

ВОДИЧ ЗА НАСТАВНИЦИ И
ОБУЧУВАЧИ

Вермикомпостирање



2024



ВОДИЧ ЗА НАСТАВНИЦИ И ОБУЧУВАЧИ ВЕРМИКОМПОСТИРАЊЕ

Име на проектот: Вермикомпостинг: Иднината на одржливото земјоделство и управување со органскиот отпад во Европа

Акроним на проектот: PowerWorms

Број на проектот: 2021-1-TR01-KA220-VET-000030021

Овој документ е составен дел од проектот Powerworms.

Поддршката на Европската комисија за изработката на оваа публикација не претставува одобрување на содржината, која ги одразува само гледиштата на авторите и Комисијата не може да биде одговорна за каква било употреба на информациите содржани во неа.

АВТОРИ

Име и Презиме	Организација	Држава
Abdullah Erdoğan	Apricot Research Institute	Турција
Aikaterini Sotiropoulou	INNOPOLIS	Грција
Александра Николова	FACE	С. Македонија
Asuman Yanardağ, PhD	Malatya Turgut Özal University	Турција
Athanasios Krikis	INNOTOMIA	Грција
Chemi Jose Pena	WWOOF	Шпанија
Duygu Özelçi, PhD	Apricot Research Institute	Турција
Ekrem Akbulut, PhD	Malatya Turgut Özal University	Турција
Enez Demirci, MsC	NaturaInnova Co.	Турција
Fatih Demirci	NaturaInnova Co.	Турција
Gülçin Beker Akbulut, PhD	Malatya Turgut Özal University	Турција
Љупчо Тошев	FACE	С. Македонија
İbrahim Yanardağ, PhD	Malatya Turgut Özal University	Турција
Mehmet Altunbaş	ILA	Холандија
Nikolaos Krikis	INNOTOMIA	Грција
Sefer Demirci	ILA	Холандија
Sofia Pena Silva	WWOOF	Шпанија

СОДРЖИНА

Курс за вермикомпостирање: Резултати од учењето	Стр.7
Вовед во вермикомпостирање	Стр.9
1. Основи на вермикомпостирање: термини и техники	ЛЕКЦИЈА 1
2. Видови и методи на вермикомпостирање	ЛЕКЦИЈА 2
3. Материјали за вермикомпост: супстрати, легла и дождовни црви	ЛЕКЦИЈА 3
4. Управување со процесот на вермикомпостирање	ЛЕКЦИЈА 4
5. Методи на берба и користење	ЛЕКЦИЈА 5
6. Улогата на вермикомпостот кај штетниците и болестите	ЛЕКЦИЈА 6
7. Инфраструктура и ефикасно управување со времето	ЛЕКЦИЈА 7
8. Воспоставување ефикасен систем за собирање органски отпад	ЛЕКЦИЈА 8
9. Економски придобивки и бенефиции	ЛЕКЦИЈА 9
10. Решенија од информатичката и комуникациска технологија	ЛЕКЦИЈА 10
11. Практична имплементација на мали фарми	ЛЕКЦИЈА 11
12. Информации поврзани со пазарот	ЛЕКЦИЈА 12
13. Зајакнување на соработката со образовните институции	ЛЕКЦИЈА 13
14. Развивање инвестициски планови за вермикомпостирање	ЛЕКЦИЈА 14
15. Разбирање на политиките и иницијативите кои го поддржуваат вермикомпостирањето	ЛЕКЦИЈА 15
15.1. Турција	Л15/стр.2
15.2. Регулативи за компостирање во САД и Европа	Л15/стр.6

15.3. Грција	Л15/стр.12
15.4. Холандија	Л15/стр.18
15.5. Северна Македонија	Л15/стр.20
15.6. Шпанија	Л15/стр.23
16. Исхрана на растенијата	ЛЕКЦИЈА 16
РЕФЕРЕНЦИ	Стр.12

Листа на табели

1.	Општо резиме на сериско вермикомпостирање, реактори за храна со континуиран супстрат и/или дождовни црви и системи со композитни рамки за континуирано хранење на подлогата	Л2/стр.4
2.	Список на некои од најчесто користените материјали за постелка од дождовни црви	Л3/стр.7
3.	Хемиски својства на вермикомпостот	Л5/стр.7
4.	Растителни болести и штетници потиснати со употреба на вермикомпост	Л6/стр.3
5.	Растителни болести и штетници потиснати со употреба на чај од вермикомпост	Л6/стр.5
6.	Ефект на вермикомпостот врз физичко-хемиските својства на почвата на различни култури	Л9/стр.5
7.	Споредба помеѓу ефектот на вермикомпостот и конвенционалниот компост врз различната содржина на хранливи материи во производството на <i>Amaranthus viridis</i>	Л9/стр.6
8.	Инвестициски буџет за мал капацитет за вермикомпостирање	Л14/стр.2

9.	Машини и опрема потребни за производство на компост од црви во систем со континуиран проток	Л14/стр.3
10.	Инвестициски трошок	Л14/стр.3
11.	Споредба на граничните вредности на тешки метали во почвата	Л15/стр.3
12.	Спецификации за цврст и течен вермикомпост	Л15/стр.4
13.	Компост организации во Европа и Америка	Л15/стр.8
14.	Ограничувања за тешки метали во европските земји и Америка, mg/kg	Л15/стр.9
15.	Време на одржување на потребната температура на хигиенски компост што треба да се користи при биолошки процес во некои европски земји и Америка	Л15/стр.9
16.	Гранични вредности на состојките за компост - стандард на ЕУ	Л15/стр.10
17.	Австрија - Ö-NORM 2200 стандардни граници на компост	Л15/стр.11

Листа на слики

1.	рН скала	Л1/стр.3
2.	Вермикомпост - двојни мали легла	Л2/стр.6
3.	Вермикомпост – големо легло	Л2/стр.7
4.	Методи за вермикомпостирање	Л2/стр.9
5.	Апликација на методот Корпа	Л2/стр.11
6.	Класификација на дождовни црви	Л3/стр.9
7.	Дождовни црви	Л3/стр.10

8.	Основни чекори во управувањето со производството на вермикомпост	Л4/стр.3
9.	Начини за управување со цврст отпад	Л8/стр.4
10.	Центар за собирање отпад во градот Бурнаби	Л8/стр.7
11.	Примени на улични размери во собирањето органски отпад	Л8/стр.7
12.	Собирање органски отпад и логистика за компостирање во градски размери	Л8/стр.8
13.	Реактори за компост од различни размери (дом, улица, центар за собирање отпад)	Л8/стр.8

ВЕРМИКОПОСТИРАЊЕ

Овој водич е наменет за ученици/наставници и земјоделци- аматери

Што ќе научите

Ќе научите како да произведувате и користите вермикомпост за да ги добиете хранливите материи потребни за земјоделските производи. Водичот е подготвен да придонесе за развој на вашите технички знаења и вештини за вермикопостирање.

Клучни достигнувања

- Го објаснува вермикопостирањето и неговото значење за одржлива животна средина.
- Ги објаснува термините и терминологијата поврзани со производството на вермикомпост.
- Ги споредува методите на производство на вермикомпост.
- Ги класифицира споредбено предностите и недостатоците на методите за производство на вермикомпост.
- Ја објаснува улогата на дождовните црви во производството на вермикомпост.

- Ја објаснува важноста на типот на подлогата за виталните функции на дождовните црви.
- Го анализира придонесот на типот на подлогата во составот на финалниот производ, вермикомпост.
- Ги илустрира клучните параметри во дизајнот на животната средина (легла) на дождовните црви.
- Ги планира основните процеси на производство на вермикомпост.
- Ги класифицира абиотските и биотските параметри кои влијаат на производството на вермикомпост.
- Објаснува како да се збира вермикомпостот.
- Ја објаснува важноста на вермикомпостот за растенијата и почвата.
- Ги објаснува економските придобивки од вермикомпостирањето.
- Ги дизајнира барањата за капацитетот за производство на вермикомпост.
- Ја објаснува моменталната состојба на пазарот во производството на вермикомпост како комерцијална дејност.
- Ги споредува законските прописи и стимулации за производство на вермикомпост во различни земји.
- Ги објаснува функциите, предностите и недостатоците на хранливите состојки на растенијата.

Водичот вклучува

- Вкупно 15 видео лекции,
- Вкупно 16 лекции,
- Едукативни материјали што може да се преземат,
- Сертификат

ВОВЕД ВО ВЕРМИКОПОСТИРАЊЕ

Зголемената урбанизација, индустријализацијата и економскиот раст доведуваат до производство на големи количини цврст отпад ширум светот. Управувањето со овој цврст отпад стана еколошки и технички проблем. Одржливите практики за управување со цврст отпад се неопходни за одржување на животната средина здрава и чиста [1]. Ситуацијата со создавање цврст отпад се влошува речиси насекаде во светот. Студиите покажуваат дека до 2025 година, 1,8 милиони тони цврст отпад дневно ќе се генерираат само во регионот на Азија Пацифик [2]. Според различни студии, во земјите во развој се создава просечно 0,77 кг цврст отпад по лице дневно. Се проценува дека производството на цврст отпад во светот ќе се зголеми на 3 милијарди тони до 2025 година [3, 4].

Недостигот на соодветна технологија за економско рециклирање на цврстиот отпад во земјите во развој резултираше со големи количества цврст отпад што претставуваат значителни технички, економски и еколошки проблеми. Иако постојат многу стратегии за управување со цврстиот отпад, вклучувајќи минимизирање на отпадот, рециклирање на изворот, отпад до енергија, согорување и компостирање, познато е дека некои од овие методи за третман и отстранување може да предизвикаат сериозни еколошки проблеми. Постојат бројни научни студии кои покажуваат дека отпадот одложен на депонии или отворени депонии предизвикува контаминација на подземните води поради истекување на органски и неоргански соединенија во отпадот [5-7]. Процесите на депонирање и согорување не се претпочитаат многу со оглед на нивните негативни влијанија врз животната средина и малиот економски придонес. Отпадната тиња од

пречистителните станици што се користат како ѓубриво може да предизвика токсичност на почвата, растенијата и почвените микроорганизми кога се нанесува директно на земјоделските површини поради високата содржина на азот (N) и фосфор (P).

Имајќи ги предвид сите овие неповолни услови, вермикомпостирањето, кое овозможува претворање на цврстиот отпад во ѓубриво богато со органско, се издвојува како еколошки здрава и применлива технологија. Вермикомпостирањето е технологија за управување со отпад која вклучува распаѓање на органските компоненти на цврстиот отпад на еколошки начин до ниво каде што тие можат лесно да се складираат, обработуваат и примени на земјоделските полиња без никакво негативно влијание [1, 5, 8]. Вермикомпостирањето е производ на колективната работа на микроорганизмите и дождовните црви под еколошки контролирани услови. Накратко, тоа е биотехнолошки процес во кој органскиот отпад се претвора во вермикомпост богат со хранливи материи со помош на дождовни црви. Микроорганизмите присутни во системот се одговорни за биохемиското разложување на органската материја, додека дождовните црви се вклучени во подобрувањето на подлогата, а исто така и во менувањето на биолошката активност. Ова е многу евтина технологија за третман на органски отпад со помош на дождовни црви.

Компостирањето е едно од изводливите средства за претворање на биоразградливиот цврст отпад во корисни органски измени на почвата за поддршка на еколошкиот систем за земјоделско производство. Многу корисни организми и микроорганизми дејствуваат како хемиски разградувач во процесот на формирање на стабилни органски крајни производи (компост) за време на компостирањето. Меѓу нив, разградувачите како дождовните црви играат значајна улога во стимулирањето на процесот на компостирање, ја зголемуваат хранливата вредност додека го прицврстуваат процесот на стабилно органско формирање на краен производ. Овој процес на вклучување на дождовните црви во

подготовката на збогатен компост се нарекува вермикомпостирање. Тоа е еден од наједноставните методи за рециклирање на земјоделскиот отпад и за производство на квалитетен компост. Дождовниот црв физички делува како аератор, дробилка и мешалка, хемиски деградатор и биолошки стимулатор во процесот на распаѓање. Дождовните црви консумираат биомаса (органиска материја во распаѓање) и ја излачуваат во сварена форма наречена глисти или ѓубриво од црви. Ливчињата со црви популарно се нарекуваат црно злато. Тие се богати со есенцијални растителни хранливи материи, супстанции кои го поттикнуваат растот на растенијата, корисна микрофлора на почвата и имаат својства да ги инхибираат патогените микроби. Како резултат на тоа, органските крајни производи произведени со употреба на дождовни црви, односно вермикомпост, исто така ги наследуваат повеќето корисни својства (за здравјето на почвата и продуктивноста на земјоделските култури) на црното злато. Вермикомпостот делува како органски додаток на почвата - го подобрува тридимензионалното здравје на почвата (физички, хемиски и биолошки својства). При примена на вермикомпост, тој го подобрува квалитетот на почвата со подобрување на нејзините физичко-хемиски и биолошки својства. Подземните јами на дождовниот црв ги модифицираат хидротермалните и аерационите режими на почвата со тоа што ја прават почвата попорозна на тој начин, овозможувајќи слободно движење на воздухот, инфилтрација на вода во подлабоките слоеви на почвата за подобро полнење на влагата од профилот и процеси на апсорпција на водата од коренот. Вермикомпостот станува популарен како една од главните компоненти на системот за органско земјоделство поради неговата висока хранлива вредност, како и важна органска измена на почвата [9].

РЕФЕРЕНЦИ

- [1] Berger KC (1949) Boron in Soils and Crops. *Adv Agron.* 1:321–351. [1]
Singh RP, Embrandiri A, Ibrahim MH, Esa N (2011) Management of biomass residues generated from palm oil mill: Vermicomposting a sustainable option. *Resour Conserv Recycl.* 55:423–434.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.11.005>
- [2] Visvanathan C, Trankler J (2003) Municipal Solid Waste Management in Asia: A Comparative Analysis C. Visvanathan and J. Trankler. *Journal.* 1–14
- [3] Troschinetz AM, Mihelcic JR (2009) Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries. *Waste Manag.* 29:915–923.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.04.016>
- [4] Charles W, Walker L, Cord-Ruwisch R (2009) Effect of pre-aeration and inoculum on the start-up of batch thermophilic anaerobic digestion of municipal solid waste. *Bioresour Technol.* 100:2329–2335.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.051>
- [5] Ali U, Sajid N, Khalid A, et al (2015) A review on vermicomposting of organic wastes. *Environ Prog Sustain Energy.* 34:1050–1062.
<https://doi.org/10.1002/ep.12100>
- [6] Reddy PS, Nandini N (2011) Leachate characterization and assessment of groundwater pollution near municipal solid waste landfill site. *Nat Environ Pollut Technol.* 10:415–418
- [7] Cadena E, Colón J, Sánchez A, et al (2009) A methodology to determine gaseous emissions in a composting plant. *Waste Manag.* 29:2799–2807.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.07.005>
- [8] Khwairakpam M, Bhargava R (2009) Vermitechnology for sewage sludge recycling. *J Hazard Mater.* 161:948–954.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.04.088>

- [9] Chanu LJ, Hazarika S, Choudhury BU, et al (2018) A Guide to vermicomposting-production process and socio economic aspects. Ext Bull. 81:30
- [10] (2004) Science Learning Hub. In: pH Scale.
<https://www.sciencelearn.org.nz/images/4557-ph-scale>
- [11] Enebe MC, Erasmus M (2023) Vermicomposting technology - A perspective on vermicompost production technologies, limitations and prospects. J Environ Manage. 345:118585.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118585>
- [12] Kumari S, Manyapu V, Kumar R (2022) Recent advances in composting and vermicomposting techniques in the cold region: Resource recovery, challenges, and way forward. Adv Org Waste Manag Sustain Pract Approaches. 131–154. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85792-5.00005-8>
- [13] (2021) Disha Organic Sciencetech Industries.
<https://www.dishaorganicindia.co.in/vermi-bed-with-shade.html>
- [14] (2023) Kocaeli Valiliği, Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü.
[https://kocaeli.tarimorman.gov.tr/Belgeler/diger/Solucan Gübresi Bilgileri.pdf](https://kocaeli.tarimorman.gov.tr/Belgeler/diger/Solucan_Gubresi_Bilgileri.pdf)
- [15] (2023) Pit Method Application.
[https://localwiki.org/davis/Compost/_files/in-ground composting.jpg/_info/](https://localwiki.org/davis/Compost/_files/in-ground-composting.jpg/_info/)
- [16] (2023) Pit Method Example. In: Help Me Compost.
<https://helpmecompost.com/home-composting/methods/in-ground-compost/>
- [17] Rostami R (2011) Vermicomposting. In: Kumar S (ed) Integrated Waste Management - Volume II. IntechOpen, Rijeka, p Ch. 8
- [18] (2023) Vermicomposting – Definition, Types, Objectives, Process, Etc.
<https://www.geeksforgeeks.org/vermicomposting/>. Accessed 14 Dec 2023

- [19] Chowdhury A, Sarkar A (2023) Vermicomposting—the sustainable solid waste management. In: Singh P, Verma P, Singh R, et al (eds) Waste Management and Resource Recycling in the Developing World. Elsevier, pp 701–719
- [20] Kaur T (2020) Vermicomposting: An Effective Option for Recycling Organic Wastes. In: Das SK (ed) Organic Agriculture. IntechOpen, Rijeka, p Ch. 4
- [21] Sherman Rhonda (2021) Raising Earthworms (*Eisenia fetida*) for a Commercial Enterprise. <https://content.ces.ncsu.edu/raising-earthworms-successfully>
- [22] Rostami R, Nabaei A, Eslami A, Najafi Saleh H (2010) Survey of *E. foetida* population on pH, C/N ratio and process's rate in vermicompost production process from food wastes. *J Environ Stud.* 35:93–98
- [23] Singh J, Singh S, Vig AP, Kaur A (2018) Environmental Influence of Soil toward Effective Vermicomposting. In: Ray S (ed) Earthworms - The Ecological Engineers of Soil. IntechOpen, Rijeka, p Ch. 6
- [24] Saha P, Barman A, Bera A (2022) Vermicomposting: A Step towards Sustainability. In: Meena VS, Choudhary M, Yadav RP, Meena SK (eds) Sustainable Crop Production - Recent Advances. IntechOpen, Rijeka, p Ch. 3
- [25] Tripathi G, Bhardwaj P (2004) Comparative studies on biomass production, life cycles and composting efficiency of *Eisenia fetida* (Savigny) and *Lampito mauritii* (Kinberg). *Bioresour Technol.* 92:275–283. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.09.005>
- [26] Sinha RK, Herat S, Agarwal S, et al (2002) Vermiculture and waste management: Study of action of earthworms *Elsinia foetida*, *Eudrilus euginae* and *Perionyx excavatus* on biodegradation of some community wastes in India and Australia. *Environmentalist.* 22:261–268. <https://doi.org/10.1023/A:1016583929723>
- [27] Obolo B, Ezeonyejiaku CD, Okeke JJ, Offorbuike II (2023) Cow dung Vermicomposting: A Comparative Study on Physicochemistry and

Biodegradability of *Eudrilus eugeniae* and *Lumbricus rubellus*. *J Appl Sci Environ Manag.* 27:2195–2203. <https://doi.org/10.4314/jasem.v27i10.9>

[28] Lavelle P, Barois I, Martin A, et al (1989) Management of earthworm populations in agro-ecosystems: A possible way to maintain soil quality? In: *Ecology of Arable Land – Perspectives and Challenges*. Springer, pp 109–122

[29] Dominguez J, Aira M (2012) Twenty years of the earthworm biotechnology research program at the University of Vigo, Spain. *Int J Environ Sci Eng Res.* 3:1–7

[30] Reinecke AJ, Viljoen SA, Saayman RJ (1992) The suitability of *Eudrilus eugeniae*, *Perionyx excavatus* and *Eisenia fetida* (Oligochaeta) for vermicomposting in southern africa in terms of their temperature requirements. *Soil Biol Biochem.* 24:1295–1307. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(92\)90109-B](https://doi.org/10.1016/0038-0717(92)90109-B)

[31] Flack FM, Hartenstein R (1984) Growth of the earthworm *Eisenia foetida* on microorganisms and cellulose. *Soil Biol Biochem.* 16:491–495. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(84\)90057-9](https://doi.org/10.1016/0038-0717(84)90057-9)

[32] Watanabe H, Tsukamoto J (1976) Seasonal change in size class and stage structure of Lumbricid *Eisenia foetida* population in a field compost and its practical application as the Decomposer of organic waste matter. *Rev d'écologie Biol du sol.* 13:141–146

[33] Domínguez J, Edwards CA, Webster M (2000) Vermicomposting of sewage sludge: Effect of bulking materials on the growth and reproduction of the earthworm *Eisenia andrei*. *Pedobiologia (Jena).* 44:24–32. [https://doi.org/10.1078/S0031-4056\(04\)70025-6](https://doi.org/10.1078/S0031-4056(04)70025-6)

[34] Suthar S (2007) Vermicomposting potential of *Perionyx sansibaricus* (Perrier) in different waste materials. *Bioresour Technol.* 98:1231–1237. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.05.008>

- [35] Binet F, Fayolle L, Pussard M (1998) Significance of earthworms in stimulating soil microbial activity. *Biol Fertil Soils*. 27:79–84. <https://doi.org/10.1007/s003740050403>
- [36] Dominguez J, Edwards C (2010) Relationships between Composting and Vermicomposting. *Vermiculture Technol*. 11–25. <https://doi.org/10.1201/b10453-3>
- [37] Gupta P (2003) Vermicomposting for sustainable agriculture. *Agrobios (India)*
- [38] Suthar S (2006) Potential utilization of guar gum industrial waste in vermicompost production. *Bioresour Technol*. 97:2474–2477. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.10.018>
- [39] Domínguez J, Edwards CA (1997) Effects of stocking rate and moisture content on the growth and maturation of *Eisenia andrei* (Oligochaeta) in pig manure. *Soil Biol Biochem*. 29:743–746. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(96\)00276-3](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(96)00276-3)
- [40] Speratti AB, Whalen JK (2008) Carbon dioxide and nitrous oxide fluxes from soil as influenced by anecic and endogeic earthworms. *Appl Soil Ecol*. 38:27–33. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2007.08.009>
- [41] Kharrazi SM, Younesi H, Abedini-Torghabeh J (2014) Microbial biodegradation of waste materials for nutrients enrichment and heavy metals removal. An integrated composting-vermicomposting process. *Int Biodeterior Biodegrad*. 92:41–48. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.04.011>
- [42] Corey RB (1973) A Textbook of Soil Chemical Analysis. *Soil Sci Soc Am J*. 37:. <https://doi.org/10.2136/sssaj1973.03615995003700020003x>
- [43] Ghosh M, Chattopadhyay GN, Baral K (1999) Transformation of phosphorus during vermicomposting. *Bioresour Technol*. 69:149–154. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)80001-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)80001-7)
- [44] Patriquin DG, Baines D, Abboud A (1995) Diseases, pests and soil fertility. *Soil Manag. Sustain. Agric*. Wye Coll. Press. Wye, UK 161–174

- [45] Arancon NQ, Galvis P, Edwards C, Yardim E (2003) The trophic diversity of nematode communities in soils treated with vermicompost. *Pedobiologia (Jena)*. 47:736–740. <https://doi.org/10.1078/0031-4056-00752>
- [46] Mokhtar, M.M.; El-Mougy NS (2014) Biocompost application for controlling soilborne plant pathogens. *Int J Eng Innov Technol*. 4:61–68
- [47] Sarma BK, Singh P, Susheel P, Harikesh S (2010) Vermicompost as Modulator of Plant Growth and Disease Suppression. *Glob Sci Books*. 4:58–66
- [48] Basco MJ, Bisen K, Keswani C, Singh HB (2017) Biological management of Fusarium wilt of tomato using biofortified vermicompost. *Mycosphere*. 8:467–483. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/8/3/8>
- [49] Yattoo AM, Ali MN, Baba ZA, Hassan B (2021) Sustainable management of diseases and pests in crops by vermicompost and vermicompost tea. A review. *Agron Sustain Dev*. 41:1–26. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00657-w>
- [50] Arancon NQ, Galvis PA, Edwards CA (2005) Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. *Bioresour Technol*. 96:1137–1142. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.10.004>
- [51] Swathi P, Rao K, Rao P (1998) Studies on control of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in tobacco miniserries. *Tob Res*. 1:26–30
- [52] Edwards CA, Arancon NQ, Emerson E, Pulliam R (2007) Suppressing plant parasitic nematodes and arthropod pests with vermicompost teas. *Biocycle*. 48:38–39
- [53] Öztürk M (2017) Compost production from animal manure and waste. Ankara, Türkiye
- [54] Cofie O, Adam-Bradford A, Drechsel P (2006) Recycling of Urban Organic Waste for Urban Agriculture. In: Veenhuizen R van (ed) *Cities Farming for the Future*. RUAF Foundation, IDRC and IIRR, pp 210–230

- [55] C40 Cities Climate Leadership Group CKH (2019) How to manage food waste and organics on the path towards zero waste. C40 Knowl. - Implement. Guid.
- [56] Veenhuizen R Van (2006) Cities farming for the future. Citeseer
- [57] City of Burnaby waste collecting center - district.
<https://www.burnaby.ca/services-and-payments/recycling-and-garbage/eco-centre>
- [58] C40 Cities Climate Leadership Group CKH How cities can collect residential food waste on the path to zero waste. In: C40 Knowl.
https://www.c40knowledgehub.org/s/article/How-cities-can-collect-residential-food-waste-on-the-path-to-zero-waste?language=en_US
- [59] Pierre-Louis K (2023) Can You Compost That? A Cheat Sheet on What Goes in the Bin. In: Bloomberg.
<https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-04-20/can-you-compost-that-a-cheat-sheet-on-what-goes-in-the-bin>
- [60] Opsi Mrz (2023) Automatic compost systems. In: Opsi-Mrz.
<https://www.kompostsistem.com/en/compost-machine/1000-lt-compost-machine.html>
- [61] Marinari S, Masciandaro G, Ceccanti B, Grego S (2000) Influence of organic and mineral fertilisers on soil biological and physical properties. *Bioresour Technol.* 72:9–17. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00094-2](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00094-2)
- [62] Maheswarappa HP, Nanjappa H V., Hegde MR (1999) Influence of organic manures on yield of arrowroot, soil physico-chemical and biological properties when grown as intercrop in coconut garden. *Ann Agric Res.* 20:318–323
- [63] Singh R, Sharma RR, Kumar S, et al (2008) Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Bioresour Technol.* 99:8507–8511. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.03.034>

- [64] Moradi H, Fahramand M, Sobhkhizi A, et al (2014) Effect of vermicompost on plant growth and its relationship with soil properties. *Int J Farming*. 3:1996–2001
- [65] Kumar SR, Y W O R D S Vermicompost KE, O R R E S P O N D E N C E Tharmaraj K VC (2011) Influence of vermicompost and vermiwash on physico chemical properties of rice cultivated soil. *Seran Dinakar CB*. 2:18–21
- [66] Chaoui HI, Zibilske LM, Ohno T (2003) Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil Biol Biochem*. 35:295–302. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00279-1](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00279-1)
- [67] Kumar A (2005) Decomposition of domestic waste by using composting worm *Eudrilus eugeniae* (Kinb.). *Vermis Vermitechnology New Delhi APH Publ*. 187
- [68] Sharma S, Pradhan K, Satya S, Vasudevan P (2005) Potentiality of Earthworms for Waste Management and in Other Uses – A Review. *Am J Sci*. 1:4–16
- [69] Bhattacharjee G, Chaudhuri PS, Datta M (2001) Response of paddy (var. TRC-87- 251) crop on amendment of the field with different levels of vermicompost. *Asian J Microbiol Biotechnol Environ Sci*. 3:191–196
- [70] Roberts P, Jones DL, Edwards-Jones G (2007) Yield and vitamin C content of tomatoes grown in vermicomposted wastes. *J Sci Food Agric*. 87:1957–1963. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2950>
- [71] Islam M, Hasan M, Rahman M, et al (2017) Comparison between Vermicompost and Conventional Aerobic Compost Produced from Municipal Organic Solid Waste Used in *Amaranthus viridis* Production. *J Environ Sci Nat Resour*. 9:43–49. <https://doi.org/10.3329/jesnr.v9i2.32150>
- [72] Manivannan S, Balamurugan M, Parthasarathi K, et al (2009) Effect of vermicompost on soil fertility and crop productivity - Beans (*Phaseolus vulgaris*). *J Environ Biol*. 30:275–281

- [73] Atiyeh RM, Edwards CA, Subler S, Metzger JD (2001) Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: Effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresour Technol.* 78:11–20. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00172-3](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00172-3)
- [74] Arancon NQ, Edwards CA, Atiyeh R, Metzger JD (2004) Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresour Technol.* 93:139–144
- [75] Acevedo I, Pire R (2004) Effects of vermicompost as substrate amendment on the growth of papaya (*Carica papaya* L.). In: *Interciencia. Interamerican Society for Tropical Horticulture*, pp 274–279
- [76] Mahmud M, Abdullah R, Yaacob JS (2018) Effect of Vermicompost Amendment on Nutritional Status of Sandy Loam Soil, Growth Performance, and Yield of Pineapple (*Ananas comosus* var. MD2) under field conditions. *Agronomy.* 8:183. <https://doi.org/10.3390/agronomy8090183>
- [77] Kavitha P (2023) Vermicomposting: A Leading Feasible Entrepreneurship. In: *Agricultural Microbiology Based Entrepreneurship: Making Money from Microbes*. Springer, pp 289–306
- [78] Sharma K, Garg VK (2022) Vermicomposting technology for organic waste management. In: *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering: Advances in Composting and Vermicomposting Technology*. Elsevier, pp 29–56
- [79] Zheng H, Wang M, Fan Y, et al (2023) Reuse of composted food waste from rural China as vermicomposting substrate: effects on earthworms, associated microorganisms, and economic benefits. *Environ Technol (United Kingdom)*. 1–13. <https://doi.org/10.1080/09593330.2023.2184728>
- [80] Maalouf A, Mavropoulos A (2023) Re-assessing global municipal solid waste generation. *Waste Manag Res.* 41:936–947. <https://doi.org/10.1177/0734242X221074116>

- [81] Teshome YM, Habtu NG, Molla MB, Ulsido MD (2023) Municipal solid wastes quantification and model forecasting. *Glob J Environ Sci Manag.* 9:227–240. <https://doi.org/10.22034/GJESM.2023.02.04>
- [82] National, Agricultural, Statistics, Service (2021) Farm Production Expenditures 2020 Summary
- [83] (2023) Vermicomposting Online Course. <https://ccclib.bibliocommons.com/events/6480c1360744fbe2fca423ba>
- [84] DESKU EIACP TEAM Vermicomposting Earthworm Prac
- [85] Aquino AU, Baylon DG, Dela Cruz FPB, et al (2019) Development of a Solar-Powered Closed-Loop Vermicomposting System with Automatic Monitoring and Correction via IoT and Raspberry Pi Module. In: 2019 IEEE 11th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management, HNICEM 2019. IEEE, pp 1–5
- [86] Embalzado E, Samaniego L, Cortez Z, et al (2019) Automated Vermicomposting System (of Proper Waste Ratio + MCU Vermicomposting Bed). In: 2019 IEEE 11th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management, HNICEM 2019. IEEE, pp 1–5
- [87] Bagali V, Jiddi V, Jahagirdar W (2021) Vermicomposting of Biodegradable Waste: An Iot based Approach. In: 2021 5th International Conference on Electrical, Electronics, Communication, Computer Technologies and Optimization Techniques, ICEECCOT 2021 - Proceedings. IEEE, pp 443–447
- [88] Mohamed A, Akl AA, Badr MM, et al (2023) Classifying the vermicompost production stages using thermal camera data. *IEEE Access.* <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3339884>
- [89] Shalini VB, Maheswari AU, Marimuthu C, Jeshima J (2022) Vermi-Composting using AI in IoT. In: Proceedings - International Conference on

Applied Artificial Intelligence and Computing, ICAAIC 2022. IEEE, pp 1489–1493

[90] Turkish Ministry of Industry and Technology Northeast Anatolia Development Agency (2021) Erzurum Province Vermicompost Production Facility Pre-Feasibility Report.

<https://www.yatirimadestek.gov.tr/pdf/assets/upload/fizibiliteler/erzurum-solucan-gubresi-uretimi-on-fizibilite-raporu--2021.pdf>

[91] Business Research Insight (2023) Vermicompost Market Size, Industry Report - Forecast till 2030.

<https://www.linkedin.com/pulse/vermicompost-market-size-industry-report-forecast/>

[92] International Fertilizer Association (IFA) (2020) Fertilizer Outlook 2020 – 2024 Market Intelligence and Agriculture Services.

<https://www.ifastat.org/market-outlooks>

[93] Gómez-Garrido M, Martínez-Martínez S, Cano ÁF, et al (2014) Soil fertility status and nutrients provided to spring barley (*Hordeum distichon* L.) by pig slurry. *Chil J Agric Res.* 74:73–82. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392014000100012>

[94] Havlin J (2005) Soil fertility and fertilizers : an introduction to nutrient management

[95] Gómez-Garrido M, Zornoza R, Martínez-Martínez S, et al (2014) Nitrogen Dynamic in Soils Amended with Legislated and Extremely High Doses of Pig Slurry. *Commun Soil Sci Plant Anal.* 45:2429–2446.

<https://doi.org/10.1080/00103624.2014.929701>

[96] Vance CP (2001) Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. *Plant nutrition in a world of declining renewable resources.* *Plant Physiol.* 127:390–397. <https://doi.org/10.1104/pp.010331>

[97] Amtmann A, Hammond JP, Armengaud P, White PJ (2005) Nutrient Sensing and Signalling in Plants: Potassium and Phosphorus. *Adv Bot Res.* 43:209–257. [https://doi.org/10.1016/S0065-2296\(05\)43005-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2296(05)43005-0)

- [98] Marschner H (2002) Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic press
- [99] Cakmak I, White PJ (2020) Magnesium in crop production and food quality. *Plant Soil*. 457:1–4. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04751-6>
- [100] Jordan H V., Ensminger LE (1959) The Role Of Sulfur In Soil Fertility. *Adv Agron*. 10:407–434. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60071-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60071-1)
- [101] Chen Y, Barak P (1982) Iron nutrition of plants in calcareous soils. *Adv Agron*. 35:217–240. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60326-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60326-0)
- [102] Retzer JL, Lyon TL, Buckman HO, Brady NC (1952) The Nature and Properties of Soils. Prentice Hall Upper Saddle River, NJ
- [103] Scheiber I, Dringen R, Mercer JFB (2013) Copper: Effects of deficiency and overload. *Met Ions Life Sci*. 13:359–387. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7500-8_11
- [104] Lindsay WL (1972) Zinc in Soils and Plant Nutrition. *Adv Agron*. 24:147–186. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60635-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60635-5)
- [105] Kaiser BN, Gridley KL, Brady JN, et al (2005) The role of molybdenum in agricultural plant production. *Ann Bot*. 96:745–754. <https://doi.org/10.1093/aob/mci226>
- [106] Berger KC (1949) Boron in Soils and Crops. *Adv Agron*. 1:321–351. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60752-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60752-X)

