

***Bodemvitaliteit in de  
biologische kasteelt***

*Effect van grondbewerking en  
introductie van regenwormen op  
de bodemstructuur*

*Willemijn Cuijpers  
Geert-Jan van der Burgt*

I  
N  
S  
T  
I  
T  
U  
T  
**LOUIS BOLK**

In Nederland vindt het meeste onderzoek voor biologische landbouw en voeding plaats in voornamelijk door het ministerie van LNV gefinancierde onderzoeksprogramma's. Aansturing hiervan gebeurt door Bioconnect, het kennisnetwerk voor de Biologische Landbouw en Voeding in Nederland ([www.bioconnect.nl](http://www.bioconnect.nl)). Hoofduitvoerders van het onderzoek zijn de instituten van Wageningen UR en het Louis Bolk Instituut. Zij werken in de cluster Biologische Landbouw (LNV gefinancierde onderzoeksprogramma's) nauw samen. Dit rapport is binnen deze context tot stand gekomen.

De resultaten van de onderzoeksprogramma's vindt u op de website [www.biokennis.nl](http://www.biokennis.nl). Vragen en/of opmerkingen over het onderzoek aan biologische landbouw en voeding kunt u mailen naar: [info@biokennis.nl](mailto:info@biokennis.nl).

© [2008] Louis Bolk Instituut

Bodemvitaliteit in de biologische kasteelt. Effect van grondbewerking en introductie van regenwormen op de bodemstructuur. Willemijn Cuijpers en Geert-Jan van der Burgt. 29 pagina's. Zoektermen: bedekte teelt, bodem, structuur, wormen, bodemvitaliteit. Dit rapport kan alleen verkregen worden als download vanaf [www.louisbolk.nl](http://www.louisbolk.nl)

Publicatienummer LB23

# Voorwoord

Bodemkwaliteit staat in toenemende mate in de belangstelling, zowel als het gaat om verbeteringen van de mineralenbenutting als om bodemgebonden ziekten en –plagen. Bodemvitaliteit is daar een inspirerend maar niet nauwkeurig gedefinieerd begrip voor.

Een stukje ‘bodemvitaliteit’ is onderwerp geweest van een tweejarig project dat in 2006 en 2007 is uitgevoerd op een biologisch glasgroentebedrijf. Het ging daarbij om de bodemstructuur, met als variabelen ‘grondbewerking’ en ‘regenwormen’, waarbij naast metingen aan bodem en wormen ook de gewasopbrengst is bepaald. Dat is ten slotte de netto resultante van wat zich in de bodem en bovengronds heeft afgespeeld.

Het ging om een proefopzet in stroken zonder herhalingen. De uitkomsten kunnen dan ook alleen indicatief genomen worden, niet als bewijslast. Vervolgonderzoek binnen en buiten de kassen zal verder licht werpen op het belang van bodemstructuur voor gewasgroei en mineralenbenutting, en hoe het gestuurd en verbeterd kan worden.

We danken de teler die zich heeft ingespannen om dit onderzoek op zijn bedrijf mogelijk te maken, en we danken alle andere betrokkenen die grotere of kleinere bijdragen hebben geleverd.

Driebergen, september 2008

Willemijn Cuijpers

Geert-Jan van der Burgt



# *Inhoud*

Voorwoord	3
Inhoud 5	
Samenvatting	7
Summary	9
1 Inleiding	11
1.1 Achtergrond	11
1.2 Vraagstelling	12
2 Effect van grondbewerking en bemesting op bodemstructuur en gewasopbrengst	13
2.1 Achtergrond	13
2.2 Doelstelling	13
2.3 Materiaal en methode	13
2.4 Resultaten	16
2.5 Discussie	19
2.6 Conclusies	21
3 Ontwikkeling van regenwormpopulaties na introductie en hun effect op bodemstructuur	23
3.1 Achtergrond	23
3.2 Materiaal en methode	24
3.3 Resultaten	25
3.4 Discussie	27
3.5 Conclusies	27
Literatuur	29



## *Samenvatting*

In 2006 en 2007 is in een tweejarig project het effect op de bodemstructuur van grondbewerking, van organische bemesting en van het uitzetten van wormen gemeten. Het ging om een proefopzet met proefstroken zonder herhalingen op een praktijkbedrijf en de uitkomsten zijn alleen indicatief.

Door alleen te spitten en niet daarna nog te frezen werd de structuur van het bodemprofiel over het geheel verbeterd, afgemeten aan de parameters indringingsweerstand, waterinfiltratie en bulkdichtheid. De opbrengst nam substantieel toe. Het effect op de structuur was echter tijdelijk van aard: kort na de grondbewerking kon het gemeten worden (april – mei), maar in oktober was een verschil niet meer meetbaar.

De vervanging van compost door stalmest, gecombineerd met een halvering van de basisbemesting stikstof uit hulpmeststoffen gaf geen opbrengstreductie terwijl de hoeveelheid toegediende en beschikbare stikstof aanzienlijk verlaagd was. Of dit komt door de verbeterde bodemkwaliteit of door een overmaat stikstof in de standaard werkwijze kan op basis van deze bevindingen niet uitgemaakt worden.

Het uitzetten van grauwe wormen is succesvoller dan het uitzetten van rode wormen. Hierdoor, en gezien het verschil in ecologische functie van die twee typen wormen mag van het uitzetten van rode wormen weinig effect verwacht worden op de bodemstructuur.





## Summary

In 2006 en 2007 a research was done to investigate the effect on soil structure of tillage, organic manure and introduction of worms. There were no repetitions of the treatments, so the results can only be indicative.

A less intensive soil tillage improved the overall soil structure, measured on the parameters penetration resistance, water infiltration and bulk density. The yield increased substantially. The effect on the soil structure was temporally. Short after soil tillage (April – May) differences could be measured, but in October no differences could be observed. Farmyard manure instead of compost, in combination with a 50% reduction of basis fertilizer nitrogen application out of additional fertilizers did not reduce the yield although total nitrogen application and nitrogen availability were substantially reduced. Out of this research it can not be concluded whether this is caused by an improved soil quality due to FYM or by a surplus of nitrogen in the 'standard' way of manure and fertilizer application.

The introduction of *Aporrectodea calliginosa* is more successful then that of *Dendrobaena veneta*. Because of this, and because of the different function of these worms in the soil ecosystem, little effect of *D. veneta* on soil structure may be expected.



# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

De biologische bedekte teelt is een open systeem: de teeltlaag staat in open contact met de ondergrond. Dat betekent dat eventuele overschotten aan water en mineralen naar onder weg kunnen zakken en daarmee uit de invloedssfeer van het bedrijf en in de invloedssfeer van de publieke ruimte komen. En in die publieke ruimte gelden in toenemende mate restricties voor de kwaliteit van bij voorbeeld grond- en oppervlaktewater. De biologische teelt staat dan ook voor de opgave om die mogelijke verliezen te minimaliseren. Daarbij spelen diverse factoren een rol: *bereikbaarheid, behoud, binding, begroting en timing* (Koopmans en Van der Burgt, 2001). *Stikstofbinding* kan in de biologische bedekte teelt niet of nauwelijks een rol spelen. *Begroting* (mineralenbalans) en *timing* (met name van stikstof) hebben een belangrijke rol gespeeld in het voorgaande meerjarige project 'Biokas' (Cuijpers et al, 2007). *Behoud* in de vorm van het voorkómen van uitspoeling is eerder beperkt onderzocht (Voogt 2008) en staat op de voorgrond in het lopende en aankomende onderzoek naar de waterbalans van de biologische bedekte teelten. Blijft over *bereikbaarheid*, onderwerp van deze studie.

De gewassen moeten de beschikbare mineralen en water met hun wortels kunnen bereiken. Bewortelingsdichtheid en -diepte zijn daarbij sleutelfactoren, en die worden voor een belangrijk deel weer gestuurd door bodemstructuur en bodemprofielopbouw. De structuur kan beïnvloed worden door grondbewerking ('mechanische structuur') en door organische stof en bodemleven ('biotische structuur'). Cuijpers et al (2007) melden dat er in de biologische kassen wel sprake is van een hoog organische stofgehalte maar dat er potentieel veel te verbeteren valt aan de structuur en gelaagdheid van de bodems en dat er sprake is van geringe aanwezigheid en vaak afwezigheid van regenwormen.

In 2006 en 2007 heeft het Louis Bolk Instituut onderzoek gedaan naar het effect van grondbewerking, bemesting en regenwormactiviteit op een biologisch glastuinbouwbedrijf. De overkoepelende vraag daarbij was, of bij een verbeterde structuur (mechanisch en biotisch) de gewasprestatie overeind blijft bij verlaagde mestgiften. De feitelijke invulling van het onderzoek kwam tot stand na overleg met de teler nadat door middel van een profielkuil en structuurbeoordeling de problematiek bediscussieerd was. De problematiek spitste zich toe op het volgende:

- Na mechanische grondbewerking voorafgaand aan de teelt is de structuur van de bovengrond goed, maar in de loop van het seizoen zakt de bodem in en verdicht zich dusdanig dat er sprake zou kunnen zijn van belemmerde mineralenopname.
- Het organische stof gehalte van de grond zou nog omhoog mogen, maar wat voor mest of compost kan daarvoor het beste gebruikt worden en hoe zit het dan met de verhouding tussen basisbemesting (voorafgaand aan de teelt) en aanvullende bemesting (gedurende de teelt).
- Er zijn geen regenwormen om op biologische wijze de structuur te verbeteren of te behouden.
- De beworteling beperkt zich voor een belangrijk deel tot de bovenste 25 cm.

## 1.2 Vraagstelling

De geformuleerde kernvragen hebben in overleg met de teler geleid tot de volgende aanpak.

De standaard grondbewerking op het bedrijf was eerst spitten en daarna frezen. Het frezen vond plaats om een fijnliggend plantbed te hebben bij aanvang van de teelt, en om risico op scheefzakken van de buisrail te minimaliseren. Frezen werd in het overleg vanuit de structuurontwikkeling gezien negatief beoordeeld: een fijne ligging bij aanvang van het seizoen betekent een versterkt 'inzakken' gedurende het seizoen. De te onderzoeken varianten werden:

- Standaard behandeling 'frezen' bestaande uit spitten en daarna frezen tegenover 'spitten' bestaande uit alleen spitten.

Op het bedrijf werd vooral (plantaardige) compost toegepast als bron van organische stof. In het overleg kwam naar voren dat halfverteerde dierlijke mest een gunstigere werking zou kunnen hebben op het bodemleven dan compost, wat een bijdrage zou kunnen leveren aan zowel mineralenlevering als aan biotische structuurvorming. De te onderzoeken varianten werden:

- Standaard behandeling 'zonder stalmest' bestaande uit de gebruikelijke composttoediening en de gebruikelijke additionele basisbemesting tegenover 'stalmest' bestaande uit stalmest in plaats van compost en een halvering van de gebruikelijke additionele basisbemesting.

Regenwormen ontbreken volledig op het bedrijf. Grondontsmetting door stomen kan daarvoor een (deel)verklaring zijn. In het overleg kwam naar voren dat regenwormen gezien worden als een belangrijke schakel in de biotische structuurvorming. Er zijn marktpartijen die wormen te koop aanbieden, maar die soorten wormen zijn mogelijk minder geschikt als structuurvormers. De te onderzoeken varianten werden:

- Standaard behandeling 'zonder regenwormen' tegenover 'grauwe wormen' bestaande uit het in de kas uitzetten van bodembewonende grauwe wormen uit permanent grasland en 'Dendrobaena veneta' bestaande uit het in de kas uitzetten van strooiselbewonende rode regenwormen uit commerciële opkweek.

De sterke scheiding tussen bovengrond en ondergrond werd wel als een probleemaspect gezien maar gezien de beperkte middelen is besloten dit niet in het onderzoek te betrekken.

De drie hierboven beschreven onderzoeksthema's zijn ondergebracht in twee experimenten: structuur en bemesting zijn in één proef neergelegd (hoofdstuk 2) en het uitzetten van wormen is separaat daarvan uitgevoerd (hoofdstuk 3).

## 2 *Effect van grondbewerking en bemesting op bodemstructuur en gewasopbrengst*

### 2.1 *Achtergrond*

Op veel biologische glastuinbouwbedrijven bleek de afgelopen jaren de bovengrond slecht doorworteld te zijn (Cuijpers et al 2007). Dat komt enerzijds door te grote concentratie van wortels in de bovenlaag (0-15 cm) bij oppervlakkige compostaanwending, anderzijds door een minder goede bodemstructuur in de bovenste 25 cm. De keuzes wat betreft grondbewerking en bemesting spelen een belangrijke rol bij de verbetering van de bodemstructuur.

### 2.2 *Doelstelling*

Doel van dit onderdeel is het, door aanwending van meststoffen in combinatie met grondbewerking, bereiken van een verbeterde structuur, een daardoor verbeterde beworteling en een daardoor verbeterde benutting van voedingsstoffen uit de bodem. Dit draagt bij aan teeltzekerheid binnen de randvoorwaarden van een minimalisering van het nutriëntenoverschot, ten behoeve van een verbetering van de

### 2.3 *Materiaal en methode*

Het betreft de uitvoering van een 2-jarige proef op bedrijfsniveau naar de bevordering van de bodemvitaliteit in nauwe afstemming met de praktijk. In de proef staat de interactie tussen evenwichtsbemesting, grondbewerking en optimalisatie van de bodemstructuur centraal. Het experiment vond plaats in 2006 en 2007 op één locatie met twee grondbewerkingsvarianten en twee strategieën voor de voorraadbemesting.

**Veldexperiment** Het veldexperiment werd uitgevoerd op een biologisch glastuinbouwbedrijf, gelegen op een kalkrijke poldervaaggrond (jonge zeeklei) op zand. Het humusgehalte van de bovengrond (0-25 cm) is 3,4%, in de ondergrond (25-50 cm) 2,0%. De grond is slompgevoelig. De bouwvoor bestaat uit een lichte zavelgrond (ca. 9% lutum) en op 49 cm diepte begint een zandplaat. Op het bedrijf wordt in een intensieve vruchtwisseling tomaat en paprika geteeld. Gedurende twee jaar is het effect van grondbewerking bekeken in één afdeling van het bedrijf. Het eerste jaar (2006) werd in deze afdeling tomaat geteeld (ras Anjolie op onderstam Maxifort), het tweede jaar (2007) gele paprika (ras Chelsey).

**Proefopzet** Het experiment was opgezet als strokenproef. Een volledig gewarde proef was praktisch niet uitvoerbaar bij verschillende grondbewerkingsmethoden, en de opbrengstbepaling door de teler was uitvoerbaar indien er hele paden per behandeling gemeten konden worden. Dit heeft tot gevolg dat de uitkomsten niet statistisch bewerkt kunnen worden en uitsluitend indicatief kunnen zijn.

**Grondbewerking** In het veldexperiment werden twee methoden van grondbewerking vergeleken. Methode 1, de standaard grondbewerking van de teler, aangeduid met 'frozen': twee keer spitten (rijrichting dwars op elkaar) tot

40 cm diepte met behulp van een spitsfreesmachine merk Farmax (Figuur 2-1), gevolgd door frezen met een JNC frees tot 15-20 cm. Methode 2, aangeduid met 'spitten': twee keer spitten (rijrichting dwars op elkaar) tot 40 cm diepte met behulp van een spitsfreesmachine, gevolgd door een harkrol (aandrukrol met spiraalvormige tanden). Dit is in beide jaren voorafgaand aan de teelt gebeurd.



Figuur 2-1: Spitsfreesmachine met harkrol (aandrukrol met spiraalvormige tanden).

### Bemesting 2006

De voorraadbemesting heeft plaatsgevonden op 6 januari 2006. Het betrof als standaard behandeling een voorraadbemesting van 260 kg stikstof in de vorm van mestkorrels, waarvan wordt aangenomen dat vrijwel alles beschikbaar komt tijdens de teelt van de tomaat. De variant was half verteerde rundvee potstalmest met 4,73 kg N per ton en een aanvullende voorraadbemesting van 130 kg stikstof. De totale stalmestgift was bedoeld uit te komen op 170 kg N ha<sup>-1</sup> maar uiteindelijk blijkt 181 kg N ha<sup>-1</sup> toegediend te zijn. Daarvan kwam naar verwachting 60 kg beschikbaar tijdens de teelt van de tomaat (modelberekening Ndicea). De totale beschikbare stikstof uit voorraadbemesting in deze variant kwam dan uit op 190 kg per hectare.

### Bemesting 2007

De voorraadbemesting voorafgaand aan de teelt is op 7 december 2006 uitgevoerd. Het betrof als standaard behandeling een voorraadbemesting met 110 ton compost per hectare met 7,22 kg N waarvan 1,2 N-NH<sub>3</sub> per ton en een aanvullende voorraadbemesting van 186 kg stikstof in de vorm van mestkorrels. Aangenomen wordt dat vrijwel alle stikstof uit de hulpmeststoffen beschikbaar komt tijdens de teelt van de tomaat, en dat uit de compost 300 kg beschikbaar komt (modelberekening Ndicea). Totaal is dat 486 kg beschikbare stikstof uit voorraadbemesting. De variant was half verteerde rundvee potstalmest met 4,26 kg N waarvan 0,1 kg N-NH<sub>3</sub> per ton en een aanvullende voorraadbemesting met hulpmeststoffen van 93 kg stikstof. De totale stalmestgift was bedoeld uit te komen op 170

kg N ha<sup>-1</sup> maar uiteindelijk blijkt 197 kg N ha<sup>-1</sup> toegediend te zijn. Daarvan komt naar verwachting 65 kg beschikbaar tijdens de teelt van de paprika. De totale beschikbare stikstof uit voorraadbemesting in deze variant kwam dan uit op 158 kg per hectare.

**Indringingsweerstand** De indringingsweerstand van de bodem is gedurende de twee onderzoeksjaren in het voor- en najaar beoordeeld door middel van een mechanische zelfschrijvende penetrograaf (Eijkelkamp Agrisearch Equipment). De indringingsweerstand is een maat voor de doorwortelbaarheid van de bodem, en wordt uitgedrukt in kPa (kN/m<sup>2</sup>). In het algemeen wordt verondersteld dat een gewas niet in staat is te wortelen in een bodemlaag met een indringingsweerstand groter dan 3 MPa.

De indringingsweerstand is bepaald in het voor- en najaar: op 28 april en 1 november (2006) en op 26 april en 19 oktober (2007). In 2006 is de indringingsweerstand alleen bepaald in de grondbewerkingsvarianten 'spitten' en 'frozen' in de stroken met potstalmest. In 2007 is zowel naar verschillen tussen grondbewerking als naar verschillen in bemesting (2 jaar potstalmest versus 2 jaar standaardbemesting teler) gekeken. Per veldje is het gemiddelde van 12 (2006) en 16 (2007) metingen bepaald, voor elke 5 cm in het bodemprofiel tot het bereiken van de maximale indringingsweerstand (5 MPa).

**Bulkdichtheid** De bulkdichtheid wordt gedefinieerd als de verhouding tussen de massa van de gedroogde grond (105 °C) en het bulk volume, het volume van de deeltjes en de poriën tussen de deeltjes. De bulkdichtheid hangt af van de dichtheid van de bodemdeeltjes (zand, klei en organische stof) en de manier waarop ze bij elkaar gepakt zitten. De bulkdichtheid is een dynamische eigenschap van de bodem, die beïnvloed wordt door grondbewerking, bodemleven en gewasgroei. Het kan een indicator zijn voor verdichting van de bodem en belemmering van de wortelgroei. De bodemdichtheid ligt meestal tussen de 1.0 en 1.7 g/cm<sup>3</sup> en neemt toe met de diepte in het bodemprofiel. Voor een lichte zavelgrond ligt de ideale bulkdichtheid lager dan 1,40 g/cm<sup>3</sup>. Voor dit type grond kan een bulkdichtheid van 1,60 de wortelgroei beïnvloeden, terwijl een bulkdichtheid groter dan 1,80 de wortelgroei belemmert (USDA, 1999). Uiteraard zijn er naast bulkdichtheid andere factoren die de beworteling kunnen belemmeren zoals structuur en plaatvorming, dus een voldoende lage bulkdichtheid is geen agrantie voor een goede beworteling.

In 2006 is in het voor- en najaar de bulkdichtheid van de bodem op een diepte van 17.5-22.5 cm bepaald door middel van bulkdichtheidsringen (6 ringen per grondbewerkingsvariant, gemeten in de stalmest behandelingen).

**Waterinfiltratie** De waterinfiltratiesnelheid is de snelheid waarmee water de bodem binnendringt, en is afhankelijk van bodemtype, bodemstructuur, aggregaatvorming en vochtgehalte. Het initiële vochtgehalte van de bodem beïnvloedt de mogelijkheid van de bodem om extra water op te nemen. De grond moet dus een vergelijkbaar vochtgehalte hebben om de infiltratiesnelheid te kunnen vergelijken. Grondbewerking beïnvloedt de waterinfiltratiesnelheid. Onmiddellijk na grondbewerking kan de waterinfiltratie verbeterd zijn, doordat korstvorming aan de oppervlakte doorbroken is, en de bodem luchtiger is. Na grondbewerking kan echter ook de aggregaatvorming en bodemstructuur verstoord zijn, waardoor er minder continue doorlopende poriën zijn die met het oppervlak in verbinding staan en waardoor na verloop van tijd meer compactie kan ontstaan.

De waterinfiltratie is bepaald door middel van de testkitmethode (USDA 1999). Hierbij wordt bepaald hoe lang het duurt totdat 500 ml water in de bodem verdwenen is, over een oppervlakte van 177 cm<sup>2</sup>. In totaal zijn er 12 metingen uitgevoerd per behandeling (6 in vochtige en 6 in drogere grond). De beoordeling van de waterinfiltratiesnelheid is

alleen het eerste jaar uitgevoerd in het voorjaar (2 mei 2006) in het met stalmest bemeste deel van de proef. Daar is gekeken naar verschillen wat betreft grondbewerking. In Tabel 2-1 staat de indeling die in het Soil Quality Test Kit systeem gebruikt wordt om de verschillende waterinfiltratiesnelheden te classificeren.

Tabel 2-1: Classificatie van verschillende infiltratiesnelheden volgens het systeem van de Soil Quality Test Kit Guide (USDA, 1999).

Infiltratiesnelheid (min/cm)	Infiltratiesnelheid (cm/uur)	Infiltratie klasse
< 1,2	> 50	zeer snel
1,2 - 4	15 - 50	snel
4 - 12	5 - 15	matig snel
12 - 40	1,5 - 5	matig
40 - 120	0,5 - 1,5	matig langzaam
120 - 400	0,15 - 0,5	langzaam
400 - 15.750	0,004 - 0,15	zeer langzaam
> 15.750	< 0,004	ondoordringbaar

**Opbrengstmeting** In het eerste en tweede jaar is de gewasopbrengst van de verschillende behandelingen door de teler bepaald. Het eerste jaar is in de tomatenteelt de opbrengst per behandeling per pad bepaald. Net als de proefstrook zelf levert dat één opbrengstcijfer op zonder herhalingen. Het tweede jaar is in de paprikateelt per veldje - aan de zonzijde van het pad - van 10 planten (20 stengels) de opbrengst bepaald. Het ging om twee veldjes per behandeling waardoor een indruk van de spreiding binnen het proefvak verkregen werd.

## 2.4 Resultaten

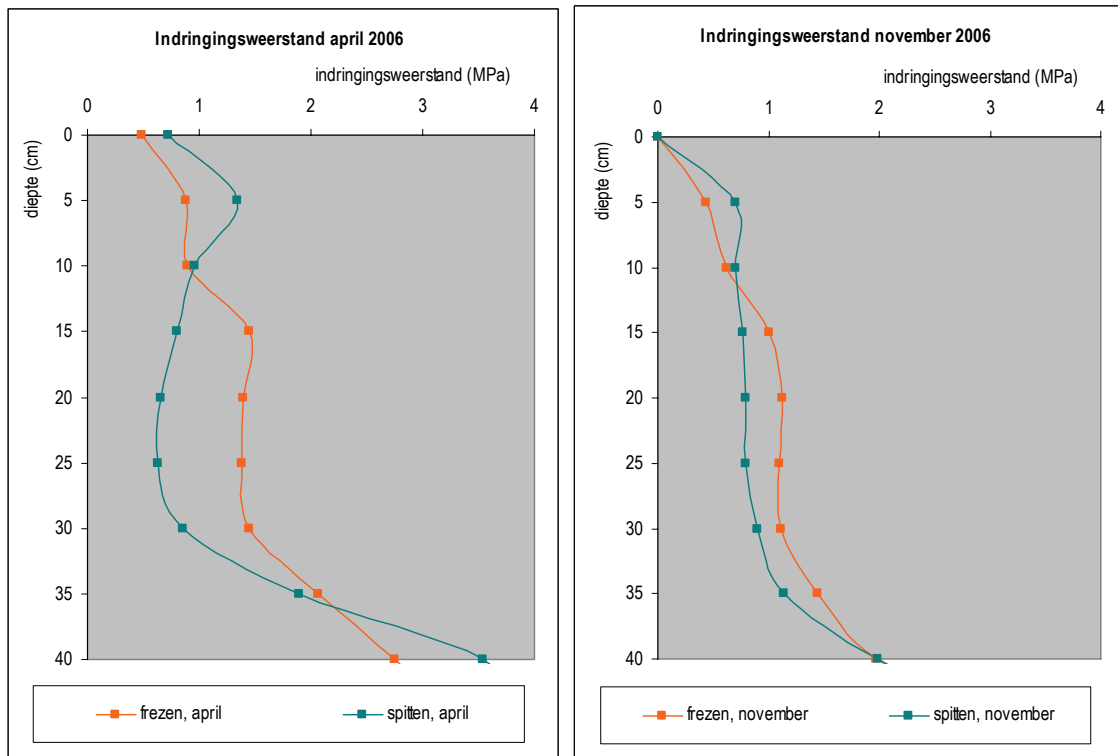
**Bodemstructuurbeoordeling algemeen** In de twee opeenvolgende jaren zijn zowel in het voor- als in het najaar bodemstructuurbeoordelingen uitgevoerd. In het eerste jaar zijn metingen verricht aan de indringingsweerstand, de bulkdichtheid en de waterinfiltratiesnelheid. In het tweede jaar is alleen de indringingsweerstand bepaald. De resultaten hiervan in het eerste jaar kwamen overeen met de waarnemingen aan de bulkdichtheid. De waterinfiltratiesnelheid is het tweede jaar niet bepaald omdat het eerste jaar de spreiding in de waarnemingen te groot was om met een beperkt aantal metingen verschillen te kunnen aantonen.

### Indringingsweerstand

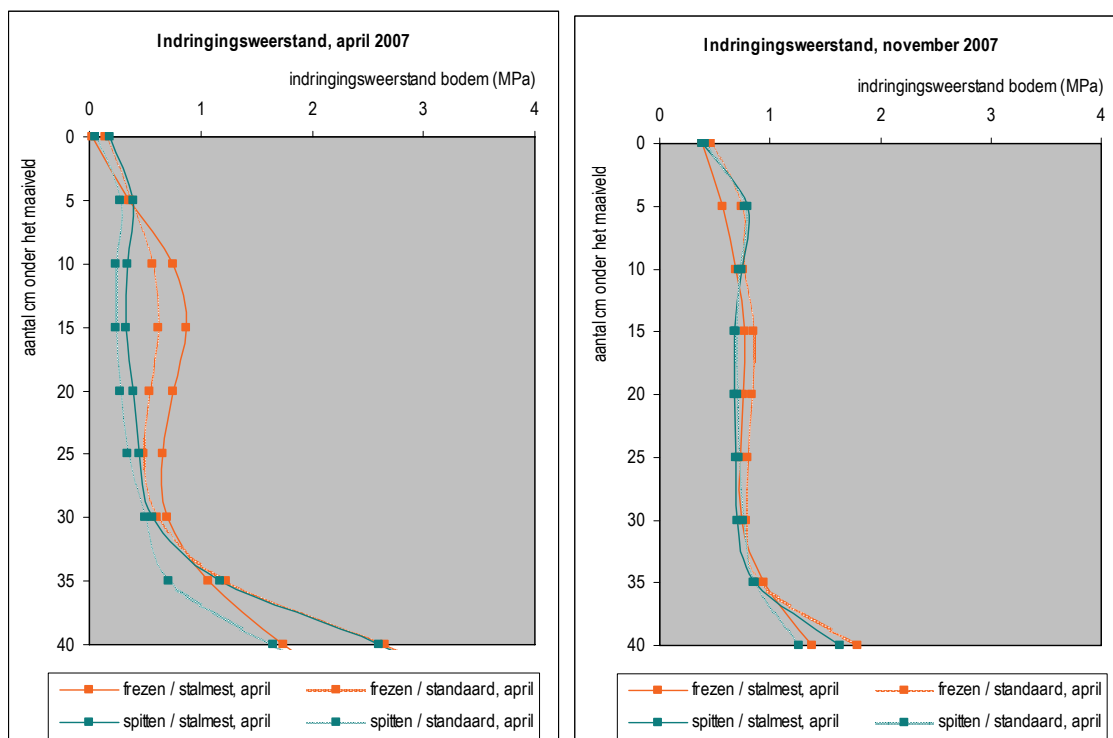
De resultaten staan samengevat in Figuur 2-2: Indringingsweerstand in verschillende grondbewerkings behandelingen. De bemesting is overal uitgevoerd met potstalmest. Frezen: grondbewerking met spitmachine, gevolgd door frezen. Spitten: grondbewerking met spitmachine met harkrol. voor 2006 en in Figuur 2-3: Indringingsweerstand in de bodem bij verschillende grondbewerkingsvarianten en verschillende typen bemesting. De voorraadbemesting is uitgevoerd met potstalmest of compost (standaard), de grondbewerking bestaat uit frezen (spitmachine gevolgd door frezen) of uit spitten (spitmachine met harkrol). In november (rechts) zijn de verschillen uit het voorjaar (links) verdwenen. voor 2007.



In 2006 zijn de verschillen in indringingsweerstand in de bovenlaag meer uitgesproken dan in 2007. Hoewel de behandeling 'spitten' in de bovenste 5 cm tot wat meer verdichting leidt dan 'frezen', blijft de onderlaag van 15 tot 30 cm bij 'spitten' veel beter doordringbaar voor wortels dan wanneer er gefreest wordt. De verschillen die in april nog duidelijk aanwezig zijn, zijn in november echter praktisch verdwenen. Dit is gerelateerd aan het hogere vochtgehalte aan het einde van de teelt: 12% in het voorjaar versus 19% in het najaar. In nattere grond is de indringingsweerstand in het algemeen een stuk lager dan in droge grond. Daarnaast zakt de bouwvoor in de loop van het seizoen weer in elkaar, geheel volgens de ervaring van de teler, en dat is door achterwege laten van het frezen niet voorkomen.



Figuur 2-2: Indringingsweerstand in verschillende grondbewerkings behandelingen. De bemesting is overal uitgevoerd met potstalmest. Frezen: grondbewerking met spitmachine, gevolgd door frezen. Spitten: grondbewerking met spitmachine met harkrol.



Figuur 2-3: Indringingsweerstand in de bodem bij verschillende grondbewerkingsvarianten en verschillende typen bemesting. De voorraadbemesting is uitgevoerd met potstalmest of compost (standaard), de grondbewerking bestaat uit frezen (spitmachine gevolgd door frezen) of uit spitten (spitmachine met harkrol). In november (rechts) zijn de verschillen uit het voorjaar (links) verdwenen.

**Bulkdichtheid** De bulkdichtheid bepaling is in 2006 op 2 mei en 1 november uitgevoerd in de tomatenteelt op 17,5 – 22,5 cm diepte. In het voorjaar waren er duidelijke verschillen tussen de behandelingen zichtbaar. In de behandeling frezen was de gemiddelde dichtheid hoger (1,21 g/cm<sup>3</sup>) dan in de behandeling spitten (1,06 g/cm<sup>3</sup>). Het vochtgehalte was in het voorjaar laag (11,7 resp. 12,1% voor frezen resp. spitten). In het najaar waren de verschillen in bulkdichtheid tussen de verschillende grondbewerkingsvarianten verdwenen. De dichtheid was toen 1,17 g/cm<sup>3</sup> (frezen) en 1,16 (spitten). Het vochtgehalte was in november gestegen tot 18,5 (frezen) resp. 19,2 % (spitten). In alle gevallen is de waarde van de bulkdichtheid op deze diepte lager dan de door de USDA genoemde streefwaarde (1,40 g/cm<sup>3</sup>). Dat roept de vraag op of de gevonden verschillen relevant zijn voor de gewasgroei. Ook kan het de vraag oproepen of de USDA referentiewaarden relevantie hebben voor bedekte teeltsystemen.

Tabel 2-2: bulkdichtheid (g/cm<sup>3</sup>) bij twee grondbewerkingen op twee momenten

grondbewerking	frezen	spitten
2 mei 2006	1,21	1,06
1 november 2006	1,17	1,16

**Waterinfiltratie** De waterinfiltratiesnelheid is in het voorjaar van 2006 (2 mei) bepaald in de tomatenteelt (Tabel 2-3). De resultaten laten zien dat de infiltratiesnelheid hoger is in de vochtige grond (onder het plastic) dan in de drogere grond, waar al korstvorming aan de bovenkant optreedt. De laatste meting in de vochtige grond (onder het plastic) in het gespitte gedeelte is uitgevoerd nadat er met de T-tapes 20-30 minuten beregend was. Hierdoor is de

infiltratiesnelheid hier mogelijk wat geremd ten opzichte van de gefreesde behandeling, door verzadiging van de grond. In het drogere (niet met plastic bedekte) deel van het plantbed is te zien dat frezen een wat langzamere waterinfiltratie oplevert (86 sec/cm) dan spitten (56 sec/cm). In het algemeen is de infiltratiesnelheid echter snel tot zeer snel in alle behandelingen.

*Tabel 2-3: Resultaten meting waterinfiltratie in het voorjaar, na het uitvoeren van verschillende grondbewerkingsmethoden in zowel het droge als het natte gedeelte van de bodem*

<b>grondbewerking</b>	<b>frezen</b>	<b>spitten</b>
infiltratiesnelheid in droge grond	86 sec/cm	56 sec/cm
infiltratiesnelheid in natte grond	11 sec/cm	34 sec/cm

**Opbrengst** In 2006 is in alle behandelingen een opbrengstmeting uitgevoerd in de tomatenteelt (Tabel 2-4). Tussen de grondbewerkingsbehandelingen zijn duidelijke verschillen gemeten, maar omdat de opbrengstmeting niet in herhalingen is uitgevoerd, kunnen hier geen harde conclusies aan verbonden worden.

*Tabel 2-4: Opbrengstbepalingen 2006, kg/m<sup>2</sup> tijdens meetperiode*

<b>grondbewerking</b>	<b>frezen</b>		<b>spitten</b>	
	<b>+ stalmest</b>	<b>- stalmest</b>	<b>+ stalmest</b>	<b>- stalmest</b>
Opbrengst	30,8	30,7	33,8	34,0

In 2007 is in alle behandelingen een opbrengstmeting uitgevoerd in de paprikateelt (Tabel 2-5). Dit jaar is er per behandeling op twee proefvakken gemeten, maar de spreiding is dusdanig dat er geen betrouwbare conclusie kan worden getrokken. Drie van de vier opbrengstcijfers zijn in de zelfde orde van grootte, en de vierde en hoogste opbrengst vertoont ook de grootste spreiding in de meetwaarden.

*Tabel 2-5: Opbrengstbepaling 2007*

<b>grondbewerking</b>	<b>frezen</b>		<b>spitten</b>	
	<b>+ stalmest</b>	<b>- stalmest</b>	<b>+ stalmest</b>	<b>- stalmest</b>
Metingen	30,2	26,3	26,0	26,3
	24,6	22,5	25,3	23,8
Gemiddeld	27,4	24,4	25,7	25,1

## 2.5 Discussie

Het thema 'bodemstructuur' speelt in principe op alle bedrijven een rol. Op dit specifieke bedrijf is in overleg tussen teler, bedrijfsvoorlichter en onderzoeker ingezoomd op dit thema en zijn enkele hoofdonderwerpen benoemd. Een zelfde werkwijze zal op andere bedrijven tot een andere afbakening en uiteindelijk tot andere onderzoeksvragen en – uitvoering leiden.

Een volledig gewarde proefopzet is bij inzet van grondbewerking als variabele altijd moeilijk realiseerbaar en in dit geval onmogelijk. Ook het verrichten van waarnemingen kent onder praktijkomstandigheden beperkingen, zoals in dit geval de opbrengstbepaling.

Er zijn metingen verricht aan de bodem zelf, en er is een opbrengstbepaling uitgevoerd. De opbrengst kan in dit geval gezien worden als de netto resultante van de experimentele variabelen 'grondbewerking' en 'bemesting'. Alle drie de metingen aan de grond zelf hebben beperkingen. De metingen van de indringingsweerstand worden sterk beïnvloed door de vochttoestand van de grond. Ook de infiltratiesnelheid wordt beïnvloed door de vochttoestand van de grond en geeft nogal grote spreiding tussen herhalingen. De meting van de bulkdichtheid geeft bij goede uitvoering nog de meest betrouwbare resultaten.

Alle drie de metingen aan de grond wijzen in de zelfde richting. Door de grond bij aanvang van de teelt groffer weg te leggen door het frezen achterwege te laten is in eerste instantie de indringingsweerstand in het totale profiel verlaagd, de waterinfiltratie verhoogd en de bulkdichtheid verlaagd. Het effect is echter tijdelijk: zowel in 2006 als in 2007 zijn aan het eind van het seizoen geen verschillen meer aanwezig.

De opbrengstverhoging in 2006 (in enkelvoud gemeten, dus niet zeker vast te stellen) is spectaculair: van 31 naar 34 kg m<sup>2</sup> door het achterwege laten van het frezen. Na het bespreken van de onderzoeksplannen met de onderzoekers en de bedrijfsvoorlichter heeft de teler destijds besloten het hele bedrijf *niet* te frezen, daarmee vooruitlopend op eventuele resultaten. Als de opbrengstmetingen juist zijn heeft dat besluit hem veel opgeleverd.

De indringingsweerstand laat in 2007 een zelfde patroon zien als in 2006 wat betreft grondbewerkingsvarianten. De bemestingsvarianten laten te kleine verschillen zien om iets over te kunnen zeggen. Ook dit jaar is het effect in het najaar verdwenen. In 2007 lijkt geen sprake te zijn van een opbrengsteffect ondanks het verschil in grondbewerking en gemeten indringingsweerstand.

Tegelijk met de bemestingsvariant 'zonder stalmest' (= standaard bedrijfsvoering met composttoediening) versus 'met stalmest' is nog een factor veranderd, namelijk de voorraadbemesting met hulpmeststoffen. Bij 'stalmest' is de voorraadbemesting met hulpmeststoffen gehalveerd ten opzichte van de standaard behandeling. Er is geen sprake van een opbrengstverschil in beide varianten maar er is wél sprake van een verschil in stikstofdynamiek en stikstofbalans. Bij 'met stalmest' is in totaal minder stikstof gegeven en is minder stikstof gedurende de teelt beschikbaar gekomen (modelberekening Ndicea) (Tabel 2-6).

Bij gelijkblijvende opbrengst betekent dat een verbetering van de stikstofefficiëntie. Op basis van deze uitkomsten kan echter niet met zekerheid gezegd worden of deze winst het gevolg is van een verbeterde bodemkwaliteit door gebruik van stalmest. Een andere verklaring zou kunnen zijn dat er sprake is van een overdosering in de standaard bemesting. Ook denitrificatie zou een rol kunnen spelen. De stikstof uit hulpmeststoffen komt veel sneller vrij dan die uit de stalmest. Daardoor is sprake van een hoger N-mineraal gehalte in de bodem met een hogere denitrificatie als gevolg. Een *hogere* gift zou daardoor kunnen leiden tot een – over langere tijd bezien – *lagere* beschikbaarheid van stikstof.

Ook in 2007 is geen opbrengstverschil gesignaleerd tussen wel of geen potstalmest. De verschillen in stikstofbeschikbaarheid waren toen veel hoger dan in 2006 (Tabel 2-6). Blijkbaar is stikstof in dit geval niet belemmerend geweest, en is de beschikbaarheid in de standaard bemesting dus onnodig hoog geweest.

Tabel 2-6: Stikstofgift (balans) en stikstofbeschikbaarheid (Dynamisch) bij twee bemestingsvarianten (kg N ha<sup>-1</sup>) in 2006 en 2007

	2006		2007	
	+ stalmest	- stalmets	+ stalmest	- stalmets
<b>Balans</b>				
Compost totaal-N	0	0	0	794
Potstalmest totaal-N	181	0	197	0
Hulpmeststoffen totaal-N	130	260	93	186
Totaal	311	260	290	980
<b>Dynamisch</b>				
Beschikbaar uit compost	0	0	0	300
Beschikbaar uit potstalmest	60	0	65	0
Beschikbaar uit hulpmeststoffen	130	260	93	186
Totaal	190	260	158	486

## 2.6 Conclusies

De volgende conclusies moeten gezien worden vanuit de kennis dat het gaat om een strokenproef zonder herhalingen waaruit sowieso geen harde conclusies getrokken kunnen worden.

- De alternatieve grondbewerking 'alleen spitten' heeft een positief effect op drie parameters voor bodemstructuur: indringingsweerstand, waterinfiltratie en bulkdichtheid. Het is echter een tijdelijk effect: het probleem van het 'inzakken' van de bodem gedurende de teelt wordt er niet mee voorkomen.
- Door alleen te spitten is de bodemkwaliteit dusdanig verbeterd dat er in een van de twee onderzoeksjaren een aanzienlijke opbrengstverhoging gerealiseerd is.
- Het toedienen van rundvee potstalmest in plaats van compost, gecombineerd met een lagere stikstofgift uit hulpmeststoffen, leidt tot een zelfde opbrengst en dus tot een hogere stikstofefficiëntie in deze jaren. Dat nodigt uit tot verdere bestudering van de stikstofdynamiek om tot optimalisatie te komen. Er kan bij voorbeeld op basis van deze cijfers geen uitspraak worden gedaan over langere termijn effecten.



### 3 *Ontwikkeling van regenwormpopulaties na introductie en hun effect op bodemstructuur*

#### 3.1 *Achtergrond*

Ondanks de ruime aanvoer van organische stof in de biologische glastuinbouw is de ontwikkeling van de bodemstructuur op veel bedrijven niet optimaal (Cuijpers et al 2007). In de loop van de tijd ontstaat er een mooie, kruimige structuur in de bovengrond, maar de ondergrond blijft vaak slecht van structuur en ook de aansluiting tussen boven- en ondergrond is slecht. Dit belemmert de beworteling en de gewasgroei.

Biologische glastuinbouw met een intensieve bedrijfsstijl wordt gekenmerkt door een krappe vruchtwisseling, waardoor snel problemen ontstaan met bodemgebonden ziekten zoals plantpathogene aaltjes en schimmels. Om deze reden wordt op veel van deze bedrijven gestoomd. Eerder onderzoek heeft laten zien dat stomen een sterk effect op het bodemvoedselweb heeft (Cuijpers et al 2007). Op slechts drie van de acht bedrijven die stomen werden regenwormen aangetroffen en op twee van deze drie bedrijven werden de wormen na het stomen geïntroduceerd. De aantallen wormen die op deze drie bedrijven gevonden werden waren echter veel lager en het aantal soorten was beperkter dan op de bedrijven die niet gestoomd hadden. Op de bedrijven die stomen kwamen zowel rode wormen (*Eisenia fetida* en *Dendrobaena hortensis*) als grauwe wormen (*Aporrectodea caliginosa* en *Aporrectodeo rosea*) voor. Op de 10 bedrijven die niet stomen werden daarnaast ook pendelaars aangetroffen (*Allolobofora longa*), de grauwe worm *A. chlorotica* en de rode wormen *Lumbricus castaneus*, *Lumbricus rubellus* en *Dendrobena rubida*. Er leek een verband te zijn tussen de aantallen regenwormen en de bodemstructuur in de laag 25-50 cm. Hoe meer regenwormen, hoe minder scherpblokkige structuurelementen in de tweede laag. In de bovengrond lijkt de organische stofaanvoer meer dan de aanwezigheid van regenwormen van belang te zijn voor de bodemstructuur. Er is echter nog maar weinig informatie over het effect van bedrijfstype (management) of grondsoort op het bodemvoedselweb. Op bedrijven die stomen waar weinig wormen voorkomen is het de vraag of dit het resultaat is van het management of dat de wormen bij deze grond-gewascombinatie geen deel uitmaken van het 'natuurlijke' bodemvoedselweb.

In de glastuinbouw worden vaak gekweekte gepigmenteerde wormen (met name *E. fetida* en *D. hortensis*) uitgezet na het stomen om het bodemleven te herstellen en de bodemstructuur te verbeteren. Rode, gepigmenteerde wormen zijn strooiselbewoners die nauwelijks tot geen grond verteren; grauwe, ongepigmenteerde wormen zijn bodembewoners die in continue gangen leven in de bovenste 10-15 cm van de bodem (Edwards en Bohlen, 1996). Grauwe wormen introduceren na stomen zou dus zinvoller kunnen zijn voor het bevorderen van de bodemstructuur. *A. caliginosa* of *A. rosea* lijken hiervoor het meest geschikt, omdat deze soorten ook nog voorkomen op bedrijven waar gestoomd wordt. De vraag is of zij bij de huidige set teeltmaatregelen (stomen, vrijwel jaarrond een hoge bodemtemperatuur, maar ook het gebruik van druppelaars bij het watergeven waardoor maar een deel van de grond bevochtigd wordt) een voldoende sterke populatie kunnen opbouwen, en of ze daadwerkelijk een bodemstructuurverbetering kunnen veroorzaken. In dit experiment wordt het verschil getest tussen het effect op de bodemstructuur van de grauwe worm (voornamelijk *A. caliginosa*) en de rode worm *Dendrobaena veneta*.

## 3.2 Materiaal en methode

Het bedrijf en de grondsoort waar het experiment zijn uitgevoerd zijn beschreven in paragraaf 2.3. Het bedrijf is vanaf 1999 omgeschakeld naar biologisch. De gangbare grondteelt van sla werd opgevolgd door een ruimere vruchtwisseling: bladgewassen in de winter (sla, paksoi, andijvie, radijs, bloemkool) en vruchtgroenten (tomaat, paprika) in de zomer. De kassen werden verwarmd door hete luchtkachels. Vanaf 2006 is het systeem van hete luchtverwarming vervangen door een buisrailsysteem, en worden alleen nog vruchtgroenten geteeld.

In een tweede onafhankelijk aangelegde experiment zijn in april 2006 regenwormen geïntroduceerd in de paprikateelt. Voorafgaand aan de paprikateelt (elke twee jaar) wordt op dit bedrijf de grond gestoomd in verband met de aaltjesdruk. Voorjaar 2006 voorafgaand aan de introductie zijn er geen regenwormen op het bedrijf aangetroffen. Het is onbekend of wormen hier niet aanwezig zijn doordat ze in deze bodem niet of nauwelijks deel uitmaken van het 'natuurlijke' bodemvoedselweb, of doordat ze door management maatregelen in de loop der tijd verdwenen zijn. De bodemstructuur in de bovenste 20 cm is goed, maar matig in de laag van 20-35 cm (40% scherpblokkig) en daaronder slecht (70-100% scherpblokkig) (Cuijpers et al 2007). Tijdens een structuurbepaling in maart 2004 liet radijs een sterk horizontale wortelgroei zien op 30 cm.

**Regenwormen** De regenwormen zijn op 28 april 2006 in de paprikateelt geïntroduceerd. Aan het eind van de teelt wordt er niet gestoomd en de bodem wordt in het algemeen wat vochtiger gehouden dan bij de teelt van tomaat, waardoor de wormen een sterkere populatie kunnen opbouwen. Er zijn twee verschillende typen regenwormen geïntroduceerd:

- **Grauwe regenwormen ('bodembewoners')** verzameld uit permanent grasland. De populatie bestaat voornamelijk uit de soort *Aporrectodea caliginosa*, maar bevat ook kleinere hoeveelheden van de strooiselbewoners (rode wormen) *Eisenia fetida* en *Dendrobaena tenuis*. *A. caliginosa* kan uitgroeien tot een grote worm (40-180 mm met 120-246 segmenten). De kleur is variabel, van ongepigmenteerd lichtroze aan de voorkant en lichtgrijs aan de achterkant in kleinere individuen tot donker roodbruin aan de voorkant en paarsbruin aan de achterkant. De grotere, paarsbruine soorten leven dieper in de bodem. Het zadel is gelig of bruinig van kleur. Het is een typische 'grauwe worm' of bodembewoner, die onder uiteenlopende omstandigheden voorkomt, vooral ook in landbouwgronden. De soort speelt een belangrijke rol in de bodemstructuurvorming (Sims en Gerard, 1985) (Stöp-Bowitz, 1969). *E. fetida* is herkenbaar aan de lichtroze tot donkerpaarse segmenten met gele ongepigmenteerde tussengroeven over de hele ruglengte. Ze wordt ook wel tijgerworm genoemd. De buik, en de segmenten 9-11 op de rug, zijn vaak geheel pigmentloos, en lichtgeel van kleur. Het is een redelijk grote worm (60-120 mm met 80-120 segmenten), en een typische bewoner van mest- en composthoppen, of onder vochtig rottend organisch materiaal. Deze worm wordt veel in wormencompost gebruikt. In vergelijking met *Dendrobaena veneta* houdt *Eisenia* van iets drogere omstandigheden. *Dendrobaena tenuis* is een kleinere soort (25-40 mm lang, ca. 100 segmenten), aan de voorkant roodblauw van kleur, aan de achterkant vleeskleurig, en op de buik en in de tussengroeven wat lichter. Deze soort komt voor in uiteenlopende habitats, van bosgrond tot landbouwgrond, maar in het algemeen onder vochtige omstandigheden (Stöp-Bowitz, 1969).
- **Rode regenwormen ('strooiselbewoners')** uit commerciële opkweek. Deze zijn gedetermineerd als de soort *Dendrobaena veneta*. De soort lijkt qua worm veel op de *Dendrobaena hortensis*, maar is op basis van het grotere aantal (54-150) segmenten als *D. veneta* geclassificeerd. De wormen zijn rood-paars gestreept op de



rug en iets bleker op de buik. *D. veneta* is een grote wormensoort die veel gebruikt wordt in wormencompost. De soort doet het beter dan andere soorten onder extreem vochtige omstandigheden die voorkomen bij het composteren. De voortplanting van deze wormensoort is echter veel langzamer dan van andere wormen (zoals *E. fetida*) die voor wormencompost gebruikt worden (Muyima et al., 1994). Afhankelijk van de temperatuur is de worm na 100 tot 150 dagen volwassen (Viljoen et al., 1992).

Per inoculatiepunt zijn 150 regenwormen geïntroduceerd. In totaal zijn 10 uitzetpunten per wormensoort gebruikt, 5 uitzetpunten per plantbed op 5 meter afstand van elkaar (17,5-37,5 meter vanaf het betonpad). De twee verschillende soorten wormen zijn aan de linker- en rechterzijde van het betonpad geïntroduceerd.

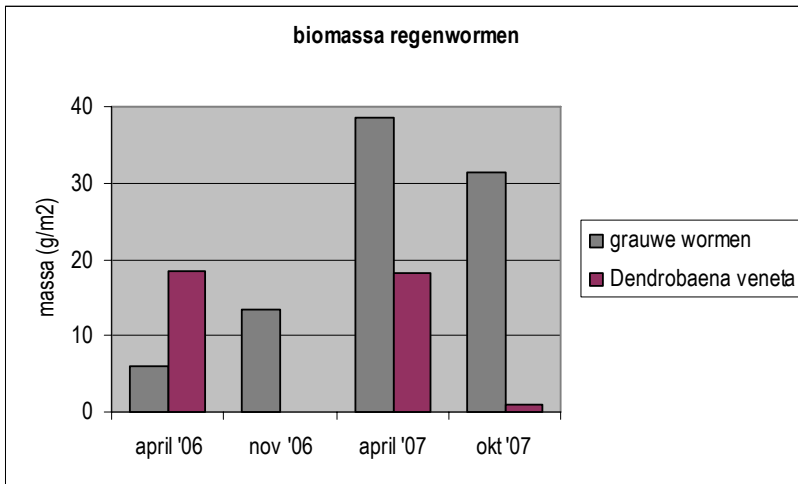
De ontwikkeling van de populatie regenwormen werd gemeten door op verschillende afstanden van de introductiepunten plaggen van 20x20x25 cm te bemonsteren. Op 1 november 2006, 27 april 2007 en 19 oktober 2007 zijn de hoeveelheden, soorten en biomassa van de regenwormen bepaald. Het effect op de bodemstructuur is eind 2007 gemeten door bepaling van de indringingsweerstand.

### 3.3 Resultaten

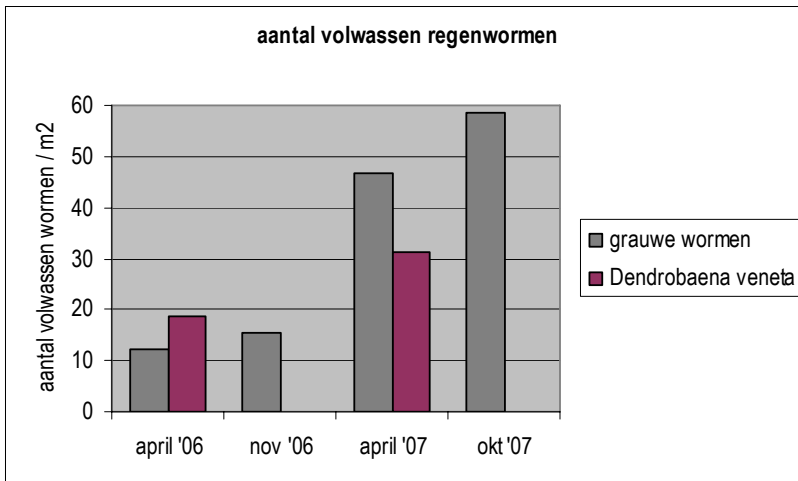
**Grauwe regenwormen** De grauwe regenwormen laten over de gehele periode een geleidelijke toename in biomassa en aantallen zien. De populatie dynamiek laat met name in het voorjaar van 2007 een grote piek aan juveniele (jonge) regenwormen zien (1141 juvenielen/m<sup>2</sup>). Bij het vergelijken van de biomassa en aantallen, is het belangrijk om de data per seizoen te vergelijken (dus najaar 2006 met najaar 2007). Dit vanwege de natuurlijke voortplantingscyclus. Hieruit blijkt dat - ondanks de drogere omstandigheden in de tomatenteelt (2007) - het aantal volwassen grauwe wormen in een jaar tijd met een factor 4 is toegenomen. Ook de biomassa van de grauwe wormen neemt geleidelijk aan toe.

**Grauwe wormen en bemestingseffect** In het najaar van 2006 is de behandeling in 2-en gesplitst. De achterste helft van het proefveld is met potstalmest bemest, de voorste helft met compost. Met de potstalmest zijn ook rode wormen (*Eisenia fetida*) aan de bodem toegevoegd. De volwassen wormen in het met stalmest bemeste deel bestaan in het voorjaar van 2007 voor 100% uit strooiselbewoners (rode wormen, *E. fetida*). De juvenielen bestaan zowel uit strooiselbewoners, als uit grauwe wormen. In het met compost bemeste deel bestaat de volwassen populatie voor tweederde deel uit bodembewoners. In het najaar van 2007 vinden we in het met compost bemeste gedeelte alleen nog volwassen bodembewoners, terwijl in het met stalmest bemeste gedeelte de volwassen populatie voor de helft uit grauwe en voor de helft uit rode wormen bestaat.

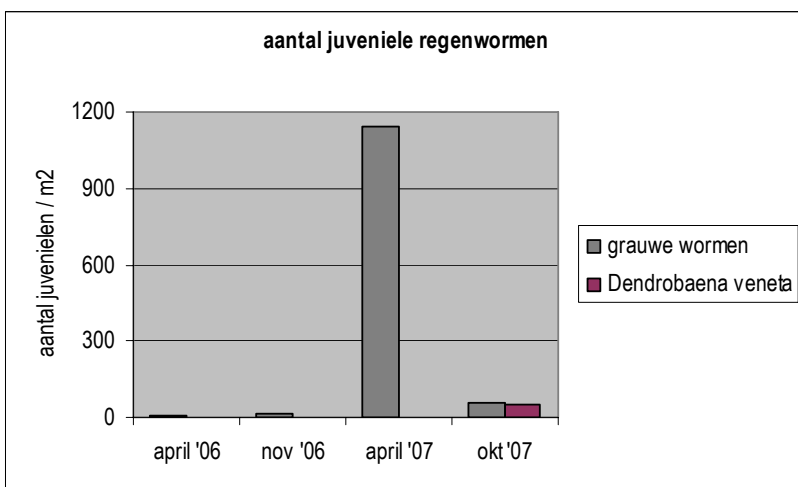
**Rode regenwormen** De rode regenwormen (commercieel verkrijgbaar) van de soort *Dendrobaena veneta* laten bij vergelijking van de aantallen in het voorjaar een lichte toename zien, terwijl de biomassa nagenoeg gelijk blijft. In het najaar zijn de wormen niet in de bodem terug te vinden. Waarschijnlijk zijn de omstandigheden dan zo droog, dat ze overleven in de vorm van ingekapselde eieren. In deze behandeling zijn in november 2007 ook een enkele juveniele *Eisenia fetida* en *Aporrectodea caliginosa* teruggevonden. Mogelijk zijn deze gemigreerd vanuit de andere kant van de kas.



Figuur 3-1: Biomassa van grauwe wormen (voornamelijk *Aporrectodea caliginosa*) en rode strooiselbewoners (*Dendrobaena veneta*) tot anderhalf jaar na introductie in april 2006. Om de populatieontwikkeling te beoordelen is het zinvol metingen in hetzelfde seizoen met elkaar te vergelijken.



Figuur 3-2: Ontwikkeling van aantallen volwassen regenwormen na introductie in april 2006.



Figuur 3-3: Ontwikkeling van aantallen juveniele regenwormen na introductie in april 2006.

**Effect op bodemstructuur** In november 2007 is de indringingsweerstand bepaald in de 4 verschillende behandelingen: compost versus stalmest, en wel of geen introductie van regenwormen. Omdat de grond aan het einde van de tomatenteelt, en met name de toplaag van de bodem zeer droog was, is de spreiding in waarnemingen dusdanig groot dat er geen verschillen tussen de verschillende behandelingen zichtbaar zijn.

### 3.4 *Discussie*

Aan regenwormen wordt een gunstige werking op de bodemstructuur en bodemkwaliteit toegedicht. Dit leidt er in de bedekte teelt toe dat er gekweekte wormen worden uitgezet. De gekweekte wormen hebben echter een niche in het bodemecosysteem die een effect op bodemstructuur onwaarschijnlijk maakt. Ook de overlevingskansen van dat soort wormen lijken op basis van literatuurgegevens gering.

De bevindingen van dit onderzoek bevestigen dit beeld grotendeels. De gekweekte wormen zijn weliswaar in staat gebleken te overleven onder de gegeven omstandigheden, maar de biomassa blijft achter en de fluctuaties door de jaren heen zijn groot.

Een verschillend effect op de bodemstructuur, afgemeten aan de parameter indringingsweerstand, is niet aangetoond. Dat komt echter vooral door beperkingen in de meettechniek van deze parameter (zie ook paragraaf 2.5).

### 3.5 *Conclusies*

- Het uitzetten van grauwe wormen in de biologische bedekte teelt kan succesvol zijn in termen van handhaving en vermeerdering. Naar (snelheid van) verspreiding vanuit de uitzetpunten naar elders in de kas is niet gekeken. Grauwe wormen zijn echter niet commercieel verkrijgbaar.
- Het uitzetten van gekweekte rode wormen is minder succesvol dan van grauwe wormen. Samen met de verwachte andere ecologische functie van rode wormen (strooiselbewoner in plaats van bodembewoner) lijkt een effect op de bodemstructuur onwaarschijnlijk.
- Door beperkingen in de mogelijkheden om bodemstructuur te meten is er geen verschil aangetoond tussen de twee wormenpopulaties wat betreft bodemstructuur.



## Literatuur

- Cuijpers, W., G.J.H.M. van der Burgt, W. Voogt en A. van Winkel. 2007. **Bodem en bemesting; bemestingsstrategie voor vruchtbare en levende bodem**. Biokas verslag 2005. Driebergen, Louis Bolk Instituut.
- Derouard, L., J. Tondoh, L. Vilcosqui en P. Lavelle. 1997. **Effects of earthworm introduction on soil processes and plant growth**. Soil Biology and Biochemistry, Vol. 29 (3/4), pp. 541-545.
- Edwards, C.A. en P.J. Bohlen. 1996. **Biology and ecology of earthworms**. London, Chapman and Hall, 3rd edition.
- Eekeren, N. van, E. Heeres en F. Smeding. 2003. **Leven onder de graszode: discussiestuk over het beoordelen en beïnvloeden van bodemleven in de biologische melkveehouderij**. Driebergen, Louis Bolk Instituut.
- Koopmans, C. en G.J.H.M. Van der Burgt. 2001. **Mineralenbenutting in de biologische landbouw, een integrale benadering**. Driebergen, Louis Bolk Instituut.
- Ligthart, T.N. en G.J.C.W. Peek. 1997. **Evolution of earthworm burrow systems after inoculation of Lumbricid earthworms in a pasture in The Netherlands**. Soil Biology and Biochemistry, Vol. 29 (3/4), pp.453-462.
- Muyima, N.Y.O., A.J. Reinecke en S.A. Viljoen-Reinecke. 1994. **Moisture requirements of Dendrobaena veneta (Oligochaeta), a candidate for vermicomposting**. Soil Biology and Biochemistry, Vol.26, No.8, pp. 973-976.
- Sims, R.W. en B.M. Gerard. 1985. **Earthworms - Keys and notes for the identification and study of the species**. In: Kermack, D.M. and R.S.K. Barnes (eds.) Synopses of the Britishy Fauna, Serie No. 31. The Linnean Society of London and The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association. Brill and Backhuys, London, pp. 167.
- Stöp-Bowitz, C. 1969. **A contribution to our knowledge of the systematics and zoogeography of Norwegian earthworms (Annelida Oligochaeta: Lumbricidae)**. Nytt Mag. Zool. 17, pp. 169-280.
- USDA. 1999. **Soil Quality Test Kit Guide**. United States Department of Agriculture.
- Viljoen, S.A., A.J. Reinecke en L. Hartman. 1992. **The influence of temperature on the life-cycle of Dendrobaena veneta (Oligochaeta)**. Soil Biology and Biochemistry, Vol. 24, No. 12, pp. 1341-1344.
- Voogt, W. en A. van Winkel. 2008. **Vocht en verdeling van nutriënten in de bodem onder invloed van de watergift en mulching in biologische teelt**. Wageningen UR Rapport (in voorbereiding).



