

## Les 3

# Materialen voor vermicompost. Substraten, bedden en regenwormen

### Leerresultaten

- De cursist kent de substraten die vaak gebruikt worden bij de productie van vermicompost.
- De stagiair legt uit welke substraten de efficiëntie bij de productie van wormencompost verhogen of verlagen.
- De stagiair legt uit welke materialen moeten worden gebruikt om de pH van de omgeving in evenwicht te brengen bij de productie van vermicompost.
- De cursist kent de fysieke parameters (grootte, temperatuur, vochtigheid, enz.) die de substraten moeten hebben om de regenwormen efficiënt te laten werken.
- De stagiair legt de bedterm uit.
- De cursist kent de substraten die niet aanwezig mogen zijn in de productieomgeving.
- De cursist kent de gebruikelijke materialen die voor bedden worden gebruikt en hun eigenschappen.
- De cursist kent de regenwormsoorten die gebruikt worden bij de productie van vermicompost.
- De cursist vergelijkt de fysiologische kenmerken van de regenwormsoorten die gebruikt worden bij de productie van vermicompost en de kenmerken van hun leefomgeving.
- De cursist bepaalt de geschikte bedmaterialen, regenwormen en substraten voor vermicompostproductie, rekening houdend met de kenmerken van de omgeving.

## Instructies voor de trainer

Trainer, leg de leerlingen de termen uit die vaak gebruikt worden bij vermicompostering aan de hand van aanvullend materiaal 1 (SM-1). De presentatie werd zo opgezet dat eerst de afbeelding van vermicompostproductie werd getoond en vervolgens de term die bij de afbeelding hoort.

- De docent deelt theoretische kennis door middel van presentaties.
- De trainer laat de studenten de meegebrachte materialen zien en vraagt of ze geschikt zijn voor de productie van wormencompost.
- De trainer vraagt de deelnemers om materialen te markeren die geschikt zijn voor vermicompostering met behulp van de SM-2.
- De trainer vraagt de cursisten om de benodigde onderdelen voor de vermicompostproductie in de juiste volgorde in de bak te doen.

### **Basisvereisten:**

Bokashibak, zuivelproducten, bladeren, groenteafval, vlees, karton, papierafval, eierschalen, rundermest, plastic zak, koffiedik, citrusafval, zaagsel, schors-zachthout, maïsstengels, projector, computer, wegwerphandschoenen, papieren checklist (SM-2)

# 3. Materialen voor vermicompost.

## Substraten, bedden en regenwormen

### 3.1. Substraten

Substraat voor vermicompostering kan gemaakt worden van verschillende materialen. Organisch afval is een belangrijk substraat voor vermicompostering om afval onder controle te houden en tegelijkertijd alternatieve mest te produceren voor de vruchtbaarheid van de bodem en de plantengroei. Het afval wordt door regenwormen afgebroken door voeding, versnippering, beluchting, omloop en verspreiding, en enzymatische vertering door de bijbehorende microben. Volgens schattingen heeft India de capaciteit om 4,3 miljoen ton compost per jaar te produceren. Vast huishoudelijk afval is een probleem en vast huishoudelijk afval dat minstens 35%-40% organisch materiaal bevat, kan worden gebruikt voor vermicompostering. Stadsafval, landbouwafval, industrieel organisch afval, koeien- en andere rundermest, keukenafval, kokosgruis, gras, rijststro, voedsel, dierlijk afval, rioolafval, aarde, enz. zijn het belangrijkste substraat voor vermicompostering. Scotch broom (*Cytisus scoparius*), een invasieve plant afkomstig uit het Middellandse Zeegebied, is een symbiotische stikstofbindende plant met een hoog fosfor-, calcium- en kaliumgehalte die gebruikt kan worden als substraat voor vermicompostering. Het heeft ook een hoog gehalte aan polyfenolen, waardoor het fytotoxisch is. Deze vermicomposteringsprocedure vermindert de fytotoxiciteit aanzienlijk, waardoor deze invasieve plant als mest kan worden gebruikt. *Ageratum conizoides* herbergt veel gewasziekten en *Lantana camara* is een onkruidplant die giftige fytochemicaliën bevat die giftig zijn voor grazende dieren. Deze onkruidplanten worden ook gebruikt in vermicompostering, wat het optreden van plantenziekten en plantentoxiciteit vermindert.

**Zowel koeien- als geitenmest** wordt gebruikt voor vermicompostering, maar er is onderzocht met *P. excavatus* dat koeienmest meer voeding geeft aan het vermicomposteringssubstraat dan geitenmest.

Pluimveeafval bevat een divers mengsel van strooisel dat wordt gebruikt voor vermicompostering. Intensief fokken veroorzaakt een enorme afvoer van strooisel, veren, voedermiddelen, mest van vleeskuikens en leghennen, eenden, kalkoenen, kwartels, enz. Pluimvee-resten bevatten een grote hoeveelheid ammoniak en

organisch zout dat dodelijk is voor wormen, dus voordat het composteringsproces begint, moet er vers bereid  $\text{CaCO}_3$  worden toegevoegd om ze te neutraliseren.

**Fruit** is het meest verspillende voedingsmiddel door een inefficiënt na oogststelsysteem. Ongeveer 2,7 ton bananen gaat verloren door een gebrek aan een koelketen. Bananenstengels dragen ook aanzienlijk bij aan landbouwfval. Het zaad, de schil, de pulp en de schil van papaja's bevatten een grote hoeveelheid organisch materiaal zoals carotenoïden, voedingsvezels, vitaminen, enzymen, koolhydraten, oliën en polyfenolen. Samen met deze biologisch actieve metabolieten kan een goed substraat voor vermicompostering worden geproduceerd dat een goede veenachtige mest vormt. Verder worden gewasresten van bloemkool, kool, broccoli en andere gewassen na de oogst verzameld en gebruikt als vermicompostingsmateriaal. Dit materiaal moet echter wel afkomstig zijn van een veld dat niet behandeld is met insecticiden of pesticiden.

**Papier** is een veelzijdig afval dat wordt gegenereerd door gemeentelijk vast afval en industrieën. India is goed voor ongeveer 1,5% van de totale wereldwijde papier- en kartonproductie. Er is sprake van een risicovolle situatie omdat er geen effectief inzamel- en beheersysteem voor papier is. Papier wordt meestal gemaakt van planten en bevat een aanzienlijke hoeveelheid organisch materiaal, waardoor het een uitstekend materiaal is voor compostering.

**Rijststro**, mycostraw, het residu na de champignonenteelt, blijft over als afvalmateriaal maar zit boordevol voedingsstoffen. Het kan dus ook een gastvrij beddingmateriaal zijn voor vermicompostering. As van rijstdoppen, kokosnootdoppen, theeafval en katoenbolletjes worden ook gebruikt als bedding voor vermicompostering [19]. De substraten (voedingsstoffen) die vaak worden gebruikt bij vermicompostering;

**Keukenafval:** Keukenafval zoals groente- en fruitschillen, resten van groenten, koffiedik en theezakjes zijn geschikte materialen voor compost.

**Tuinafval:** Tuinafval zoals grasmaaisel, snoeiresten, bladeren, plantenstengels en bloemenresten kunnen ook gebruikt worden voor compostering.

**Bladeren:** Bladeren die in de herfst uit de tuin worden gehaald, zijn waardevol compostmateriaal.

**Houtkruimels:** Houtsnippers, houtresten en houtpellets kunnen ook worden gebruikt voor compost.

**Papier en karton:** Vooral recyclebaar papier en karton kunnen geschikt zijn voor compostering. Het gebruik van gekleurd en glanzend papier moet echter worden vermeden.

**Dierlijke mest:** Sommige dierlijke mest, vooral mest van grazende dieren zoals paarden, kippen en koeien, kan gebruikt worden voor compostering. Ineffectieve dierlijke mest zoals honden- en kattenmest verdient echter niet de voorkeur bij compostering.

**Voedselafval:** Voedselafval en groenteafval zijn organische materialen die gebruikt kunnen worden in compost.

**Koffiepulp:** Gebruikte koffiepulp is een waardevol materiaal met zijn stikstofgehalte in compost.

**Eierschalen:** Eierschalen zijn door hun calciumgehalte een geschikt materiaal voor compost.

**Grassnijden:** Gemaaid gras kan worden gebruikt als groen materiaal en met zijn stikstofgehalte bevordert het een snelle afbraak van de compost.

Daarnaast mogen theezakjes, hazelnootpulp en -doppen, kamerplanten, stengels en stro, graanstengels, stukjes katoen en wol, houtas, afval van de verwerking van pistachenoten, afval van de productie van olijfolie (met uitzondering van zwart water), afval van de verwerking van thee, pulp van vruchtensappenfabrieken, suikerbietenkoppen en -bladeren, enz. worden meegeteld.

Van de materialen die voor compostering worden gebruikt, moet worden opgemerkt dat dierlijk afval zoals vlees- of visresten, melk en zuivelproducten niet mogen worden gebruikt. Ook geverfd of behandeld hout, afval dat chemicaliën bevat en zieke plantaardige materialen mogen niet worden gebruikt voor compostering. Voor gezonde compost van hoge kwaliteit moet een evenwichtige koolstof/stikstofverhouding en een verscheidenheid aan organisch materiaal worden gebruikt.

Over het algemeen bevat compost voedsel- en plantenafval, gerecycleerd organisch materiaal en meststoffen. Het compostmengsel is ook rijk aan plantenvoedingsstoffen en nuttige organismen zoals bacteriën, protozoa, nematoden en schimmels. Composteren is een effectieve, milieuvriendelijke methode om de afhankelijkheid van commerciële chemische meststoffen te verminderen. Het is een belangrijke methode om de vruchtbaarheid van de bodem te verhogen bij landschapsarchitectuur, stadslandbouw, tuinen, tuinbouw en biologische landbouw.

## 3.2. Bedden

Bedding is een geschikte leefomgeving voor wormen. Beddingmateriaal voor regenwormen moet vocht vasthouden, los blijven en niet veel eiwitten of organische stikstofverbindingen bevatten die snel afbreken (tabel 2). Deze verbindingen zouden snel afbreken en ammoniak vrijmaken, waardoor de pH van het bodembedekkingsmateriaal tijdelijk zou kunnen stijgen tot 8 of hoger, wat niet goed is voor de wormen. Het bodembedekkingsmateriaal zal in de bedden opwarmen als het nog niet grotendeels is afgebroken of als het te veel gemakkelijk afbreekbare koolhydraten bevat. Door deze omstandigheden kunnen de wormen sterven. Zorg ervoor dat al het bodembedekkingsmateriaal voor gebruik volledig is verouderd of gecomposteerd. Plaats vochtig bodembedekking in de bedden tot een diepte van 6 inch. Houd na het toevoegen van de wormen de bovenste 4 centimeter van het strooisel vochtig, maar niet drassig [20, 21]. Bodembedekking is een materiaal dat de wormen een relatief stabiele habitat biedt met de volgende eigenschappen:

**Hoog absorptievermogen:** Omdat regenwormen door hun huid ademen, moet bodembedekking water redelijk goed kunnen absorberen en vasthouden. Wormen sterven als hun huid uitdroogt.

**Goed opbollingspotentieel:** Wormen ademen aëroob en verschillende bodembedekkingsmaterialen beïnvloeden de algehele porositeit van het strooisel, inclusief het bereik van de deeltjesgrootte en -vorm, de textuur en de sterkte en stijfheid van de structuur. Als het bodembedekkingsmateriaal te dicht is of te dicht opeengepakt, dan wordt de luchtstroom verminderd of geëlimineerd. Dit algemene effect wordt het opbollingsvermogen van het materiaal genoemd.

Tabel 2. Lijst van enkele veelgebruikte beddingmaterialen voor regenwormen [20]			
Beddengoed Materiaal	Absorptie	Potentieel ophoping	C:N-verhouding
Paardenmest	Middelmatig-goed	Goed	22-56
Veenmos	Goed	Medium	58
Kuilmaïs	Gemiddeld-Goed	Medium	38-43
Hooi - algemeen	Slecht	Medium	15-32
Algemeen stro	Slecht	Gemiddeld-Goed	48-150
Stro-haver	Slecht	Medium	48-98
Stro-tarwe	Slecht	Gemiddeld-Goed	100-150

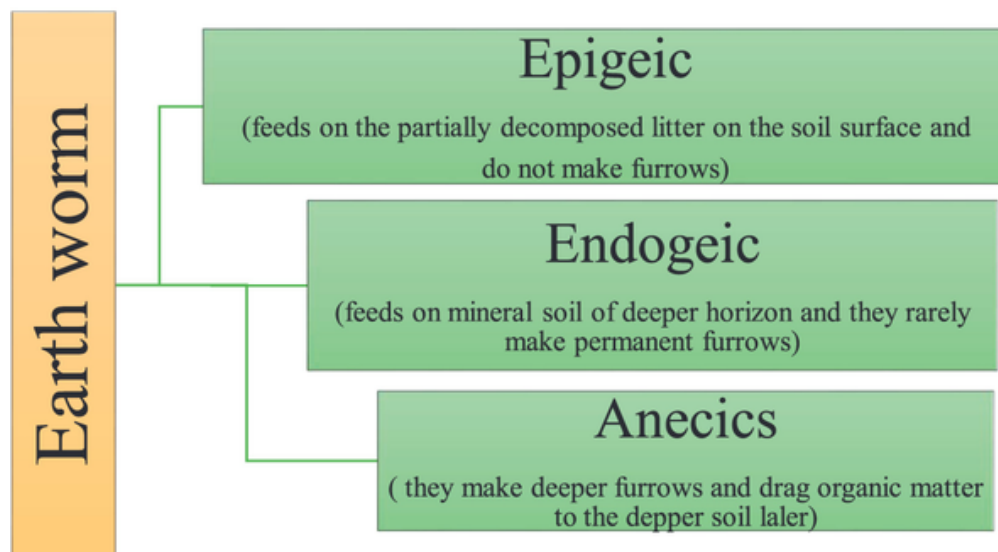
Papier uit gemeentelijke afvalstroom	Gemiddeld-Goed	Medium	127-178
Krant	Goed	Medium	170
Schors-hardhout	Slecht	Goed	116-436
Bast-zachthout	Slecht	Goed	131-1285
Golfkarton	Goed	Medium	563
Houtafval-chips	Slecht	Goed	170
Papiervezelslib	Gemiddeld-Goed	Medium	250
Papierfabriekslib	Goed	Medium	54
Zaagsel	Slecht-Middelmatig	Slecht-Middelmatig	142-750
Snoeisel van struiken	Slecht	Goed	53
Hardhoutspaanders, schaafsel	Slecht	Goed	451-819
Naaldhoutspaanders, schaafsel	Slecht	Goed	212-1313
Bladeren (droog, los)	Slecht-Middelmatig	Slecht-Middelmatig	40-80
Maïsstengels	Slecht	Goed	60-73
Maïskolven	Slecht-Middelmatig	Goed	56-123
Papierfabriekslib	Goed	Medium	54
Zaagsel	Slecht-Middelmatig	Slecht-Middelmatig	142-750
Snoeisel van struiken	Slecht	Goed	53
Hardhoutspaanders, schaafsel	Slecht	Goed	451-819
Naaldhoutspaanders, schaafsel	Slecht	Goed	212-1313
Bladeren (droog, los)	Slecht-Middelmatig	Slecht-Middelmatig	40-80
Maïsstengels	Slecht	Goed	60-73
Maïskolven	Slecht-Middelmatig	Goed	56-123

**Laag eiwit- en/of stikstofgehalte/hoog koolstofgehalte:** regenwormen consumeren hun bodembedekking terwijl deze wordt afgebroken en het is erg belangrijk dat dit proces langzaam verloopt. Een hoog eiwit/stikstofgehalte kan leiden tot een snelle afbraak van het strooisel en de bijbehorende verhitting, waardoor onherbergzame of dodelijke omstandigheden ontstaan. Een hoog koolstofgehalte is nodig omdat regenwormen en microben in het voermengsel de microbiële ademhaling en afbraak van organisch afval activeren, waardoor het verlies van organische koolstof tijdens het vermicomposteringsproces toeneemt [22]. Verschillende bodemmateriële op basis van absorptievermogen, vulkracht en C:N staan vermeld in Tabel 2.

**Vermestingsbed:** Vermeerderingsbed kan worden voorbereid door een eerste laag zaagsel, kranten, stro, kokosafval, suikerrietafval enz. op de bodem van de kuip/container te leggen. Kranten behoren tot de bodembedekkers met een hoog absorptievermogen, terwijl zaagsel een matig tot slecht absorptievermogen heeft. Een tweede laag bevochtigd fijn zand van 3 cm dik moet over het kweekbed verspreid worden, gevolgd door een laag tuinaarde (3 cm). De bodem van de kweekbak moet worden samengeperst om te voorkomen dat regenwormen naar de grond trekken.

### 3.3. Regenworm

Regenwormen zijn een van de belangrijkste soorten en een belangrijk onderdeel van tropische en subtropische ecosystemen. Hij helpt bij het samenvoegen van de bodem, het recyclen van voedingsstoffen, het afbreken van strooisel, enz. Regenwormen verbeteren het bodemmilieu door het produceren van wormen, korrels en galerijen. Slijmafscheiding uit de darm van regenwormen bevordert de microbiële activiteit. Regenwormen zijn ongewervelde landdieren met meer dan 3200 soorten, gegroepeerd in drie categorieën op basis van hun gedrag in de natuurlijke omgeving: anecisch, endogeen en epigeïsch [21, 23] (Figuur 6).



Figuur 6. Aardworm classificatie [24]

Epigeonsoorten zijn nuttig voor het beheer van vast afval, omdat deze wormen het composteringsproces aanzienlijk kunnen versnellen en een betere kwaliteit vermicompost produceren dan vermicompost die met traditionele methoden wordt bereid [25].



Twee tropische soorten, Afrikaanse nachtrups, *Eudrilus eugeniae* (Kinberg) (Figuur 7a) en Oosterse regenworm, *Perionyx excavates* (Perrier) en twee gematigde soorten, rode regenworm, *Eisenia andrei* (Bouche), tijger regenworm, *Eisenia fetida* (Savigny) (Figuur 7b), en *Lumbricus rubellus* worden veel gebruikt in vermicompostering [26, 27]. De meeste vermicomposteringsinstallaties en studies gebruiken de wormen *E. andrei* en *E. fetida* vanwege hun hoge consumptie-, verterings- en assimilatiesnelheid van organisch materiaal, tolerantie voor een breed scala aan omgevingsfactoren, korte levenscycli, hoge reproductiesnelheid en uithoudingsvermogen en weerstand tijdens hantering [28]. *Eisenia fetida* wordt over de hele wereld voor dit doel gebruikt, omdat het alomtegenwoordig is, een breed temperatuurbereik kan verdragen en kan leven in afval met een goed vochtgehalte [29, 30]. *Eudrilus eugeniae* en *Perionyx excavatus* zijn de andere veelgebruikte wormen. *Eudrilus eugeniae* is groot, groeit snel maar kan slecht tegen temperatuurschommelingen. Daarom kan deze worm geschikt zijn voor gebieden met minder temperatuurschommelingen (tropische gebieden).



Figuur 7. Regenwormen, a) *Eudrilus eugeniae*, b) *Eisenia fetida*

Regenwormen groeien het best op gemakkelijk gemetaboliseerd organisch materiaal en niet-geassimileerde koolhydraten, die ook hun voortplanting ondersteunen. Er was een positieve correlatie tussen het gehalte aan vluchtige vaste stoffen in het afval en groei en voortplanting. De groei van regenwormen vertraagt wanneer de C:N-verhouding en de temperatuur hoog zijn. De biomassatoename van *E. fetida* bleek afhankelijk te zijn van de populatiedichtheid en het voedseltype tijdens vermicompostering [31, 32]. Wetenschappelijke studies

hebben aangetoond dat een enkele regenworm meer biomassa kan produceren dan regenwormen die in groepen worden gekweekt. Sommige studies meldden een afname van de biomassa van wormen in sommige gevallen bij wormen die continu van voedsel werden voorzien [33, 34]. De fysisch-chemische of nutriënteneigenschappen van het afval kunnen dus gerelateerd zijn aan de temperatuur, pH en vochtgehalte en aan de groei van de regenworm. De interactie tussen de smakelijkheid van deze fysisch-chemische organische afvalstoffen en de voedingskracht van de regenworm is direct gerelateerd aan de interactie van deze parameters en beïnvloedt daardoor de groei en voortplanting van de regenworm.

Regenwormen bevorderen de groei van "nuttige ontbindende aerobe bacteriën" in organisch afvalmateriaal en fungeren ook als vermalers, vergruizers, chemische afbrekers en biologische stimulators van afvalmateriaal [35]. De regenworm herbergt miljoenen afbrekende (biodegraderende) microben, hydrolytische enzymen en hormonen, die helpen bij de snelle afbraak van complex organisch materiaal tot vermicompost in een relatief korte periode van één tot twee maanden, vergeleken met de traditionele composteringmethode, die ongeveer vijf maanden duurt. Het mechanisme van vermicompostering door regenwormen verloopt in de volgende stappen; Het organisch materiaal dat door de worm wordt geconsumeerd, wordt zacht gemaakt door het speeksel in de bek van de worm. Het voedsel in de slokdarm wordt verder zacht gemaakt en geneutraliseerd door calcium, en fysieke desintegratie in de spiermaag resulteert in deeltjes met een grootte  $< 2 \mu$ , waardoor een groter oppervlak ontstaat voor microbiële verwerking. Tot slot wordt dit gemalen materiaal blootgesteld aan verschillende enzymen die in het lumen worden uitgescheiden door de maag en de dunne darm, zoals protease, amylase, lipase, cellulase en chitinase [20, 35, 36].

### **3.3.1. Fysiologie en levensomstandigheden van regenwormen**

Het lichaam van de regenworm is bijna cilindrisch, maar kan een vierhoekige, achthoekige of trapeziumvormige dwarsdoorsnede hebben en bij sommige soorten een platte vorm. De lengte van het lichaam varieert van 15 mm tot 300 mm en de diameter van 1 tot 10 mm. Uitwendige groeven, Furrow, op het wormlichaam geven de plaats aan van inwendige gordijnen, Septa,. Deze gordijnen verdelen het lichaam in een reeks gelijksoortige delen die Somite of Metamere worden genoemd.

Uitwendige secundaire groeven, Annuli, vormen vaak drie ringen. De secundaire groeven zijn een virtuele verdeling en bestaan niet in de interne anatomie van het lichaam. Het eerste lichaamssegment, Peristomium, omringt de mond en heeft op het dorsale gebied een kwab die Prostomium wordt genoemd. Hoe de mond en het Prostomium bij regenwormen met elkaar verbonden zijn, hangt af van de soort en wordt gebruikt voor hun classificatie. Regenwormen zijn androgyn en hebben

zowel een mannelijk als vrouwelijk voortplantingssysteem dat voornamelijk beperkt is tot de voorste lichaamsdelen. Regenwormen hebben een eenvoudig spijsverteringssysteem. Regenwormen eten bijna alles, zoals plantenwortels, bladeren en zaden, microscopische organismen zoals protozoa, larven, de rotiferen, bacteriën, schimmels en uitwerpselen van grotere dieren, vooral vee. Het voedsel wordt met aarde opgenomen en door het spijsverteringskanaal van de regenworm geleid. Regenwormen leggen continu of semi-continu eitjes, meestal gedurende het hele jaar. De wormeieren worden in de cocon gelegd. De vorm van de cocon verschilt per wormsoort. In vochtige omstandigheden en bij een temperatuur van 16 tot 27°C voor de eitjes, komen binnen 14 tot 20 dagen de kleine wormpjes uit. Het natuurlijke leven van veel regenwormen is kort en sommige soorten leven langer dan 1,5 jaar als ze worden beschermd tegen natuurlijke gevaren.

Activiteit, metabolisme, groei en voortplanting van wormen worden sterk beïnvloed door de temperatuur. Temperatuur en vochtigheid hebben meestal een omgekeerde relatie. Hoge temperaturen en een droge omgeving zijn voor wormen beperkter dan lage temperaturen en een met water verzadigde omgeving. Regenwormen die een cocon maken en uit het ei komen worden ook beïnvloed door de temperatuur. Bijvoorbeeld, bij *Eisenia fetida* neemt het uitzetten van de cocon lineair toe met toenemende temperatuur van 10 tot 25°C, hoewel het aantal wormen per uitgekomen cocon bij 25°C minder is dan bij 20°C. De openingsperiode van de cocon hangt ook af van de temperatuur. De groei van een nieuwe worm uit de eieren tot volwassen wormen bij 18°C duurt 9,5 weken en bij 28°C is slechts 6,5 week nodig.

Wormen zijn gevoelig voor de concentratie waterstofionen, wat pH wordt genoemd. Afhankelijk van de gevoeligheid voor pH worden ze in sommige teksten in drie categorieën onderverdeeld: bestand tegen zuurgraad van de bodem, gevoelig voor zuurgraad van de bodem en een soort die in een breed pH-bereik kan leven. Veel onderzoekers hebben echter aangegeven dat meer soorten regenwormen interesse hebben om in een neutrale pH-waarde te leven. *Eisenia fetida* heeft de voorkeur in bodems met een pH tussen 6,5 en 7,5. De rol van organische koolstof en anorganische stikstof voor celsynthese, groei en metabolisme is essentieel in alle organismen. De juiste verhouding tussen koolstof en stikstof is nodig voor een optimale groei van regenwormen [17, 37].

