

GIDS VOOR DOCENTEN EN TRAINERS

# Vermicompostering



**2024**



# GIDS VOOR DOCENTEN EN TRAINERS

## VERMICOMPOSTERING

Naam project: Vermicomposting: De toekomst van duurzame landbouw en organisch afvalbeheer in Europa

Acroniem project: PowerWorms

Subsidieovereenkomst nr.: 2021-1-TR01-KA220-VET-000030021

Dit document is samengesteld als onderdeel van het Powerworms-project.

*Disclaimer: De steun van de Europese Commissie voor de productie van deze publicatie houdt geen goedkeuring in van de inhoud, die uitsluitend de standpunten van de auteurs weergeeft, en de Commissie kan niet verantwoordelijk worden gehouden voor het gebruik van de informatie die erin is vervat.*

## AUTHORS

<b>Naam Achternaam</b>	<b>Aansluiting</b>	<b>Land</b>
Abdullah Erdoğan	Apricot Research Institute	Türkiye
Aikaterini Sotiropoulou	INNOPOLIS	Greece
Aleksandra Nikolova	FACE	North Macedonia
Asuman Yanardağ, PhD	Malatya Turgut Özal University	Türkiye
Athanasios Krikis	INNOTOMIA	Greece
Chemi Peña	WWOOF	Spain
Duygu Özelçi, PhD	Apricot Research Institute	Türkiye
Ekrem Akbulut, PhD	Malatya Turgut Özal University	Türkiye
Enez Demirci, MSc	NaturaInnova Co.	Türkiye
Fatih Demirci	NaturaInnova Co.	Türkiye
Gülçin Beker Akbulut, PhD	Malatya Turgut Özal University	Türkiye
Ljupcho Toshev	FACE	North Macedonia
İbrahim Yanardağ, PhD	Malatya Turgut Özal University	Türkiye
Mehmet Altunbaş	ILA	Netherlands
Nikolaos Krikis	INNOTOMIA	Greece
Sefer Demirci	ILA	Netherlands
Sofía Peña	WWOOF	Spain

## INHOUDSOPGAVE

Cursus Vermicomposting: Leerresultaten	<b>p7</b>
Inleiding tot vermicompostering	<b>p9</b>
Grondbeginselen van vermicompostering: termen en technieken	<b>LESSON 1</b>
Soorten en methoden voor vermicompostering	<b>LESSON 2</b>
Materialen voor vermicomposts substraten, bedden en regenwormen	<b>LESSON 3</b>
Het beheren van vermicomposteringsproces	<b>LESSON 4</b>
Oogstmethoden en gebruik	<b>LESSON 5</b>
De rol van vermicompost bij ziekten en plagen	<b>LESSON 6</b>
Infrastructuur en efficiënt tijdbeheer	<b>LESSON 7</b>
Een effectief inzamelsysteem voor organisch afval opzetten	<b>LESSON 8</b>
Voordelen en economisch rendement	<b>LESSON 9</b>
Oplossingen voor informatie- en communicatietechnologie	<b>LESSON 10</b>
Praktische uitvoering op kleine boerderijen	<b>LESSON 11</b>
Marktgerelateerde informatie	<b>LESSON 12</b>
De samenwerking met onderwijsinstellingen versterken	<b>LESSON 13</b>
Investeringsplannen ontwikkelen voor vermicompostering	<b>LESSON 14</b>

Inzicht in beleid en initiatieven ter ondersteuning van vermicompostering	<b>LESSON 15</b>
15.1. Türkiye	<b>L15/p2</b>
15.2. Compostregelgeving in de Verenigde Staten en Europa	<b>L15/p6</b>
15.3. Griekenland	<b>L15/p12</b>
15.4. Nederland	<b>L15/p18</b>
15.5. Noord-Macedonië	<b>L15/p20</b>
15.6. Spanje	<b>L15/p23</b>
Plantenvoeding	<b>LESSON 16</b>
REFERENTIES	<b>p12</b>

## Tabel Lijst

<b>1.</b>	De algemene samenvatting van batch vermicompostering, continue voedingsreactoren voor substraat en/of regenwormen en samengestelde framesystemen voor continue substraatvoeding	<b>L2/p4</b>
<b>2.</b>	Lijst van veelgebruikte beddingmaterialen voor regenwormen	<b>L3/p7</b>
<b>3.</b>	Chemische eigenschappen van vermicompost	<b>L5/p7</b>
<b>4.</b>	Plantenziekten en -plagen onderdrukt door het gebruik van vermicompost	<b>L6/p3</b>

<b>5.</b>	Plantenziekten en -plagen onderdrukt door het gebruik van vermicompostthee	<b>L6/p5</b>
<b>6.</b>	Effect van vermicompost op fysiochemische eigenschappen van grond op verschillende gewassen	<b>L9/p5</b>
<b>7.</b>	Vergelijking tussen het effect van vermicompost en conventionele compost op verschillende nutriëntengehaltes van de productie van <i>Amaranthus viridis</i>	<b>L9/p6</b>
<b>8.</b>	Investeringsbudget voor kleinschalige vermicomposteringsinstallatie	<b>L14/p2</b>
<b>9.</b>	Machines en apparatuur die nodig zijn voor de productie van wormencompost in continustroomsysteem	<b>L14/p3</b>
<b>10.</b>	Investeringskosten	<b>L14/p3</b>
<b>11.</b>	Vergelijking van grenswaarden voor zware metalen in de bodem	<b>L15/p3</b>
<b>12.</b>	Specificaties voor vaste en vloeibare vermicompost	<b>L15/p4</b>
<b>13.</b>	Compostorganisaties in Europa en Amerika	<b>L15/p8</b>
<b>14.</b>	Grenswaarden voor zware metalen in Europese landen en Amerika, mg/kg	<b>L15/p9</b>
<b>15.</b>	Bewaartijden bij de vereiste temperatuur voor hygiënische compost voor gebruik tijdens biologische processen in sommige Europese landen en Amerika	<b>L15/p9</b>
<b>16.</b>	Grenswaarden van EU-standaard compostingrediënten	<b>L15/p10</b>
<b>17.</b>	Oostenrijk Ö-NORM 2200 standaard compostgrenswaarden	<b>L15/p11</b>

## Figuur Lijst

1.	pH-schaal	<b>L1/p3</b>
2.	Vermicompost dubbele kleine bedden	<b>L2/p6</b>
3.	Vermicompost groot bed	<b>L2/p7</b>
4.	a) Toepassing putmethode b) Voorbeeld putmethode	<b>L2/p9</b>
5.	Toepassing bakmethode	<b>L2/p11</b>
6.	Classificatie regenwormen	<b>L3/p9</b>
7.	Regenwormen, a) Eudrilus eugeniae, b) Eisenia fetida	<b>L3/p10</b>
8.	Basisprocesstappen in het beheer van vermicompostproductie	<b>L4/p3</b>
9.	Benaderingen voor vast-afvalbeheer	<b>L8/p4</b>
10.	Afvalinzamelingscentrum van de stad Burnaby	<b>L8/p7</b>
11.	Toepassingen op straatschaal voor inzameling van organisch afval	<b>L8/p7</b>
12.	Inzameling van organisch afval en logistiek voor compostering in de stad	<b>L8/p8</b>
13.	Compostreactoren voor verschillende schalen (thuis, straat, afvalverzamelcentrum)	<b>L8/p8</b>



# VERMICOMPOSTERING

Deze gids is voor studenten/docenten in beroepsonderwijs en -opleiding en amateurlandbouwers.

## Wat je leert

Je leert hoe je vermicompost produceert en gebruikt om de voedingsstoffen te verkrijgen die landbouwproducten nodig hebben. De gids is opgesteld om bij te dragen aan de ontwikkeling van uw technische kennis en vaardigheden op het gebied van vermicompostering.

## Gids Belangrijkste prestaties

- Uitleg over vermicompostering en het belang ervan voor een duurzaam milieu.
- Verklaart de termen en terminologie met betrekking tot vermicompostproductie.
- Vergelijkt vermicompostproductiemethoden.
- De voor- en nadelen van vermicompostproductiemethoden ten opzichte van elkaar classificeren.
- De rol van regenwormen bij vermicompostproductie uitleggen.
- Verklaart het belang van het type substraat voor de vitale functies van regenwormen.
- Analyseert de bijdrage van het type substraat aan de samenstelling van het eindproduct, vermicompost.
- Illustreert de belangrijkste parameters bij het ontwerp van de leefomgeving (bedden) van regenwormen.
- Plant de basisprocessen van vermicompostproductie.

- Classificeert abiotische en biotische parameters die de vermicompostproductie beïnvloeden.
- Legt uit hoe vermicompost geoogst moet worden.
- Legt het belang van vermicompost voor planten en bodem uit.
- Verklaart de economische voordelen van vermicompostering.
- Ontwerpt de vereisten voor de vermicompostproductiefaciliteit.
- Verklaart de huidige stand van de markt voor vermicompostproductie als commerciële activiteit.
- Vergelijkt wettelijke voorschriften en stimuleringsmaatregelen voor vermicompostproductie in verschillende landen.
- De functies, voor- en nadelen van plantenvoeding uitleggen.

### **Deze cursus omvat**

- In totaal 15 videolessen
- In totaal 16 secties
- Downloadbaar lesmateriaal
- Certificaat van voltooiing

# Inleiding tot Vermicomposting

Toenemende verstedelijking, industrialisatie en economische groei leiden wereldwijd tot de productie van grote hoeveelheden vast afval. Het beheer van dit vaste afval is een ecologisch en technisch probleem geworden. Praktijken voor duurzaam beheer van vast afval zijn onmisbaar om het milieu gezond en schoon te houden. [1]. De situatie van de productie van vast afval verslechtert bijna overal ter wereld. Studies geven aan dat in 2025 alleen al in de regio Azië-Pacific 1,8 miljoen ton vast afval per dag zal worden geproduceerd [2]. Volgens verschillende onderzoeken wordt in ontwikkelingslanden gemiddeld 0,77 kg vast afval per persoon per dag geproduceerd. Er wordt geschat dat de wereldwijde productie van vast afval zal toenemen tot 3 miljard ton in 2025. [3],[4].

Het gebrek aan geschikte technologie voor de economische recycling van vast afval in ontwikkelingslanden heeft geleid tot grote hoeveelheden vast afval die aanzienlijke technische, economische en milieuproblemen met zich meebrengen. Hoewel er veel strategieën zijn voor het beheer van vast afval, waaronder afvalminimalisatie, recycling aan de bron, waste-to-energy, verbranding en compostering, is het bekend dat sommige van deze verwerkings- en verwijderingsmethoden ernstige milieuproblemen kunnen veroorzaken. Er zijn tal van wetenschappelijke onderzoeken die aantonen dat afval dat wordt gestort op stortplaatsen of open stortplaatsen het grondwater verontreinigt door de uitloging van organische en anorganische verbindingen in het afval. [5],[6],[7]. Stortplaatsen en verbrandingsprocessen genieten weinig voorkeur gezien hun negatieve milieueffecten en lage economische bijdrage. Afvalslib van zuiveringsinstallaties dat als meststof wordt gebruikt, kan toxiciteit veroorzaken voor de bodem, planten en bodemmicro-organismen als het

rechtstreeks op landbouwgrond wordt aangebracht vanwege het hoge stikstof- (N) en fosforgehalte (P).

Gezien al deze ongunstige omstandigheden is vermicomposting, waarbij vast afval wordt omgezet in organische meststof, een ecologisch verantwoorde en toepasbare technologie. Vermicomposting is een afvalverwerkingstechnologie waarbij de organische bestanddelen van vast afval op een milieuvriendelijke manier worden afgebroken tot een niveau waarop ze gemakkelijk kunnen worden opgeslagen, verwerkt en toegepast op landbouwvelden zonder negatieve gevolgen. [1, 5],[8].

Vermicompostering is een product van het collectieve werk van micro-organismen en regenwormen onder gecontroleerde milieuomstandigheden. Samengevat is het een biotechnologisch proces waarbij organisch afval met behulp van regenwormen wordt omgezet in voedselrijke vermicompost. De micro-organismen in het systeem zijn verantwoordelijk voor de biochemische afbraak van organisch materiaal, terwijl de regenwormen betrokken zijn bij het verbeteren van het substraat en ook bij het wijzigen van de biologische activiteit. Dit is een zeer goedkope technologie voor de behandeling van organisch afval met behulp van regenwormen.

Composteren is een van de haalbare manieren om biologisch afbreekbaar vast afval om te zetten in nuttige organische bodemverbeteraars ter ondersteuning van een milieuvriendelijk landbouwproductiesysteem. Veel nuttige organismen en micro-organismen fungeren als chemische afbrekers in het proces van vorming van stabiele organische eindproducten (compost) tijdens compostering. Onder hen spelen afbrekers zoals regenwormen een belangrijke rol bij het stimuleren van het composteringsproces, het verhogen van de voedingswaarde en het versnellen van het proces van de vorming van stabiele organische eindproducten. Dit proces waarbij regenwormen betrokken zijn bij het maken van verrijkte compost wordt vermicompostering genoemd. Het is een van de eenvoudigste methoden om landbouwfval te recyclen en kwaliteitscompost te produceren.

Regenwormen zijn fysiek een beluchter, breker en mixer, chemisch een afbreker en biologisch een stimulator in het afbraakproces. Regenwormen consumeren biomassa (rottend organisch materiaal) en scheiden dit uit in een verteerde vorm die wormengruis of wormenmest wordt genoemd. Wormenresten worden in de volksmond ook wel het zwarte goud genoemd. Ze zijn rijk aan essentiële plantenvoedingsstoffen, plantengroeibevorderende stoffen, nuttige bodemmicroflora en hebben eigenschappen die pathogene microben remmen. Als gevolg hiervan erft het organische eindproduct dat wordt geproduceerd door het gebruik van regenwormen, vermicompost, ook de meeste gunstige eigenschappen (voor de gezondheid van de bodem en de productiviteit van gewassen) van het zwarte goud.

Vermicompost werkt als een organische bodemverbeteraar en verbetert de driedimensionale gezondheid van de bodem (fysische, chemische en biologische eigenschappen). Als vermicompost wordt gebruikt, verbetert de bodemkwaliteit door de fysisch-chemische en biologische eigenschappen te verbeteren. De ondergrondse holen van de regenworm veranderen het hydrothermische en beluchtingsregime van de bodem door de bodem poreuzer te maken, waardoor lucht vrij kan circuleren en water kan infiltreren in diepere bodemlagen voor een betere aanvulling van het profielvocht en wateropname door de wortels. Vermicompost wordt steeds populairder als een van de belangrijkste componenten van het biologische landbouwsysteem vanwege zijn hoge voedingswaarde en belangrijke organische bodemverbeteraar [9].

## REFERENTIES

- [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/Nratio 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, Oforbuike 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](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 vermivash 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] 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>
- [91] 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>
- [92] 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)
- [93] Marschner H (2002) *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants.* Academic press
- [94] 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>
- [95] 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)
- [96] 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)
- [97] Retzer JL, Lyon TL, Buckman HO, Brady NC (1952) *The Nature and Properties of Soils.* Prentice Hall Upper Saddle River, NJ
- [98] 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](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7500-8_11)
- [99] 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)
- [100] 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>



**[101]** 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)

**[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](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)

■ ■ ■