. (ur.). *Žalec, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalec*, 2002: 175–194.
- Neher D. A., Weicht T. R., Bates S. T., Leff J. W. in Fierer N. Changes in Bacterial and Fungal Communities across Compost Recipes, Preparation Methods, and Composting Times. *PLoS ONE*. 2013; 8(11): 79512.
- Reddy, N. in Yang, Y. Properties of natural cellulose fibers from hop stems. *Carbohydrate Polymers*. 2009; 77(4): 898–902.
- Román P., Martínez M. M. in Pantoja A. *Farmer's compost handbook Experience in Latin America*. Dostopno na: <http://www.fao.org/3/a-i3388e.pdf> (oktober 2019)
- Rynk R., Van de Kamp M., Willson G. B., Singley M. E., Richard T. L., Kolega J. J. in Hoitink H. A. *On-Farm Composting Handbook (NRAES 54)*. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. 1992.
- RWA Slovenija, *Cenik mineralnih gnojil 2019*. (november 2019)
- Singh A. in Sharma S. Composting of a crop residue through treatment with microorganisms and subsequent vermicomposting. *Bioresource Technology*. 2002; 85(2): 107–111.
- Som M. P., Lemée L. in Amblès A. Stability and maturity of a green waste and biowaste compost assessed on the basis of a molecular study using spectroscopy, thermal analysis, thermodesorption and thermochemolysis. *Bioresource Technology*. 2009; 100: 4404–4416.
- Suárez-Estrella F., Vargas-García M. C., Ló Pez M. J. in Moreno J. Effect of horticultural waste composting on infected plant residues with pathogenic bacteria and fungi: Integrated and localized sanitation. 2007; 27.7: 886–892 .
- Vipotnik S., *Kompostiranje hmeljevine*. Diplomaska naloga. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta. 1993.
- World Bank. *Agricultural Production Statistics*. 2013. Dostopno na: <https://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets> (oktober 2013)