



IKER
GAZTE
NAZIOARTEKO
IKERKETA EUSKARAZ

IV. IKERGAZTE

NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

2021eko ekainaren 9, 10 eta 11a
Gasteiz, Euskal Herria

ANTOLATZAILEA:
Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)

ZIENTZIAK ETA NATURA ZIENTZIAK

**Arazketa lohietatik eratorritako
balio erantsi altuko ongari
seguruen ekoizpena**

*Nagore Guerra, Belén Puyuelo
eta Sergio Ponsá*

123-129 or.

<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.iv.05.16>



Arazketa lohietatik eratorritako balio erantsi altuko ongarri seguruen ekoizpena

Guerra, N., Puyuelo, B. eta Ponsá, S.

Centro Tecnológico BETA – Vic eko Unibertsitatea. nagore.guerra@uvic.cat

Laburpena

Populazioaren eta haien janari eskariaren igoera dela eta, nekazaritza-produkzioarako egoki diren ongarrien beharra, bai kantitate zein kalitate aldetik, Europa mailako erronka nagusietako bat da gaur egun. Testuinguru honetan, karbono eta nutrienteen, eta bereziki fosforoaren, berreskuratzea ahalbidetzen duten innobazio teknologikoen lehentasun handia dute, ez soilik haien beharragatik, bai eta europarentzat etorkizuneko bio-ekonomiarantzko bidean aitzindari izateko aukera izan daitekeelako.

Horren haritik, era egokian tratatu ezker, araztegi lohiak aipatutako baliabideen iturri gisa ustiatu litezke. Izan ere, sortzen diren araztegi lohi mota desberdinen artean ezaugarri egokiak dituzten lohiak hautatuz kalitate altuko ongarri segurua ekoiztu daitezke. Adibidez, fosforoa biologikoki ezabatu eta pilatzeko gaitasuna duen prozesua den SCENA (*Short Cut Enhanced Nutrient Abatement*) prozesua konpostatze prozesu aurreratuarekin konbinatuz, kalitate altuko bio-ongarri segurua produzitu daiteke. Premisa hau baieztatzerako daramaten lortutako emaitzak honakoak dira: i) nutriente kontzentrazioa ($N > 3\%$, $P > 4\%$ eta $K > 1\%$, gai lehorrean neurtuta), ii) produktuaren egonkortasuna (Arnasketa Indize Dinamikoa $< 1 \text{ gO}_2 \text{ kgSV}^{-1}\text{h}^{-1}$ eta 4 eguneko oxigeno kontsumo metatua $< 60 \text{ gO}_2 \text{ kgSV}^{-1}$), iii) metal astun edukia, 506/2013 Errege Dekretuaren arabera B klasean kategorizatzea baimentzen duen delarik eta lehengai gisa erabilitako lohiekin alderatuz, kezka sortzen duten kutsagarrien murriztea (pestizida eta antibiotikoak), iv) nekazaritzari lotutako kalitate aspektuak, esate baterako, iturri mineralen mailan dagoen fosforo iturri efizientea dela egiaztatzea.

Hitz gakoak: arazketa lohia, fosforoa, konpostatze aurreratu, bio-ongarria.

Abstract

The continuous population growth and their concomitant feeding requirements, the need of appropriate fertilizing products for their use in agriculture, in terms of quantity and quality, is presented as a key challenge at European level. In this context, the development of technologies aiming the maximum organic carbon and nutrients recovery, and particularly phosphorus, from renewable sources to return them to soils is currently a priority, being not only a need but also an opportunity.

*In this sense, sewage sludges are recognized to be a significant source or the resources abovementioned provided that they are properly treated. From the wide range and typology of sewage sludges produced, the appropriate selection of the sludges to be used according to their characteristics can lead to the production of high-quality fertilizers. The coupling of the biological phosphorus removal and cumulation process known as SCENA (*Short Cut Enhanced Nutrient Abatement*) with the advanced dynamic composting process allows the production of a safe high-quality product, demonstrated by means of: i) nutrients concentration ($N > 3\% \text{ TS}$, $P > 4\% \text{ TS}$, $K > 1\% \text{ TS}$), ii) high stability of end product ($\text{DRI} < 1 \text{ gO}_2 \text{ kgSV}^{-1}\text{h}^{-1}$ and $\text{AT4} < 60 \text{ gO}_2 \text{ kgSV}^{-1}$), iii) heavy metals content categorizing the product as a class B compost according to RD 506/2013 and reduction of the content of contaminants of emerging concern (pesticides and antibiotics) compared to the sludge fed and, iv) agricultural quality demonstrated by means of its efficiency as phosphorus source in plants, equivalent to mineral sources.*

Keywords: sludge, phosphorus, advanced composting, biofertilizer

1. Sarrera eta motibazioa (Formatu orokorra eta bibliografia)

Munduko populazioaren igoerak ezinbestean nekazaritza elika-katearen igoera eta beraz, ongarrien demandaren igoera dakar. Betidanik, nekazaritzan gehien erabili diren ongarriak iturri mineraletakoak izan dira, beste arrazoi batzuen artean nekazaritza lurren karbono galera eraginez. Bestalde, nekazaritza lurretan aplikatzen diren nutrienteen artean, fosforoak, bere iturri mugatua eta prezio igoera (1,18-2,29€·kg⁻¹ P) direla eta, kezka handia sortzen du (Raheem et al., 2018). Europar testuinguruan, fosforo mineralaren, hots, arroka fosforikoaren, inportazioaren ezinbesteko dependentzia dela eta, arroka

fosforikoa lehengai kritikoen zerrendan sartu zen 2014ean (Europako Batzordea, 2014). Ondorioz, Europako Itun Berdearen baitan, fosforoaren berreskuratzea lehentasunetako bat da, horretarako fosforo maila altuak izan ditzaketen hondakinetatik fosforo hori berreskuratzea ahalbidetzen duten innobazio teknologikoen aldeko apustua egiten ari delarik.

Arazketa urak fosforo iturri berriztagarrien adibide dira, izan ere nekazaritzarako fosforo eskariaren %15-20 asetzeko gai izango lirateke (Yuan et al., 2012). Ur zikinen arazketa prozesuan sortzen diren lohiek fosforoa eta beste makro-eta mikro- nutrienteak pilatzeko joera dute. Hau jakinik, haien nekazaritzarako erabilera positiboki hartzen da betiere haien metal astunen edukia 86/278/CEE Europar Zuzentarauak (Europar Batzordea, 1986) mugatzen dituen baloreen azpitik baldin badago. Era egokian kudeatu ostean, arazketa lohien erabileraren bitartez nekazaritza lurrek karbonoa eta nutrienteak berreskura ditzakete, haien erabilera segurua bermatu badaiteke behintzat. Ekoizten diren lohi guztiak ez dira egokiak izaten haien ezaugarri eta konposatu kutsagarrien edukia direla eta. Horren haritik, arazketa lohien ezaugarrien heterogeneotasunagatik, lohiak ez dira ongarriak ekoizteko lehengaien zerrendan onartu Europako ongarrien araudian (2019/1009 ongarrien merkaturara arautzen duen araudia). Haatik, ezaugarri egoki eta seguruak dituzten lohiak hautatuz edo horiek ekoiztea ahalbidetzen duten soluzio teknologikoak hautatuaz aipatutako ahultasun horiek gainditu daitezke.

Ildo honetatik, fosforoa biologikoki ezabatu eta pilatzeko gaitasuna duen SCENA (*Short Cut Enhanced Nutrient Abatement*) prozesuak nitrogeno eta fosforo kontzentrazio oso altua duten lohien deshidratazioan berreskuratutako urak tratatzen ditu (Longo et al., 2017). Prozesu honetan nutriente eduki altua duten eta metal astunetan urriak diren lohiak ekoizten dira, zeinak era egokian kudeatuz gero ongarri gisa potentzial handia izan dezaketen. Bestalde, arazketa lohien konpostatze prozesu dinamiko aurreratua gai da produktu higienizatu eta egonkorra sortzeko, zeina nekazaritza lurren propietate fisiko-kimiko eta mikrobiologikoak hobetzeko gai den (Grigatti et al., 2019). Horretaz gain, konpostatze prozesuak kezka sortzen duten konposatu kutsakor berriak, esaterako, farmako eta pestizidak, biodegradatzeko potentziala du (Ezzariai et al., 2018; Zhang et al., 2019). Aipatutako teknologia hauen konbinazioak potentziala dauka segurua den kalitate altuko bio-ongarria ekoizteko, ongarri mineralekin lehiatzeko gaitasuna izan dezakeena.

2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Ikerketa honen helburu nagusia arazketa lohi egokiak lehengaitzat hartuz kalitatezko bio-ongarri seguruak sor daitezkeela frogatzea da. Kasu honetan, SCENA prozesua eta konpostatze prozesu aurreratuaren akoplamenduan sortzen den produktuan eta maila desberdinetan:

- Produktuaren parametro fisiko-kimiko eta biologikoak.
- Konposatu kutsakorren edukia neurtzea: metal astunak eta kezka sortarazten duten konposatu kutsakor berriak.
- Produktuaren nekazaritza kalitatea

3. Ikerketaren muina

3.1. Konpostatze prozesua eta ekoiztutako produktuen kalitatea

Guztira 3 konpostatze prozesu burutu dira ezaugarri antzekoak zituzten fosforodun lohiekin (1.taula). Prozesua ondo burutu dadin, lohiak lehenik eta behin xehatutako kimatze hondakinekin nahastu dira nahastearen estruktura egokia bermatzeko, bere hezetasuna %60 inguruan doitzu. Arnasketa Indize Dinamikoaren (AID) eta 4 eguneko oxigeno kontsumo metatuaren arabera (AT4), lohi hauen biodegradagarritasuna ertaina da (Barrena et al., 2011), materialaren autoberotze gaitasunean oinarritutako prozesu aerobioentzat egokia dena, alegia.

Konpostatze prozesuak hermetikoki itxitako eta termikoki isolatutako erreaktore biologiko baten barnean egin dira (100L). Konpresore bat erabiliz eta kontroladore masiko baten bitartez, erreaktorea azpialdetik airez hornitu da. Airearen kontrola egiteko algoritmo automatiko bat garatu da Puyuelo et al. (2010)-ek egindako lanean oinarrituz. Kontrol sistema hau hornitutako aire maila komunitate mikrobiologikoaren oxigenoaren kontsumo abiaduraren arabera egokitzeke gai da. Konpostatze prozesu guztiek degradazio aktibo fase bat (20 egun) eta aireztapen aktiborik gabeko ontze fase bat (60-70 egun) izan dute.

Konpostatze prozesu guztiak era egokian burutu dira, beti 5 eta 7 egun arteko fase termofiloa izan dutelarik. Oxigeno eskari biologikoan oinarritzen den prozesuaren kontrol sistema berritzaile honek prozesu biologikoak optimizatzea ahalbidetu du, prozesua gehienez hiru hilabetetan amaituz. Ekoiztutako produktu guztiak biologikoki egonkorak dira neurtutako arnasketa indizeen arabera ($AID < 1 \text{ g O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{SVh}^{-1}$ y $AT_4 < 50 \text{ g O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{SV}$) (Adani et al., 2003). Bestalde, beraien ezaugarri fisiko-kimikoei dagokienez (1.taula), produktuak materia organiko maila altua dute (beti produktuaren gai lehorraren %50 baino gehiago), bai eta nutriente edukiak, gai lehorraren %3ko nitrogeno eta %2,6ko fosforo edukiak lortu dituztelarik.

1. taula. Lohi eta bio-ongarrien ezaugarri fisiko-kimiko eta biologikoak

Parametroa	Arazketa lohiak	Lortutako bio-ongarriak
Gai lehorra (% ghn)	17-19	61-92
Materia organikoa (% gln)	72- 75	58-65
KNT (% gln)	6,0- 8,1	3,4-4,2
C/N	5,0-5,7	
Fosforoa (%FT, gln)	3,0-4,2	2,2-2,6
Potasioa (%KT, gln)	0,3-0,6	0,6-1,3
pH	8,0-8,3	5,8-6,6
Eroankortasun elektrikoa (mS/cm)	0,7-0,9	2,8-8,2
AID 24h max (mg O ₂ /g VS h)	2,5- 4,5	0,4-0,9
AT ₄ (mgO ₂ /g VS)	157-243	35-58

ghn, gai hezean neurtuta. gln, gai lehorrean neurtuta, KNT Kjeldahl Nitrogeno Totala, AID Arnasketa Indize Dinamikoa, AT₄ 4 egunetan metatutako arnasketa

Literaturan topatutako lohi arrunten edota animalia gorotzen konpostaren fosforo edukiekin alderatuz (gai lehorraren %0,9-2,2 eta %0,6-1 lohi arrunten eta animalia gorotzen konpostetan, hurrenez hurren), lan honetan ekoiztutako bio-ongarriaren fosforo maila nabarmenki altuagoa da (Grigatti et al., 2019). Beraz, badirudi ekoiztutako produktuen eduki nutritiboaren arabera bio-ongarri onek potentziala izan dezakeela ongarrien merkatuan.

Lortutako produktuen erabilera segurua frogatzeko produktu guztien adierazgarritzat hartu den produktu etako batean konposatu kutsakor desberdinak neurtu dira. Neurtutako kutsakorren artean legedian arautzen dituen metal astunak eta kezka sortarazten duten kutsakor berriak, esaterako, pestizida, antibiotiko eta higiene pertsonalerako produktuak neurtu dira. Zehazki, Europako behatutako kutsakorren zerrenda barruan (Batzordearen Erabakia 2018/840, EU, 2018) dauden kutsakorrak neurtu dira. Bestalde, konpostatze prozesuak konposatu kutsakor hauengan izan dezakeen biodegradazio ahalmena ebaluatu ahal izateko, konposatuak hasierako lohietan ere neurtu dira.

Ekoiztutako bio-ongarrien metal astun edukia 2.taulan agertzen da, horretaz gain, alderaketa egin ahal izateko garrantzia duten legedi desberdinetan ongarrietan onartzen diren metal astun edukiak ere zehaztu dira. Neurtutako metal astunen arabera, ekoiztutako bio-ongarria kalitate altukoa dela esan liteke, izan ere Zink edukia besterik ez da maila gorenenean sailkatu ezin izatearen arrazoia (Ongarriei buruzko Errege Dekretua 507/2013).

Nahiz eta hidrokarburo aromatiko poliziklikoak (HAPak) eta kloroalkanoak hasierako lohian antzeman diren, bio-ongarrian ez dira ageri, konpostatze prozesuak mota honetako konposatu kutsakorren izan dezakeen biodegradazio efektuaren hipotesia indartuz (Guo et al. 2020). Imidacloprid pestizidak kontrako joera erakusten du, ordea. Izan ere bio-ongarrian besterik ez da antzeman konposatu hau, konpostatze prozesuaren bidezko kontzentrazio efektua erakutsiz. Hala ere, konposatu honen erabilera zabala jakinik, baliteke konposatuaren benetako iturria kimatze hondakinetan egotea eta ez lohian, baina kimatze hondakinetan neurketarik egin ez denez, hipotesi hau ezin da frogatu.

Azkenik, Europako behatutako kutsakorren zerrendan agertzen diren konposatuetatik 3 bakarrik agertu dira bio-ongarrian: claritromizina, azitromizina eta ciprofloxacina. Hala ere, lohian neurtutako mailekin alderatuz, badirudi konpostatze prozesua gai dela konposatu hauek %30-60 inguru murrizteko. Bestalde, bio-ongarrian ez da estrogenorik antzeman, baina bai hasierako lohian. Emaitza hauek literaturan topatu diren emaitzekin bat datoz, izan ere konpostatze prozesua antibiotiko batzuen (tetraziklinak, sulfonamidak eta makrolidoak, esaterako) edukia %70-99 murrizteko gai dela frogatu da (Ezzariai et al., 2018; Zhang et al., 2019).

2. taula. Bio-ongarriaren metal astunen edukia legedi desberdinetan araututako maila maximoekin alderatuz (mg/kg gai lehorrean neurtuta)

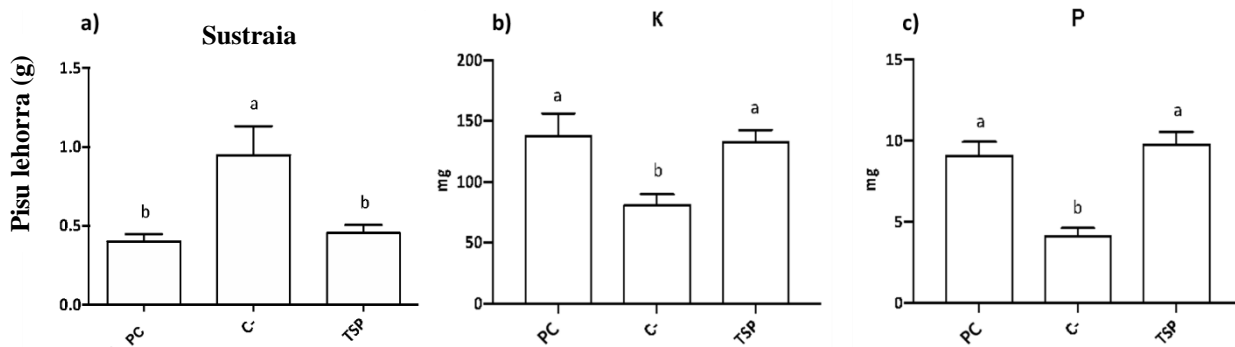
Metal astuna	Ekoiztutako bio-ongarria	<i>End of waste criteria on biodegradable waste subject to biological treatment</i>	Ongarri organikoa (FPC1) (Ongarrien araudi europarra 2019/1009)	A mailako konpostoa (506/2013 Errege Dekretua)	B mailako konpostoa (506/2013 Errege Dekretua)
Cr	24,4 ± 1,4	100		70	250
Ni	16,0 ± 0,9	50	50	25	90
Cu	63,2 ± 1,2	200	300	70	300
Zn	290 ± 3	600	800	200	500
Cd	0,32 ± 0,01	1,5	1,5	0,7	2
Pb	15,8 ± 0,4	120	120	45	150
Hg	0,482 ± 0.231	1	1	0,4	1,5

3.2. Ekoiztutako bio-ongarriaren bioentsegua arto landareetan

Azkenik, produktuaren erabilera eraginkorra balioztatzeko, lorontzi (4.5L) bidezko bioentsegu bat burutu da arto landareekin. Lorontzi bakoitzean 25mg fosforo baliokide izateko haina produktu jarri dira lur kilogramo bakoitzeko (Perelli, 2009). Kontrol negatibo (c-) eta positiboak (Super Fosfato Hirukoitza edo TSP) gehitu dira ongarriaren efektua landarearen hazkuntzarengan, egoera nutrizionalarengan eta aplikatutako fosforoaren erabilera eraginkorrarengan ikertzeko. Tratamendu talde bakoitzeko 5 erreplika jarri dira non 2 egunez hozitutako arto haziak (hybrid P0943, Pioneer) landatu diren. Lorontziak kontrolatutako tenperatura (37°C egunez eta 27°C gaez, batezbeste), hezetasun erlatiboa (45%) eta argiztapena (16/8 orduko fotoperiodoa, argi/ilun) daukan negutegi batean jarri dira 8 astez.

Lortutako emaitza esangarrienak laburbilduz, bio-ongarria gehitu zaien landareen hazkundeari lotutako parametroak kontrol positiboarekiko baliokideak izan dira (1.a irudia). Kontrol negatibo tratamendua izan duten landareen sustraiei garapen esanguratsua, tratamendu horretan gerta daitekeen fosforo gabeziari lotuta egon daiteke (Hawkesford et al., 2012), ekoiztutako bio-ongarriek ongarri mineralekiko (TSP) baliokide den fosforo erabilera eraginkorra dutela frogatuz.

1. irudia. Sustraien pisu lehorra (a), eta tratamendu desberdinen bitartez landareek metatutako potasio (b) eta fosforo (c) kantitateak: Ekoiztutako bio-ongarria (PC), Kontrol negatibo (C-) eta positiboa (TSP). Datuak batezbeste \pm desbiderazio estandarren (n=5) arabera adierazi dira, esangarritasun estatistikoa hizkiekin adierazi delarik (alde bakarreko Anova, Tuckey post-hoc analisi bidez, $p < 0.05$).



Azkenik, bio-ongarri esperimentalak azaldu duen TSP kontrol positiboarekin lortutako fosforo eta potasio metaketa baliokideak (1b eta c irudiak, hurrenez-hurren), ekoiztutako bio-ongarriaren nutriente hauen erabilera efektiboa frogatzen du landarearen baitan.

4. Konklusioak

Kalitate altuko lehengaiak, eta kasu honetan arazketa lohiak, sortzea ahalbidetzen duten soluzio teknologikoei balio erantsi altuko ongarriak sortzeko aukera sortzen dute. Fosforoa biologikoki metatzeko gaitasuna duen SCENA prozesuaren eta konpostatze dinamiko aurreratuaren konbinazioak materia organiko eta nutriente eduki altuko eta metal astun eduki baxuko bio-ongarri egonkorra sortzea ahalbidetu du. Arto landarearekin egindako nekazaritza- testei dagokienez, lortutako bio-ongarria ongarri mineralekiko (TSP) baliokidea da landarearen hazkunde eta nutrienteen (fosforo eta potasio) xurgatze eta erabilerari dagokienez. Horretaz gain, konpostatze dinamiko aurreratua kutsakor berrien edukia murrizteko gai dela frogatu da, esaterako HAPak, kloroalkanoak eta antibiotiko eta farmako sorta zabal bat. Hortaz, aipatutako bi inobazio teknologikoen konbinazioak ongarri mineralekin alderatu daitekeen ongarri organiko segurua ekoiztea ahalbidetzen du, zeinak Europako ongarrien merkatuan dauden ongarriak partzialki ordezkatzeko potentziala izan dezakeen.

5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Konpostatze aurreratuaren bidez arazketa lohien berrerabilpen segurua bermatzea da gaur egungo erronketako bat arlo honetan. Nahiz eta 2019/1009 ongarrien araudiaren lehengaien zerrendan arazketa lohiak ez dauden onartuta, lan honetan lortutako emaitza positiboek agerian uzten dute soluzio teknologiko egokiak hautatu ezkerro posible dela kalitate altuko produktu seguru bat ekoiztea. Ildo honetan jarraitu ezkerro, ongarri mineralak era jasangarri eta seguruan partzialki ordezkatzeko gaitasuna izan dezake Europak.

6. Erreferentziak

- Adani, F., Gigliotti, G., Valentini, F., & Laraia, R. (2003). Respiration index determination: a comparative study of different methods. *Compost science & utilization*, 11(2), 144-151.
- Barrena, R., Gea, T., Ponsá, S., Ruggieri, L., Artola, A., Font, X., eta Sánchez, A. (2011). Categorizing raw organic material biodegradability via respiration activity measurement: a review. *Compost Science & Utilization*, 19(2), 105-113.
- European Commission, Implementing Decision (EU) 2018/840 of 5 June 2018 establishing a watch list of substances for Union-Wide monitoring in the field of water policy pursuant to Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council and repealing Commission IMPL, Off. J. Eur. Union. 61 (2018) 9–12.
- Ezzariai, A., Hafidi, M., Khadra, A., Aemig, Q., El Fels, L., Barret, M., ... eta Pinelli, E. (2018). Human and veterinary antibiotics during composting of sludge or manure: Global perspectives on persistence, degradation, and resistance genes. *Journal of hazardous materials*, 359, 465-481.
- Grigatti, M., Cavani, L., di Biase, G., eta Ciavatta, C. (2019). Current and residual phosphorous availability from compost in a ryegrass pot test. *Science of The Total Environment*, 677, 250-262.
- Guo, Y., Rene, E. R., Wang, J., eta Ma, W. (2020). Biodegradation of polyaromatic hydrocarbons and the influence of environmental factors during the co-composting of sewage sludge and green forest waste. *Bioresource technology*, 297, 122434.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Møller, I.S. eta White, P. 2012. Chapter 6 - Functions of Macronutrients, in: Marschner, P., (ed.) *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*, San Diego: Accademic Press, pp. 135-189.
- Longo, S., Frison, N., Renzi, D., Fatone, F., eta Hospido, A. (2017). Is SCENA a good approach for side-stream integrated treatment from an environmental and economic point of view?. *Water research*, 125, 478-489.
- Perelli, M., Graziano, P.L. eta Calzavara, R., 2009. *Nutrire le piante*. Arvan Editore, Venezia.
- Puyuelo, B., Gea, T., eta Sánchez, A. (2010). A new control strategy for the composting process based on the oxygen uptake rate. *Chemical Engineering Journal*, 165(1), 161-169.
- Raheem, A., Sikarwar, V. S., He, J., Dastyar, W., Dionysiou, D. D., Wang, W., eta Zhao, M. (2018). Opportunities and challenges in sustainable treatment and resource reuse of sewage sludge: a review. *Chemical Engineering Journal*, 337, 616-641.
- Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes. *Boletín Oficial del estado*, 28 de junio de 2013, núm 164, pp. 51119-51207.
- Reglamento (UE) 2019/1009, de 5 de junio, por el que se establecen disposiciones relativas a la puesta a disposición en el mercado de los productos fertilizantes UE y se modifican los Reglamentos (CE) n.o 1069/2009 y (CE) n.o 1107/2009 y se deroga el Reglamento (CE) n.o 2003/2003, *Diario Oficial de la Unión Europea*, 25 de junio de 2019, núm L 170, pp. 1–114.
- Saveyn, H., & Eder, P. (2014). End-of-waste criteria for biodegradable waste subjected to biological treatment (compost & digestate): Technical proposals. IPTS: Sevilla, Spain.
- Yuan, Z., Pratt, S., eta Batstone, D. J. (2012). Phosphorus recovery from wastewater through microbial processes. *Current opinion in biotechnology*, 23(6), 878-883.
- Zhang, M., He, L. Y., Liu, Y. S., Zhao, J. L., Liu, W. R., Zhang, J. N., ... eta Ying, G. G. (2019). Fate of veterinary antibiotics during animal manure composting. *Science of the Total Environment*, 650, 1363-1370.

7. Eskerrak eta oharrak

Lan hau H2020 SMART Plant (G.A. 690323) proiektu Europarrak finantzatu du. Horretaz gain, SCENA sisteman lanean jardun duten eta lortutako produktuen kalitate parametroak neurtu dituzten lankideei eskerrak eman nahi genizkieke: Vincenzo Conca (Universita di Verona); Nicola Frison (Universita di Verona), Matteo Tartini (Alto Trevigiano Servizi), Anita Zamboni (Universita di Verona), Juan Baeza (Universitat Autònoma de Barcelona), Natalia Rey (Universitat Autònoma de Barcelona), Barbara Benedetti (Universita di Roma), Mauro Majone (Universita di Roma), Francesco Fatone (Università Politecnica delle Marche).