

BODEMBREED INTERREG

Veldmetingen bij niet-kerende grondbewerking en ploegen: het effect op bodemleven en bodemfuncties

Onderdeel: Werkgroep
Document: Rapport / Literatuurstudie
Tijdstip:
Versie: 1
Status: eindversie - veldresultaten

Opgesteld door: Marleen Zanen, Paul Belder, Merijn Bos, Coen ter Berg

Deze publicatie werd met de meeste zorg en nauwkeurigheid opgesteld. Ondanks de geleverde inspanningen kan dit echter niet garanderen dat de ter beschikking gestelde informatie steeds volledig, juist, nauwkeurig of bijgewerkt is.

De gebruiker van deze publicatie ziet af van elke klacht tegen het Louis Bolk Instituut, zijn medewerkers of de partners van het Interregproject BodemBreed, van welke aard ook, met betrekking tot het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.

In geen geval zullen het Louis Bolk Instituut, zijn medewerkers of de partners van het Interregproject BodemBreed aansprakelijk gesteld kunnen worden voor eventuele nadelige gevolgen die voortvloeien uit het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.

Auteursrechten: Deze publicatie werd gerealiseerd in het kader van het Interregproject Bodembreed. Deze is exclusief en volledig eigendom van alle partners van BodemBreed. Alle partners van het project BodemBreed hebben het recht om deze publicatie zonder meerprijs te gebruiken voor hun eigen publicaties, mits bronvermelding. Dit recht is onbeperkt in de tijd.

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
1 Inleiding	5
1.1 Aanleiding	5
1.2 Doelstelling	5
1.3 Werkwijze	5
2 Veldwerk 2011	7
2.1 Locaties	7
2.2 Indicatorenset	8
2.3 Bemonstering	9
2.4 Statistische analyse	9
3 Resultaten en discussie	11
3.1 Visuele bodembeoordeling	11
3.2 Bacteriële biomassa	13
3.3 Schimmels	13
3.4 Nematoden	16
3.5 Bodemlevenactiviteit	20
3.6 Potwormen	21
3.7 Regenwormen	22
4 Conclusies en aanbevelingen	25
4.1 Algemene conclusies en aanbevelingen	25
4.2 Aandachtspunten voor de landbouwpraktijk	26
5 Referenties	27
Bijlage 1 Data bemonsteringen en bodembeoordelingen	29
Bijlage 2 Profielbeoordelingen per locatie	31
Bijlage 3 Nematoden, trofische groepen en roofaaltjes (aantal per 100 g grond).	53
Bijlage 4 Nematoden, plantenparasitaire soorten (aantal per 100 g grond).	57
Bijlage 5 Uitkomsten onderlinge correlaties van variabelen met Pearson toets	59

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het voorliggende document is onderdeel van een reeks¹ van drie rapportages in het kader van activiteit 4, 'Duurzaam bodembeheer en Functionele Agro-biodiversiteit', uitgevoerd door het Louis Bolk Instituut in opdracht van het Interregproject BodemBreed (2010-2011). Dit project richt zich op het verduurzamen van het landbouwkundig bodemgebruik door het versterken van kennis en inzicht van de bodem als samenhangend geheel. Het projectgebied strekt zich uit over de Belgische provincies Vlaams-Brabant, Antwerpen en Limburg en de Nederlandse provincie Limburg (Figuur 1). Het project concentreert zich aldus op bodems met een lemige textuur en bodems met een zandige textuur. Voorliggende publicatie rapporteert over de resultaten van onderdeel II binnen activiteit 4: terreinmetingen en observaties, toetsing van een indicatorenset in het veld.

1.2 Doelstelling

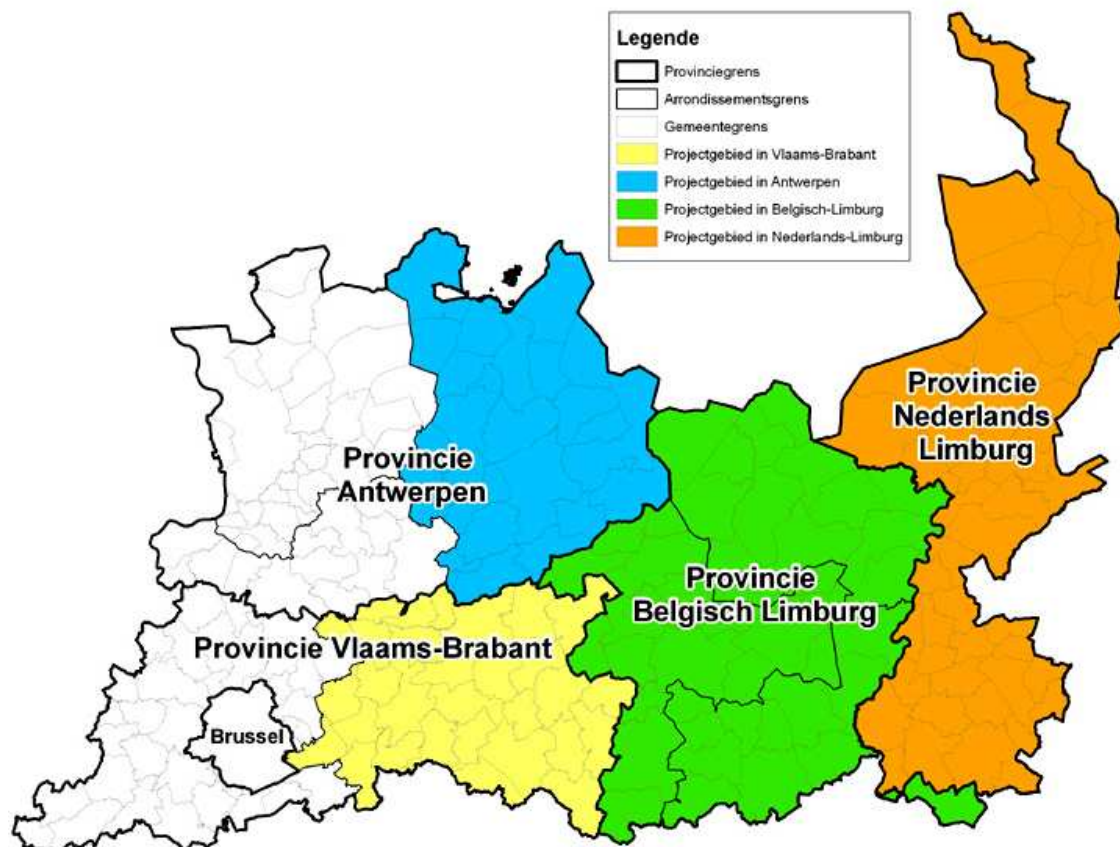
Het doel van dit onderzoeksdeel is toetsing van een geselecteerde indicatorenset voor het meten van functionele agrobiodiversiteit in het veld. Deze toetsing vindt plaats op sites in het projectgebied van Interreg BodemBreed, waarvan de historie van bodembeheersmaatregelen bekend is en er reeds langere tijd wordt gewerkt met niet-kerende grondbewerking (NKG) versus klassieke grondbewerking (meestal ploegen). Doel van de veldmetingen is om de wisselwerking tussen functionele agrobiodiversiteit (FAB) en bodembewerking te onderzoeken en tevens inzicht te krijgen in de hanteerbaarheid en praktische relevantie van de geselecteerde indicatorenset.

1.3 Werkwijze

Voor het meten van bodembioologische indicatoren voor de kwaliteit van leem/löss gronden zijn meetpunten geselecteerd in overleg met deelnemers aan het Interregproject BodemBreed (Bodemkundige Dienst van België, PIBO-Campus, WUR-PPO, Hooibeeekhoeve GPB). De selectie behelst zowel geografische spreiding als een spreiding in bodembeheer. Drie locaties liggen op proefbedrijven waar verschillende vormen van niet-kerende grondbewerking al sinds enkele jaren worden vergeleken met ploegen. Vijf locaties liggen op praktijkbedrijven waar niet-kerende grondbewerking al langere tijd wordt vergeleken met kerende grondbewerking.

Op de geselecteerde objecten heeft het Louis Bolk Instituut grondmonsters genomen en is een visuele bodembeoordeling uitgevoerd. De grond is door verschillende laboratoria geanalyseerd op basis van de indicatorenset (Tabel 3). Bij de visuele bodembeoordeling is samen met telers en andere betrokkenen gekeken naar structuur, beworteling, bodemlevenactiviteit, macroporiën, microporiën. De gegevens zijn statistisch geanalyseerd met behulp van variantie-analyse, multivariate analyse en step-wise regression en worden hier besproken. Hieruit volgen een aantal adviezen en suggesties richting praktijk en beleid.

¹ Zanen et al. (2011) Duurzaam bodembeheer & Functionele Agrobiodiversiteit in de bodem.
Bos en Zanen (2011) Indicatoren voor functionele agrobiodiversiteit (FAB) in de bodem.



Figuur 1: Projectgebied BodemBreed.



Afbeelding 1: Bodembeoordeling van een profielkuil tijdens Kenniscirkel bijeenkomst, locatie Betho.

2 Veldwerk 2011

2.1 Locaties

In overleg met werkgroep 3 zijn 8 locaties in het projectgebied van Interreg BodemBreed geselecteerd. Op iedere locatie zijn 2 of meer objecten uitgekozen om metingen en een visuele bodembeoordeling aan te verrichten door het Louis Bolk Instituut. In totaal zijn 26 objecten onderzocht. Tabel 1 geeft een overzicht van de locaties, gewassen en grondbewerkingsvarianten. Reubens et al. (2011) geeft een overzicht van de proefpercelen. De percelen Lange Weide, Nieuwe Stal, Kortrijk dorp en Hangar zijn reeds lange tijd (>9 jaar) niet-kerend bewerkt.

Tabel 1: Objecten, gewassen en hoofdgrondbewerking per locatie.

Locatie	Aantal objecten	Gewas 2011	Klassieke grondbewerking	Niet-kerende grondbewerking
Heppen	6	Snijmaïs	3x Ploegen	3x Cultivator ondiep (4 jr, 10 cm)
Hangar	2	Suikerbiet	Ploegen	NKG (18 jr)
Kortrijk dorp	2	Aardappel	Ploegen	NKG (12 jr)
Nieuwe Stal	3	Suikerbiet	Ploegen	NKG diep (9 jr) NKG ondiep (9 jr)
Proefboerderij (Pb) Perceel 5	2	Wintertarwe	Ploegen	NKG (13 jr)
Lange Weide	2	Korrelmaïs	Ploegen	NKG (11 jr)
Schnackers 2011	2	Suikerbiet	Woelen	Ondiep ploegen (12 cm), NKG 2 jr
Betho	7	Wintertarwe (WT)	Ploegen	Cultivator 16 cm (alle NKG 4jr) Cultivator + woeler 25 cm
		Suikerbiet (SB)	Ploegen	Cultivator 16 cm Schijveneg NKG zonder voorbereiding

Van iedere locatie is de textuur bepaald door Instituut Koldingen, Duitsland. Per locatie geeft dit informatie over het percentage zand (50-2000 µm), leem (2-50 µm) en klei (<2 µm). In tabel 2 zijn de locaties gerangschikt van lichte naar zwaardere grond en zijn op basis van de textuur driehoek volgens de bodemkaart van België de textuurklassen weergegeven. De textuur varieert van zand (Heppen) tot leem (Betho).

Tabel 2: Textuuranalyse van de 8 locaties, op volgorde van lichte naar zware grond.

Locatie	%zand	%leem	%klei	Textuurklasse
Heppen	89,9	6,4	3,7	Zand
Hangar	61,7	29,3	9,0	Licht zandleem
Kortrijk dorp	60,2	28,8	11,0	Licht zandleem
Nieuwe Stal	46,7	45,7	7,7	Zandleem
Pb Perceel 5	23,4	62,7	14,0	Zandleem
Lange Weide	38,8	47,1	14,2	Zandleem
Schnackers 2011	19,0	65,3	15,7	Zandleem
Betho	24,2	56,7	19,1	Leem

2.2 Indicatorenset

De metingen bestonden uit een selectie (Tabel 3: Rood = geen indicator, donker groen = sterke indicator) van variabelen op basis van de eerder geselecteerde bodembioologische indicatoren (Bos en Zanen, 2011) en de literatuurstudie naar bodemleven (Zanen et al., 2011). Andere bodemvariabelen zoals indringingsweerstand en organische stofgehalte van de bodem zijn door andere projectpartners verzameld en worden door betreffende partners gerapporteerd.

Tabel 3: Indicatoren en variabelen voor verschillende bodemfuncties, naar Rutgers et al. 2005.

		1. Nutriënten retentie & levering	2. Aggregaten en profiel	3. Ziekten en plaagwering	4. Weerstand tegen stress	5. Adaptatie en veerkracht	6. Afbraak van organische stof	7. Zelfreinigend vermogen	8. Watervasthoudend, doorlaten	9. Klimaatfuncties	10. Biodiversiteit
Microfauna	Variabele										
Bacteriën	Bacteriële biomassa										
Schimmels	Schimmelbiomassa										
	Actieve hyphen										
Nematoden	Dichtheid										
	Diversiteit (taxa, voedselgroepen)										
	Plantparasitaire aaltjes										
Activiteit microfauna	Potentieel mineraliseerbare N										
	Potentieel mineraliseerbare C										
Macrofauna											
Potwormen	Dichtheid										
Regenwormen	Dichtheid										
	Diversiteit										
In kuil of kluit											
Indringingsweerstand	MPa 0-100 cm diepte										
Doorworteling	Diepte, intensiteit										
Structuur	Kruimel, afgerond, scherp										
Poriën	Micro en macroporiën										
Bodemlevenactiviteit	Sporen, gangen regenwormen										
Storende lagen	Diepte storende laag										

2.3 Bemonstering

Bemonstering van de bodems op de 8 locaties en bodembeoordeling vond plaats tussen 18 maart en 7 juli 2011. Bijlage 1 geeft een overzicht van het moment van bemonstering per object. In zigzag patroon is per object met een guts (Ø 14 mm) een grondmonster gestoken van ca. 1 kg grond uit de laag 0-20 cm. De mengmonsters werden gezeefd met een 10 mm zeef op het lab van het Louis Bolk Instituut. Vervolgens zijn submonsters genomen voor analyse van bacteriën, schimmels, potentieel mineraliseerbare N en – C, uitgevoerd door WUR-ALTErrA te Wageningen en nematoden, uitgevoerd door BLGG AgroXpertus, Wageningen. Voor potwormen is bemonsterd in de laag 0-15 cm met een guts (Ø 5,9 cm) en drie steken per object. Voor regenwormen zijn plaggen van 20 x 20 x 20 cm gestoken in viervoud per object. Door de droogte kon dit slechts op 3 locaties (Betho-suikerbieten, Schnackers 2011 en Heppen) worden uitgevoerd. Tussen 5 en 7 juli is in 20 objecten een visuele beoordeling uitgevoerd en zijn structuur, beworteling, bodemlevenactiviteit, macroporiën, microporiën en eventueel storende lagen beoordeeld door Coen ter Berg (Bijlage 2, Afbeelding 1). Op locatie Heppen is in beide varianten eenmaal een beoordeling uitgevoerd en op locatie Betho zijn 3 varianten in wintertarwe en 2 varianten in suikerbieten beoordeeld. Onder resultaten (hoofdstuk 3) wordt kort de gebruikte analysemethode per variabele besproken. Voor een uitgebreide beschrijving wordt doorverwezen naar het deelrapport “Indicatoren voor FAB in de bodem” (Bos en Zanen, 2011).

Bemonstering is zoveel als mogelijk na bemesting en grondbewerking uitgevoerd omdat beide activiteiten ingrijpend zijn voor het bodemvoedselweb. De bemonstering vond plaats onder zeer droge omstandigheden. Het voorjaar van 2011 was extreem droog. In Nederland registreerde het KNMI in april een neerslagtekort van 100 mm. Eind mei liep dit op tot gemiddeld 135 mm. In juni vielen lokaal een paar flinke buien. In juli lag het neerslagtekort, vooral in Zuid-Nederland nog boven de 160 mm (www.knmi.nl). Zoals eerder aangegeven kon een aantal bepalingen daarom niet op alle locaties worden uitgevoerd.

2.4 Statistische analyse

Het totaal aantal objecten binnen het project is 26 (Tabel 1) waarbij op 3 locaties meer dan 2 objecten waren bemonsterd. Er is gewerkt met 2 datasets: een kleine gereduceerde dataset met telkens 2 objecten per locatie (ploegen en de beste NKG) en een grote dataset met alle mogelijke 26 objecten (Tabel 4). De keuze voor het NKG object in de gereduceerde dataset was de beste systeemoplossing voor die locatie. De keuze voor de beste systeemoplossing werd gemaakt op basis van zowel de visuele bodembeoordelingen als de kwantitatieve variabelen. Voor locatie Betho betrof dit het object waarbij grond was bewerkt met de schijveneg en op locatie Nieuwe Stal was dit NKG-diep. Op locatie Heppen werd herhaling 1 gekozen voor zowel ploegen als NKG. De reden hiervoor was dat er grote variatie bestond tussen de 3 herhalingen en herhalingen 2 en vooral 3 op droge plekken lagen die door het extreem droge weer extra waren uitgedroogd en daardoor als minder representatief werden beschouwd.

De reden dat er twee datasets zijn gebruikt was om enerzijds met de kleine dataset een eventueel versterkingseffect van één locatie met meer dan 2 objecten tegen te gaan en anderzijds m.b.v. de uitgebreide dataset zoveel mogelijk onafhankelijke paarsgewijze vergelijkingen te kunnen doen binnen variabelen die per object waren gemeten zoals biomassa schimmels en bacteriën. Op locatie Betho waren de bemonsteringen in de suikerbieten uitgevoerd op 18 en 21 maart in de verwachting dat op de andere locaties kort daarna bemonsterd zou gaan worden. Door aanhoudende droogte is de bemonstering telkens uitgesteld en is deze uiteindelijk pas op 19 en 20 mei uitgevoerd. Bij nader inzien zijn de data van 18 en 21 maart verwijderd uit de kleine dataset omdat deze in ordegrootte heel verschillend waren van dezelfde bemonstering in het gewas tarwe twee maanden later. Het grote verschil tussen beide monsterdata kan verklaard worden door het uitzonderlijk droge voorjaar van 2011. Door het overblijven van slechts twee locaties voor regenwormen is besloten deze variabele niet op te nemen in verdere statistische analyses.

Tabel 4: Overzicht gebruik datasets per statistische bewerking

Statistische bewerking	Kleine dataset (n ≤16)	Grote dataset (n≤26)
Variantie-analyse (bewerking, locatie)	X	
Correlatietoets Pearson (responsvariabelen onderling)		X
Correlatietoets Pearson (respons en verklarende variabelen uit bodemanalyses en bodemtextuur)	X	
Stapsgewijze regressie (met alleen verklarende variabelen uit bodemanalyses, bodemtextuur en gewassen)	X	

Van de kleine dataset van 16 objecten werd een variantie-analyse gedaan met als factoren locatie en grondbewerking. De gelaagde P-waarden bleken hoger dan de niet-gelaagde wat wijst op afhankelijkheid van metingen binnen een locatie. Afhankelijkheid van metingen per locatie werd berekend met gelaagde random permutatie, waarbij de metingen binnen 1 locatie werden gerpermuteerd en de locaties werden gepermuteerd op groepsniveau. Voor herhaalde metingen per locatie geeft deze methode hogere P-waarden dan niet gelaagde permutatie en is in dat opzichte wat veiliger.

Correlaties zijn getest met de Pearson en Spearman toetsen waarbij voor onderlinge correlaties tussen responsvariabelen gebruik werd gemaakt van de grote dataset en voor correlaties tussen verklarende en responsvariabelen (gewas, textuur en bodemchemische variabelen) gebruik werd gemaakt van de kleine dataset. Uiteindelijk staan in dit rapport alleen de uitkomsten met de Pearson toets omdat correlaties tussen variabelen met absolute intervallen interessanter zijn dan rangcorrelaties met relatie-intervallen.

Met de kleine dataset is ook een stapsgewijze regressie uitgevoerd voor 8 responsvariabelen. Daarbij werd telkens een groep van verklarende variabelen toegevoegd zoals gewas in 2010, gewas in 2011, bodemtextuur (klei, leem en zand) en chemische bodemparameters (pH, K, Na, Ca, C, etc). Per model werd de cross-validated R^2 (cv- R^2) uitgerekend welke een maat is voor de verklarende kracht van het gevonden model (waarde tussen 0 (slechtste) en 1 (beste)). De stapsgewijze regressie werd uitgevoerd met permutatietoetsen, zoals beschreven in Andersson et al (2009) en Andersson et al (2011). Alleen modellen met P-waarden onder de 0,05 werden aangemerkt als significant.

3 Resultaten en discussie

3.1 Visuele bodembeoordeling

Op alle locaties is tussen 5 en 7 juli 2011 een visuele profielbeoordeling uitgevoerd. De uitgebreide resultaten hiervan staan per locatie vermeld in Bijlage 2. Om de resultaten van de bodembioologische variabelen beter te kunnen plaatsen, begint dit hoofdstuk met een korte samenvatting van de visuele bodembeoordeling. Op een aantal locaties (Pb perceel 5, Lange Weide en Betho, Afbeelding 4) leidde NKG duidelijk tot een goed resultaat. Op een aantal andere locaties waren de resultaten van NKG, ondanks langjarige toepassing, veel minder mooi (Kortrijkdp, Heppen).

Bodemstructurelementen De mooiste structuur (hoog percentage kruimels en laag percentage scherpblokkige structuurelementen) in de bovenste 30 cm van het profiel werd gevonden bij NKG op locatie Pb perceel 5 en NKG op locatie Lange Weide. Voor locatie Lange Weide geldt dat afwezigheid van rooivuchten in het bouwplan een gunstig effect heeft gehad op de bodemstructuur. De minst mooie structuur (laag percentage kruimels en hoog percentage scherpblokkige elementen) in de bovenste 30 cm van het profiel werd gevonden bij ploegen op de locaties Heppen en Lange Weide, maar ook na NKG op de locaties Kortrijkdp en Nieuwe Stal-diep waar respectievelijk al 12 en 9 jaar NKG wordt toegepast.

Beworteling Beworteling was over het algemeen beter op zwaardere gronden. Diepe doorworteling van het profiel kwam niet vaak voor. Er waren geen duidelijke verschillen tussen ploegen en NKG waarneembaar.

Bodemlevenactiviteit, macro- en microporiën De meeste sporen van bodemlevenactiviteit (zichtbaar bodemleven, uitwerpselen, fijne structuur) en macroporiën (wormengangen) en microporiën in de bouwvoor werden gevonden in de objecten Betho-ploegen, Lange Weide-NKG en Pb Perceel 5-NKG. De laagste scores werden aangetroffen op de locaties Heppen en Schnackers 2011-woelen. De overige objecten hadden in de toplaag (ca. 0-7 cm) allemaal een goede tot zeer goede score (3 tot 5), maar in de laag daaronder was de score heel matig (1-2). In de meeste objecten zijn pendelaars actief geweest, zichtbaar door grote gangen (Afbeelding 2).



Afbeelding 2: Sporen van bodemlevenactiviteit, gang van een pendelaar.



Afbeelding 3: De lichte gronden (links) zijn gevoeliger voor natuurlijke bezakking en interne slemp waardoor ze sterker verdichten en minder goed op niet-kerende grondbewerking reageren als zwaardere gronden (rechts).



Afbeelding 4: Ploegen (links) vergeleken met NKG (rechts) in de proefvelden met tarwe op locatie Betho in Tongeren. Bij ploegen is de structuur van de geploegde laag van 0-17 cm mooi. Scherpblokkige elementen zijn vrijwel afwezig. Daaronder de slecht verteerde resten van de maïs van het vorige teeltseizoen en daaronder een extreem verdichte laag. Toch kunnen wortels door deze verdichte laag dankzij de aanwezige verticale wormgangen. Wanneer de bodem bewerkt wordt met een cultivator en een diepwoeler (tot ca 25 cm) ziet de grond er op de foto (rechts) verdicht uit, maar de laag 0-25 cm bevat vrijwel geen scherpblokkige elementen.

Bodemverdichting Veel objecten hadden een verdichte laag van circa 5 tot 10 cm op circa 20-30 cm diepte. Op lichte grond was vaak sprake van een compacte ondergrond. Op de zwaardere gronden had de ondergrond een hoog aandeel poriën (sponsstructuur). De lichte gronden zijn gevoelig voor natuurlijke bezakking en interne slemp (Afbeelding 3). Deze gevoeligheid neemt toe bij te intensieve mechanische bewerking en lage gehalten aan organische stof.

3.2 Bacteriële biomassa

Bacteriële biomassa wordt bepaald door middel van directe microscopische tellingen. Uit het aantal en volume van de cellen wordt de bacteriële biomassa berekend en uitgedrukt in $\mu\text{g C/g}$ droge grond. Voor bouwland op zandgrond in Nederland geldt een referentiewaarde van $81 \mu\text{g C}$ per gram droge grond, voor bouwland op klei geldt een referentiewaarde van 51 (Rutgers et al. 2007). Voor bouwland op löss is nog geen referentie beschikbaar. Op locatie Pb Perceel 5 werd in september 2008 een bacteriële biomassa van $61 \mu\text{g C/g}$ droge grond gemeten ($n=8$, 0-15 cm diepte).

Van 21 objecten is de bacteriële biomassa bepaald. De resultaten per object zijn weergegeven in Tabel 5. De bacteriële biomassa varieerde van 7 tot $106 \mu\text{g/g}$ grond. In tegenstelling tot Reubens et al (2010) leidde grondbewerking niet tot significante verschillen in de toplaag. Opvallend is de zeer lage bacteriële biomassa bij Nieuwe Stal – ploegen. De visuele bodembeoordeling geeft een mogelijke verklaring: in de variant ploegen was de grond compact en lag er veel organisch materiaal op 30 cm diepte. In de twee andere varianten op deze locatie bevatte vooral de bovenste 20 cm (bemonsteringsdiepte) veel organisch materiaal. Opvallend zijn ook de hoge waarden op locatie Betho. Kanttekening hierbij is dat de locatie was bemonsterd in maart en alle andere locaties in mei. Zoals eerder opgemerkt in paragraaf 1.4 zijn de meetresultaten die voortkomen uit deze vroege bemonstering op locatie Betho weggelaten in locatiespecifieke statistische analyses.

In Drenthe (zand) is op 8 locaties de bacteriële biomassa van bouwland bemonsterd in het najaar van 2007 en opnieuw in 2008 en was de waarde nooit hoger dan 40 (Zanen, 2011). In oktober 2005 werden metingen verricht op lemige zandgrond in Melle. De gemiddelde bacteriële biomassa varieerde van 15 tot $22 \mu\text{g C/g}$ droge grond. In augustus 2005 werd op zandgrond in Noord-Brabant een gemiddelde biomassa van $28 \mu\text{g C/g}$ droge grond gemeten (Koopmans et al., 2006). Bij metingen in 2009 en 2010 op 10 locaties in Zuid-Limburg waarbij ploegen en NKG werden vergeleken zijn geen significante effecten op microbiologie gevonden (mond. med. Jaap Bloem, WUR-Alterra). In het algemeen wordt de bacterie biomassa in de bodem bepaald door kwaliteit, kwantiteit en stabiliteit van het voedselaanbod en mate van bodemverstoring (mond. med. Van Eekeren, Louis Bolk Instituut).

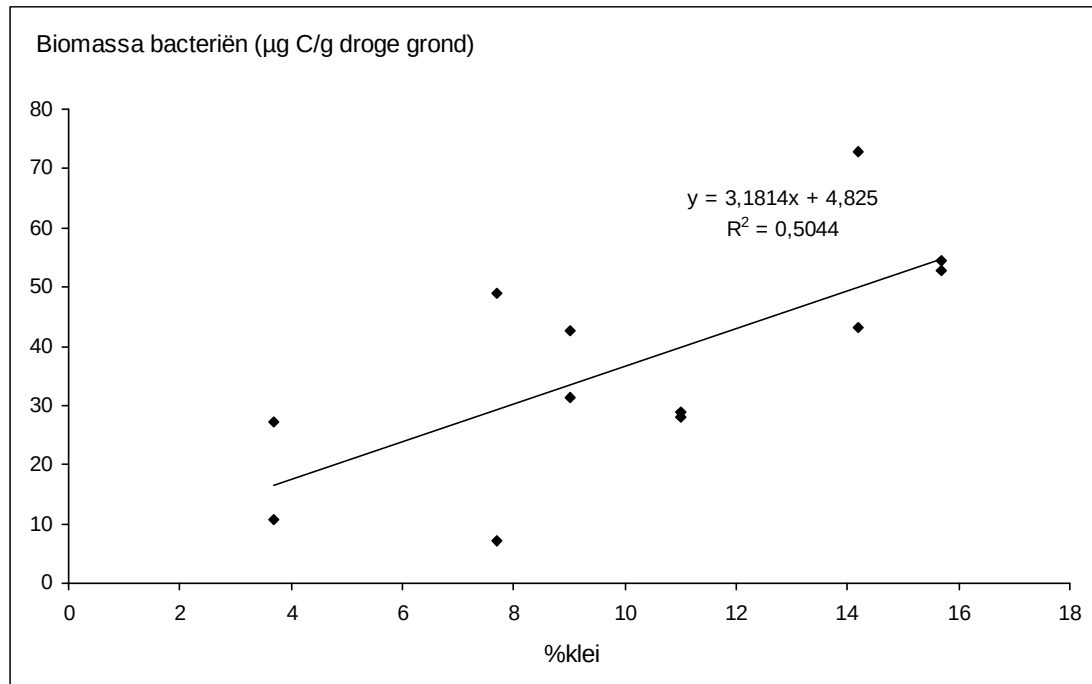
Relaties met andere variabelen Bacteriële biomassa werd significant ($r^2=0,5$) positief beïnvloed door het kleigehalte (Figuur 2). Verder correleerde de bacteriële biomassa significant ($P<0,05$) met biomassa schimmels, potentieel mineraliseerbare hoeveelheid N ($r^2=0,71$) (Figuur 3) en het aantal potwormen.

3.3 Schimmels

De totale hoeveelheid schimmeldraden (hyfen) in de grond wordt bepaald door de lengte te meten onder de microscoop. De lengte wordt omgerekend naar koolstof en de schimmelbiomassa en wordt uitgedrukt in $\mu\text{g C/g}$ droge grond. Actieve schimmels worden onderscheiden door een specifieke kleuring van DNA en RNA. Voor biomassa van schimmels zijn nog geen referentiewaarden vastgesteld. Op locatie Pb Perceel 5 werd in september 2008 een gemiddelde schimmelbiomassa van $28 \mu\text{g C/g}$ droge grond gemeten ($n=8$, 0-15 cm diepte).

Van 21 objecten is de schimmelbiomassa en -activiteit bepaald. De resultaten per object zijn weergegeven in Tabel 5. De gemiddelde biomassa in de 21 grondmonsters was $16 \mu\text{g C}$ per gram droge grond met een variatie van 4 tot $38 \mu\text{g C}$ per gram droge grond. Het percentage actieve hyfen varieerde van 0 tot 33 procent. Grondbewerking leidde niet tot verschillen. Vooral op de locaties Kortrijkdorp en Heppen was de schimmelbiomassa laag. Locatie Betho liet, net als voor de bacteriële biomassa, de hoogste waarden zien. Een lage schimmelbiomassa zou veroorzaakt kunnen zijn door het gebruik van fungiciden of een relatief hoge stikstofbeschikbaarheid. Op veel locaties ontbrak het aan actief groeiende hyfen. De activiteit van schimmels kan sterk variëren en

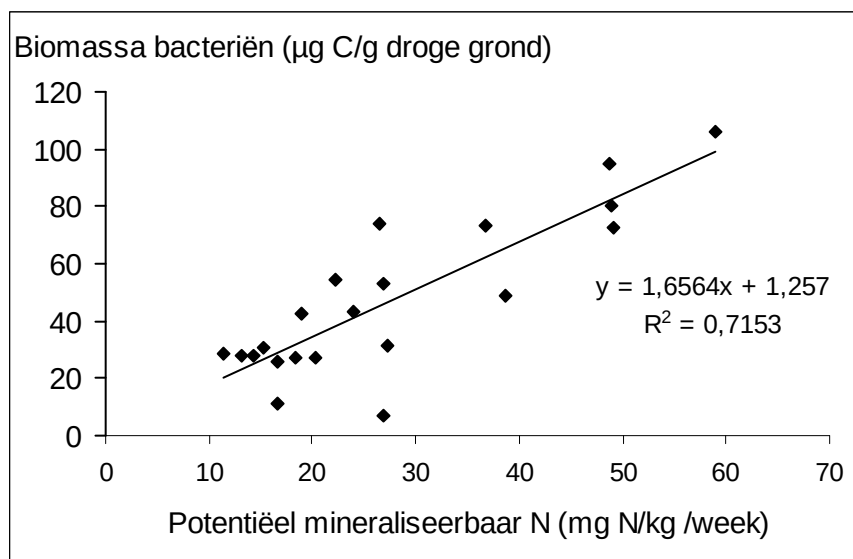
ook op vochtige gronden worden percentages van 0% gevonden. De droogte lijkt hier dus niet meteen de oorzaak. In bemestingsproeven en na grondbewerking worden soms ook percentages van 80% actieve schimmeldraden gevonden (mond. med. Jaap Bloem, WUR-Alterra).



Figuur 2: Lineair verband tussen het kleigehalte en de bacteriële biomassa (n=12)

Tabel 5: Bodembioologische variabelen per locatie.

Locatie	Grondbewerking	Bacteriële biomassa	Schimmel biomassa	Schimmel activiteit	Nematoden dichtheid	Nematoden diversiteit	Potentieel mineraliseerbare N	Potentieel mineraliseerbare C
		µg C/g droge grond	µg C/g droge grond	% actieve hyfen	n/100 g grond	aantal taxa	mg N/kg /week	µg C/g
Referentie zand		81	-	-	4240	29	-	-
Referentie klei		51	-	-	1290	33	-	-
Heppen	Ploegen 1	11	11	0	1430	30	16,7	639
	Ploegen 2	31	13	17	1222	23	15,2	644
	Ploegen 3	28	13	13	2487	24	13,2	629
	NKG 1	27	6	0	1970	28	20,3	553
	NKG 2	26	4	33	3017	29	16,5	626
	NKG 3	27	18	0	1560	22	18,4	490
Hangar	Ploegen	43	17	0	2100	30	19,0	547
	NKG	31	26	5	1511	28	27,2	592
Kortrijk dorp	Ploegen	29	7	0	504	16	11,4	351
	NKG	28	11	3	1004	26	14,3	393
Nieuwe Stal	Ploegen	7	11	0	1523	24	27,0	363
	NKG diep	49	19	0	2129	21	38,7	597
	NKG ondiep	73	14	0	2327	21	36,7	628
Pb Perceel 5	Ploegen/NKG	-	-	-	-	-	-	-
Lange Weide	Ploegen	43	19	0	1123	19	24,0	475
	NKG	73	17	0	1730	25	49,2	661
Schnackers 2011	Ploegen (12 cm)	54	15	0	1553	23	22,3	340
	NKG (woelen)	53	19	0	936	26	26,8	357
Betho	WT – ploegen	-	-	-	-	-	-	-
	WT – cultivator	-	-	-	-	-	-	-
	WT – cult.+ woeler	-	-	-	-	-	-	-
	SB – ploegen	95	25	7	-	-	48,7	502
	SB – cultivator	80	21	16	-	-	48,9	461
	SB – schijveneg	106	38	14	-	-	59,1	463
	SB – NKG	74	15	14	-	-	26,6	357



Figuur 3: Lineair verband tussen bacteriële biomassa en de potentieel mineraliseerbare N (n=21)

De resultaten komen overeen met eerdere metingen door Koopmans et al. (2006). In oktober 2005 werden metingen verricht op lemige zandgrond in Melle. De gemiddelde schimmelbiomassa varieerde van 5,5 tot 7,2 µg C/g droge grond en het percentage actieve hyfen was 0%. In augustus 2005 werd op zandgrond in Noord-Brabant ook een gemiddelde biomassa van 7 µg C/g droge grond gemeten en een percentage actieve hyfen van 2%. Op lichte zavel werd in oktober 2004 een schimmelbiomassa van gemiddeld 17 µg C/g droge grond gemeten en een percentage actieve hyfen van 47%. De activiteit van schimmels liep uiteen van 0 tot 20% (Bobi-database) en was gemiddeld 6,5%. Bij metingen in 2009 en 2010 op 10 locaties in Zuid-Limburg waarbij ploegen en NKG werden vergeleken zijn geen significante effecten op microbiologische variabelen gevonden en was de schimmelbiomassa gemiddeld 25 en 13 µg C/g in respectievelijk 2009 en 2010 (mondelinge mededeling Jaap Bloem, WUR-Alterra).

Relaties met andere variabelen In dit onderzoek is een positief verband gevonden tussen de schimmelbiomassa en de bacteriebiomassa ($r^2=0,5$) en de potentieel mineraliseerbare hoeveelheid N ($r^2=0,48$). Zowel fosfaat- (negatief) als magnesiumgehalte (positief) correleerden significant met de schimmelbiomassa (Bijlage 5). Volgens Van Eekeren lijkt schimmelbiomassa vooral toe te nemen bij minder verstoring en een lagere N-beschikbaarheid (mond. med. Nick van Eekeren, Louis Bolk Instituut). Uit onderzoek door Kuramae et al (2011), uitgevoerd in Nederland, naar de relatie tussen grondgebruik (akkerbouw, grasland, bos) en bodemtextuur (zand of klei) en de samenstelling van de microbiële gemeenschap bleken vooral fosfaat en de C:N ratio van de bodem belangrijke verklarende factoren voor schimmelbiomassa.

3.4 Nematoden

Nematoden (aaltjes) staan in de akkerbouw bekend als schadeverwekkers (bijv. het bietencystenaaltje), maar het grootste deel van de populatie bestaat uit vrijlevende soorten die een belangrijke schakel vormen in het bodemvoedselweb. De dichtheid en diversiteit van nematoden geeft een eerste beeld van de samenstelling van de populatie. De verdeling over verschillende voedselgroepen geeft meer zicht op de gezondheid van de bodem. Daarnaast is er voor nematoden een Maturity Index (MI) ontwikkeld, welke een maat is voor de rijpheid of verstoring van een bodem. De analysemethoden voor (specifieke) plantparasitaire soorten wijkt af van de

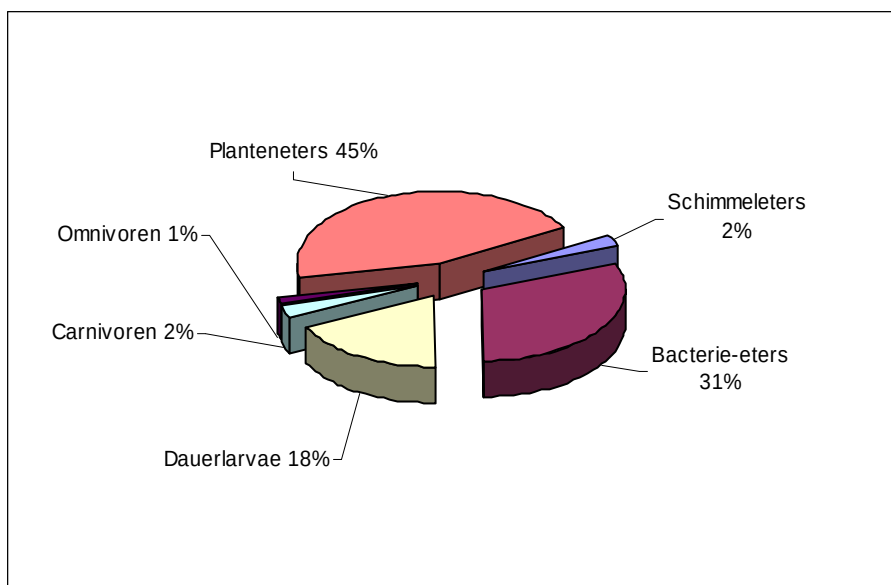
manier waarop de vrijlevende aaltjes worden onderzocht. Mede daarom worden ze apart beschreven.

Dichtheid en diversiteit Nematoden worden met een spoel- en zeefmethode uit de bodemonsters gehaald. Na telling van het aantal in 100 g verse grond worden ze gefixeerd en worden ca. 150 exemplaren op naam gebracht met behulp van een microscoop. Voor bouwland op zandgrond in Nederland geldt een referentiewaarde van 4240 per 100 g grond en voor bouwland op klei geldt een referentiewaarde van 1290 per 100 g grond (Rutgers et al. 2007). Op locatie Pb proefperceel 5 was de nematodendichtheid gemiddeld 2886 per 100 g grond in september 2008 en werden gemiddeld 19 taxa gevonden.

Van 17 objecten is de dichtheid en diversiteit van nematoden bepaald. De resultaten per object zijn weergegeven in Tabel 5. De dichtheid varieerde tussen 504 en 3017 nematoden per 100 g grond en de gemiddelde dichtheid over alle objecten was 1654 per 100 g grond. Gemiddeld werden 24 taxa geteld. Voor nematodenaantallen en -diversiteit geldt dat de extreme droogte de meetresultaten waarschijnlijk heeft beïnvloed. Grondbewerking leidde niet tot verschillen in aantallen en diversiteit van nematoden. De resultaten komen redelijk overeen met eerdere metingen op bouwland door Koopmans et al. (2006). In oktober 2005 werden metingen verricht op lemige zandgrond in Melle. De gemiddelde nematoden dichtheid varieerde van 1118 tot 1571. In augustus 2005 werd op zandgrond in Noord-Brabant een gemiddelde dichtheid van 2173 gemeten. Op lichte zavel werden in oktober 2004 929 tot 1105 nematoden per 100 g grond geteld.

Voedselgroepen Op basis van voedingstype worden nematoden ingedeeld naar voedselgroepen. De verdeling van voedselgroepen geeft inzicht in de gezondheid van de bodem. Gemiddeld over alle objecten werd een verdeling gevonden van 45% planteneters, 31% bacterie-etters, 18% dauerlarvae, 2% carnivoren en schimmeleters en 1% omnivoren (Figuur 4). Een dergelijke verdeling is typerend voor bouwland. Dauerlarvae zijn aaltjes die in een rustfase zitten, vaak behoren ze tot de bacterie-etende aaltjes waaronder *Rhabditidae*. Grondbewerking leidde gemiddeld over de locaties niet tot verschillen. Interessant zijn de uitschieters: beide objecten op locatie Hangar hebben een relatief hoog percentage carnivoren (8 en 11%) en een laag percentage dauerlarvae. Het perceel NKG op locatie Lange Weide heeft een zeer hoog percentage schimmeleters (Bijlage 3). Er werd geen relatie gevonden met de schimmelbiomassa. Het object ploegen van Kortrijk dorp heeft relatief veel planteneters (62%). De objecten op locatie Nieuwe Stal hebben alle drie relatief veel planteneters (51-73%).

Een relatief stabiele indicator voor de hoeveelheid gunstige aaltjes in het voedselweb is het aantal roofaaltjes (= carnivoren en omnivoren samen). Het aantal roofaaltjes geeft een snel beeld van de ontwikkeling van het voedselweb; veel rovers betekent dat er veel te eten of weinig predatie is. Object Kortrijk dorp-NKG scoort extreem laag, locatie Hangar scoort hierin erg hoog (Bijlage 3). In Nederland wordt er gewerkt aan een index waarbij de koppeling wordt gemaakt naar bouwplan. Voor België is die nog niet beschikbaar.



Figuur 4: Verdeling van voedingsgroepen gemiddeld over alle objecten. Een typisch beeld voor bouwland op zand/löss gronden.

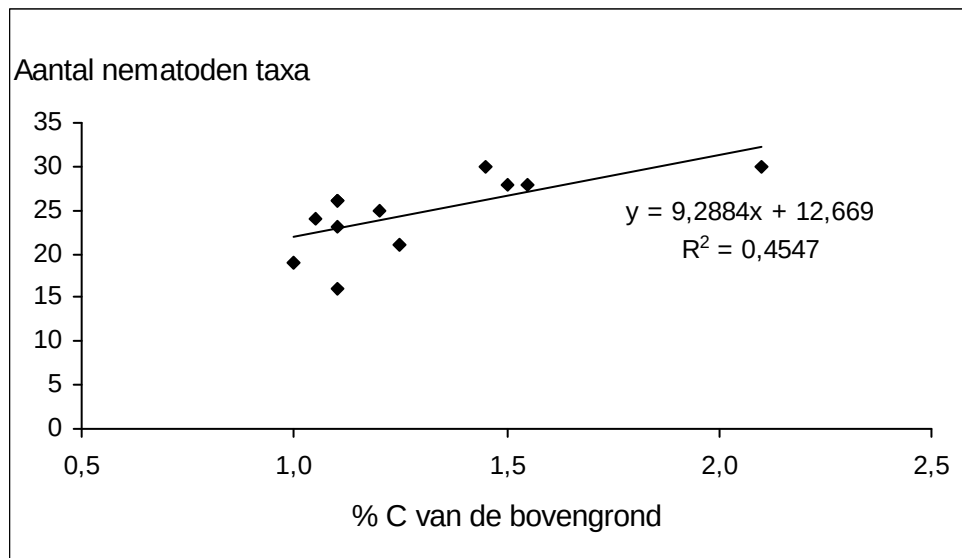
Maturity Index De Maturity Index (MI) is gebaseerd op alle groepen vrijlevende aaltjes, met uitzondering van de planteneters. Nematoden zijn ingedeeld in 5 groepen (de zgn. colonizer-persister (cp) klassen). Iedere groep vertegenwoordigt een aantal ecologische karakteristieken. De verhouding tussen de 5 cp-klassen in een grondmonster resulteert in een MI-waarde. De MI gaat naar 1 in zeer voedselrijke situaties, door de dominantie van snelgroeiende opportunistische soorten. In een gerijpte bodem met een diverse en goed ontwikkelde nematodenfauna zal de MI groeien naar waarden rond de 3,5. De MI wordt berekend op basis van cp-groep 1 t/m 5 (MI1-5), op basis van cp-groep 2 t/m 5 (MI2-5) en zonder dat het aantal dauerlarven (aaltjes in tijdelijke rustfase) wordt meegeteld (MI1d-5). De MI(2-5) is een stabielere indicator omdat de cp1-groep zeer snel kan fluctueren. De gemiddelde MI(2-5) van alle objecten was 2,4. Grondbewerking en grondsoort leidden niet tot verschillen in MI (Bijlage 3).

Plantparasitaire nematoden Onder de plantparasitaire nematoden vallen andere soorten dan de planteneters uit de voorgaande beschrijvingen. In de 17 grondmonsters zijn 5 verschillende plantparasitaire aaltjes gevonden (Bijlage 4). Het gaat hierbij om aaltjes uit de familie van de Pratylenchidae (wortellessiaaltjes), Tylenchorhynchus, Meloidogynae (wortelknobbelaaltjes), Trichodoridae (vrijlevende aaltjes) en Paratylenchus (speldaaletjes). Bij de wortellessiaaltjes gaat het om *P. neglectus* (bietenwortellessieaaltje), *P. penetrans*, *P. crenatus* (graanwortellessieaaltje), en *P. thornei*. Bij de Meloidogynae gaat het om *M. naasi* (graswortelknobbelaaltje). Bij de Trichodoridae gaat het om het geslacht *Trichodorus* en de soort *T. primitivus*. Alleen op de locaties Hangar, Nieuwe Stal, Schnackers 2011 en Kortrijk dorp werden cysten van het witte bietencysteaaltje (*Heterodera schachtii*) gevonden.

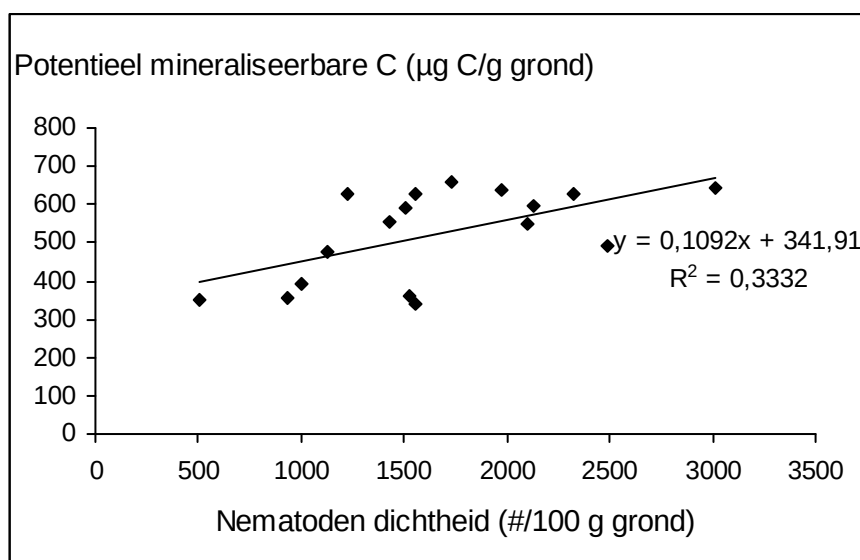
M. naasi (graswortelknobbelaaltje) is vooral schadelijk bij bieten, grassen en granen. Opgemerkt dient te worden dat *M. naasi* wel de minst schadelijke is van de Meloidogyne soorten. Op locatie Nieuwe Stal waren de aantallen erg hoog (163 tot 490 per g grond). Het wortellessiaaltje *Pratylenchus* kwam op alle locaties voor. De hoogste aantallen werden gevonden op locatie Nieuwe Stal. Opvallend was het hoge aantal in het object NKG op locatie Lange Weide. *Tylenchorhynchus* zijn ecoparasieten (prikken de plant aan) en weinig schadelijk, maar kunnen groeiremming in gras en granen geven. Op locatie Heppen en op locatie Schnackers-ploegen zijn de aantallen erg hoog (103 tot 382 per 100 g grond). *Trichodoride* aaltjes kunnen al in relatief lage aantallen schade geven. Ze veroorzaken directe en indirecte schade aan een breed scala van gewassen. Indirecte schade wordt veroorzaakt doordat ze o.a. het Tabaksratelvirus (TRV) kunnen overbrengen, veroorzaker van ernstige kwaliteitsschade in aardappel. Op de bemonsterde locaties

zijn de aantallen steeds hoger bij NKG (Bijlage 5). De grootste aantallen werden gevonden op locatie Hangar.

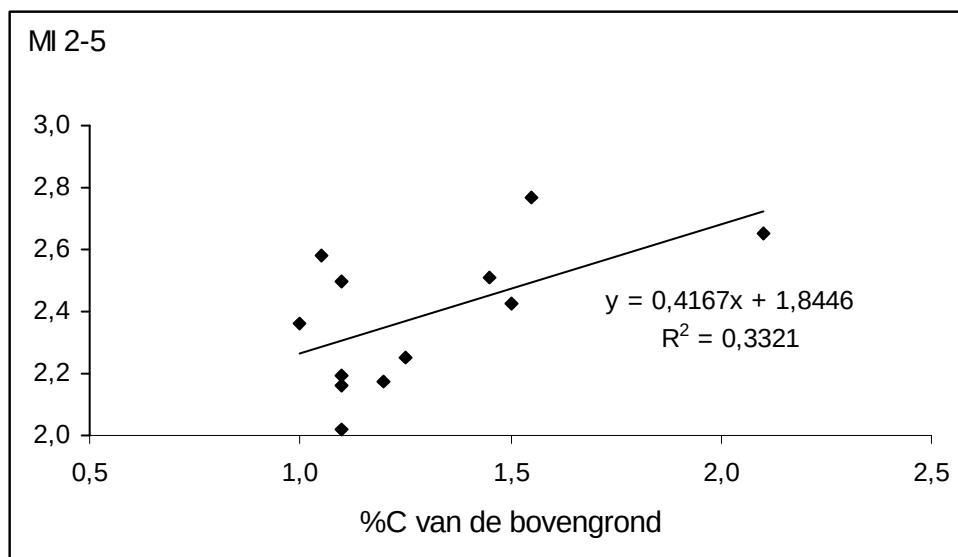
Relaties met andere variabelen Er was een significant positieve relatie tussen het aantal nematoden en het C gehalte (Figuur 5) en verder correleerde de nematodendichtheid significant met de potentieel mineraliseerbare hoeveelheid C (Figuur 6). Percentage koolstof in de bouwvoor was significant gecorreleerd met de MI(2-5) (Figuur 7).



Figuur 5: Nematoden taxa als functie van %C van de bovengrond



Figuur 6 Potentiël mineraliseerbare C (HWC) als functie van de nematodendichtheid



Figuur 7: Maturity Index (2-5) als functie van %C van de bovengrond

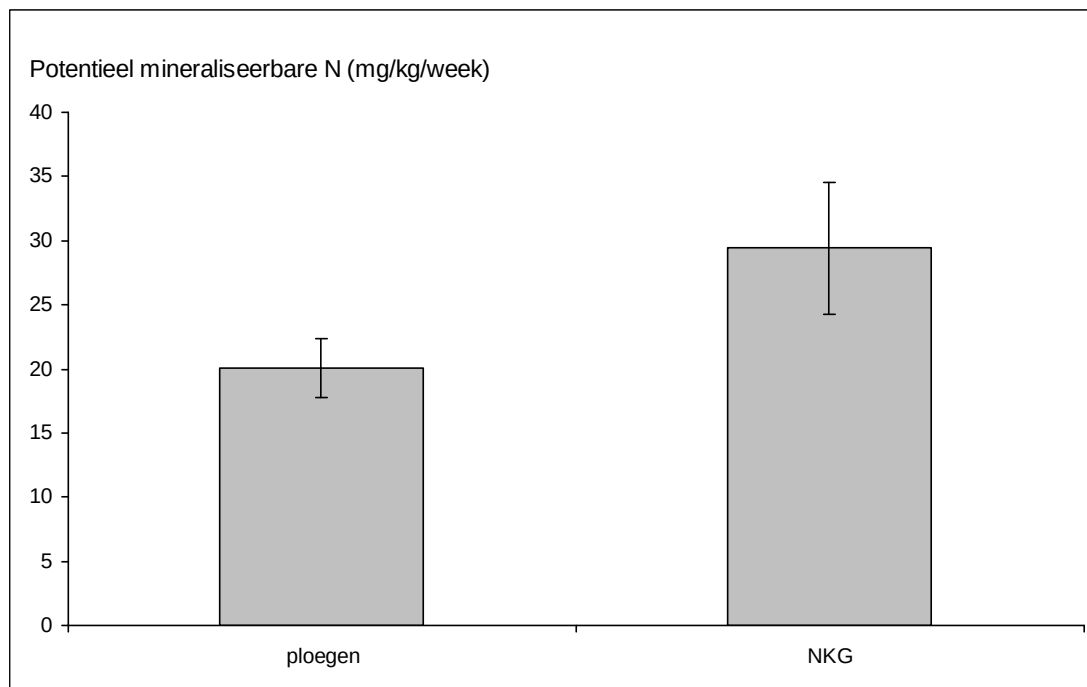
3.5 Bodemlevenactiviteit

Potentieel mineraliseerbare N Potentieel mineraliseerbare N wordt gemeten door incubatie van een grondmonster gedurende 1 week onder water (anaëroob) bij 40°C. De hoeveelheid minerale stikstof ($\text{NH}_4\text{-N}$) die vrijkomt is een maat voor de gemakkelijk afbreekbare (labiele) organische stikstof. Voor potentieel mineraliseerbare N zijn nog geen referentie waarden vastgesteld. Op locatie Pb Perceel 5 werd in september 2008 een gemiddelde potentieel mineraliseerbare N gemeten van 30 mg N/kg per week ($n=8$, 0-15 cm diepte). De gemiddelde hoeveelheid potentieel mineraliseerbare N in de 21 grondmonsters was 28 mg per kg grond per week met een variatie van 11 tot 59 mg per kilogram grond (Tabel 5). NKG leidde tot een significant ($P<0,05$) hogere potentieel mineraliseerbare N (Figuur 8). Dit komt overeen met resultaten op löss (mond. med. Jaap Bloem, WUR-Alterra) en klei (Postma et al. 2011). Op zware grond was de potentieel mineraliseerbare N gemiddeld hoger dan op lichte grond en op locatie Betho was de potentieel mineraliseerbare N het hoogst.

Relaties met andere variabelen De bacteriebiomassa en het calciumgehalte van de grond waren significant ($P<0,05$) positief gecorreleerd met de potentieel mineraliseerbare N. Uit onderzoek op grasland bleek potentieel mineraliseerbare N sterk gecorreleerd met N-totaal (van Eekeren, 2011).

Potentieel mineraliseerbare C Voor de bepaling van potentieel mineraliseerbare C via de Hot Water-extractable Carbon (HWC) methode wordt vochtige grond in een afgesloten container gedaan en 1 week bij 20°C weggezet. De hoeveelheid kool zuur wordt middels een titratie met zoutzuur gemeten en wordt omgerekend naar potentieel mineraliseerbare C. De HWC is een maat voor de gemakkelijk afbreekbare (labiele) organische koolstof. Voor HWC zijn nog geen referentiewaarden vastgesteld. Op locatie Pb perceel 5 werd in september 2008 een gemiddelde HWC gemeten van 429 $\mu\text{g C/g}$. De gemiddelde HWC in de 21 grondmonsters was 508 $\mu\text{g C/g}$ met een variatie van 340 tot 661 $\mu\text{g C/g}$ grond (Tabel 5). Grondbewerking en textuur hadden nauwelijks invloed op de HWC.

Relaties met andere variabelen HWC was significant positief gecorreleerd met nematodendichtheid. Uit onderzoek op grasland bleek HWC sterk gecorreleerd met organische stof en N-totaal (van Eekeren, 2011).



Figuur 8: NKG leidde tot een significant ($P < 0,05$) hogere potentieel mineraliseerbare N dan ploegen.

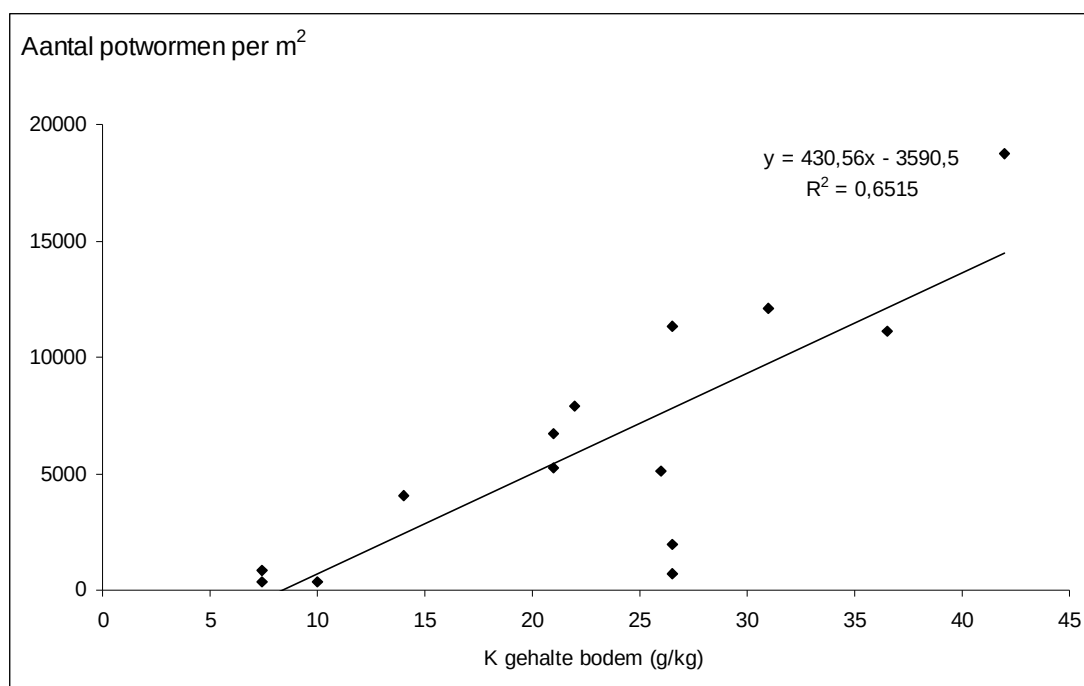
3.6 Potwormen

Het aantal potwormen wordt bepaald door de 3 steekmonsters per object op te delen in schijfjes van 2,5 cm die afzonderlijk worden geëxtraheerd volgens de gemodificeerde natte extractiemethode. Monsters zijn geëxtraheerd en gedetermineerd door het bodembioologische laboratorium van de WUR. Voor bouwland op zandgrond in Nederland geldt een referentiewaarde van 32505 per vierkante meter, voor bouwland op klei geldt een referentiewaarde van 17500 (Rutgers et al. 2007). Voor bouwland op löss is nog geen referentie beschikbaar. Op locatie Pb perceel 5 was het aantal potwormen in september 2008 gemiddeld ($n=8$) 13970 per m^2 . NKG leidde tot gemiddeld 11660 meer potwormen per m^2 dan kerende grondbewerking (840 per m^2).

Van 21 objecten is het aantal potwormen bepaald. De resultaten per object zijn weergegeven in Tabel 6. Het aantal potwormen per m^2 varieerde van 244 tot 29140. Het lage aantal houdt verband met de droge weersomstandigheden van mei 2011. Opvallend was het relatief lage aantal potwormen op locatie Pb perceel 5-NKG (366 t.o.v. 840 en 853 t.o.v. 12500 per m^2). Waarschijnlijk ligt de oorzaak bij de extreme droogte, die op locatie Pb perceel 5 nog eens versterkt werd door de teelt van wintertarwe. Ook op locatie Betho was een groot verschil in het aantal potwormen zichtbaar, waarschijnlijk ook als gevolg van de droogte: in maart werden nog aantallen van tegen de 30000 per m^2 geteld en 2 maanden later kwam de dichtheid niet hoger dan 610 potwormen per m^2 . Het effect van grondbewerking was niet significant ($P=0,09$), maar liet wel een duidelijke trend zien van meer potwormen bij NKG. Er was een significante relatie tussen locatie en aantal potwormen ($P=0,002$).

Relaties met andere variabelen Er waren significante positieve correlaties tussen aantal potwormen en biomassa bacteriën ($P=0,003$) en schimmels ($P=0,037$) en de potentieel mineraliseerbare N ($P=0,005$), Bijlage 5. Verder was het aantal potwormen hoger als het gewas in

2011 suikerbiet was en was het aantal potwormen positief gecorreleerd met de kali- ($P=0,001$, Figuur 9) en magnesiumgehalten ($P=0,009$) van de grond (Bijlage 5).



Figuur 9: Aantal potwormen als functie van het kaliumgehalte (K) van de bodem.

3.7 Regenwormen

Het aantal regenwormen wordt bepaald door het steken van 4 kluiten van 20x20x20 cm. Nadat de wormen uit de kluiten zijn gezocht zijn de aantallen per m² berekend, is het versgewicht bepaald en zijn de wormen gedetermineerd op groep- en soortniveau. Voor bouwland op zandgrond in Nederland geldt een referentiewaarde van 77 per vierkante meter, voor bouwland op klei geldt een referentiewaarde van 200 (Rutgers et al. 2007). Op locatie Pb perceel 5 was het aantal regenwormen in september 2008 gemiddeld ($n=16$) 35 per m² en de biomassa 12 g/ m².

Als gevolg van de extreme droogte is van slechts 9 objecten het aantal regenwormen bepaald. Het gemiddelde van 4 kluiten per object is weergegeven in Tabel 6. De biomassa van regenwormen per m² varieerde van 0 tot 59 g per m². Op zware grond waren er veel meer regenwormen dan op de lichte zandgrond van locatie Heppen en dit komt overeen met de referentiewaarden van Nederlandse akkerbouwgronden. Op locatie Betho werden de meeste soorten gevonden: *L. castaneus*, *L. terrestris*, *A. chlorotica*, *A. rosea*, *A. caliginosa* (Afbeelding 5). Op locatie Heppen werden alleen enkele juvenielen gevonden en op locatie Schnackers 2011 werden *A. caliginosa* en *A. rosea* gevonden. De bemonsteringsdiepte van 20 cm kan tot gevolg hebben gehad dat het aantal diepwoelers (o.a. *L. terrestris*) is onderschat.

Tabel 6: Potwormen en regenwormen per locatie.

Locatie	Grondbewerking	Potwormen dichtheid	Regenwormen dichtheid	Regenwormen biomassa
		n/m2 (0-15 cm)	n/m2 (0-20 cm)	g/m2
Referentie zand		32505	77	-
Referentie klei		17500	200	-
Heppen	Ploegen 1	366	0	0
	Ploegen 2	1219	0	0
	Ploegen 3	366	6	2
	NKG 1	4023	0	0
	NKG 2	2438	6	2
	NKG 3	1341	6	0
Hangar	Ploegen	12070	-	-
	NKG	18776	-	-
Kortrijk dorp	Ploegen	1951	-	-
	NKG	732	-	-
Nieuwe Stal	Ploegen	7925	-	-
	NKG diep	19873	-	-
	NKG ondiep	11339	-	-
Pb Perceel 5	Ploegen	366	-	-
	NKG	853	-	-
Lange Weide	Ploegen	5121	-	-
	NKG	11095	-	-
Schnackers 2011	Ploegen (12 cm)	6706	25	6
	NKG (woelen)	5243	56	6
Betho	WT – ploegen	244	-	-
	WT – cultivator	244	-	-
	WT – cult.+ woeler	610	-	-
	SB – ploegen	*5730	288	59
	SB – cultivator	*16338	77	50
	SB – schijveneg	*21215	202	24
	SB – NGK	*29140	169	47

* bemonsterd in maart



Afbeelding 5: De regenwormen in de monsters waren vooral bodembewoners (rechts). Op locatie Betho werden ook enkele strooiselbewoners gevonden (links).

4 Conclusies en aanbevelingen

Doel van dit onderzoeksdeel was toetsing van een geselecteerde indicatorenset voor het meten van functionele agrobiodiversiteit op löss- en zandgronden in het projectgebied van BodemBreed. Belangrijke onderzoeksvraag was of niet-kerende grondbewerking (NKG) ten opzichte van ploegen een positief effect zou hebben op functionele agrobiodiversiteit in de bodem en met behulp van welke indicatoren dat zichtbaar te maken zou zijn.

4.1 Algemene conclusies en aanbevelingen

- Tussen 18 maart en 7 juli 2011 zijn 26 objecten eenmalig beoordeeld en bemonsterd. NKG leidde tot een significant hogere potentieel mineraliseerbare N ten opzichte van kerende grondbewerking. Dit wijst op een toename van organische stof in de bodem. Ook het aantal potwormen liet een trend zien van meer potwormen bij NKG. De effecten kunnen echter niet met zekerheid aan de grondbewerking worden toegeschreven, omdat er naast de grondbewerking ook andere verschillen tussen de locaties en objecten waren. Voor de bodembologische variabelen bacteriële biomassa, schimmelbiomassa, actieve hyfen, nematodendichtheid en diversiteit en aantal plantparasitaire aaltjes, potentieel mineraliseerbare C en regenwormen dichtheid en diversiteit leidde NKG niet tot significant andere waarden dan kerende grondbewerking.
- De kwalitatieve, visuele bodembeoordeling van o.a. bodemstructuur bleek een goede en snelle methode om het verschil tussen NKG- en klassieke grondbewerking duidelijk te maken. Echter, NKG leidde niet op alle locaties tot een beter resultaat. Bij de beoordelingen op locatie werd duidelijk dat voor het slagen van NKG meer nodig is dan alleen het opzij zetten van de ploeg. NKG vraagt om aanpassingen op bedrijfsniveau. Opvallend was dat er op sommige locaties nauwelijks aandacht was voor bodembedekking, het onderwerken van stro of de zaairichting (met de hoogtelijnen mee). Op die locaties kwam NKG ook niet als beste systeem naar voren.
- De stapsgewijze regressie kon alleen verbanden vinden voor bacteriële biomassa en potwormen. Het correlatiediagram laat meer verbanden tussen onderlinge variabelen zien waaronder die tussen potentieel mineraliseerbare N en bacteriebiomassa, %C met nematodentaxa en MI 2-5, nematodendichtheid met potentieel mineraliseerbare C, potwormen met K en Mg gehalte van de grond en schimmelbiomassa en P gehalte met schimmel- en bacteriebiomassa.
- Voor de praktijk is het aantal plantparasitaire aaltjes een belangrijke variabele als het om bodemgezondheid gaat. In alle objecten werden plantparasitaire aaltjes gevonden, maar slechts in enkele objecten waren de aantallen echt hoog. Problemen met *Pratylenchus* zijn goed binnen het bouwplan op te lossen. *Trichodoride* aaltjes kunnen al in relatief lage aantallen schade geven, maar tegen dit aaltje bestaan resistente bietenrassen. In een niet-bietenjaar kan een resistente bladrammenas of gele mosterd (BCA-1 resistentie) zorgen voor een actieve afname van het aantal aaltjes. In Nederland wordt gewerkt aan een index voor plantenparasitaire aaltjes die de bodemgezondheidstatus waardeert. Deze index gaat uit van een gemiddeld bouwplan in een bepaalde regio en projecteert de gevonden aaltjesbesmetting hierop. Het resultaat van de index is een score met een schaal van 1 tot 10, waarbij een score van 1 'zeer risicovol' betekent. Ook voor België zou de ontwikkeling van een dergelijke index interessant kunnen zijn.
- Achteraf kan geconcludeerd worden dat de proefopzet beter had gekund. Er waren grote verschillen tussen NKG op locaties en ook varieerde het aantal objecten per locatie soms waardoor een nogal arbitraire beslissing moest worden genomen welk object mee te

nemen in de statistische verwerking. Een tweede kanttekening betreft het weer. Hoewel dit een factor is die van te voren niet te voorspellen of te beïnvloeden was, heeft het extreem droge voorjaar van 2011 zeker invloed gehad op de bodembioologische variabelen, al was het maar omdat een aantal variabelen (o.a. regenwormen) niet of nauwelijks te meten waren vanwege ondoordringbaar geworden bodems.

4.2 Aandachtspunten voor de landbouwpraktijk

- In het onderzoek is meestal sprake van een momentopname. De omstandigheden op dat specifieke moment kunnen van grote invloed zijn op de uitkomst van de gevonden resultaten. Voor telers is het belangrijk om regelmatig de situatie van hun grond te bekijken. Dit kan door metingen uit te voeren of door zelf of onder begeleiding van een deskundige goed waar te nemen. Door dit regelmatig te doen krijgt een teler steeds meer inzicht in zijn grond.
- Voor het slagen van NKG is meer nodig dan alleen het opzij zetten van de ploeg. NKG vraagt om aanpassingen op bedrijfsniveau. Welke aanpassingen dat zijn verschilt per situatie.
- Groenbemesters zijn onmisbaar in een NKG-systeem. Voor telers is het beheren ervan nog een grote uitdaging. Welke groenbemester past in welk systeem? Ondersteuning door praktijkonderzoek kan telers hierin vooruit helpen.
- Voor percelen op hellingen is grondbewerking met de hoogte lijnen mee een basisvoorwaarde voor het beperken van erosie en afspoeling.
- In een bouwplan met relatief veel graan en een beperkte bodembewerking kan zaaien een probleem worden doordat graanresten zich ophopen en gaan rotten. Kort afmaaien van de stoppel en afvoer van het stro is dan nodig.

5 Referenties

Andersson B, Hellgren G, Nierop AFM, Hochberg Z, Albertsson-Wikland K 2009. Proteins related to lipoprotein profile were identified using a pharmaco-proteomic approach as markers for growth response to growth hormone (GH) treatment in short prepubertal children. *Proteome Science* 2, 7–40.

Andersson B, Decker R, Nierop AFM, Bosaeus I, Albertsson-Wikland K, Hellgren G 2011. Protein profiling identified dissociations between longitudinal growth and bone mineralization in prepubertal short children during GH treatment. *Journal of Proteomics* 74, 89–100.

Bobi-database. RIVM, Bilthoven, Nederland.

Bos M, Zanen M 2011. Indicatoren voor functionele agrobiodiversiteit (FAB) in de bodem. Activiteit 4 van het Interregproject BodemBreed. Louis Bolk Instituut, Driebergen.

Eekeren N van 2011. Grasland management, soil biota and ecosystem services in sandy soils. Thesis, Wageningen University, Wageningen.

Koopmans CJ, Smeding FW, Zanen M, Rutgers M, Bloem J, Eekeren N van 2006. Sturen van bodembiodiversiteit middels praktijkmaatregelen. Louis Bolk Instituut, Driebergen.

Kuramae EE, Yergeau E, Wong LC, Pijl AS, Veen JA van, Kowalchuk GA 2011. Soil characteristics more strongly influence soil bacterial communities than land-use type. *FEMS Microbiology Ecology* 1–13.

Postma J, Schilder M, Scholten O, Bloem J, Haagsma W 2011. Invloed niet-kerende grondbewerking op bodemweerbaarheid. *Gewasbescherming*, 42(4).

Reubens B, D'Haene K, D'Hose T, Ruyschaert G 2010. Bodemkwaliteit en landbouw: een literatuurstudie. Activiteit 1 van het Interregproject BodemBreed. Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek (ILVO), Merelbeke-Lemberge, België. 203 p.

Reubens B., Janssens P., Meuffels G., Van de Ven G., Cauffman D., Lemmens G., Ruyschaert G., D'Haene K. 2011. Veldwerking Interregproject BodemBreed: overzicht van proefpercelen. 45 p.

Rutgers et al. 2005. Typering van bodemecosystemen – Duurzaam bodemgebruik met referenties voor biologische bodemkwaliteit. RIVM Rapport 607604007/2005.

Rutgers M, Mulder C, Schouten AJ 2007. Typering van bodemecosystemen in Nederland met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit. RIVM Rapport 607604008/2007.

Zanen M, Belder P, Cuijpers W, Bos M 2011. Duurzaam bodembeheer & Functionele Agrobiodiversiteit in de bodem. Activiteit 4 van het Interregproject BodemBreed. Louis Bolk Instituut, Driebergen.

Zanen M 2011. Bodemkwaliteit Drenthe – sturen op ecosysteemdiensten in de akkerbouw en veehouderij. Louis Bolk Instituut, Driebergen.

Bijlage 1 Data bemonsteringen en bodembeoordelingen

Locatie	Object	Gewas 2011	Datum Bemonstering potwormen	Datum Mengmonster LBI	Datum Regenwormen LBI	Datum Profielbeoordeling Coen ter Berg
Heppen	Ploegen 1	Maïs	19/20-05-2011	23-05-2011	19-05-2011	05-07-2011
	Ploegen 2	Maïs	19/20-05-2011	23-05-2011	19-05-2011	-
	Ploegen 3	Maïs	19/20-05-2011	23-05-2011	19-05-2011	-
	NKG 1 (cultivator 10 cm)	Maïs	19/20-05-2011	23-05-2011	19-05-2011	05-07-2011
	NKG 2 (cultivator 10 cm)	Maïs	19/20-05-2011	23-05-2011	19-05-2011	-
	NKG 3 (cultivator 10 cm)	Maïs	19/20-05-2011	23-05-2011	19-05-2011	-
Hangar	Ploegen	Suikerbiet	19/20-05-2011	23-05-2011	-**	06-07-2011
	NKG sinds 21 jr	Suikerbiet	19/20-05-2011	23-05-2011	-**	06-07-2011
Kortrijkdorp	Ploegen	Aardappel	19/20-05-2011	24-05-2011	-**	06-07-2011
	NKG sinds 12 jr	Aardappel	19/20-05-2011	24-05-2011	-**	06-07-2011
Nieuwe Stal	Ploegen	Suikerbiet	19/20-05-2011	24-05-2011	-**	07-07-2011
	Diep NKG sinds 2002	Suikerbiet	19/20-05-2011	24-05-2011	-**	07-07-2011
	Ondiep NKG sinds 2002	Suikerbiet	19/20-05-2011	24-05-2011	-**	07-07-2011
Pb Perceel 5	Ploegen	Wintertarwe	19/20-05-2011	-*	-**	05-07-2011
	NKG	Wintertarwe	19/20-05-2011	-*	-**	05-07-2011
Lange Weide	Ploegen	Korrelmaïs	19/20-05-2011	24-05-2011	-**	07-07-2011
	NKG sinds 15 jr	Korrelmaïs	19/20-05-2011	24-05-2011	-**	07-07-2011
Schnackers 2011	Ondiep ploegen (12 cm)	Suikerbiet	19/20-05-2011	23-05-2011	19-05-2011	05-07-2011
	Woelen, 7 tanden	Suikerbiet	19/20-05-2011	23-05-2011	19-05-2011	05-07-2011
Betho	Ploegen	Wintertarwe	19/20-05-2011	-*	-**	06-07-2011
	Cultivator 16 cm	Wintertarwe	19/20-05-2011	-*	-**	06-07-2011
	Cultivator + woeler 25 cm	Wintertarwe	19/20-05-2011	-*	-**	06-07-2011
	Ploegen 25 cm	Suikerbiet 1	18-03-2011	18-03-2011	21-03-2011	06-07-2011
	Cultivator 16 cm	Suikerbiet 2	18-03-2011	18-03-2011	21-03-2011	06-07-2011
	Schijveneg	Suikerbiet 3	18-03-2011	18-03-2011	21-03-2011	-
	NKG zonder voorbewerking	Suikerbiet 4	18-03-2011	18-03-2011	21-03-2011	-

* Geen bemonstering mogelijk ivm hardheid/droogte van de bodem door extreem droog voorjaar in combinatie met tarweteelt.

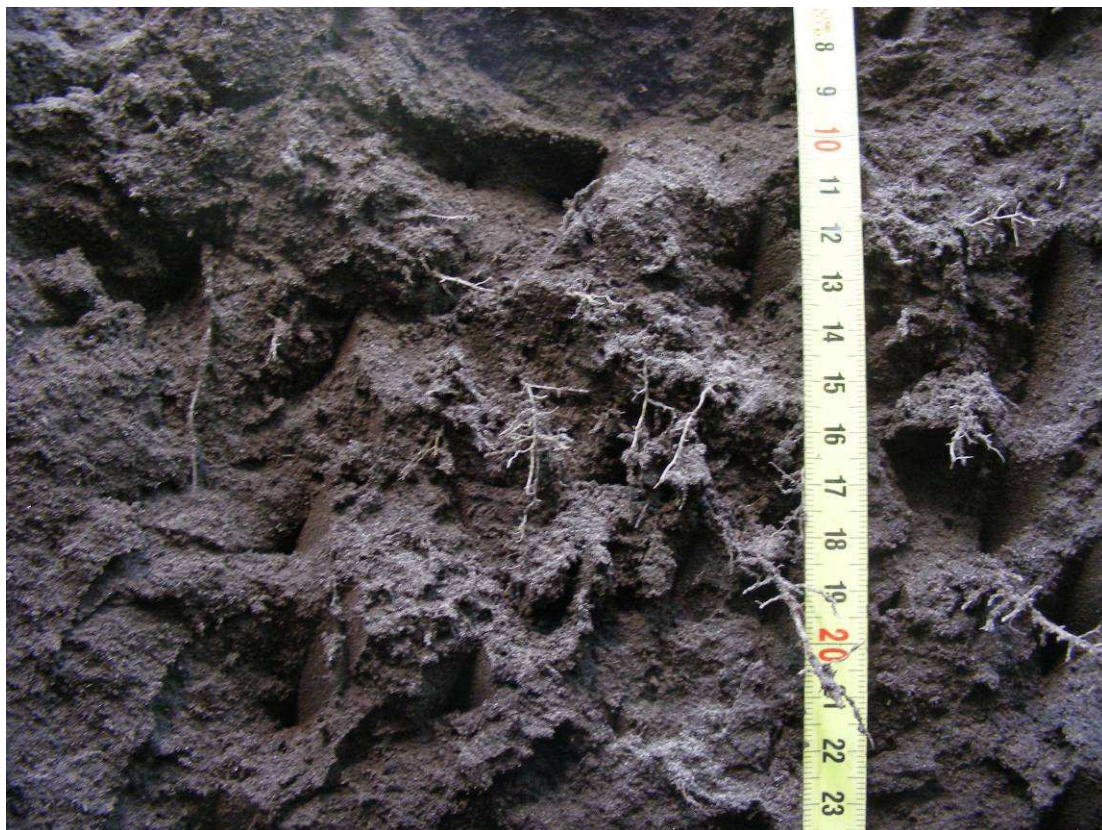
** Geen bemonstering mogelijk of niet zinvol ivm hardheid/droogte van de bodem door extreem droog voorjaar.

Bijlage 2 Profielbeoordelingen per locatie

Locatie Heppen

		Locatie	Heppen	
		Object	Ploegen (H108)	
		Gewas	Maïs	
		Datum	5-7-2011	
		Textuur	Zand	
		Structuur		
		Diepte (cm)	0-25	25-50
		Kruimels		
		Afgerond blokkig	30	30
		Scherpblokkig	70	70
		Beworteling	2	1
		Bodemlevenactiviteit	1	
		Macroporiën	1	3
		Microporiën	1	3

Legenda	Eenheid
Diepte beoordeelde laag	cm
Kruimels	%
Afgerond blokkig	%
Scherpblokkig	%
Beworteling	Score 1 tot 5
Bodemlevenactiviteit	Score 1 tot 5
Macroporiën	Score 1 tot 5
Microporiën	Score 1 tot 5



Locatie	Heppen		
Object	NKG (cultivator ondiep) (H105)		
Gewas	Maïs		
Datum	5-7-2011		
Textuur	Zand		
Structuur			
Diepte (cm)	0-10	10-25	25-50
Kruimels	50		
Afgerond blokkig	50	50	20
Scherpblokkig		50	80
Beworteling	5	2	0
Bodemlevenactiviteit	2	2	2
Macroporiën	2	2	2
Microporiën	2	2	2
Algemene opmerkingen			
5 jaar continue mais; grondbewerking 0-12 cm duidelijk afgesneden laag. Toch redelijk veel bodemleven.			



Locatie Hangar

Vergelijkbaar resultaat met de varianten van Kortrijk dorp. Door te intensieve bewerking of/en te laag organische stof gehalte bezakt en verdicht de bouwvoor bij niet ploegen meer dan bij wel ploegen. Een verdichte laag tussen 30-40 cm is in beide varianten aanwezig.

Locatie	Hangar		
Object	Ploegen		
Gewas	Suikerbiet		
Datum	6-7-2011		
Textuur	Zandleem		
Structuur			
Diepte (cm)	0-10	10-30	30-40
Kruimels	80	30	
Afgerond blokkig	20	60	
Scherpblokkig		10	100
Beworteling	5	2	0
Bodemlevenactiviteit	5	1	0
Macroporiën	5	2	0
Microporiën	5	2	0

Algemene opmerkingen

Laag 30-40 cm verdicht daaronder meer poriën, stro op 30 cm (niet-storend). Bieten worden 1 op 4 geteeld (mais-suikerbiet-tarwe-wintergerst/koolzaad-suikerbieten). Gewas staat er beter bij dan NKG.



Locatie	Hangar			
Object	NKG sinds 1993			
Gewas	Suikerbiet			
Datum	6-7-2011			
Textuur	Zandleem			
Structuur				
Diepte (cm)	0-10	10-20	20-35	>35
Kruimels	50			
Afgerond blokkig	50	50	15	
Scherpblokkig		50	85	100
Beworteling	5	2	1	0
Bodemlevenactiviteit				
Macroporiën	4	2	2	1
Microporiën	4	2	2	0
Algemene opmerkingen				
Veel hakselhout aangevoerd, veel organisch materiaal 0-10, vanaf 35 cm lichtgeel zand; vanaf 10 cm steeds meer verdichtend.				



Locatie Kortrijkdorp

De ploegvariant had een betere structuur, poriënvolume en wortelgroei in de laag 0 tot 25 cm. Bij de niet ploegvariant was de bodem van 10 tot 25 cm verdicht, had gebrek aan poriën en wortelgroei. De indruk ontstond dat de grond te intensief is bewerkt en weer in elkaar is gezakt. Een verdichte laag is in beide varianten aanwezig.

Locatie	Kortrijkddorp		
Object	Ploegen		
Gewas	Aardappel		
Datum	6-7-2011		
Textuur	Zandleem		
Structuur			
Diepte (cm)	0-35	35-45	<45
Kruimels	30		15
Afgerond blokkig	40		70
Scherpblokkig	30	100	15
Beworteling	3	0	0
Bodemlevenactiviteit	3	0	0
Macroporiën	3	1	3
Microporiën	3	1	3

Algemene opmerkingen

Op 45 cm platige laag daarboven verdichte laag (ploegzool) van 5-10 cm, op 35 cm organisch materiaal. Gewas met ploegen staat er beter bij.



Locatie	Kortrijkdorp			
Object	NKG sinds 1999			
Gewas	Aardappel			
Datum	6-7-2011			
Textuur	Zandleem			
Structuur				
Diepte (cm)	0-10	10-20	20-35	35-45
Kruimels	90			
Afgerond blokkig	10	40	70	20
Scherpblokkig		60	30	80
Beworteling	5	2	2	0
Bodemlevenactiviteit	5	1	1	2
Macroporiën	5	1	2	2
Microporiën	5	1	2	2
Algemene opmerkingen				
Lichte zandleemgrond makkelijk verdichtend.				



Locatie Nieuwe Stal

Zowel de geploegde als de diep los gemaakte niet-kerende grondbewerking bevatten een bouwvoor met een goede structuur tot circa 25 cm diepte. De diep losgemaakte niet-kerende grondbewerking bevat een hoog gehalte aan poriën en wortels in de bouwvoor. De oppervlakkige grondbewerking bevat een bouwvoor met matige structuur en poriënvolume.

Locatie	Nieuwe Stal		
Object	Geploegd		
Gewas	Suikerbiet		
Datum	7-7-2011		
Textuur	Zandleem		
Structuur			
Diepte (cm)	0-7	7-25	25-35
Kruimels	50	10	
Afgerond blokkig	50	70	20
Scherpblokkig		20	80
Beworteling	4	1	1
Bodemlevenactiviteit	4	1	0
Macroporiën	3	1	0
Microporiën	3	1	0

Algemene opmerkingen:

7-20 heel compact; veel organisch materiaal op 30 cm.



Locatie	Nieuwe Stal		
Object	Diep NKG sinds 2002		
Gewas	Suikerbiet		
Datum	7-7-2011		
Textuur	Zandleem		
Structuur			
Diepte (cm)	0-17	17-25	>25
Kruimels %	30		
Afgerond blokkig %	55	40	
Scherpblokkig %	15	60	100
Beworteling	4	1	0
Bodemlevenactiviteit	4	1	0
Macroporiën	4	1	0
Microporiën	4	1	0

Algemene opmerkingen:

Veel organisch materiaal in bovenste 17 cm, veel wormen gevonden.



Locatie	Nieuwe Stal	
Object	Ondiep NKG sinds 2002	
Gewas	Suikerbiet	
Datum	7-7-2011	
Textuur	Zandleem	
Structuur		
Diepte (cm)	0-6	6-20
Kruimels	80	
Afgerond blokkig	20	85
Scherpblokkig		15
Beworteling	5	1
Bodemlevenactiviteit	4	1
Macroporiën	4	0
Microporiën	4	0

Algemene opmerkingen

Veel organisch materiaal in bouwvoor, compacte laag beneden 6 cm.



Proefboerderij perceel 5

De niet kerende grondbewerking heeft een beduidend betere structuur, hoger poriënvolume en beworteling dan de ploegvariant in de laag van 0 tot 25 cm.

Locatie	Proefboerderij perceel 5		
Object	Ploegen (A)		
Gewas	Wintertarwe		
Datum	5-7-2011		
Textuur	Zand		
Structuur			
Diepte (cm)	0-9	9-25	25-35
Kruimels	10	10	15
Afgerond blokkig	45	40	25
Scherpblokkig	45	50	60
Beworteling	4	3	1
Bodemlevenactiviteit			
Macroporiën	4	2	4
Microporiën	4	1	4

Algemene opmerkingen

Zeer droog tot 30 cm, ploegdiepte 25 cm, wortelgroei stopt bij ploegdiepte, matige humeuze laag 0-35 cm. In de oude wormgangen nog beworteling in ondergrond. Suikerbiet op 25 cm nog goed zichtbaar als half verteerd organisch materiaal.



Locatie	Proefboerderij perceel 5		
Object	NKG (E)		
Gewas	Wintertarwe		
Datum	5-7-2011		
Textuur	Löss		
Structuur			
Diepte (cm)	0-7	7-28	28-33
Kruimels	50	30	
Afgerond blokkig	50	70	10
Scherpblokkig			90
Beworteling	4	3	1
Bodemlevenactiviteit			
Macroporiën	5	4	1
Microporiën	5	4	1
Algemene opmerkingen			
Bovenlaag is zacht, heel veel bodemleven en poriënvolume. Geen onverteerde organische resten. Beneden 33 cm onder de verdichte laag, wordt grond weer zachter en poreuzer. Veel pendelaargangen.			



Locatie Lange Weide

De niet-kerende grondbewerking bevat een hoger aandeel afgerondblokkige en kruimelstructuur in de bouwvoor. Ook het poriënvolume en bewortelingsintensiteit is in deze variant hoger dan bij ploegen.

Locatie	Lange Weide		
Object	Ploegen		
Gewas	Maïs		
Datum	7-7-2011		
Textuur	Zware leemgrond		
Structuur			
Diepte (cm)	0-7	7-25	25-35
Kruimels	50	5	
Afgerond blokkig	50	30	20
Scherpblokkig		65	80
Beworteling	4	2	1
Bodemlevenactiviteit	4	2	1
Macroporiën	4	2	1
Microporiën	4	2	0

Algemene opmerkingen

Veel organisch materiaal op 25 cm; humusrijke bovenlaag van 0-30 cm. Alleen oude wormgangen van pendelaars geen recent gevormde. Beworteling stopt op ploegdiepte. Relatief dikkere wortels dan NKG.



Locatie	Lange Weide		
Object	NKG sinds 15 jaar		
Gewas	Maïs		
Datum	7-7-2011		
Textuur	Zware leemgrond		
Structuur			
Diepte (cm)	0-7	7-25	25-35
Kruimels	50	25	
Afgerond blokkig	50	60	50
Scherpblokkig		15	50
Beworteling	4	4	0
Bodemlevenactiviteit	4		
Macroporiën	4	3	1
Microporiën	4	3	0

Algemene opmerkingen

Veel jonge wortels . Op 30 cm compost. Humusrijke bouwvoor 0-35 cm, vanaf 35 cm sponsstructuur. Beworteling stopt bij 25 cm tegelijk met bewerkingdiepte.



Schnackers 2011

Het woelen geeft het hoogste aandeel scherpblokkige structuur in de laag tot 20 cm. Het aandeel poriën en wortels is hier minder dan bij ondiep ploegen. Bij beide varianten is er sprake van een verdichte laag.

Locatie	Schnackers 2011			
Object	Ondiep ploegen (12 cm)			
Gewas	Suikerbiet			
Datum	5-7-2011			
Textuur	Löss			
Structuur				
Diepte (cm)	0-20	20-25	25-30	30-40
Kruimels	45		45	5
Afgerond blokkig	45	30	45	65
Scherpblokkig	10	70	10	30
Beworteling	4	2	4	2
Bodemlevenactiviteit				
Macroporiën	4	2	4	2
Microporiën	4	2	4	2

Algemene opmerkingen

Vorig najaar tot 12 cm diep geploegd met combi-digger; verdichte laag 20-25 cm.



Locatie	Schnackers 2011	
Object	Woelen, 7 tanden	
Gewas	Suikerbiet	
Datum	5-7-2011	
Textuur	Löss	
Structuur		
Diepte (cm)	0-20	20-38
Kruimels	25	15
Afgerond blokkig	25	25
Scherpblokkig	50	60
Beworteling	4	2
Bodemlevenactiviteit	2	
Macroporiën	1.5	2
Microporiën	1.5	2
Algemene opmerkingen		
Stand bieten minder; tarwe-gerst-aardappelen-bieten; weinig activiteit bodemleven.		



Locatie Betho - wintertarwe

De bouwvoor van alle drie de varianten is tot een diepte van 25 cm goed van structuur. Bij de ploegvariant valt het organisch materiaal in de laag van 20 tot 30 cm op. Hierdoor is er een concentratie van bodemlevenactiviteit en beworteling in deze laag. Bij de niet kerende varianten valt het hoge gehalte aan poriën en beworteling tot aan de bewerkingdiepte op.

Locatie	Betho			
Object	Ploegen			
Gewas	Wintertarwe			
Datum	6-7-2011			
Textuur	Zware leem			
Structuur				
Diepte (cm)	0-7	7-20	20-30	30-40
Kruimels	20	10	60	
Afgerond blokkig	70	60	30	20
Scherpblokkig	10	30	10	80
Beworteling	4	3	5	0
Bodemlevenactiviteit	4	3		
Macroporiën	4	3	5	0
Microporiën	4	3	5	0

Algemene opmerkingen

Pendelaars tot bovenin actief; gewasresten op 8 cm diepte.

Stroresten op 20 cm redelijk verdeeld, lichte verslemping.



Locatie	Betho		
Object	Cultivator 16 cm		
Gewas	Wintertarwe		
Datum	6-7-2011		
Textuur	Zware leem		
Structuur			
Diepte (cm)	0-15	15-25	25-40
Kruimels	30	10	
Afgerond blokkig	70	70	20
Scherpblokkig		20	80
Beworteling	4	2	2
Bodemlevenactiviteit	4	2	2
Macroporiën	4	2	2
Microporiën	4	2	2
Algemene opmerkingen			
Organisch materiaal blijft bovenin zitten.			



Locatie	Betho	
Object	Cultivator + diepwoeler 0-25 cm	
Gewas	Wintertarwe	
Datum	6-7-2011	
Textuur	Zware leem	
Structuur		
Diepte (cm)	0-30	30-40
Kruimels	45	
Afgerond blokkig	45	10
Scherpblokkig	10	90
Beworteling	4	1
Bodemlevenactiviteit	5	1
Macroporiën	2	2
Microporiën	5	2
Algemene opmerkingen		
Weinig wormenactiviteit, hoofdzakelijk potwormen wat duidt op omzetting organische mest en groenbemester; weinig of geen organische resten.		



Locatie Betho - suikerbiet

Ook hier valt op dat de bewerkingsdiepte sterk van invloed is op de structuur, poriënvolume en beworteling. De variant tot 16 cm diepte bewerkt gaf de hoogste concentratie van goede structuur, poriënvolume en beworteling. Bij de variant met de ondiepe bewerking met de schijveneg bevatte alleen de eerst 5 cm losse grond. Daaronder was de grond zo vast door droogte en achterwege blijven van grondbewerking dat we niet tot beoodeling van de gehele bouwvoor konden komen.

Locatie	Betho	
Object	Ploegen tot 25 cm	
Gewas	Suikerbiet	
Datum	6-7-2011	
Textuur	Leem	
Structuur		
Diepte (cm)	0-25	25-45
Kruimels	15	
Afgerond blokkig	65	20
Scherpblokkig	20	80
Beworteling	4	2
Bodemlevenactiviteit	4	2
Macroporiën	2	2
Microporiën	2	2

Algemene opmerkingen

Veel pendelaars 25-45, onder 45 cm ondergrond met veel porien (sponsstructuur).



Locatie	Betho		
Object	Cultivator tot 16 cm		
Gewas	Suikerbiet		
Datum	6-7-2011		
Textuur	Leem		
Structuur			
Diepte (cm)	0-16	16-25	25-40
Kruimels	80		
Afgerond blokkig	20	50	5
Scherpblokkig		50	95
Beworteling	4	2	1
Bodemlevenactiviteit	4	2	
Macroporiën	4	2	1
Microporiën	4	2	1
Algemene opmerkingen			
Heel veel jonge wortels met kruimelstructuur in de laag tot 16 cm, geen tarwestroresten i.t.t. kerende grondbewerking.			



Bijlage 3 Nematoden, trofische groepen en roofaaltjes (aantal per 100 g grond).

Locatie	Grondbewerking	Nematoden						
		Bacterie-eters	Dauerlarven	Schimmeleters	Planteneters	Omnivoren	Carnivoren	Roofaaltjes
Heppen	Ploegen 1	648	330	98	856	0	37	37
	Ploegen 2	1141	883	129	810	37	18	55
	Ploegen 3	422	601	42	464	11	21	32
	NKG 1	411	317	51	582	26	43	69
	NKG 2	256	343	16	575	8	24	32
	NKG 3	601	701	33	1118	17	17	34
Hangar	Ploegen	1064	196	28	602	42	168	210
	NKG	567	10	0	646	129	159	288
Kortrijkdorp	Ploegen	154	24	0	314	12	0	12
	NKG	364	160	38	435	0	6	6
Nieuwe Stal	Ploegen	241	106	10	1108	0	58	58
	NKG diep	475	339	0	1275	0	41	41
	NKG ondiep	735	322	31	1179	46	15	61
Pb Perceel 5	Ploegen/NKG	-	-	-	-	-	-	-
Lange Weide	Ploegen	338	346	22	374	36	7	43
	NKG	704	173	196	611	35	12	47
Schnackers 2011	Ploegen (12 cm)	432	288	31	782	0	21	21
	NKG (woelen)	262	161	6	465	0	42	42
Betho	WT – ploegen	-	-	-	-	-	-	-
	WT – cultivator	-	-	-	-	-	-	-
	WT – cult. + woeler	-	-	-	-	-	-	-
	SB – ploegen	-	-	-	-	-	-	-
	SB – cultivator	-	-	-	-	-	-	-
	SB – schijveneg	-	-	-	-	-	-	-
	SB – NGK	-	-	-	-	-	-	-

Locatie	Grondbewerking	Nematoden		
		MI(1-5)	MI(2-5)	MI(1d-5)
Heppen	Ploegen 1	1,94	2,43	1,66
	Ploegen 2	1,96	2,35	1,58
	Ploegen 3	1,87	2,41	1,39
	NKG 1	2,06	2,65	1,67
	NKG 2	2,32	2,47	1,62
	NKG 3	2,10	2,42	1,54
Hangar	Ploegen	2,33	2,51	2,16
	NKG	2,74	2,76	2,72
Kortrijk dorp	Ploegen	2,04	2,16	1,91
	NKG	1,81	2,02	1,58
Nieuwe Stal	Ploegen	2,19	2,58	1,88
	NKG diep	1,92	2,25	1,56
	NKG ondiep	2,07	2,21	1,77
Pb Perceel 5	Ploegen/NKG			
Lange Weide	Ploegen	1,95	2,36	1,51
	NKG	1,91	2,17	1,77
Schnackers 2011	Ploegen (12 cm)	2,04	2,20	1,65
	NKG (woelen)	2,33	2,50	1,87
Betho	WT – ploegen	-	-	-
	WT – cultivator	-	-	-
	WT – cult.+ woeler	-	-	-
	SB – ploegen	-	-	-
	SB – cultivator	-	-	-
	SB – schijveneg	-	-	-
	SB – NGK	-	-	-

Bijlage 4 Nematoden, plantenparasitaire soorten (aantal per 100 g grond).

Locatie	Grondbewerking	Nematoden						
		<i>Meloidogyne naasi</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>P. neglectus v</i>	<i>P. penetrans</i>	<i>Paratylenchus projectus</i>	<i>Tylenchorhynchus</i>	<i>Trichodorus</i>
Heppen	Ploegen 1	0	98	37	12	0	367	12
	Ploegen 1	0	110	92	0	0	258	37
	Ploegen 1	0	53	0	42	0	168	0
	NKG 1	0	86	17	0	0	274	9
	NKG 2	8	64	0	16	0	287	0
	NKG 3	0	200	0	17	0	584	50
Hangar	Ploegen	0	42	70	0	14	0	28
	NKG	0	40	20	0	0	0	60
Kortrijk dorp	Ploegen	0	124	12	0	6	18	6
	NKG	6	128	51	19	0	38	26
Nieuwe Stal	Ploegen	183	202	164	0	0	48	0
	NKG diep	163	122	27	0	0	27	14
	NKG ondiep	0	42	70	0	14	0	28
Pb Perceel 5	Ploegen/NKG	-	-	-	-	-	-	-
Lange Weide	Ploegen	22	0	0	7	0	0	0
	NKG	0	173	23	35	0	0	0
Schnackers 2011	Ploegen (12 cm)	0	82	31	31	21	103	0
	NKG (woelen)	18	42	42	6	6	12	0
Betho	WT – ploegen	-	-	-	-	-	-	-
	WT – cultivator	-	-	-	-	-	-	-
	WT – cult.+ woeler	-	-	-	-	-	-	-
	SB – ploegen	-	-	-	-	-	-	-
	SB – cultivator	-	-	-	-	-	-	-
	SB – schijveneg	-	-	-	-	-	-	-
	SB – NGK	-	-	-	-	-	-	-

Bijlage 5 Uitkomsten onderlinge correlaties van variabelen met Pearson toets

A correlatie met FAB indicatoren onderling

FAB variabele	Bacterie biomassa	Schimmel biomassa	Nematoden dichtheid	Nematoden taxa	MI 2-5	Potwormen aantal	Potentieel mineraliseerbaar N	HWC
Bacterie biomassa	1(0)21	0,7(0,001)21				0,63(0,003)21	0,85(0,001)21	
Schimmel biomassa	0,7(0,001)21	1(0)21				0,46(0,037)21	0,69(0,001)21	
Nematoden dichtheid			1(0)17					0,58(0,016)17
Nematoden taxa				1(0)17	0,5(0,043)17			
MI 2-5				0,5(0,043)17	1(0)17			
Potwormen aantal	0,63(0,003)21	0,46(0,037)21				1(0)26	0,59(0,005)21	
Pot mineraliseerbaar N	0,85(0,001)21	0,69(0,001)21				0,59(0,005)21	1(0)21	
HWC			0,58(0,016)17					1(0)21

Lege vakjes betekent dat de correlatie tussen de twee variabelen niet significant was ($P < 0,05$)

Getal voor de haakjes is R-waarde (R^2 is de determinatiecoëfficiënt), tussen haakjes de P-waarde en achter de haakjes aantal gepaarde waarnemingen (n)

B correlatie met verklarende variabelen

FAB variabele	klei%	leem%	zand%	C	P	K	Mg	Ca	Suikerbiet 2011	Aardappel 2011	Mais 2011
Bacterie biomassa	0,71(0,01)12	0,62(0,033)12	-0,65(0,023)12		-0,69(0,014)12						
Schimmel biomassa					-0,58(0,047)12		0,65(0,024)12				
Nematoden dichtheid										-0,66(0,019)12	
Nematoden taxa				0,67(0,017)12							
MI 2-5				0,58(0,05)12						-0,6(0,039)12	
Potwormen aantal						0,81(0,001)14	0,67(0,009)14		0,68(0,008)14		
Pot mineraliseerbaar N								0,66(0,039)10			
HWC											0,68(0,015)12