



Effecten bodem- en structuur- verbeteraars

Onderzoek op klei- en zandgrond 2010-2015

Eindrapportage

Auteurs | D.J.M. van Balen, C.G. Topper, W.C.A. van Geel, J.J. de Haan,
W. van den Berg (Wageningen UR), M.J.G. de Haas & D.W. Bussink (NMI)
Redactie| M.A. Schoutsen & D.J.M. van Balen (Wageningen UR)



WAGENINGEN UR

For quality of life

© 2016 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Businessunit, Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten.

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO publicatienummer: 693

Projectnummer: 3250159600

Financiers:

Productschap Akkerbouw

Ministerie van Economische zaken via de PPS-bodem

Provincie Flevoland

Provincie Groningen

Provincie Drenthe

Provincie Friesland

Europese Unie

Kiemkracht

PRP Benelux

IRS

Agrobio

De Wulf Agro

Triferto

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van
Wageningen UR
Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en
Vollegrondsgroenten

Adres : Postbus 430, 8200 AK Lelystad
: Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad
T : 0320-291111
M : infoagv.ppo@wur.nl
Internet : www.wageningenUR.nl/ppo

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING	4
1 INLEIDING	7
2 OPZET VAN HET ONDERZOEK EN UITVOERING	9
2.1 Toegepaste bodemverbeteraars	9
2.2 Proeflocaties	10
2.3 Uitvoering van de proef	11
2.3.1 Hoeveelheden bodem- en structuurverbeteraar	11
2.3.2 Bemesting	12
2.4 Metingen en waarnemingen	13
2.4.1 Bodemonderzoek	13
2.4.2 Bodemstikstof	17
2.4.3 Gewasontwikkeling, opbrengst en kwaliteit	17
2.4.4 Kostenindicatie toegepaste bodemverbeteraars	17
2.4.5 Communicatie activiteiten	18
3 RESULTATEN	19
3.1 Bodemonderzoek	19
3.1.1 Fysische bodemparameters	19
3.1.2 Chemische bodemparameters	26
3.1.3 Biologische bodemparameters	29
3.2 Bodemstikstof	29
3.3 Gewasontwikkeling, opbrengst en kwaliteit	30
3.3.1 Gewasontwikkeling 2015	30
3.3.2 Opbrengst en kwaliteit per grondsoort en locatie 2015	30
3.3.3 Berekenende afvoer van stikstof en fosfaat per locatie in 2015	32
3.3.4 Opbrengsten 2010-2015	33
3.3.5 Stikstof en fosfaatoverschot per locatie 2010-2015	34
3.4 Kostenindicatie toegepaste bodemverbeteraars	35
4 DISCUSSIE EN CONCLUSIES	37
4.1 Algemeen	37
4.2 Effecten bodemverbeteraars op bodem	37
4.3 Wat zijn de juiste bodemparameters om effecten te beoordelen?	38
4.4 Effecten bodemverbeteraars op opbrengst	42
4.5 Is het gebruik van bodemverbeteraars economisch verantwoord?	44
4.6 Conclusies en aanbevelingen	45
LITERATUUR	46
BIJLAGE 1. BESCHRIJVING VAN DE GETESTE BODEMVERBETERAARS	47
BIJLAGE 2. TOEGEPASTE BODEMVERBETERAARS PER LOCATIE EN JAAR	54
BIJLAGE 3. BEREKENDE BULKDICHTHEID	60
BIJLAGE 4. DOORLATENDHEID IN TIJDSINTERVAL 15-20 EN 12,5-15 MINUTEN (MM /SEC)	61
BIJLAGE 5. AGGREGAATSTABILITEITSINDEX (-)	63
BIJLAGE 6. WATERBERGEND VERMOGEN	65

BIJLAGE 7. RESULTATEN BODEMCHEMISCH ONDERZOEK 2012-2015	67
BIJLAGE 8. CEC GROOTTE EN CA-, MG-, EN K-BEZETTING	76
BIJLAGE 9. CA, MG, K IN BODEMVOCHT IN 2015 EN 2012 (MMOL PER L)	77
BIJLAGE 10. HOT WATER EXTRACTABLE CARBON.....	79
BIJLAGE 11. RESULTATEN BODEMBIOLOGISCH ONDERZOEK 2010 EN 2012.....	81
BIJLAGE 12. N-MIN VOORJAAR (KG N PER HA)	87
BIJLAGE 13. OPBRENGST EN KWALITEIT PER LOCATIE IN 2015	89
BIJLAGE 14. GEWASOPBRENGST, KWALITEIT EN MINERALENAFVOER PER LOCATIE EN JAAR	94
BIJLAGE 15. STIKSTOF EN FOSFAATBALANS 2010-2015.....	114
BIJLAGE 16. KOSTENINDICATIE BODEMVERBETERAARS	119
BIJLAGE 17. OVERZICHT COMMUNICATIE ACTIVITEITEN.....	120

Samenvatting

Aanleiding voor het project

In de praktijk lopen telers vaak tegen problemen aan van een slechte bodemkwaliteit. Intensieve bouwplannen, steeds zwaardere mechanisatie, uitloging (Ca-uitspoeling), piekneerslagen en de schaalvergroting in de landbouw leiden tot vermindering van de fysische bodemvruchtbaarheid en de structuur van de bodem. Dit veroorzaakt:

- toenemende problemen bij de bewerkbaarheid van de bodem;
- minder efficiënt gebruik van meststoffen;
- verhoogd risico van uit- en afspoeling van nutriënten;
- wateroverlast;
- verlaging van de opbrengst.

Om de bodemstructuur te verbeteren, worden door industrie en handel zogeheten bodemverbeteraars en kalkmeststoffen aangeboden. Er is een grote variatie in type producten, de wijze waarop ze werken en de mate waarin ze een directe dan wel indirecte invloed op de bodemvruchtbaarheid kunnen hebben. Objectieve informatie over het effect van deze producten op de gewasopbrengsten en de fysische, chemische en biologische bodemvruchtbaarheid ontbreekt. Uit eerdere proeven is bekend dat effecten van bodemverbeterende maatregelen vaak pas na enkele jaren zichtbaar worden.

Doel en opzet van het project

Om het effect van bodemverbeteraars op opbrengst en bodemeigenschappen op de langere termijn te toetsen, zijn proefvelden aangelegd op drie kleilocaties (Kollumerwaard, Lelystad en Westmaas) en twee zandlocaties (Vredepeel, Valthermond). Op deze proefvelden zijn bouwplannen toegepast die gangbaar zijn voor de betreffende regio. Eventuele positieve effecten worden sterker met het verstrijken der jaren. Bovendien zijn deze het duidelijkst te onderscheiden wanneer op alle locaties hetzelfde gewas wordt geteeld. Daarom stonden er in het laatste jaar op alle proefvelden aardappels. In de proef zijn de ontwikkeling van de gewasopbrengst, de gewaskwaliteit en de bodemeigenschappen gevolgd over een periode van zes jaar (2010-2015).

De volgende producten zijn getest op de betreffende locaties:

- Kalk- en calciummeststoffen
 1. Agrigyps
 2. Betacal Carbo
 3. Brandkalk
 4. PRP-SOL (met sporenelementen verrijkte calciummeststof)
- Bodemverbeteraars met micro-organismen of met bodemleven stimulerende eigenschappen
 5. Condit
 6. Xurian Optimum
 7. Bactofil
- Overige producten
 8. Biochar (verkoold organische stof, van diverse producten/oorsprong), vier soorten:
 - Biochar hout
 - Biochar norit
 - Biochar ECN
 - Biochar Romchar
 9. Steenmeel

Deze producten zijn vergeleken met 3 referenties: alleen kunstmest, drijfmest plus kunstmest en compost plus kunstmest.

In 2010 is op alle proefvelden de uitgangssituatie van de bodem bepaald (nulmeting), zowel chemisch, fysisch als biologisch. In 2012 en 2015 zijn de bodemeigenschappen opnieuw bepaald.

Resultaten

Effecten op de bodem

Van de fysische bodemparameters lijken de verzadigde doorlatendheid en aggregaatstabiliteit het meest onderscheidend te zijn. Op de kleilocaties was de doorlatendheid met toepassing van Agrygips en brandkalk op een aantal locaties hoger dan de referentie. De aggregaatstabiliteit werd op alle drie kleilocaties verhoogd door Agrygips en Betacal Carbo. De andere getoetste producten gaven geen consistent beeld op de gemeten aggregaatstabiliteit. De gemeten bulkdichtheid, indringingsweerstand en waterbergend vermogen waren niet verschillend wanneer de getoetste bodemverbeteraars met elkaar vergeleken werden. Ook op de zandlocaties blijkt uit uitslagen van de bodemfysische metingen dat de getoetste bodemverbeteraars niet van invloed zijn op de gemeten fysische bodemeigenschappen. Dat de toepassing van kalkproducten Agrigyps en brandkalk op kleigrond al op korte de fysische bodemgesteldheid positief beïnvloedt lag in de lijn der verwachting.

Van de chemische bodemparameters zijn zowel HWC (Hot Water extractable Carbon) als de CEC-bezetting en het Ca-gehalte in het bodemvocht het meest onderscheidend. Op de kleilocaties was bij toepassing van compost of de bodemverbeteraar PRP-sol de HWC op elk proefveld hoger dan die van de referentie kunstmest. Het Ca-gehalte in het CEC complex was hoger op de proefvelden behandeld met Agrygips en brandkalk. Bij toepassing van brandkalk nam de Mg-bezetting van het complex toe en werd de Mg-beschikbaarheid sterk verhoogd. Er is een indicatie dat steenmeel, dat alleen is toegepast op de zandlocaties, de calciumvoorraad verhoogt ten opzichte van de referenties. Dit uit zich overigens niet in een verhoogd calciumgehalte in het bodemvocht. Op de kleilocaties is ook minerale stikstof (N_{min}) na de oogst gemeten. Tussen de behandelingen met bodemverbeteraars traden er beperkte verschillen op in N_{min}-voorraad na de oogst. Op de proefvelden is conform de huidige bemestingsadviezen bemest. Dit leidde gemiddeld tot N_{min} hoeveelheden na de oogst van minder dan 35 kg N/ha (laag 0-60 cm). Bij deze niveaus blijft N-uitspoeling meestal beperkt en blijft het nitraatgehalte van het (bovenste) grondwater beneden de drinkwaternorm van 50 mg nitraat per liter.

Dat er niet meer verschillen gevonden zijn in de fysische- en chemische bodemparameters, bij de toepassing van de bodemverbeteraars, kan liggen aan het feit dat:

- de bodemkwaliteit op de proeflocaties relatief goed was, waardoor eventueel positieve effecten van de bodemverbeteraars niet tot uiting komen;
- de gebruikte producten weinig invloed hebben op de bodemkwaliteit onder het toegepaste bouwplan en bodemmanagement;
- er meer tijd nodig is om de effecten van de gebruikte producten op de bodemstructuur voldoende tot uiting te laten komen, waardoor er meetbare verschillen ontstaan.

Leveranciers schrijven diverse effecten toe aan hun producten die zouden moeten leiden tot een bodemverbeterende werking. In het uitgevoerde onderzoek zijn niet alle claims getoetst, maar voor zover ze wel zijn gemeten, konden de claims veelal niet bevestigd worden.

Effecten op de gewasopbrengst

De effecten op de gewasopbrengst waren niet eenduidig. Op sommige proefvelden werd een significante opbrengstverhoging of -verlaging gevonden bij toepassing van bepaalde bodemverbeteraars, maar deze effecten waren niet structureel en consistent over de jaren, gewassen en locaties. Er is gekeken of de toepassing van bodemverbeteraars heeft geleid tot opbrengstverschillen per gewas. Hiervoor zijn de opbrengsten per gewas over de locaties en jaren met elkaar vergeleken. Wanneer vervolgens de opbrengstmetingen van de toegepaste bodemverbeteraars vergeleken werden met referentie kunstmest is er in het afsluitende jaar met overal aardappelen geen verschil tussen de behandelingen. In daaraan voorafgaande jaren is alleen bij het gewas zomertarwe een opbrengstverschil te zien. Er is een hogere opbrengst gemeten met toediening van Agrigyps en PRP-sol en een lagere opbrengst met Bactofil. Wanneer er sprake was van een slechtere score in gewasstand was dit te herleiden tot een lage beschikbaarheid van stikstof. Dit resulteerde meestal dan ook in een lagere opbrengst. Hiervan is sprake in het geval van de toepassingen met Bactofil en Condit. Daardoor kan het effect van deze bodemverbeteraars niet goed worden afgeleid van de gewasgroei- en opbrengst. Om na te gaan in hoeverre de stikstofbemesting bij toepassing van deze producten moet worden aangepast, zijn gedetailleerde bemestingsproeven nodig. Zulke gedetailleerde bemestingsproeven vallen buiten de scope van dit onderzoek.

Conclusies

De getoetste bodem- en structuurverbeteraars hadden in de deze proefopzet slechts een beperkt effect op de gemeten fysische, chemische en biologische bodemparameters op zowel de klei- als zandlocaties. De toepassing van bodem- en structuurverbeteraars heeft niet geleid tot significant hogere opbrengsten dan de referenties kunstmest, kunstmest plus dierlijke mest of kunstmest plus compost.

1 Inleiding

Een goede bodemstructuur kenmerkt zich door een kruimelstructuur gevormd door stabiele bodemaggregaten (bodemkluitjes). (Figuur 4.1). Stabiele bodemaggregaten (zie onder) bestaan uit minerale bodemdeeltjes en organische stof. Ze zijn aan elkaar gekit door uitscheidingsproducten van het bodemleven, wortels en organisch materiaal. Een goede bodemstructuur kenmerkt door veel poriën, voor een goede lucht en vochthuishouding. Bij een goede bodemstructuur wordt in natte perioden overtollig water snel afgevoerd en blijft er voor droge perioden voldoende water achter. Ook is dan een goede bodemventilatie mogelijk. Bij een slechte bodemstructuur neemt in het algemeen de doorlatendheid af, komen er te veel kleine poriën en vallen de aggregaten uiteen in losse gronddeeltjes. Tussen en in de bodemaggregaten zijn kleine en grote poriën aanwezig. De grote poriën zorgen voor een snelle toetreding van water en lucht in de bodem en voor drainage naar diepere bodemlagen. De kleine poriën houden het water vast en zorgen zo voor een goede vochtvoorziening van het gewas. Bij een goede bodemstructuur kunnen de wortels de hele bodemlaag intensief en homogeen bewortelen, waardoor een betere benutting van nutriënten zoals fosfaat mogelijk is. Compactie en verdichting van de grond is niet aan de orde. Een goede bodemstructuur is van belang voor een goede en vroege groei van het gewas. Daarnaast is een goede structuur essentieel voor de draagkracht en bewerkbaarheid van de bodem. Onderstaande afbeeldingen (figuur 1.1) geven een goede en slechte bodemstructuur weer.



Figuur 1.1 Een voorbeeld van een goede (links) en een slechte bodemstructuur

Intensieve bouwplannen, steeds zwaardere mechanisatie, uitloging (zoals calciumuitspoeling), piekneerslagen en de schaalvergroting in de landbouw leiden tot vermindering van de fysische bodemvruchtbaarheid en een slechtere bodemstructuur. Dit leidt tot toenemende problemen bij de bewerkbaarheid van de bodem, het kan leiden tot een slechtere draagkracht en het risico van verslemping neemt toe. Het gevolg is een minder efficiënt gebruik van meststoffen, een verhoogd risico op uit- en afspoeling van nutriënten, wateroverlast en uiteindelijk een verlaging van de (financiële) opbrengst. Het op orde houden en of verbeteren van de bodemstructuur is dus belangrijk. Een mogelijke oplossingsrichting om de problemen met de bodemstructuur aan te pakken is de inzet van bodemverbeteraars. De handel biedt naast kalkmeststoffen ook allerlei bodemverbeteraars aan. Objectieve informatie over het effect van de aanbevolen producten op de fysische, chemische en biologische bodemvruchtbaarheid en gewasopbrengsten ontbreekt. Ook is niet bekend wat de effecten van deze producten zijn op de langere termijn en hoe de werking is ten opzichte van kunstmest, dierlijke mest en compost.

Om de effecten te kunnen beoordelen heeft het Productschap Akkerbouw langjarig onderzoek geïnitieerd naar de effecten van bodem- en structuurverbeteraars. Naast

Productschap Akkerbouw zijn er nog meer partijen die meewerkten en meefinancierden aan dit langjarig onderzoek, namelijk het Ministerie van EZ (PPS-bodem), Provincie Flevoland, - Groningen, - Drenthe, - Friesland, de Europese Unie, Kiemkracht, PRP Benelux, IRS, Agrobio, De Wulf Agro en Triferto.

Knelpunten op het gebied van bodemstructuur verschillen per grondsoort. Slempgevoeligheid speelt vooral op lichte zavelgronden. Een slechte bewerkbaarheid speelt vooral op zwaardere gronden, terwijl stuifschade op zand- en dalgrond voorkomt. Bodemverdichting en een slechte waterdoorlatendheid kunnen op alle gronden voorkomen. De bodemverbeteraars zijn daarom getoetst op drie kleilocaties en op een dal- en een zandgrond.

Het doel van het onderzoek was om vast te stellen of bodem- en structuurverbeteraars een positief effect hebben op de bodemstructuur, de gewasopbrengst en het risico van af- en uitspoeling van mineralen. Daarvoor zijn in een zesjarig onderzoek negen producten onderzocht op drie kleilocaties (Lelystad, Westmaas en Kollumerwaard) en twee zandlocaties (Vredepeel en Valthermond). Een overzicht van deze producten en de opzet van het onderzoek staat in hoofdstuk 2. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van het onderzoek samengevat. In hoofdstuk 4 worden de resultaten bediscussieerd en worden conclusies getrokken.

In dit rapport wordt het onderzoek van de jaren 2010 t/m 2015 in het kort beschreven. Een uitgebreide rapportage per jaar is terug te vinden in de jaarverslagen van het onderzoek, zie literatuurlijst en kennisakker.nl.

2 Opzet van het onderzoek en uitvoering

Er zijn negen verschillende bodem- en structuurverbeterende producten getoetst in het onderzoek. Een opsomming van deze bodemverbeteraars is te vinden in paragraaf 2.1.

De veldproef van het toetsen van het effect van bodemverbeteraars op opbrengst en bodemeigenschappen op de langere termijn is uitgevoerd op drie klei- en twee zandlocaties in verschillende delen van het land. De locaties vertegenwoordigen een aantal typisch akkerbouwregio's; het zuidwestelijke kleigebied (Westmaas), de jonge zeekleigronden (Lelystad), het noordelijke kleigebied (Kollumerwaard), het zuidelijk en oostelijk zandgebied (Vredepeel) en de akkerbouw op dalgronden (Valthermond). Daarmee is gezorgd voor een goede landelijke dekking en spreiding. Op de bedrijven zijn typische bouwplannen voor die regio toegepast. Voor een uitgebreide beschrijving van de proeflocaties, zie paragraaf 2.2.

Bekend is dat eventueel positieve effecten van bodemverbeteraars op opbrengst en bodemeigenschappen zich met de jaren sterker zullen manifesteren. Daarom is de proef gedurende zes jaar uitgevoerd. Daarbij is er bij de opzet al voor gezorgd dat ondanks de verscheidenheid in bouwplannen per proeflocatie er in het laatste jaar van de proef overal aardappels geteeld werden. Met eenzelfde gewas kan het meest scherp worden getoetst op de meerwaarde van bodemverbeteraars op de gewasopbrengst en op verandering in de bodemkwaliteit. De gewasopbrengsten zijn elk jaar bepaald. De bodemkwaliteit en bodemstructuur gerelateerde parameters zijn bij aanvang in 2012 en in het slotjaar van de proef gemeten. Dit omdat het bepalen van verandering in bodemkenmerken die een relatie hebben met bodemstructuur relatief duur is en anderzijds het de verwachting was dat veranderingen geleidelijk op zouden treden. Een uitgebreide beschrijving van de uitvoering van de proef is te vinden in paragraaf 2.3.

2.1 Toegepaste bodemverbeteraars

De volgende producten zijn getoetst:

- Kalk- en calciummeststoffen
 1. Agrigyps (calciummeststof)
 2. Betacal Carbo (kalkmeststof)
 3. Brandkalk (kalkmeststof)
 4. PRP-SOL (met sporenelementen verrijkte calciummeststof)
- Bodemverbeteraars met micro-organismen of met bodemleven stimulerende eigenschappen
 5. Condit (gehydroliseerde eiwitten en zeolieten die bodemleven stimuleren)
 6. Xurian Optimum (micro-organismen die bodemleven stimuleren)
 7. BactoFil (bacteriepreparaat ter verbetering van de bodemstructuur, vanaf 2012 opgenomen, niet in Kollumerwaard)
- Overige producten
 8. Biochar (verkoelde organische stof van diverse oorsprong)
 - Biochar hout 2,5 ton/ha/jaar (Lelystad)
 - Biochar hout 5 ton/ha/jaar (Lelystad en Kollumerwaard)
 - Biochar Norit (Kollumerwaard en Valthermond)
 - Biochar Romchar (Valthermond)
 - Biochar ECN (Valthermond)
 9. Steenmeel (gemalen vulkanisch gesteente, niet meer ingezet na 2012)

De producten zijn vergeleken met drie "gangbare" bemestingsstrategieën, de

zogenaamde referenties: alleen kunstmest, (varkens-/rundvee)drijfmest plus kunstmest en groencompost/GFT plus kunstmest. In Bijlage 1 is een uitgebreide beschrijving van de bodemverbeteraars opgenomen.

2.2 Proeflocaties

Het onderzoek is uitgevoerd op drie verschillende proeflocaties:

- Lelystad (centrale zeekleigebied): een matig lichte, kalkrijke zavelgrond met 2,0% organische stof. De grond is matig slempgevoelig en onder de bouwvoor van het proefveld zit een in enige mate verdichte laag (een ploegzool).
- Kollumerwaard (noordelijk zeekleigebied): een kalkrijke, lichte kleigrond met 3,5% organische stof. Ondanks het vrij hoge gehalte aan organische stof is deze grond matig slempgevoelig.
- Westmaas (zuidwestelijke kleigebied): een zandige, kalkrijke, zware zavelgrond met 2,3% organische stof. De grond op het proefveld is enigszins moeilijk bewerkbaar (stug).
- Vredepeel (zuidoostelijk zand): een droogte gevoelige zandgrond; een veldpodzol (jonge ontginningsgrond) met leemarm en zwak lemig zand en 4,9% organische stof. De maximale bouwvoordiepte bedraagt 25-30 cm en de bewortelingsdiepte 50-60 cm.
- Valthermond (Noordoostelijk zandgebied): Dalgrond met 11,3% organische stof en een bouwvoor van 30 cm. Ondanks het hoge organische stofgehalte is deze grond stuif- en slempgevoelig.

De percelen waarop het onderzoek is aangelegd zijn geselecteerd op bodemeigenschappen. Van deze percelen is bekend dat er in meer of mindere mate problemen zijn met bijvoorbeeld bewerkbaarheid, stuifgevoeligheid of droogtegevoeligheid. In bijlage 2 staan per locatie de bodemkenmerken en de vruchtwisseling in de periode van de proef.

2.3 Uitvoering van de proef

2.3.1 Hoeveelheden bodem- en structuurverbeteraar

De totale hoeveelheid bodemverbeteraar die in de periode 2010 tot en met 2015 is toegepast staat in Tabel 2.1. In de praktijk werden er soms grotere hoeveelheden van een product toegepast. In de proefopzet is rekening gehouden met aanvoer van overige mineralen (bijvoorbeeld zwavel in Agrigyps) of het spreiden van een gift over de jaren (compost).

Tabel 2.1 De cumulatieve hoeveelheid product over de periode 2010 tot en met 2015.

Bodem-verbeteraar	Toedieningsjaar	eenheid	Kollumer-waard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel
Agrigyps	jaarlijks	kg/ha	10380	10380	10380		
Bactofil	vanaf 2012 jaarlijks	kg/ha		3	2		2.5
Betacal carbo	jaarlijks	kg/ha	14310	14310	14310		
Biochar hout	jaarlijks	ton/ha	30	15		30	
Biochar Norit	2010, 2011, 2013	ton/ha	25	30		20	
Biochar ECN	2010	ton/ha				15	
Biochar Romchar	2011	ton/ha				24.5	
Brandkalk	jaarlijks	kg/ha	6710	6710	6710		
Condit 7%N	jaarlijks	kg/ha	7500	8000	8000	8500	7000
GFT	jaarlijks	ton/ha	54	54	54	63	63
Kunstmest	jaarlijks	kg/ha	0	0	0	0	0
PRP-SOL	jaarlijks	kg/ha	1350	1350	1350	1350	1350
Varkensdrijfmest	jaarlijks*	m ³ /ha	70	15	15	80	130
Steenmeel	2010, 2011, 2012	ton/ha				45	25
Xurian Optimum	jaarlijks	kg/ha	6.75	5.85	5.85	5.85	5.85

* verschilt per locatie, zie bijlage 2

De hoeveelheid drijfmest die is toegepast in Lelystad en Westmaas is door omstandigheden en gewassenkeuze achtergebleven ten opzichte van de planning bij aanvang van de proef. De drijfmestobjecten van deze twee locaties liggen qua uitvoering dan ook dichtbij het kunstmestobject.

De onderzochte bodemverbeteraars verschilden per proeflocatie. Door de specifieke problemen per grondsoort en het te verwachten effect van een bodemverbeteraar is er per locatie bekeken welke proefvelden met welke bodemverbeteraar er aangelegd dienden te worden. Het organische stofgehalte, gehalte aan koolzure kalk en het gehalte aan calcium in het bodemvocht zijn bijvoorbeeld factoren die invloed hebben op de bodemstructuur van kleigronden. Vandaar dat de kalkhoudende bodemverbeteraars niet op de zandlocaties toegepast zijn. Steenmeel is juist wel toegepast op de zandlocaties. De leveranciers van de bodemverbeteraars hebben vervolgens aangegeven op welke grondsoort hun producten een goede werking hebben. In bijlage 2 is een overzicht opgenomen van toegepaste producten en giften per locatie per jaar. In een aantal gevallen zijn de bodemverbeteraars gecombineerd met een drijfmestgift, omdat dit aansluit bij het gebruik in de praktijk. Ook dit is nader aangegeven in bijlage 2.

Omdat een aantal bodemverbeteraars nutriënten voor de plant bevat en andere niet, is de nutriëntenaanvoer van werkzame stikstof, fosfaat en kali bij alle proefvelden voor zover

mogelijk tot eenzelfde niveau aangevuld met kunstmest. Een aantal leveranciers van bodemverbeteraars heeft expliciet aangegeven dat zij dit niet wilden (leveranciers van Condit en Bactofil). De leveranciers van Condit en Bactofil claimen een betere stikstofwerking door toepassing van hun product. De leverancier van Bactofil claimt tevens een betere fosfaat- en kalibesikbaarheid. Hiermee is rekening gehouden bij de bemesting van de proefvelden.

2.3.2 Bemesting

De N-min voorraden in het voorjaar zijn meegenomen in de berekening van de eerste stikstofgift. Uitgangspunt is dat de stikstofvoorziening in alle objecten gelijk is. De berekende werkzame stikstof, in de bodemverbeteraars, de dierlijke mest en de compost is daarom verrekend in de kunstmestgift. Van 2010 tot en met 2012 is de stikstof-, fosfaat- en kalitoevoer per object aangepast aan de bodemvoorraden en de aanvoer met bodemverbeteraars, zodat de opbrengst- en/of kwaliteitsverschillen niet, of beperkt, worden beïnvloed door de bemesting. Vanaf 2013 is fosfaat- en kaligift zo veel mogelijk op één gift gehouden, tenzij de afwijking van bodemvoorraad of aanvoer met de bodemverbeteraar te groot was.

Van Biochar Norit en Biochar hout zijn geen analysegegevens bekend. Van deze producten kon de mineralenaanvoer dus niet meegenomen worden. Er is gerekend met verschillende N-werkingscoëfficiënten van de gebruikte stikstof bevattende bodemverbeteraars:

- Condit : 100%
- Betacal Carbo : 0%
- Groencompost/GFT : 0-10% (afhankelijk van compostsoort)

De aanwezige fosfaat en kali in deze bodemverbeteraars zijn voor 100% meegerekend.

2.4 Metingen en waarnemingen

Op de onderzoeklocaties zijn verschillende waarnemingen en metingen gedaan aan bodem en gewas. Voor een gedetailleerde beschrijving van de proefuitvoering en de waarnemingen per jaar wordt verwezen naar de jaarrapporten (zie literatuurlijst). In de volgende paragrafen is beschreven welke metingen en waarnemingen zijn gedaan. Een beschrijving van metingen aan de fysische en chemische bodemgesteldheid is te vinden in paragraaf 2.4.1, een beschrijving van de metingen aan de minerale stikstof staat in paragraaf 2.4.2 en een beschrijving van de waarnemingen aan gewasontwikkeling, opbrengst en productkwaliteit in paragraaf 2.4.3. Ten slotte wordt een beschrijving van de aanpak van een kostenberekening van de toepassing van bodemverbeteraars gegeven in paragraaf 2.4.4.

2.4.1 Bodemonderzoek

In 2010, 2012 en 2015 zijn fysische en chemische bodemmetingen uitgevoerd om de uitgangssituatie vast te leggen en de ontwikkeling in de tijd te volgen van de verschillende toepassingen van bodem- en structuurverbeteraars. In 2010 en 2012 zijn er ook specifieke bodembioologische metingen uitgevoerd. Eventuele veranderingen in de bodemparameters zijn onderzocht. De fysische metingen kunnen een indruk geven of de structuur wijzigt door de toepassing van bodem- en structuurverbeteraars. Hetzij door een direct effect op de structuur (bv kalk) of door het stimuleren van het bodemleven dat de bodemstructuur beïnvloedt. Om budgetaire redenen is er in 2015 een keuze gemaakt in het aantal metingen. In Tabel 2.2 is weergegeven welke parameters zijn onderzocht.

Tabel 2.2 Uitgevoerde bodemmetingen op de kleilocaties en de zandlocaties

Bodemmetingen	2010	2012	2015
Fysisch			
Textuur	X		
Bulkdichtheid	X		X
Doorlatendheid		X	X
Indringingsweerstand	X	X	X
Visuele waarneming bodemstructuur (Spade test)	X	X	
Aggregaatstabiliteit		X	X
Waterbergend vermogen			X
Chemisch			
Algemeen chemisch grondonderzoek	X	X	X*
Ca in bodemvocht		X	X
CEC (cation exchange capacity) grootte en bezetting, pH, EC	X	X	X
Fractie hydrofoob organische stof;	X	X	
Hot Water extractable Carbon (HWC)	X	X	X
Biologisch			
Schimmel- en bacteriehoeveelheid	X	X	

* is niet uitgevoerd op de locatie Westmaas

Een goede bodemstructuur wordt gekenmerkt door een goede doorlatendheid, geen hoge indringingsweerstand (signaal voor belemmerde wortelgroei), kruimelige structuur (zie figuur 2.1) en stabiele bodemaggregaten. Met chemische metingen is vast te stellen of er bodemvruchtbaarheidsverschillen zijn ontstaan en of de randvoorwaarden voor een

goede bodemstructuur zijn verbeterd, zoals een hoge Ca-bezetting aan het adsorptiecomplex, het organisch stofgehalte en de stabiliteit van organische stof en de pH. De bodembioïologie (zoals aanwezigheid van schimmels, bacteriën en wormen) heeft eveneens invloed op de bodemstructuur. Echter, bodembioïologische metingen zijn vaak geen routine metingen, relatief duur en nog niet eenduidig te interpreteren. Er zijn metingen uitgevoerd die een indruk geven van de bodembioïologische activiteit in een bodem, zoals HWC (Hot Water extractable Carbon).



Figuur 2.1 Kruidelige bodemstructuur

Tussentijds zijn er bijstellingen geweest in de uit te voeren bodemmetingen, bijvoorbeeld omdat in 2012 bleek dat bepaalde parameters geen zeggingskracht hadden of tussentijds niet veranderden, zoals textuur, of omdat de bodemmetingen te hoge kosten met zich meebrachten. Hieronder volgt een beschrijving van de uitgevoerde metingen.

Fysische bodemparameters

- **Textuur:** De volgende fracties zijn bepaald: 2, 2-16, 16-50, 50-105, 150-210, 210-300, 300-420, 420-600, 600-2000 μm . Als maten voor de verdeling van de verschillende textuurfracties zijn het M50-getal en D60/D10 berekend (alleen zandgrond). M50 is het getal van de korrelgrootte waar boven en waar beneden de helft van de massa van de zandfractie ligt. Het is een maat voor de grofheid van het zand. Het verhoudingsgetal D60/D10 wordt berekend met gebruikmaking van alle textuurfracties. Het D60/D10 getal geeft de verhouding weer van de verschillende textuurfracties, de zogenaamde 'eentoppigheid'. De monsters zijn uit de laag 0-25 cm genomen. De textuur is in 2015 niet opnieuw bepaald, omdat veranderingen in textuur niet te verwachten waren met de toegepaste bodemverbeteraars.
- **Bulkdichtheid** (droge bulkdichtheid); Van de lagen 2-7, 12-17 en 22-27 cm beneden maaiveld zijn 100 cm^3 ringmonsters genomen (diameter 5 cm, hoogte 5,1 cm) en is door middel van droging en weging het volume vaste delen en porievolume berekend. Per locatie zijn 6 plekken bemonsterd. Droging van monsters is uitgevoerd op 105 °C. In het najaar van 2015 is de bulkdichtheid opnieuw gemeten op alle locaties, met uitzondering van Westmaas, waar een grondbewerking al was uitgevoerd. Voorafgaand is in het voorjaar van 2015 de bulkdichtheid gemeten in Lelystad. Per behandeling zijn twee monsters genomen, van de referentiebehandeling kunstmest zijn drie monsters genomen. De monsters zijn midden onder de rug genomen, op 0-5 cm beneden het niveau van de voor. In Lelystad zijn de ringmonsters op 20-25 cm onder maaiveld genomen, omdat daar de ruggen al waren geroid. In Kollumerwaard is de helft op 0-5 cm en de helft op 20-25 cm diepte genomen.

- Doorlatendheid: De (verzadigde) doorlatendheid is een afgeleide methode van de methode zoals omschreven in de Testkit Bodemkwaliteit (Koopmans en Brands, 2003). De methode en de uitvoering is beschreven in Van der Spek (2015) en Steenis (2015).
- Indringingsweerstand: Met behulp van een penetrologger (Eijkelkamp, type conus 1 cm² grondoppervlak tophoek 60°, indringingssnelheid 1 cm /sec). Voor het uitvoeren van de metingen is het protocol gevolgd zoals dat in de gebruiksaanwijzing van de penetrologger is opgenomen (Eijkelkamp, versie 5.08; 2010). Per locatie zijn van de referentiebehandeling per plot 6 metingen uitgevoerd. Metingen gingen door tot een diepte van 80 cm beneden maaiveld tenzij de indringingsweerstand te hoog werd (zie Figuur 2.2).
- Visuele waarneming bodemstructuur (Spade test): Visuele waarneming bodemstructuur ('spadeproef'); de actuele bodemstructuur is visueel beoordeeld. Er is gebruik gemaakt van het protocol zoals beschreven in de Testkit Bodemkwaliteit (Koopmans en Brands, 2003). De spadeproef bleek niet geschikt om subtiele verschillen in bodemgesteldheid in kaart te brengen. Er is gekeken naar een alternatieve veldmethode om de bodemstructuur te beoordelen, namelijk door een schatting te maken van bio-poriën (FAO, 2006), maar deze methode bleek niet geschikt voor bewerkte bodems. Deze meting is in 2015 niet uitgevoerd.
- Aggregaatstabiliteit: Bodemverbeteraars kunnen door hun samenstelling en werking een stabiliserende werking hebben op de aggregaten. Een methode om de aggregaatstabiliteit te bepalen is gebruik te maken van de natte zeefmethode (wet sieving) (WUR-LDDG). Luchtdroge grond (<2 mm) wordt zowel in water als in een disperseervloeistof gedompeld. De aggregaten die in het water al uiteenvallen worden geclassificeerd als instabiel. De aggregaten die in een disperseervloeistof uiteenvallen worden geclassificeerd als stabiel. Er wordt een correctie gemaakt voor aanwezige elementaire delen > 250 µm (bijvoorbeeld zand) en plantenresten. De stabiele en instabiele aggregaatfracties tezamen vormen de totale aggregaatfractie. De gewichtsverhoudingen tussen de stabiele aggregaatfractie en de totale aggregaatfractie is een maat voor de aggregaatstabiliteit. Bij een ASI van 1, is er sprake van stabiele aggregaten.
- Waterbergend vermogen: Door middel van ongestoorde grondmonsters in 100 cm³ ringen is het waterbergend vermogen bepaald (pF) van een aantal behandelingen. Het waterbergend vermogen wordt gedefinieerd als het verschil in vochtgehalte bij veldcapaciteit (pF_{2,0}, vocht dat door de bodem wordt vastgehouden bij drainage) en het vochtgehalte bij verwelkingspunt (pF_{4,2}, vocht dat niet meer voor plantopname beschikbaar is). De uitgevoerde methode is beschreven in Steenis (2015).



Figuur 2.2 Bodemweerstand meten met penetrologer

Chemische bodemparameters

- Algemeen chemisch grondonderzoek: gemeten zijn parameters zoals pH, lutum, N-tot, S-tot, P-AL, PPAE, MgPAE, K,PAE, Ca-beschikbaarheid in bodemvocht, CEC (Cation Exchange Capacity) grootte en bezetting en EC. Dit heeft in 2015 na de aardappeloogst van 2015 plaats gevonden, met uitzondering van locatie Westmaas. Uitzondering was Ca in bodemvocht die in het voorjaar van 2015 is gemeten. (1:2 (v:v) grond: waterextractie, uitgevoerd door Eurofins Agro).
- Fractie hydrofoob organische stof: Hydrofobe organische stof is in verband gebracht met aggregaatstabiliteit en daarmee is meer hydrofobe organische stof dus gunstig voor de bodemstructuur. De waterafstotende werking zorgt er voor dat aggregaten minder snel uiteenvallen door indringend water. De fractie hydrofobe organische stof is in 2015 niet opnieuw bepaald, enerzijds omdat het een dure meting is en anderzijds deze in 2012 niet tot verschillen heeft geleid.
- Hot Water extractable Carbon (HWC): HWC is een bepaling van organische stof die vaak in verband wordt gebracht met structuurvorming (Ghani et al, 2003). HWC bestaat voor een groot deel uit polysacchariden die een bindende rol kunnen spelen bij het bij elkaar houden van aggregaten (pers. mededeling, J. Bloem WUR-Altterra, 2012, 2015). De toegepaste methode is beschreven door Ghani et al. (2003).

Biologische bodemparameters

- Schimmel- en bacteriehoeveelheid: Per locatie en per behandeling zijn er grondmonsters geanalyseerd op de aanwezigheid van bacteriën en schimmels. Er is daarbij onderscheid gemaakt naar de totale en actieve hoeveelheid. Deze meting is in 2015 niet uitgevoerd.

2.4.2 Bodemstikstof

Op alle locaties is de N-mineraal (N-min) voorraad in het voorjaar bepaald. Het ging om een mengmonster per toegepaste bodemverbeteraar. De diepte van bemonstering is afgestemd op de te telen gewassen in de regio. De uiteindelijke stikstof (N)-bemesting is gecorrigeerd voor de gemeten N-min. Naast de N-min in het voorjaar zijn alleen op de kleilocaties N-min metingen gedaan direct en circa zes weken na de oogst in de jaren 2010 t/m 2015. Dit is gefinancierd door provincie Flevoland. In de lagen 0-30 en 30-60 cm is de voorraad N-min bepaald. Doel van de metingen was om na te gaan of de N-bemesting op het goede niveau was en in hoeverre er residueel stikstof aanwezig was dat kon uitspoelen.

2.4.3 Gewasontwikkeling, opbrengst en kwaliteit

Gedurende de looptijd van het project is in het groeiseizoen de bodemstructuur en gewasgroei gevolgd door de betrokken regionale onderzoekers van PPO en SPNA. Bij de bodemstructuur is gekeken naar zichtbare verslemping, korstvorming en verstuiven. Bij de gewasontwikkeling is gekeken naar legering, ziektes, plagen, kleurverschillen en gebreksziekten. Deze factoren kunnen eventuele opbrengstverschillen verklaren. Omdat de stikstofopname bepaald kan worden door de beworteling en bodemstructuur, wordt bij granen de legering opgenomen. Bij aardappelen wordt de mate van afsterving van het gewas waargenomen.

Verder is de opbrengst van het gewas bepaald, evenals, afhankelijk van het gewas, de kwaliteit. Voor de verschillende gewassen die afgelopen jaren op de vijf proeflocaties werden geteeld zijn de volgende kwaliteitsbepalingen gedaan:

- Suikerbieten: suikergehalte, de grond- en koptarra, het kalium-, natrium-, amino-N gehalte en de winbaarheid. Aan de hand van de gewasopbrengst en de kwaliteit is de financiële opbrengst berekend.
- Zomergerst: N-totaal en volgerstpercentage
- Wintertarwe: N-totaal
- Zaaiuien: sortering en uitval
- Zomertarwe: N-totaal
- Snijmaïs: verse opbrengst en droge stofopbrengst
- Pootaardappelen: stengelaantal, sortering, knolaantal, uitval
- Zetmeelaardappelen: onderwatergewicht en uitbetalingsgewicht
- Consumptieaardappelen: sortering, knolaantallen, onderwatergewicht en uitval
- Winterpeen: sortering en uitval
- Erwt: hardheid
- Stamslaboon: sortering

Op de kleilocaties is van de geteelde gewassen het stikstof- fosfaat- en kaligehalte bepaald in het hoofd- en bijproduct. In het bijproduct is dat gemeten als deze werd afgevoerd. Niet van alle behandelingen zijn de stikstof en fosforgehalte gemeten aangezien het budget beperkt was. Er zijn mengmonsters genomen per bodemverbeteraar. Aan de hand van de gerealiseerde gewasopbrengsten kan de totale stikstof- en fosfaatafvoer met het gewas berekend worden.

2.4.4 Kostenindicatie toegepaste bodemverbeteraars

Om een indicatie te geven van de kosten van de onderzochte bodemverbeteraars en de opbrengsten die daar tegenover zouden moeten staan, is een berekening gemaakt van de gemiddelde kosten per hectare en de indicatieve meeropbrengsten voor aardappelen (consumptie-, poot- en zetmeelaardappelen). Voor de kosten- en opbrengstberekeningen is gebruik gemaakt van prijsopgaves van leveranciers en de KWIN

2015. En er is een inschatting gemaakt wanneer geen commerciële prijzen beschikbaar waren (bv Biochar). Er zijn twee manieren gehanteerd om de kosten bij de toepassing van de verschillende bodemverbeters, zoals toegepast in deze proef, door te rekenen:

- de gemiddelde kosten voor het aanschaffen en uitrijden/opbrengen per jaar zijn doorberekend;
- de jaarlijkse kosten vanaf 2010 t/m 2015 zijn opgeteld, ervan uitgaande dat zich dit voornamelijk zou uitbetalen in een meeropbrengst aardappelen zes jaar later, in 2015.

2.4.5 Communicatie activiteiten

Een nevendoeel van het onderzoeksproject was ook om de praktijk regelmatig te informeren over de bevindingen van deze proef en andere ontwikkelingen op het gebied van bodembeheer. Dit is gedaan middels nieuwsbrieven, een flyer, presentaties op open dagen, lezingen, excursies, jaarrapporten en vakbladartikelen. Een overzicht is opgenomen in bijlage 17.

3 Resultaten

In dit hoofdstuk zijn de meet- en waarnemingsresultaten van de toepassing van de bodemverbeteraars op verschillende locaties en in de verschillende jaren samengevat. Een uitgebreid overzicht van de resultaten van de bodemmetingen staan in bijlage 3 t/m 11 en een uitgebreid overzicht van de gewasopbrengsten, de kwaliteit en de N-min metingen staan in bijlage 12 t/m 15. In bijlage 16 wordt een kostenberekening van bodemverbeteraars gegeven en in bijlage 17 een overzicht van de communicatie-activiteiten.

De resultaten van 2010 t/m 2014 zijn reeds in eerdere jaarrapporten uitvoerig beschreven. De verwachting was dat er pas na enkele jaren een effect zou zijn te meten. Daarom worden in de volgende paragrafen met name de resultaten van 2015 weergegeven. Als er in eerdere jaren opmerkelijke resultaten waren, worden deze ook weergegeven. Ook als deze metingen niet in 2015 zijn uitgevoerd.

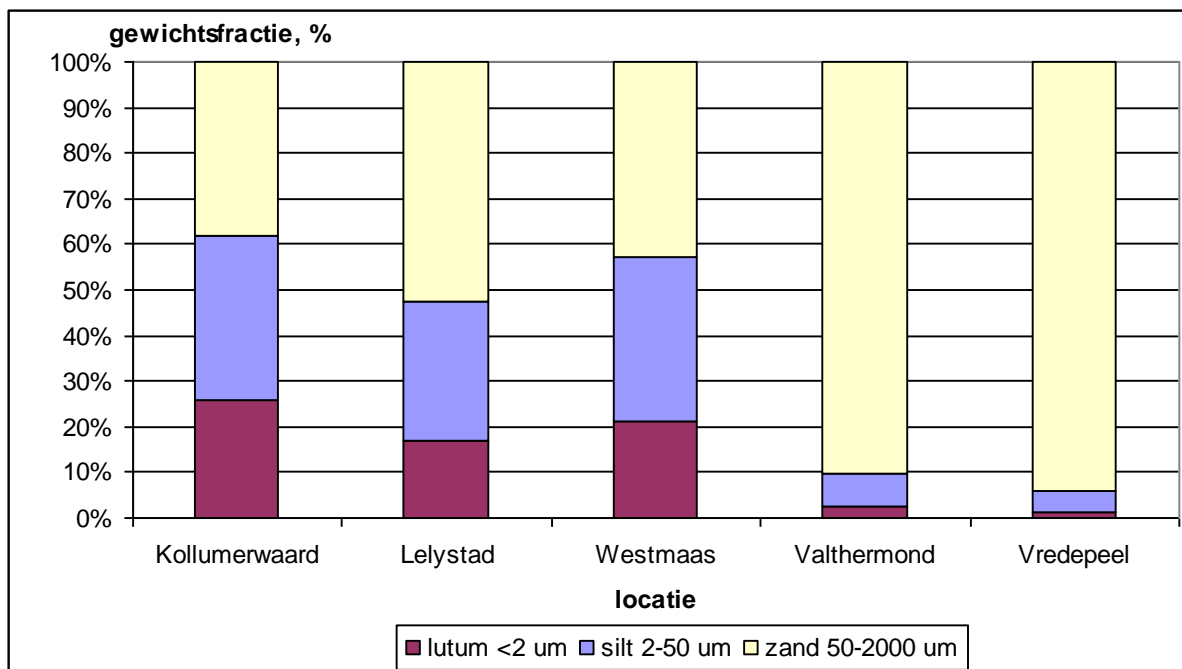
3.1 Bodemonderzoek

Per parameter zijn de belangrijkste bevindingen en resultaten in de hier volgende paragrafen (§ 3.1.1 t/m 3.1.3) weergegeven.

3.1.1 Fysische bodemparameters

Textuur

In onderstaande Figuur 3.1 zijn resultaten van het granulaironderzoek 2010 weergegeven.



Figuur 3.1. Resultaten granulaironderzoek per proeflocatie 2010

Van de drie kleilocaties heeft Lelystad het hoogste aandeel zand, gevolgd door Westmaas en Kollumerwaard. Duidelijk is te zien dat de monsters van de twee zandlocaties, Valthermond en Vredepeel, bijna geen lutum bevatten. Valthermond heeft iets meer silt in het monster dan Vredepeel.

Tabel 3.1

Resultaten granulaironderzoek per proeflocatie

Locatie	Textuur aanduiding	M50 μm	zandfractie aanduiding	D60/D10 -	CaCO ₃ %	organische stof %
Kollumerwaard	lichte klei	79	uiterst fijn zand		8,6	6,0
Lelystad	matig lichte zavel	80	uiterst fijn zand		6,9	2,0
Westmaas	zandige zware zavel	82	uiterst fijn zand		8,4	4,7
Valthermond	kleiarm zand	116	zeer fijn zand	2,6	0,1	12,0
Vredepeel	kleiarm zand	171	matig fijn zand	2,8	0,1	4,3

De grofheid van de zandfracties in de drie kleilocaties is ongeveer gelijk: uiterst fijn zandig. Bij het monster van Valthermond is voor de zandfractie sprake van zeer fijn zand. De zandfractie van Vredepeel is matig fijn.

Tussen de twee zandlocaties is qua D60/D10 verhouding weinig verschil. Voor landbouwgronden met zand als dominante textuurfractie kan in de praktijk een uitgangswaarde van 3,5 worden gebruikt als eerste benadering voor een verdichtingsgevoeligheid (persoonlijke mededeling Th. Van Mierlo, 2010). Is de D60/D10 voor deze zandgronden groter dan 3,5 dan worden de gronden gevoelig voor verdichting. Beide D60/D10 verhoudingsgetallen liggen voldoende ver van 3,5 zodat niet gevreesd hoeft te worden voor verdichting van de bodem door het in elkaar schuiven van verschillende textuurfracties. Omdat de structuurvorming op zandgronden minder dan op kleigronden wordt beïnvloed door zwel en krimp van de bodemdelen is de textuurverdeling van de zandfracties van belang. De zandlocaties hebben een textuurverdeling van de zandfractie die geen aanwijzing geeft voor een natuurlijk optredende verdichting.

Bulkdichtheid

In 2010 bedroeg de bulkdichtheid (dichtheid stoffdroge grond) gemiddeld over de drie kleilocaties over de laag 12-27cm ongeveer 137 g/100cm³. Er waren echter maar kleine verschillen tussen de locaties.

De najaarsmetingen laten voor de bemonsterde behandelingen geen grote verschillen zien. De voorjaars- en najaarsmeting voor Lelystad komen goed overeen. De resultaten van najaarsmeting komen overeen met de voorjaarsmetingen van de dieptes 12-17 en 22-27 cm (zie bijlage 3). Dat betekent dat de bodemverbeteraars geen duidelijke effecten op de bulkdichtheid van de ondergrond hebben.

Doorlatendheid

De doorlatendheid verschilt sterk per locatie en ook komen er grote schommelingen voor per behandeling over de locaties. Na 5 jaar lijkt op de doorlatendheid bij gebruik van Agrigyps (2 van de drie kleilocaties) beter te zijn dan de referentie kunstmest. De andere behandelingen verschilden niet duidelijk van de referentie kunstmest. In 2012 was het beeld nog gevarieerder (Bijlage 4). Daar leek de doorlatendheid met Agrigyps en PRP-Sol beter te zijn dan ten opzichte van de referentie kunstmest. De andere behandelingen op de kleilocaties verschilden niet met die van de referentie kunstmest. In beide meetjaren lijkt Agrigyps positief uit te werken op de doorlatendheid.

Op de zandlocaties blijkt dat de drie referentiebehandelingen niet van elkaar verschillen, met uitzondering van de drijfmestbehandeling op Valthermond. PRP-sol en steenmeel laten een wisselend beeld zien. Zie Tabel 3.2 voor de meetresultaten van 2015.

Tabel 3.2 De gestandaardiseerde doorlatendheid ten opzichte van de kunstmestbehandeling in 2015.

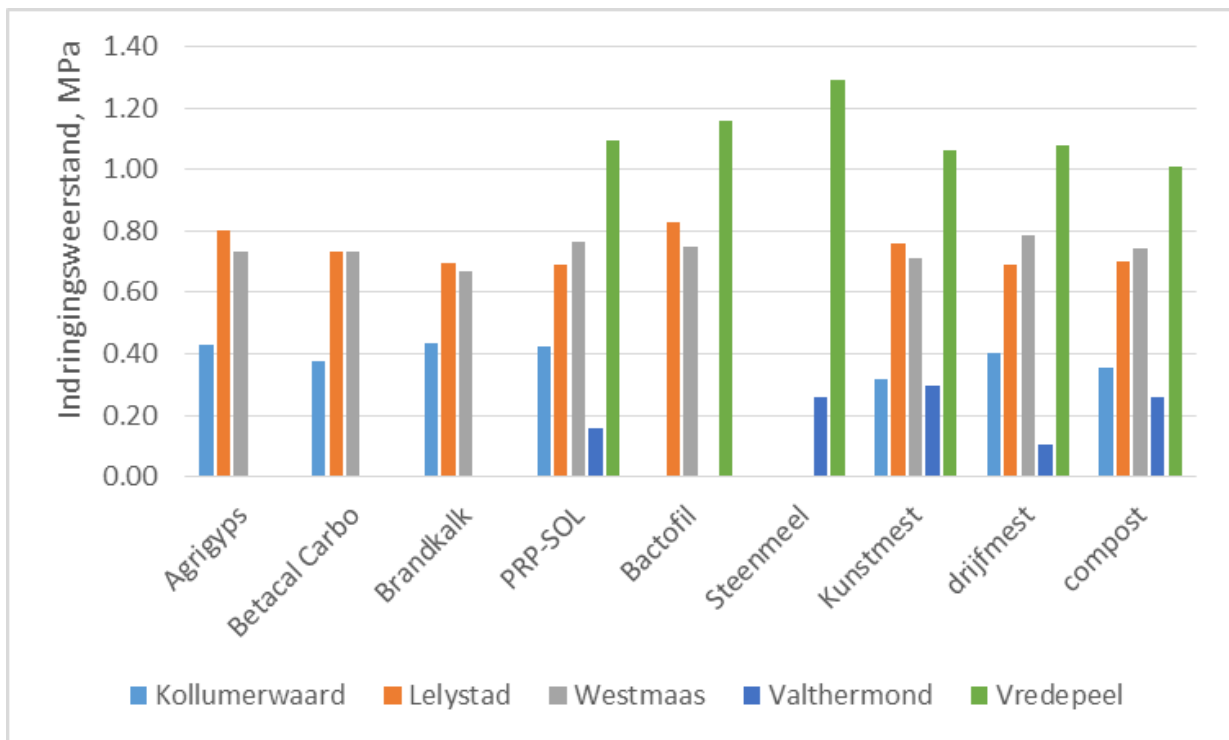
Behandeling	Kollumer-waard	Lelystad	Westmaas	Gemiddeld klei	Valthermond	Vredepeel	Gemiddeld zand
Agrigyps	2.4	0.5	1.8	1.6			
Betacal Carbo	1.1	0.9	1.0	1.0			
Brandkalk	2.0	0.9	0.8	1.3			
PRP-SOL	1.7	1.1	0.5	1.1	1.1	1.0	1.1
Bactofil		0.8	0.5	0.6		1.2	1.2
Steenmeel					1.0	0.7	0.9
Kunstmest	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Drijfmest	1.4	0.7	1.3	1.1	0.7	1.0	0.9
Compost	1.4	0.5	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0

Indringingsweerstand

De indringingsweerstand dient onder de 3,0 MPa te blijven voor een goede wortelgroei. De gemeten waarden van de indringingsweerstand lijken onvoldoende onderscheidend te zijn om de effecten van bodemverbetersaars te kunnen meten. Bovendien is de veldvariatie erg groot. In 2012 lijkt de indringingsweerstand bij Betacal Carbo en drijfmest hoger te zijn dan bij de referentie kunstmest. De andere behandelingen verschilden niet van de referentie kunstmest.

Metingen in 2015 (figuur 3.2) laten in de toplaag (0-30cm) geen structurele verschillen zien tussen de behandelingen, gemiddeld over de drie kleilocaties. De indringingsweerstand blijft ruim onder de 1,0 MPa. Per locatie zijn er ook geen consistente verschillen tussen de behandelingen. Wel worden per locatie incidenteel verschillen tussen behandelingen gevonden. De verschillen kunnen worden toegeschreven aan de ruimtelijke variatie. Het mogelijk effect van de bodemverbetersaars op de indringingsweerstand kan worden gemaskeerd door de uitgevoerde grondbewerkingen (poten, rugopbouw).

Er zijn duidelijke verschillen tussen de zandlocaties: de indringingsweerstand op de locatie Vredepeel is veel hoger dan op Valthermond. Per locatie zijn de verschillen tussen de behandelingen gering en niet consistent. Ook hier geldt dat de ruimtelijke variatie en de uitgevoerde grondbewerkingen verklarende factoren zijn voor de gemeten verschillen.



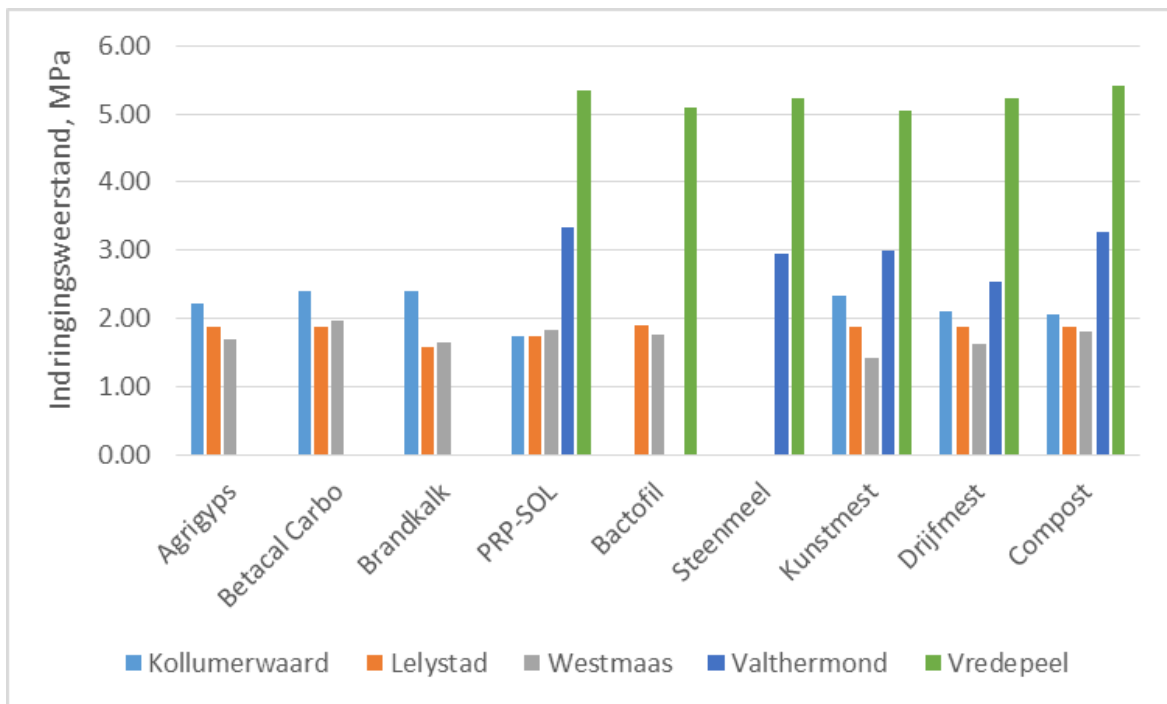
Figuur 3.2 Gemiddelde indringingsweerstand 0-30 cm van behandelingen op de verschillende locaties in 2015, MPa.

Over de laag 30-80 zijn per locatie geen verschillen tussen behandelingen gemeten, zie Figuur 3.3. Er zijn duidelijke verschillen tussen de klei- en zandlocaties. De indringingsweerstand van de ondergrond van de kleilocaties komt bij Lelystad en Westmaas niet boven de 2 MPa, voor Kollumerwaard komt de weerstand net boven de 2 MPa uit. De indringingsweerstand op de drie kleilocaties blijft beneden de 3 MPa.

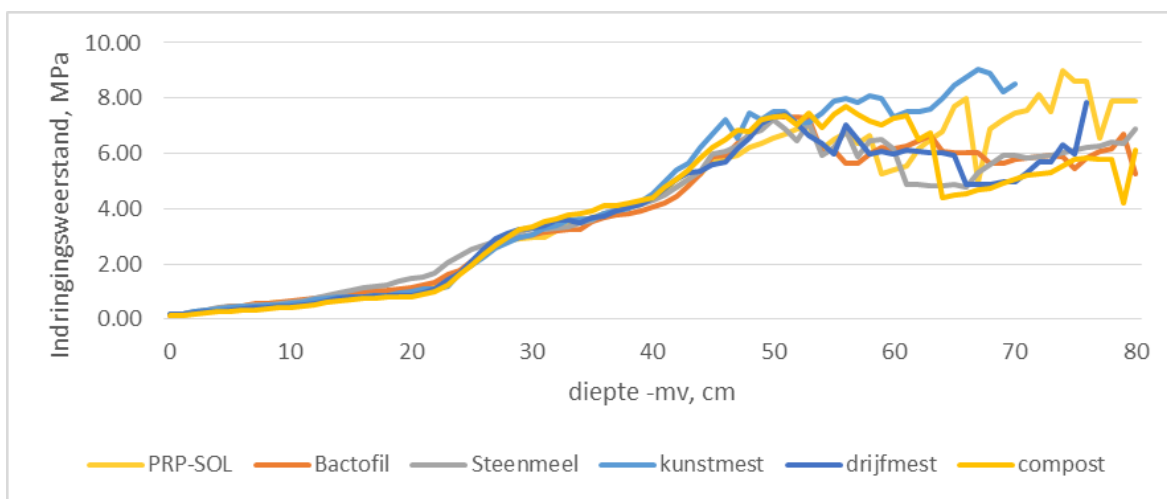
De indringingsweerstand van de twee zandlocaties ligt rond de 3 MPa of hoger. Met name voor Vredepeel geldt dat er een hoge indringingsweerstand is gemeten. Een verklaring voor de hoge gemeten waarden is de profielopbouw met een duidelijke overgang naar het moedermateriaal in de ondergrond. De hoge indringingsweerstand van Vredepeel, en de iets lagere indringingsweerstand van Valthermond, kan in deze omstandigheid beperkend zijn voor wortelontwikkeling in de ondergrond. Het vochtgehalte heeft een effect op indringingsweerstand, bij een toenemend vochtgehalte neemt de indringingsweerstand af. Ook op zandgronden is dit het geval, maar veel minder dan op kleigronden.

De hoge gemiddelde indringingsweerstand op de locatie Vredepeel is niet een gevolg van verdichte laag. Een verdichte laag kenmerkt zich meestal door door een toename van de indringingsweerstand gevolgd door een weerstandsafname in de ondergrond, zie als voorbeeld Figuur 3.4. De textuur van de ondergrond is niet bepaald en kan aanleiding zijn van een natuurlijke verdichting.

Gemiddeld bedraagt de indringingsweerstand over deze laag voor de locaties Lelystad, Westmaas en Kollumerwaard respectievelijk 1.7, 2.3 en 2.3 MPa.



Figuur 3.3 Gemiddelde indringingsweerstand 31-80 cm van behandelingen op de verschillende locaties in 2015, MPa.



Figuur 3.4 Gemiddeld indringingsweerstand van 6 behandelingen op locatie Vredepeel, in 2015, MPa.

Aggregaatstabiliteit

De metingen in 2015 (Tabel 3.3) laten zien dat de behandelingen, die per locatie in drievoud zijn gemeten, meestal weinig afwijken (minder dan 10% verschil) van de referentiebehandeling kunstmest, hoewel er per locatie wel verschillen kunnen zijn. Zo laat de behandeling Bactofil in Westmaas een duidelijk hogere ASI (Aggregaat Stabiliteit Index) zien dan de referentie.

Er is in 2015 minder variatie van de behandelingen ten opzichte van de referentie dan in 2012 (zie Bijlage 5). Tussen de twee kleilocaties Lelystad en Westmaas is er voor Bactofil een groot verschil in relatieve aggregaatstabiliteit. Bij de andere behandelingen is het verschil tussen locaties minder groot.

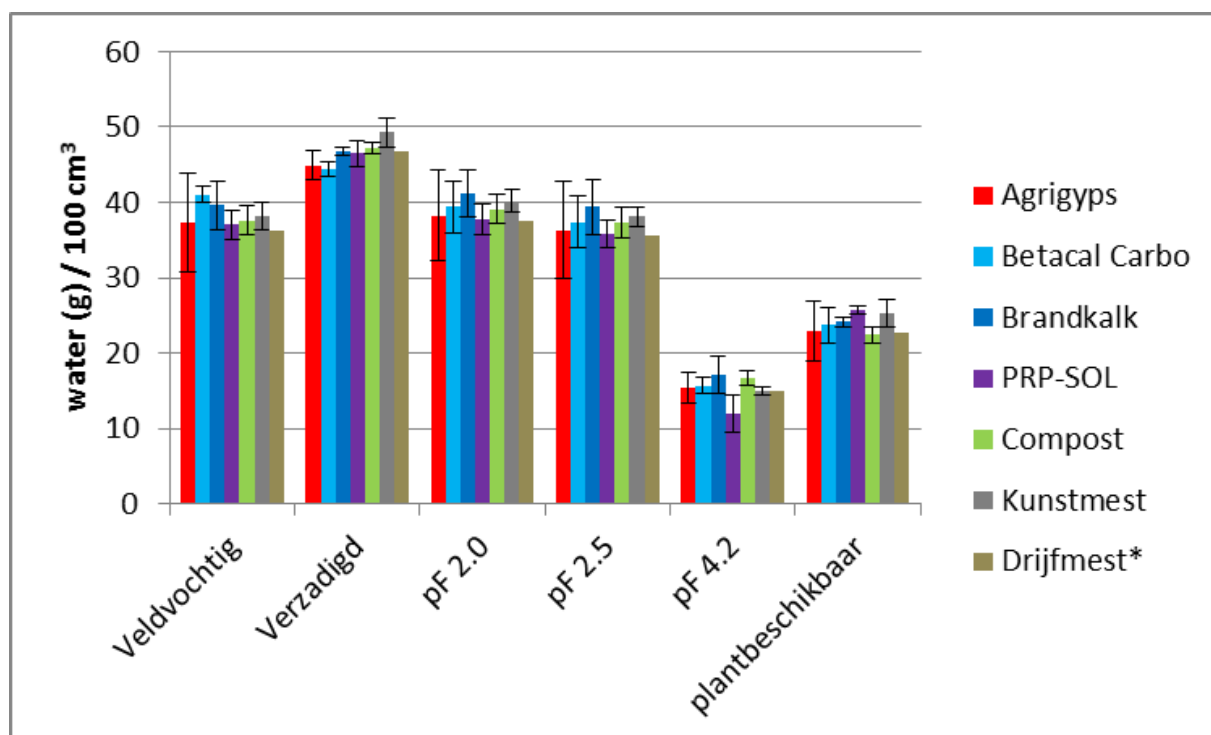
De verschillen tussen de behandelingen die op alle locaties waren aangelegd zijn gering (<10%). De bodemverbeterende producten laten ook in 2015 op het micro-aggregaatniveau (<250 μm) geen verschillen zien ten opzichte van de referentie.

Tabel 3.3 De relatieve aggregaatstabiliteitsindex ASI in 2015 voor klei- en zandlocaties ten opzichte van kunstmest (procentueel)

Behandeling	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Gemiddeld klei	Valthermond	Vredepeel	Gemiddeld zand	Gemiddeld klei+zand
Agrigyps	101	124	118	114				
Betacal carbo	104	114	107	108				
Brandkalk	82	91	97	90				
PRP-SOL	97	87	111	98	112	102	107	102
BactoFil		99	145	122		102	102	116
Steenmeel					102	103	103	
Groen-compost	97	119	106	107	89	103	96	103
Drijfmest	93	101	101	98	102	78	90	95
Kunstmest	100	100	100	100	100	100	100	100

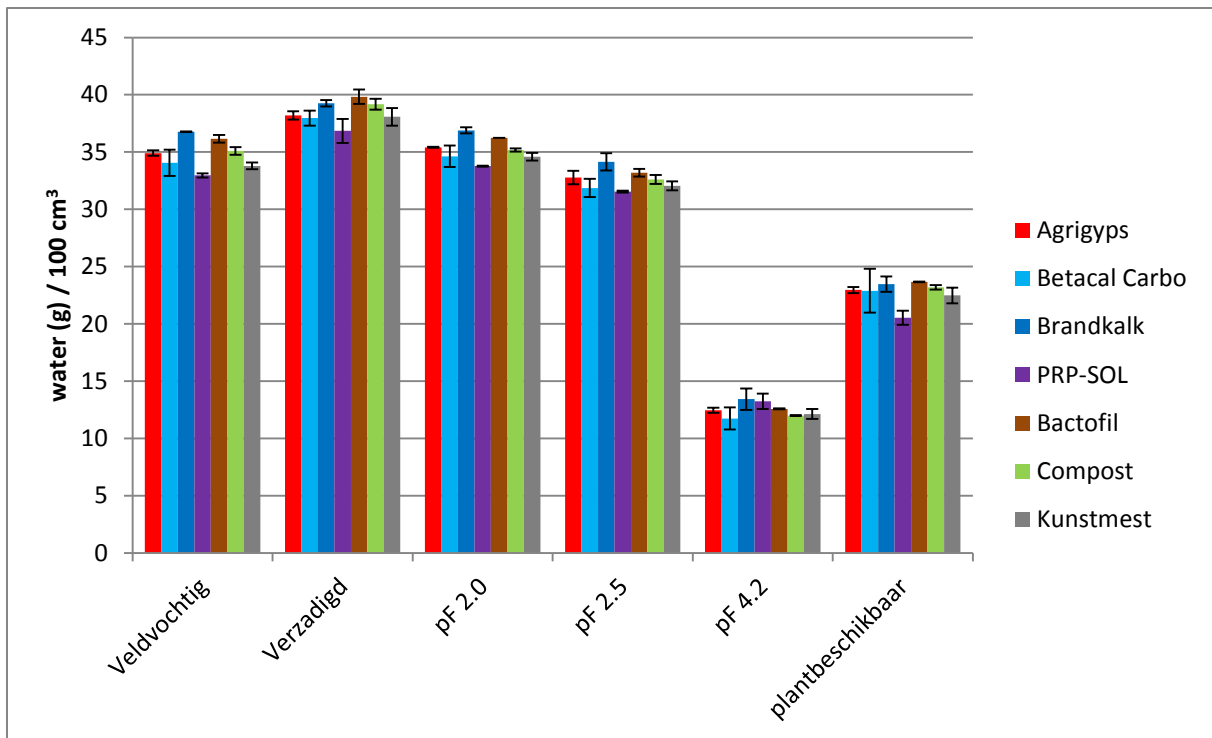
Waterbergend vermogen

In dezelfde monsters als de bepaling van de bulkdichtheid is ook het vochtbergend vermogen bepaald (pF). In onderstaande figuren zijn per locatie de resultaten gepresenteerd van verschillende vochttoestanden: veldvochtig, verzadigd, bij veldcapaciteit (pF 2 en pF 2.5) en bij verwelkingspunt (pF 4.2). In bijlage 6 zijn de resultaten opgenomen. In figuren 3.5 t/m 3.8 wordt het gemiddeld waterbergend vermogen per locatie weergegeven.

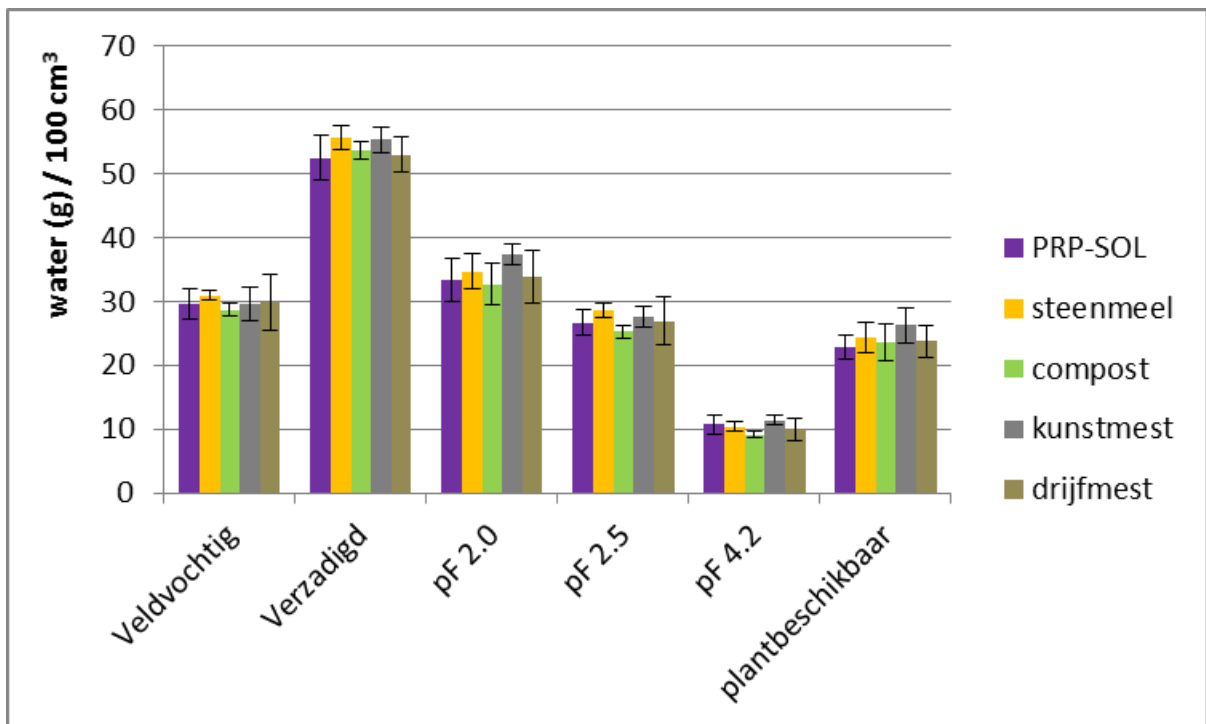


Figuur 3.5 Gemiddeld waterbergend vermogen van enkele behandelingen in Kollumerwaard in 2015.

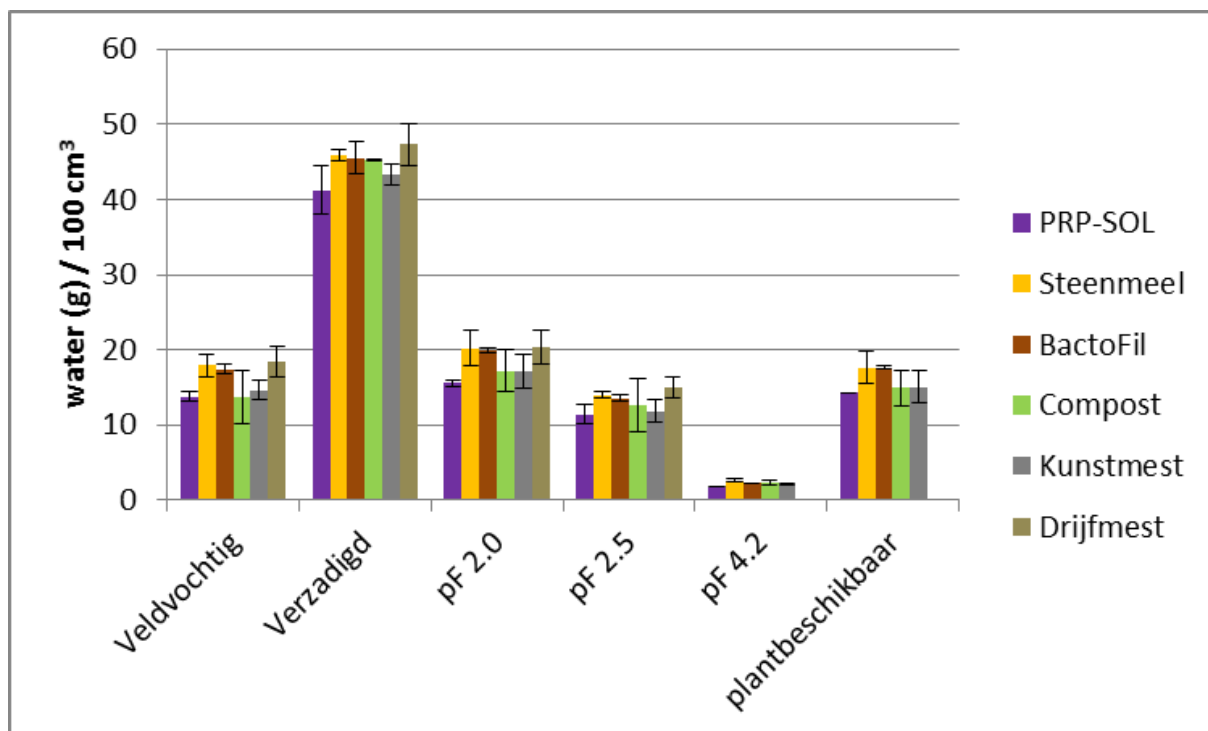
* enkelvoudige bepaling



Figuur 3.6 Gemiddeld waterbergend vermogen van enkele behandelingen in Lelystad in 2015.



Figuur 3.7 Gemiddeld waterbergend vermogen van enkele behandelingen in Valthermond in 2015.



Figuur 3.8 Gemiddeld waterbergend vermogen van enkele behandelingen in Vredepeel in 2015.

Per locatie zijn er tussen de toegepaste bodemverbeteraars geen verschillen gevonden in waterbergend vermogen, op zowel de klei- als zandlocaties.

3.1.2 Chemische bodemparameters

Algemeen chemisch grondonderzoek (inclusief CEC grootte en bezetting, pH en EC)
 In het algemeen zijn geen duidelijke verschillen tussen de jaren 2012 en 2015 vastgesteld, zie bijlage 7. Een uitzondering is de gemeten Ca-beschikbaarheid die voor de meeste behandelingen en voor alle locaties gedaald is. In sommige gevallen is de daling aanzienlijk, zoals bijvoorbeeld voor de locatie Lelystad. De oorzaak hiervan kan zijn dat in 2012 in het najaar is bemonsterd en in het afsluitende jaar 2015 in het voorjaar. Daardoor kan er meer uitspoeling zijn opgetreden.

In 2012 daalde de Ca-bezetting op de kleilocaties bij de behandeling met Brandkalk door een groot aandeel MgO in Brandkalk, hetgeen leidde tot een stijging van de Mg-bezetting van 5 naar 10%. De andere behandelingen verschilden niet van elkaar met een Ca-bezetting van 91-92%. In het algemeen geldt dat een hogere Ca-bezetting een betere bodemstructuur oplevert.

Voor alle kleilocaties geldt dat het algemeen grondonderzoek laat zien dat de CEC-Mg bezetting van de Brandkalkbehandeling verhoogd is. Dit komt nog sterker naar voren in beschikbaar Mg (Mg-PAE) die meer dan dubbel zo hoog is als op de andere behandelingen. Voor de drie kleilocaties geldt ook dat gemiddeld over alle behandelingen er sprake is van een pH-stijging ten opzichte van 2010, voor Lelystad is deze het grootst, gevolgd door Westmaas en Kollumerwaard.

In Kollumerwaard zijn er behalve de Brandkalk geen grote verschillen waargenomen tussen 2012 en 2015. In Lelystad is ten opzichte van 2012 in 2015 de pH van de kunstmest en drijfmest behandelingen licht gedaald, terwijl de andere min of meer gelijk zijn gebleven. Over de hele linie is K-toestand (zowel K-PAE als K-getal) ten opzichte van 2012 gestegen. De Ca-beschikbaarheid (Ca-water) in 2015 is lager dan in 2012. In 2012 is in de herfst gemeten en in 2015 in het voorjaar. Uitspoeling in de winter kan de oorzaak zijn voor het verschil in Ca-beschikbaarheid. Ook voor Westmaas geldt dat er voor alle

behandelingen een daling van Ca-beschikbaarheid is ten opzichte van 2012. Andere parameters zijn min of meer gelijk.

In Valthermond zijn effecten zichtbaar van de steenmeelbehandeling, maar de werking is niet consistent. Zowel de K-toestand (K-PAE, K-getal), de Mg-PAE als Na-PAE toestand zijn duidelijk gestegen. Daarenboven lijkt ook de grootte van de CEC bij steenmeel te zijn toegenomen. De fosfaatbeschikbaarheid (P-PAE) is daarentegen duidelijker lager bij de andere behandelingen. De Ca-beschikbaarheid van alle behandelingen is in 2015 ook op Valthermond afgenomen ten opzichte van 2012. De Mg-PAE toestand van de compostbehandeling is gestegen.

Op locatie Vredepeel is het tegenovergestelde te zien: de fosfaattoestand (P-PAE, P-AL), de K-toestand (K-PAE), Mg-PAE en Na-PAE is voor alle behandelingen gedaald. Met name voor Na-toestand is een forse daling van de Na-toestand te zien. De fosfaatbeschikbaarheid (P-PAE) voor Steenmeel is duidelijker lager dan van de andere behandelingen. Ook voor Steenmeel geldt dat er in 2015 een lichte hoging van de CEC en van de Ca-beschikbaarheid is gemeten ten opzichte van 2012. De andere behandelingen vertonen geen of een lichte daling van de beschikbare Ca.

Voor de kleilocaties Kollumerwaard en Lelystad is de CEC bezetting zowel met NIR (Near Infra Red Spectroscopy) als met de natchemische methode bepaald (de Cohexmethode). Net als in 2012 blijkt dat in 2015 Brandkalk de magnesiumbezetting van het adsorptiecomplex is verhoogd en de calciumbezetting verlaagd, zie bijlage 8.

Ca in bodemvocht

Een toenemende bezetting van het kationencomplex met calcium leidt tot een hoger gehalte calcium in het bodemvocht. Een laag gehalte Mg, K en Na in het bodemvocht is vanuit bodemstructuur bekeken gunstig, omdat er dan een lage gevoeligheid voor dispersie is. Hogere gehalten in het bodemvocht in relatie tot bodemstructuur zijn vooral in kleigronden van belang. Tabel 3.4 laat zien dat Agrigyps in 2015 een verhogend effect heeft op het calciumgehalte in het bodemvocht op één van de drie locaties. Gezien de spreiding van de resultaten is er in het algemeen geen verschil met de referentiebehandeling. Het calciumverhogend effect van de andere kalkmeststoffen is gering of afwezig. De gemeten gehalten zijn niet alleen afhankelijk van de locatie, maar hangen ook af van het weer. Bij meer neerslag zijn de gehalten over het algemeen lager. Ten opzichte van 2012 zijn de gehalten in 2015 over de hele linie wat lager (bijlage 9). Het voorjaar van 2015 was dan ook een stuk natter dan dat van 2012, waardoor meer uitspoeling is opgetreden. Ter indicatie: 1 mmol Ca in bodemvocht komt ongeveer overeen met 50 kg CaO per ha in de bouwvoor dat in oplossing is.

De gehalten Ca in bodemvocht op de twee zandlocaties zijn laag, waarbij het opvallend is dat de waarden in Vredepeel relatief hoog zijn ten opzichte van voorgaande jaren. De oorzaak is niet duidelijk.

Tabel 3.4 Gemiddelde Ca-water extractie (1:2 volume-extract water) per behandeling per locatie in 2015, in mmol/liter.

Behandeling	Locatie							grondsoort
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel	Klei	Zand	
Agrigyps	0,9	0,7	2,6				1,4	
Betacal carbo	1,0	0,6	1,0				0,9	
Brandkalk	0,9	0,6	0,9				0,8	
PRP-SOL	0,8	0,7	0,9	< 0,1	0,8	0,8	0,4	
BactoFil		0,7	0,9		0,9	0,8		
Steenmeel				< 0,1	0,6		0,4	
Compost	0,9	0,7	0,9	< 0,1	0,8	0,8	0,5	
Drijfmest	0,8	0,6	0,8	< 0,1	0,8	0,7	0,5	
Kunstmest	0,9	0,6	1,0	< 0,1	0,9	0,8	0,5	

Fractie hydrofoob organische stof

Op de drie kleilocaties was er geen consistent verschil tussen de behandelingen. De hoeveelheid hydrofiële organische stof was echter voor vrijwel alle behandelingen hoger dan van de referentie kunstmest.

Hot Water extractable Carbon

Hot Water extractable Carbon (HWC) is in 2012 en in het voorjaar van 2015 gemeten. Op alle drie de kleilocaties is de HWC voor de behandeling compost hoger dan de referentie kunstmest. Gemiddeld zijn de behandeling compost, Betacal Carbo en PRP-Sol respectievelijk 30%, 10% en 10% hoger dan de referentie kunstmest (zie Tabel 3.5). De andere behandelingen verschillen minder dan 10% van die van kunstmest, met uitzondering van Brandkalk. Met Brandkalk was de HWC op twee van de drie locaties ongeveer 20% lager (zie bijlage 10).

Tabel 3.5 Relatieve gehalte HWC ten opzichte van referentiebehandeling kunstmest in 2012 en 2015, per locatie, per grondsoort (procentueel).

Behandeling	Kollumerwaard		Lelystad		Westmaas		Gem. Klei		Valthermond		Vredepeel		Gem. Zand	
	2012	2015	2012	2015	2012	2015	2012	2015	2012	2015	2012	2015	2012	2015
Agrigyps	101	127	118	101	84	85	101	104						
Betacal carbo	87	125	103	116	92	88	94	110						
Brandkalk	71	116	112	81	88	84	90	93						
PRP-SOL	82	123	93	105	94	103	90	110	102	90	89	115	98	102
BactoFil			88	100	108	99	98	99				103		103
Steenmeel									85	88	96	104	91	96
Compost	87	146	101	139	100	105	96	130	54	61	95	105	75	83
Drijfmest	91	109	109	99	107	92	102	100	73	72	99	111	86	92
Kunstmest	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Op zandgrond is het beeld niet consistent. In Valthermond is bij alle behandelingen de HWC lager tot duidelijk lager (compost en drijfmest) dan bij de referentie kunstmest. In Vredepeel is het beeld omgekeerd. De kunstmest behandeling heeft de laagste HWC (zie bijlage 10).

Tussen klei en zand is er wat betreft de compostbehandeling een duidelijk verschil. Op kleigrond is er een duidelijk hoger relatiefgehalte, op zandgrond een lager relatief gehalte. De andere behandelingen verschillen niet van de referentie kunstmest (<10% verschil).

3.1.3 Biologische bodemparemeters

De schimmel-bacterieverhouding liet in 2012 geen consistent beeld van verschillen zien tussen behandelingen, op de drie kleilocaties. De meting schimmel-bacterieverhouding is in 2015 niet herhaald. De resultaten van de metingen uit 2010 en 2012 zijn opgenomen in bijlage 11.

3.2 Bodemstikstof

Een betere bodemstructuur kan leiden tot een betere groei en daarmee tot een betere nutriëntenbenutting. N-min metingen in het najaar geven een indruk of stikstof beter benut is mits de stikstofbemesting exact gelijk geweest is over alle behandelingen. Dat laatste is bij gebruik van organische producten zoals mest en compost niet met zekerheid vast te stellen.

De N-min metingen die in het najaar zijn uitgevoerd op de kleilocaties direct na de oogst en zo'n 6 weken na de oogst laten gemiddeld over alle jaren weinig verschillen zien tussen de behandelingen (zie Tabel 3.6, en bijlage 12). Het niveau schommelde tussen 20-30 kg per ha per laag van 60 cm. De proefvelden zijn conform de huidige bemestingsadviezen bemest en de hoeveelheid N-min is duidelijk beneden de 35 kg N/ha gebleven. Bij deze niveaus blijft de N-uitspoeling meestal duidelijk beneden 50 mg nitraat per liter. De hoogste waarden zijn gevonden bij de inzet van Compost en Betacal Carbo. Deze bevatten mineraliseerbare organische stikstof, waarbij de mineralisatie ook na de oogst nog kan doorgaan.

Tabel 3.6 De N-min waarden gemiddeld over de laag 0-60 cm en op 2 meettijdstippen na de oogst over 5 meetjaren en de maximumwaarde die gemeten is over 5 meetjaren in de laag 0-30 of 30-60 cm, in kg N /ha

Behandeling	Gemiddeld				Maximum			
	Kollumer-waard	Lelystad	Westmaas	Gem.	Kollumer-waard	Lelystad	Westmaas	Gem.
Agrigyps	30	19	25	25	36	48	29	38
Betacal carbo	50	20	27	32	157	55	40	84
Brandkalk	30	19	26	25	18	44	35	32
PRP-SOL	26	19	23	23	19	44	29	31
Condit 5%	29	18	21	23	11	27	5	14
Xurian	27	26	22	25	16	44	11	24
Bactofil A10	24	14	22	20	20	26	23	23
Biochar hout 2.5		20				46		
Biochar hout 5.0	25	22			19	53		
Kunstmest	24	22	24	23	12	53	29	31
Drijfmest	24	21	27	24	16	47	33	32
Compost	37	19	27	28	58	39	32	43

3.3 Gewasontwikkeling, opbrengst en kwaliteit

3.3.1 Gewasontwikkeling 2015

Gedurende het teeltseizoen is maandelijks een gewasbeoordeling gedaan waarbij gekeken is naar de grofheid van het pootbed (alleen vlak na het poten), opkomst, stand en kleur van het gewas en grondbedekking. In Lelystad werden er duidelijke verschillen gevonden in kleur van het gewas. De behandeling met Condit en Bactofil bleef achter in kleur ten opzichte van kunstmest. Op het eind van de teelt was er een mindere gewasstand in de velden waar Bactofil was toegepast. In beide gevallen is dit te wijten aan een te lage aanvoer van stikstof. De behandeling met compost had in juli en augustus een mindere gewasstand. In Valthernmond waren er geen duidelijke verschillen zichtbaar, evenals Westmaas. In Vredepeel werd de grofheid van de aardappelrug van de behandeling met Steenmeel als minder goed beoordeeld. Bij de eerste beoordeling scoorden PRP-sol, Xurian Optimum en Condit een betere bodembedekking ten opzichte van referentie kunstmest. Eind augustus was de bodembedekking, kleur en stand van het gewas minder van de behandeling met Condit. Half september was dit eveneens het geval voor het object Bactofil. Bij een beoordeling van ziekteaantasting scoorde Xurian Optimum op half september beter dan kunstmest. Aangezien er naast bovengenoemde verschillen verder geen verschillen zijn waargenomen, zijn de waarnemingsresultaten van 2015 verder niet opgenomen in deze rapportage.

3.3.2 Opbrengst en kwaliteit per grondsoort en locatie 2015

De effecten van het toepassen van bodemverbeteraars kunnen per grondsoort verschillen. In Tabel 3.7 zijn de relatieve opbrengsten van 2015 per bodemverbeteraar op alle locaties en op kleigrond, en zand- en dalgrond met elkaar vergeleken.

Tabel 3.7 Relatieve opbrengst 2015 op klei en zand-en dalgrond ten opzichte van referentie kunstmest (=100%)

Bodemverbeteraars	Alle locaties		Kleigrond		Zand- en dalgrond	
<i>Kalk en calciummeststoffen</i>						
Agrigyps	100.3	abc	100.7	abcd ¹⁾		
Brandkalk	103.2	c	103.6	cd		
Betacal carbo	101.5	bc	102.0	bcd		
PRP-sol	97.4	ab	96.6	a	98.5	a
<i>Bodemverbeteraars met micro-organismen of die bodemleven stimuleren</i>						
Condit	98.3	ab	99.8	abcd	95.9	a
Xurian optimum	100.9	bc	100.8	abcd	101.0	a
Bactofil	95.8	a	94.7	a	98.5	a
<i>Overige producten: Biochar en steenmeel</i>						
Biochar ECN	99.9	abc			98.9	a
Biochar Norit	100.4	abc	101.9	abcd	98.5	a
Biochar Romchar	100.1	abc			99.0	a
Biochar hout 2,5 ton	99.8	abc	100.2	abcd		
Biochar hout 5 ton	97.1	ab	98.6	abc	94.2	a
Steenmeel	97.0	ab			96.3	a
<i>Referenties</i>						
Compost	102.7	c	104.3	d	100.3	a
Drijfmest	97.3	ab	97.6	ab	96.8	a
Kunstmest	100.0	abc	100.0	abcd	100.0	a
F pr.	<0.05		<0.05		n.s.	

¹⁾ Per kolom zijn gemiddelden met een gemeenschappelijke letter niet significant verschillend volgens de paarsgewijze t-toets (P=0.05).

Ten opzichte van kunstmest zijn er geen betrouwbare verschillen in relatieve opbrengst wanneer de relatieve opbrengsten over alle locaties vergeleken worden. Ten opzichte

van de referentie kunstmest is er geen significant verschil in relatieve opbrengst van de behandelingen met bodemverbeteraar op zowel kleigrond als zand-dalgrond. Ook ten opzichte van referentie drijfmest zijn er geen betrouwbare verschillen in opbrengst behalve Brandkalk. Deze heeft over alles locaties en op kleigrond een hogere opbrengst dan de referentie drijfmest.

De relatieve opbrengst ten opzichte van referentie kunstmest (=100%) van de verschillende locaties wordt weergegeven in Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Relatieve opbrengst 2015 van de 5 locaties ten opzichte van referentie kunstmest (=100%)

	Kollumerwaard 28-55 mm		Lelystad 40-70 mm		Westmaas 40-70 mm		Valthermond ubg ²⁾		Vredepeel 40-70 mm	
100% =	34,8 ton/ha		51,3 ton/ha		38,3 ton/ha		77,9 ton/ha		76,0 ton/ha	
<i>Kalk en calciummeststoffen</i>										
Agrigyps	100.2	abcd	98.5	ab	103.3	abc				
Betacal carbo	104.6	cd	99.5	ab	101.8	abc				
Brandkalk	107.8	d	99.4	ab	103.6	bc				
PRP-sol	92.1	a	95.0	ab	102.8	abc	99.6	a	97.3	ab
<i>Bodemverbeteraars met micro-organismen of die het bodemleven stimuleren</i>										
Condit	96.2	abc	100.7	b	102.6	abc	99.2	a	92.6	a
Xurian Optimum	107.4	d	99.9	b	95.3	a	103.8	a	98.2	ab
Bactofil			92.0	a	97.3	ab			97.0	ab
<i>Overige producten: Biochar en steenmeel</i>										
Biochar Norit	101.9	bcd					100.1	a		
Biochar ECN							100.4	a		
Biochar hout 2,5 ton			98.3	ab						
Biochar hout 5 ton	98.8	abcd	96.4	ab			95.7	a		
Romchar							100.6	a		
Steenmeel							97.9	a	94.8	ab
<i>Referenties</i>										
Compost	102.8	bcd	101.4	b	108.8	c	100.4	a	100.2	b
Drijfmest	94.8	ab	94.2	ab	103.9	bc	98.8	a	94.8	ab
Kunstmest	100.0	abcd ³⁾	100.0	b	100.0	ab	100.0	a	100.0	b
Lsd ¹⁾	9.308		7.566		8.196		9.701		7.253	
F pr.	<0.05		n.s. ⁴⁾		n.s.		n.s.		n.s.	

1) Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd (least significant difference), dan zijn de verschillen betrouwbaar

2) Ubg: uitbetalingsgewicht

3) Per kolom zijn gemiddelden met een gemeenschappelijke letter niet significant verschillend volgens de paarsgewijze t-toets (P=0.05).

4) n.s. = niet significant tov referentie kunstmest

Ten opzichte van de referentie kunstmest heeft in Lelystad de toepassing met Bactofil een significant lagere opbrengst. Op de andere locaties is er geen significant verschil in opbrengst tussen de toegepaste bodemverbeteraars en referentie kunstmest.

3.3.3 Berekenende afvoer van stikstof en fosfaat per locatie in 2015

De afvoer van stikstof en fosfaat per hectare is alleen voor de kleilocaties bepaald. De gevonden waarden geven een indruk van de berekenende stikstof- en fosfaatafvoer met het geoogste product, zie Tabel 3.9 en Tabel 3.10.

Tabel 3.9 Afvoer van stikstof (N) in gr/kg ds en in kg/ha

Bodemverbeteraar	N-totaal gr/kg ds			N afvoer kg/ha		
	KW ¹	LS	WM	KW	LS	WM
Agrigyps	*	14.3	14.5	*	152	150
Betacal carbo	*	14.8	15	*	154	147
Brandkalk	16.4	15.9	15.4	120	160	147
PRP-SOL	16.2	14.5	15.1	108	148	147
Condit	*	*	*	*	*	*
Xurian Optimum	16.3	*	*	116	*	*
Biochar norit	*	-	-	*	-	-
Biochar hout 2.5 ton	-	16.3	-	-	169	-
Biochar hout 5 ton	16.4	16.2	-	111	159	-
Bactofil A10	-	14	15	-	139	143
Compost	*	14.6	16.1	*	160	160
Drijfmest	*	15.9	15.9	*	157	155
Kunstmest	*	15.3	15.5	*	165	144

¹ KW = Kollumerwaard, LS = Lelystad, WM = Westmaas

*niet gemeten

- niet getest

Tabel 3.10 Afvoer van fosfaat (P₂O₅) in gr/kg ds en in kg/ha

Bodemverbeteraar	P gr/kg ds			P ₂ O ₅ afvoer kg/ha		
	KW ¹	LS	WM	KW	LS	WM
Agrigyps	3	1.4	1.9	46	34	45
Betacal carbo	3	1.4	1.8	49	33	40
Brandkalk	2.9	1.7	2	48	39	44
PRP-SOL	2.8	1.4	2	43	33	45
Condit	3.3	*	*	52	*	*
Xurian Optimum	2.8	*	*	46	*	*
Biochar norit	3	-	-	49	-	-
Biochar hout 2.5 ton	-	1.6	-	-	38	-
Biochar hout 5 ton	3.1	1.7	-	48	38	-
Bactofil A10	-	1.5	1.9	-	34	41
Compost	3	1.6	2.1	50	40	48
Drijfmest	2.8	1.5	2.1	44	34	47
Kunstmest	2.7	1.5	2	45	37	43

¹ KW = Kollumerwaard, LS = Lelystad, WM = Westmaas

*niet gemeten

- niet getest

Opvallend is het hoge gehalte aan fosfaat in de droge stof van de behandeling met Condit in Kollumerwaard. Daardoor komt de fosfaatafvoer het hoogst uit van de metingen op deze locatie. Ook opvallend is de relatief lage afvoer van stikstof van de

behandeling met Bactofil in Lelystad door het lage stikstofgehalte van het afgevoerde product en de lagere droge stof opbrengst.

3.3.4 Opbrengsten 2010-2015

In Bijlage 14 staan de opbrengsten van de verschillende locaties per jaar en de gemiddelde opbrengst per gewas. In deze paragraaf staan de opbrengsten over de jaren 2010-2015. Allereerst de relatieve opbrengst over alle gewassen en locaties en per grondsoort (Tabel 3.11) (en voor aardappel Tabel 3.12).

Tabel 3.11 Gemiddelde relatieve opbrengst over alle gewassen en locaties in 2010 t/m 2015 ten opzichte van referentie kunstmest (100%)

Bodemverbeteraar	Alle locaties		Locaties op kleigrond		Locaties op zand en dalgrond		Locaties waar bodemverbeteraar getest is ¹⁾
<i>Kalk en calciummeststoffen</i>							
Agrigyps	100.7	c	102.8	b			LS, KW, WM
Brandkalk	100.0	bc	102.2	b			LS, KW, WM
Betacal carbo	99.2	bc	101.3	b			LS, KW, WM
PRP-sol	100.0	bc	102.3	b	98.44	a	Alle
<i>Bodemverbeteraars met micro-organismen of die bodemleven stimuleren</i>							
Condit	96.9	ab	99.7	b	94.87	a	Alle
Xurian optimum	98.3	bc	100.3	b	97.55	a	Alle
Bactofil	93.0	a	94.6	a	97.14	a	LS, WM
<i>Overige producten: Biochar en steenmeel</i>							
Biochar ECN	99.1	bc			97.40	a	Alle
Biochar Norit	99.2	bc	101.4	b	97.69	a	Alle
Romchar	100.4	bc			98.67	a	LS, WM
Biochar hout 2,5 ton	98.8	bc	101.0	b			Alle
Biochar hout 5 ton	98.3	bc	101.7	b	94.35	a	Alle
Steenmeel	97.1	abc			95.81	a	LS, WM
<i>Referenties</i>							
Compost	99.6	bc	102.0	b	97.78	a	Alle
Drijfmest	98.2	bc	101.0	b	95.94	a	Alle
Kunstmest ²⁾	99.3	bc ³⁾	100.8 ²⁾	b	98.69 ²⁾	a	Alle
F pr.	<0.05		<0.10		n.s.		

¹⁾ LS = Lelystad (klei), KW = Kollumerwaard (klei), WM = Westmaas (klei), VM = Valthermond (dal), VP = Vredepeel (zand).

²⁾ Doordat niet alle bodemverbeteraars op klei én zand/dalgrond toegepast zijn staat de referentie kunstmest niet op 100%.

³⁾ Per kolom zijn gemiddelden met een gemeenschappelijke letter niet significant verschillend volgens de paarsgewijze t-toets (P=0.05).

Ten opzichte van de referentie kunstmest heeft het object Bactofil een lagere opbrengst evenals ten opzichte van de overige objecten (behalve Steenmeel).

Om het effect van bodem- en structuurverbeteraars per grondsoort te kunnen beoordelen zijn de opbrengsten over de jaren 2010 tot en met 2015 per grondsoort (klei en zand/dalgrond) naast elkaar gezet.

Per grondsoort zijn er over de periode 2010-2015 alleen op kleigrond voor Bactofil significante verschillen gevonden ten opzichte van referentie kunstmest en de overige bodemverbeteraars. Zoals eerder genoemd is hier vooral sprake van een bemestingseffect (beschikbare stikstof). Ondanks het gericht inzetten van de

bodemverbeteraars per grondsoort zijn er niet meer verschillen gevonden. Zo liggen de kalkmeststoffen alleen op kleigrond en steenmeel alleen op zand en dalgrond omdat deze op de betreffende grondsoorten het meest effect zouden kunnen hebben.

Tabel 3.12 Relatieve opbrengsten van de bodemverbeteraars over 2010-2015 over alle locaties gemiddeld voor aardappel.

Bodemverbeteraar	zetmeelaardappel		cons. aardappel		pootaardappel	
	Valthermond 2011	Valthermond 2013	Lelystad 2015	Westmaas 2011	Kollumerwaard 2011	Kollumerwaard 2015
	Valthermond 2015		Westmaas 2015	Vredepeel 2015		
<i>Kalk en Calciummeststoffen</i>						
Agrigyps			100.4	ab	100.9	bc
Brandkalk			101.8	b	104.3	c
Betacal carbo			99.0	ab	102.6	bc
PRP-SOL	106.1	a	100.8	b	96.0	ab
<i>Bodemverbeteraars met micro-organismen of die het bodemleven stimuleren</i>						
Condit	102.1	a	99.0	ab	93.5	a
Xurian Optimum	106.9	a	98.0	ab	104.2	c
BactoFil B10 ²⁾			95.8	a		
<i>Overige producten: Biochar en steenmeel</i>						
Biochar ECN	103.6	a				
Biochar norit	103.6	a			100.7	bc
Biochar hout 2,5 ton			99.6	ab		
Biochar hout 5 ton	100.0	a	97.8	ab	99.8	abc
Biochar Romchar	105.8	a			100.0	abc
Steenmeel	100.2	a	96.5	ab		
<i>Referenties</i>						
Compost	107.5	a	102.9	b	102.0	bc
Drijfmest	104.6	a	99.6	ab	98.1	abc
Kunstmest	100.0	a	100.0	ab	100.0	abc ¹⁾
F pr.	n.s.		n.s.		n.s.	

¹⁾ Per kolom zijn gemiddelden met een gemeenschappelijke letter niet significant verschillend volgens de paarsgewijze t-toets (P=0.05).

Er is geen significant verschil in opbrengst ten opzichte van de referentie kunstmest wanneer de relatieve marktbaar opbrengsten van aardappelen over 2010-2015 met elkaar vergeleken worden.

3.3.5 Stikstof en fosfaatoverschot per locatie 2010-2015

In bijlage 15 is de aanvoer en afvoer van stikstof en fosfaat over de jaren 2010 tot en met 2015 opgenomen. Het relatieve stikstof- en fosfaatoverschot per bodemverbeteraars over 2015 en gemiddeld over de jaren wordt weergegeven in Tabel 3.13 en Tabel 3.14.

Tabel 3.13 Relatieve N overschot in kg/ha van de bodemverbeteraars over 2015 en 2010-2015 per locatie.

	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas
Agrigyps	-8	14	33
Brandkalk	-12	15	38
Betacal carbo	-9	27	47
PRP-SOL	-10	12	26
Condit	-16	6	22
Xurian Optimum	-28	16	33
Biochar norit	-12	-	-
Biochar hout 2,5 ton	-	19	-
Biochar hout 5 ton	-7	11	-
Bactofil	-	-	-
Compost	-9	18	33
Drijfmest	-11	12	24
Kunstmest	-22	14	31

Tabel 3.14 Relatieve P₂O₅ overschot in kg/ha van de bodemverbeteraars 2010-2015 per locatie.

	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas
Agrigyps	18	1	27
Brandkalk	10	5	30
Betacal carbo	30	11	43
PRP-SOL	14	2	28
Condit	4	-14	5
Xurian Optimum	27	-12	27
Biochar norit	-3	-	-
Biochar hout 2,5 ton	-	6	-
Biochar hout 5 ton	-10	5	-
Bactofil	-	-	18
Compost	14	-3	26
Drijfmest	18	-3	26
Kunstmest	-2	-1	28

Wanneer er geen getallen in de tabel staan, zijn er geen cijfers bekend van de N- of P-afvoer. Zowel in Westmaas en Lelystad is het stikstofoverschot van Betacal carbo gemiddeld genomen hoog. Het gemiddeld fosfaatoverschot van Condit is zowel op Lelystad en Westmaas het laagst.

3.4 Kostenindicatie toegepaste bodemverbeteraars

De kosten van aanschaf en toepassing van bodemverbeteraars zijn afgezet tegen de benodigde meeropbrengsten van aardappelen (consumptie-, poot- en zetmeelaardappel) om de kosten terug te verdienen. Er zijn twee manieren gehanteerd om de kosten bij de toepassing van de verschillende bodemverbeteraars, zoals toegepast in deze proef, door te rekenen:

- De gemiddelde kosten voor het aanschaffen en uitrijden/opbrengen per jaar zijn doorberekend;
- De jaarlijkse kosten vanaf 2010 t/m 2015 zijn opgeteld, ervan uitgaande dat zich dit voornamelijk zou uitbetalen in een meeropbrengst aardappelen zes jaar later, in 2015.

Deze berekeningen zijn weergegeven in Tabel 3.15 en Tabel 3.16.

Voor de eenmalige toepassing van bijvoorbeeld Biochar is er gerekend met een afschrijving over 2010-2015. In de berekening is Xurian Optimum niet meegenomen wegens het ontbreken gegevens over de kosten van toepassing van dit product.

Tabel 3.15 Kostenindicatie van bodemverbeteraars gemiddeld per jaar en cumulatief over 2010-2015 in €/ha.

Bodemverbeteraar	Eenheid	Gemiddelde kosten bodemverbeteraar per jaar	Kunstmeststrooier	Veldspuit	Loonwerk	Kostenbesparing kunstmest per jaar	totaalkosten per jaar (kosten bodemverbeteraar + toediening-kunstmestbesparing)	Toediening over 6 jaar
Agrigyps	kg/ ha	€ 53			€ 90	€ 0	€ 143	€ 861
Brandkalk	kg/ ha	€ 240			€ 90	€ 0	€ 330	€ 1.982
Betacal carbo	kg/ ha	€ 0			€ 90	€ 22	€ 67	€ 406
PRP-SOL	kg/ ha	€ 123	€ 25			€ 0	€ 148	€ 892
Condit 7%N	kg/ ha	€ 390	€ 25			€ 144	€ 270	€ 1.623
Bactofil	kg/ ha	€ 82		€ 30		€ 91	€ 21	€ 127
Steenmeel	ton/ha	€ 1.108			€ 90	€ 0	€ 1.198	€ 7.190
Compost	ton/ha	€ 48			€ 90	€ 60	€ 77	€ 463

Tabel 3.16 Benodigde meeropbrengst aardappel op basis van gemiddelde indicatieve kosten bij toepassing van een bodemverbeteraar per jaar en cumulatief over 2010-2015 in €/ha

Bodemverbeteraar	Meer-opbrengst consumptie-aardappel 100%=51.5 ton/ha	Meer-opbrengst poot-aardappel 100%=36.8 ton/ha	Meer-opbrengst zetmeel-aardappel 100%=41.5 ton/ha	Meer-opbrengst consumptie-aardappel 100%=51.5 ton/ha	Meer-opbrengst poot-aardappel 100%=36.8 ton/ha	Meer-opbrengst zetmeel-aardappel 100%=41.5 ton/ha
Agrigyps	2%	1%	*	10%	8%	*
Brandkalk	4%	3%	*	24%	18%	*
Betacal carbo	1%	1%	*	5%	4%	*
PRP-SOL	2%	1%	5%	11%	8%	31%
Condit 7%N	3%	2%	9%	20%	15%	56%
Bactofil	0%	0%	1%	2%	1%	4%
Steenmeel	15%	11%	41%	87%	65%	248%
Compost	1%	1%	3%	6%	4%	16%

Deze berekening is slechts indicatief en gebaseerd op de toepassing van bodemverbeteraars zoals deze in de proef zijn uitgevoerd. In een enkel geval is een bodemverbeteraar niet jaarlijks toegepast. In de berekening is rekening gehouden met eventuele lagere kosten van een kunstmestgift (behalve in het geval van compost). Biochar is in bovenstaande tabel niet meegenomen aangezien deze commercieel niet beschikbaar zal zijn. De kalk en calciummeststoffen zijn niet meegenomen in de berekening voor zetmeelaardappel aangezien deze op zand/dalgrond geteeld worden waar deze bodemverbeteraars niet toegepast zijn. In bijlage 16 is een gedetailleerdere berekening opgenomen.

De benodigde meeropbrengsten zullen uiteraard in het geval van een doorberekening van een toepassing voorafgaand aan de teelt lager zijn dan de cumulatieve kosten. De berekende aanvoer van stikstof, fosfaat en of kali heeft vrij sterk kostenverlagend effect op de toepassing van bodemverbeteraars, terwijl de toepassing van Agrigyps ondanks lage productkosten, loonwerkkosten met zich meebrengen en daardoor gelijk uitkomt dan bodemverbeteraars die duurder zijn in aanschaf, maar goedkoper zijn in de toediening, zoals PRP-sol.

4 Discussie en conclusies

4.1 Algemeen

De proef is uitgevoerd op drie klei- en twee zandlocaties in verschillende delen van het land. De locaties vertegenwoordigen een aantal typisch akkerbouwregio's; het zuidwestelijke kleigebied (Westmaas), de jonge zeeleigonden (Lelystad), het noordelijke kleigebied (Kollumerwaard), het zuidelijk en oostelijk zandgebied (Vredepeel) en de akkerbouw op dalgronden (Valthermond). Daarmee is gezorgd voor een goede landelijke dekking/spreiding. Op de bedrijven zijn typische bouwplannen voor die regio toegepast. Bekend is dat eventueel positieve effecten zich met de jaren sterker zullen manifesteren. Daarom is de proef gedurende zes jaar uitgevoerd. Daarbij is er bij de opzet al voor gezorgd dat, ondanks de verscheidenheid in bouwplannen per proeflocatie, er in het laatste jaar van de proef overal aardappels geteeld zouden worden. Met eenzelfde gewas kan het meest scherp worden getoetst op de meerwaarde van bodemverbeteraars op de gewasopbrengst en op verandering in de bodemkwaliteit. De gewasopbrengsten zijn elk jaar bepaald. De bodemkwaliteit en bodemstructuur gerelateerde parameters zijn bij aanvang in 2012 en in het slotjaar van de proef gemeten. Dit omdat het bepalen van verandering in bodemkenmerken die een relatie hebben met bodemstructuur relatief duur is en anderzijds ook de verwachting was dat veranderingen geleidelijk op gaan treden. In het navolgende worden de belangrijkste resultaten kort besproken.

4.2 Effecten bodemverbeteraars op bodem

De leveranciers van de producten schrijven diverse effecten toe aan de producten. In de productbeschrijving (Bijlage 1) staan deze bodemverbeterende eigenschappen genoemd. In het uitgevoerde onderzoek zijn niet alle bodemverbeterende eigenschappen getoetst, omdat goede meetmethodes ontbreken om dit objectief vast te stellen of omdat de metingen te kostbaar zijn. Duidelijke opbrengstverschillen en verschillen in de gemeten bodemparameters, gedurende de gehele looptijd van de proef, ontbreken. Het is dan ook niet te verwachten dat er grote wijzigingen zijn opgetreden in de bodemeigenschappen die niet zijn getoetst in de proef.

Een betere nutriëntenbeschikbaarheid is getoetst door het meten van de nutriëntenopname door het gewas. Dit is vooral van belang voor Bactofil en Condit waar ook de stikstofbemesting is aangepast op aangeven van de leverancier. De stikstoflevering is echter in veel gevallen te optimistisch ingeschat waardoor de gewasontwikkeling achterbleef, minder stikstof werd opgenomen en ook opbrengstderving is opgetreden. Bij het ontbreken van stikstoftrappen in de proef kan de stikstoflevering ook niet nauwkeurig worden vastgesteld. In een enkel geval was er sprake van een duidelijk hoger fosfaatgehalte in geoogst gewas in 2015. Dit was echter niet consistent per middel over locaties heen.

De wijze van toepassing van de bodemverbeteraars is afgestemd met de leveranciers. Bij de uitvoering is zoveel mogelijk gekozen voor een jaarlijkse toediening. Dit is gedaan, omdat jaarlijks toedienen mogelijk sneller tot effecten leidt maar ook om milieukundig verantwoord bezig te zijn. Met Agrigyps worden bij eenmalige giften van 5 tot 10 per ha, zoals in de praktijk voorkomt, veel te hoge zwavelgiften gegeven, wat tot te hoge zwavelgehalten in het grondwater leidt (zie verderop). Een jaarlijkse toediening wijkt dan soms af van de praktijk waar incidenteel of maar eens in de paar jaar een hoge dosering wordt gegeven.

Na zes proefjaren met jaarlijkse toediening zijn nauwelijks effecten aangetoond van de toegevoegde bodemverbeteraars. Het is dan ook onwaarschijnlijk dat hogere eenmalige doseringen wel tot positieve effecten zou leiden, temeer daar via de jaarlijkse toepassing in totaal meer is toegepast dan met eenmalige doseringen gedurende deze zou gebeuren.

Bij de start van de proef is er specifiek gezocht naar percelen met enige problemen en niet naar extremen. Dit was ook conform het doel van de proef: nagaan of door gebruik van de bodemverbeteraars op 'gewone' percelen de bodemkwaliteit en opbrengst is te verbeteren. Dat er niet meer verschillen gevonden zijn in de fysische- en chemische bodemparameters, bij de toepassing van de bodemverbeteraars, kan liggen aan het feit dat:

- de bodemkwaliteit op de proeflocaties relatief goed was, waardoor eventueel positieve effecten van de bodemverbeteraars niet tot uiting komen;
- de gebruikte producten weinig invloed hebben op de bodemkwaliteit onder het toegepaste bouwplan, bodemmanagement en weersomstandigheden;
- er meer tijd nodig is om de effecten van de gebruikte producten op de bodemstructuur voldoende tot uiting te laten komen waardoor er meetbare verschillen ontstaan.

Het laatste is onwaarschijnlijk. De proef heeft zes jaar geduurd. Kennelijk is met een juiste grondbewerking de toplaag van de bodem op orde te houden en bieden bodemverbeteraars geen meerwaarde.

4.3 Wat zijn de juiste bodemparameters om effecten te beoordelen?

Sommige van de metingen die in 2015 zijn uitgevoerd geven een verschil tussen de behandelingen, andere metingen laten niet een duidelijk verschil zien. In tabel 4.1 (kleigrond) en 4.2 (zandgrond) zijn de verschillen van de parameters ten opzichte van de referentie opgenomen.

Voor de kleigronden geven de volgende metingen een duidelijk verschil (>10%) tussen sommige behandelingen en de referentiebehandeling kunstmest:

- doorlatendheid
- indringingsweerstand
- aggregaatstabiliteit
- CEC-bezetting
- HWC

Voor zandgronden zijn er meer metingen die een verschil laten zien van de behandelingen ten opzichte van de referentie (>10%):

- doorlatendheid
- indringingsweerstand
- waterbergend vermogen
- Ca-in bodemvocht
- CEC-bezetting
- HWC

De resultaten van het onderzoek laten zien dat er geen consistent beeld is van de effecten van een bodemverbeteraar op een bodemparameter. Dat kan tussen locaties van dezelfde grondsoort zijn of tussen de twee grondsoorten. Voor de kleilocaties, bijvoorbeeld, laten de resultaten van aggregaatstabiliteit zien dat in de compostbehandeling in Lelystad een verhoging van de stabiliteit wordt gevonden terwijl op locatie Kollumerwaard de stabiliteit niet is toegenomen (zie tabel 3.3, 4.1 en 4.2. De resultaten van de HWC metingen op compostbehandeling zijn hoger dan de

referentiebehandeling kunstmest terwijl op zandgrondlocaties er sprake is van een lagere HWC in vergelijking met de referentiebehandeling.

De in 2015 uitgevoerde fysische en chemische metingen (zie tabel 2.2) zijn ingedeeld op basis van de idee dat de bodemstructuur wordt opgebouwd vanaf de primaire (kleinste) bodemdelen (Dexter, 1988). Op micro-aggregaat niveau (<250µm) komt de bodemstructuur hoofdzakelijk tot stand door chemische (CEC complex) en biologische (bodemleven) factoren. Op macro-aggregaat niveau (> 250µm) komt de bodemstructuur hoofdzakelijk tot stand door fysische factoren.

In deze proeven zijn daarom zowel metingen uitgevoerd op zowel macro-aggregaat niveau (> 250µm) als micro-aggregaat niveau. Met de parameters doorlatendheid en indringingsweerstand worden verschillen op macro-aggregaat niveau gemeten. Met de parameters bulkdichtheid en waterbergend vermogen worden verschillen deels op macro- en deels op micro-aggregaat niveau gemeten. Andere parameters zoals aggregaatstabiliteit, CEC en HWC hebben vooral betrekking op het micro-aggregaat niveau. Wanneer de bodemstructuur op macro-aggregaat niveau wordt gemeten, moet rekening gehouden worden met uitgevoerde teeltmaatregelen. Grondbewerking bijvoorbeeld heeft een grote invloed op macro-aggregaten. De resultaten voor aggregaatstabiliteit laten voor kleigronden verschillen zien, maar voor de zandgronden niet. Omdat de aggregatieprocessen op kleigrond anders verlopen dan op zandgrond moet per grondsoort worden overwogen welke metingen worden ingezet. Andere structuurvormende effecten door gewasgroei, zoals beworteling, hebben een effect op zowel macro-aggregaat niveau als micro-aggregaat niveau.

Eventuele effecten van bodemverbeteraars zullen naar alle waarschijnlijkheid eerst zichtbaar zijn op de micro-aggregaat niveau en zich geleidelijk uiten op macroaggregaat niveau. Dat betekent dat metingen als aggregaatstabiliteit, verschillende aspecten van de CEC bepalingen en HWC in beginsel belangrijke metingen zijn om de effecten van bodemverbeteraars op de korte termijn aan te tonen.

Bij veel van de gemeten parameters zijn geen verschillen tussen behandelingen aangetoond. Gemiddeld over de kleilocaties zijn er geen duidelijke verschillen gevonden tussen de behandeling en de referentie voor de bodemparameters bulkdichtheid, waterbergend vermogen, visuele waarneming (spadeproef), hydrofobe -hydrofiele organische stof en schimmel en bacterieleven (laatste vijf parameters alleen in 2012 gemeten). Op de zandlocaties zijn de aggregaatstabiliteit en bulkdichtheid, de parameters die geen verschillen hebben laten zien. In 2012 was het de CEC bezetting die geen verschil tussen de behandelingen en de referentie liet zien. Dat wil niet zeggen dat deze parameters niet geschikt kunnen zijn voor onderzoek naar bodemstructuur. Biologische parameters en de organische stof van microbiële oorsprong, zoals gemeten met hydrofiele en hydrofobe organische stof, zijn afhankelijk van de biologische activiteit. Bodemleven kent een spreiding in ruimte (verschillen binnen een perceel) en in tijd (reactie op wisselende weersomstandigheden). Bovendien is er vaak een grote variatie in de meetresultaten. Het is niet duidelijk of de verschillen tussen de behandelingen door de spreiding van de meting voldoende naar voren kunnen komen. Het gebruik van bodembioologische metingen in vaststellen van de bodemkwaliteit is perspectiefvol, maar bodembioologische bepalingen zijn in het algemeen relatief duur. In routinematig onderzoek voor de agrarische praktijk worden ze dan ook weinig toegepast.

Zoals hiervoor aangegeven wordt de structuur van de bodem op micro-aggregaat en macro-aggregaat niveau gevormd. Op micro-aggregaatniveau zijn een aantal perspectiefvolle metingen uitgevoerd. De bodemstructuur op macro-aggregaatniveau wordt beïnvloed door teeltmaatregelen zoals grondbewerking. Het effect hiervan op de bodemstructuur wordt bepaald door het bodemvochtgehalte waarbij de bewerking wordt uitgevoerd. Evenals bodemleven is het bodemvochtgehalte veranderlijk in tijd en ruimte, en daardoor lastig te monitoren.

Tabel 4.1 Samenvatting resultaten bodemfysische en bodemchemische metingen in 2015 gemiddeld over de kleilocaties, ten opzichte van referentie kunstmest (kunstmest =100%)

Behandeling	Fysisch					Chemisch								Organische stof HWC
	Doorlatendheid	Indringingsweerstand 0-30	Dichtheid	pF 2.0-4.2	Aggregaat stabiliteit	pH	Ca-beschikbaar	Ca in bodemvocht	CEC-grootte	CEC-bezetting, Ca	CEC-bezetting, Mg	CEC-bezetting Ca, klassiek	CEC-bezetting Mg, klassiek	
Agrigyps	156	115	100	96	114	100	126	160	96	100	98	100	90	104
Betacal carbo	97	106	103	98	108	100	101	108	95	100	101	93	93	110
Brandkalk	125	107	103	100	90	100	81	100	94	99	110	92	259	93
PRP-SOL	110	111	103	97	98	101	100	101	95	100	98	100	95	110
Xurian					119	102	82	90	82	100	91	100	97	100
Condit					128	100	60	116	91	101	87	100	100	108
Bactofil	64	107	98	105	122	100	97	102	94	100	98	99	103	94
Groencompost	91	103	98	96	107	100	104	100	95	100	99	100	99	130
drijfmest	110	109	93	90	98	101	86	94	94	100	97	100	96	100
Kunstmest	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabel 4.2 Samenvatting resultaten bodemfysische en bodemchemische metingen in 2015 gemiddeld over de zandlocaties, ten opzichte van referentie kunstmest (kunstmest=100%)

Behandeling	Fysisch					Chemisch						Organische stof HWC
	Doorlatendheid	Indringingsweerstand 0-30	Dichtheid	pF2.0-4.2	Aggregaat stabiliteit	pH	Ca-beschikbaar	Ca in bodemvocht	CEC-grootte	Ca-bezetting	Mg-bezetting	
PRP-SOL	106	78	110	83	107	103	108	94	107	102	100	102
BactoFil	119	109	104	117	102	103	132	108	113	105	84	103
Steenmeel	90	105	104	105	103	109	302	85	121	110	89	96
Compost	99	91	108	95	96	106	124	96	98	109	102	83
Drijfmest	87	68	107	92	90	104	168	96	99	105	104	92
Kunstmest	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Het effect van het bodemvochtgehalte op de grondbewerking en de kwaliteit van de bodemstructuur (bewerkbaarheid, verkruijmelbaarheid) en de mogelijke invloed van bodemverbeteraars hierop is niet onderzocht. De pF-bepaling lijkt niet voldoende om inzicht te krijgen in de bewerkbaarheid van de grond en de mogelijke effecten van de bodemverbeteraars op de bodemkwaliteit.

De bodemstructuur van macro-aggregaten komt mede tot stand door grondbewerking en weersinvloeden, hierin spelen mechanische eigenschappen van de grond een rol. Het bepalen van enkele mechanische eigenschappen, zoals indrukbaarheid van de grond, is op kleine schaal geprobeerd maar had geen duidelijk toegevoegde waarde. De indringingsweerstand is wel gemeten, maar lijkt geen goede meting te zijn om structuur in de zin van verkruijmeling vast te stellen.

4.4 Effecten bodemverbeteraars op opbrengst

Hoewel er in de meeste gevallen geen opbrengstverhoging geclaimd wordt door de leveranciers van de bodemverbeteraars is dit wel de verwachting. Een betere bodemstructuur, bewerkbaarheid, beworteling, beschikbaarheid van mineralen zou moeten leiden tot betere groeiomstandigheden en daarmee een betere opbrengst en kwaliteit. Zowel over de gehele proef heen als per locatie of grondsoort zijn geen consistent betrouwbare opbrengstverschillen aangetoond. Incidenteel zijn effecten vastgesteld zoals weergegeven in tabel 4.3.

Tabel 4.3 Betrouwbaar verschil in opbrengst per locatie en jaar ten opzichte van referenties kunstmest en drijfmest (alleen van de jaren dat er een verschil gevonden werd)

Jaar	Gewas	Betrouwbare opbrengstverschillen ten opzichte van			
		Hoger	kunstmest lager	Hoger	drijfmest lager
<i>Kollumerwaard</i>					
2010	Zomertarwe	Agrigyps Brandkalk PRP-SOL Condit Xurian Drijfmest	geen	Geen	Biochar hout, kunstmest groencompost
2011	Pootaardappel ¹	Drijfmest	geen	Geen	kunstmest
2012	Wintertarwe	Agrigyps Betacal carbo	geen	Geen	groen compost
2014	Wintertarwe	Xurian	geen	Geen	geen
2015	Pootaardappel	Geen	Geen	Betacal carbo	geen
<i>Lelystad</i>					
2014	Zomertarwe	Agrigyps PRP-SOL Biochar hout	Bactofil	Geen	Bactofil
2015	Pootaardappel ³	Geen	PRP-sol Bactofil	Brandkalk Condit	Geen
<i>Westmaas</i>					
2010	omergerst	Agrigyps PRP-SOL Xurian	geen	Geen	geen
2014	Zaaiui	Geen	Xurian	Geen	geen
<i>Valthemond</i>					
2011	Zetmeel- aardappel ⁴	PRP-sol Condit Compost Drijfmest	Geen	Geen	Kunstmest Xurian Optimum Biochar Norit
2012	Zomergerst	Geen	Condit	Geen	Condit
2013	Zetmeel- aardappel	Geen	Condit	Geen	Condit
2014	Suikerbiet ²	Biochar Romchar	Geen	Biochar Romchar	Groencompost
<i>Vredepeel</i>					
2010	Snijmais	Geen	Drijfmest Condit Xurian Optimum	Kunstmest	geen
2013	Snijmais	Xurian Optimum	Geen	Geen	Geen
2014	Conservenerwt	Geen	Bactofil Xurian Optimum	Geen	Geen

¹ opbrengst in de maat 28-55 mm

² financiële opbrengst

³ opbrengst in de maat 28-50 mm

⁴ Uitbetalingsgewicht

Agrigyps is jaarlijks gebruikt op de kleigronden in een hoeveelheid van 1700 kg/ha. Er is geen significante meeropbrengst aangetoond. Met Agrigyps wordt veel zwavel aangevoerd (240 kg S per ha) die voor een groot deel uitspoelt. Deze uitspoeling is ongewenst voor het milieu. Met de in de proef aangevoerde hoeveelheid Agrigyps stijgt de concentratie in het grondwater met ca. 200 mg sulfaat per liter. Onder normale omstandigheden wordt op veel kleigronden de uitspoelingsgrens van 100-150mg sulfaat al overschreden. Recentelijk heeft de Commissie Deskundigen Meststoffenwet een advies uitgebracht hoe om te gaan met het risico van een stijgende zwavelaanvoer naar landbouwpercelen (CDM, 2014).

Bij Bactofil zou volgens de leverancier 80 kg N per ha kunnen worden bespaard door bacteriële luchtstikstofbinding. Deze 80 kg is in eerste instantie in mindering gebracht op de stikstofgift. In de metingen van 2012 en 2013 resulteerde dat in gelijkwaardige gewasopbrengsten als bij de referentieobjecten, maar in 2014 waren de

gewasopbrengsten bij het Bactofil-object lager. Het is daarom risicovol om op voorhand 80 kg N per ha in mindering te brengen, temeer daar bij het toetsen van bodem- en structuurverbeteraars niet op het scherpst van de snede is bemest. Getracht is namelijk om uit te sluiten dat bodemstructuur verbeterende effecten zijn toe te schrijven aan bemestingseffecten. In de proefopzet van 2015 is ervoor gekozen om 40 kg N per ha in mindering te brengen. Er zijn gedetailleerde bemestingsproeven nodig om na te gaan of er een hoeveelheid stikstof per gewas is te besparen door toepassing van Bactofil, en in hoeverre dit wordt beïnvloed door de groeiomstandigheden (onder andere weersinvloeden).

Ook bij Condit is bij de uitvoering van de proef met minder stikstof bemest. Dit resulteerde in een deel van de metingen in een lagere gewasopbrengst maar in een ander deel niet. In de proefopzet waarin niet minder stikstof was bemest, varieerde de opbrengst van gelijkwaardig aan de referentieobjecten tot soms lager. De indruk is dat de stikstof uit Condit soms te langzaam beschikbaar komt voor het gewas.

De stikstof in Condit is in de proefopzet voor 100% meegeteld (dat wil zeggen als volledig werkzaam beschouwd). Blijkbaar mag men hier niet altijd vanuit gaan. Om de stikstofwerking van Condit nauwkeurig vast te stellen per gewas zijn gedetailleerde bemestingsproeven nodig. Door de verstrengeling met stikstofbemesting is het lastig om de kwaliteiten van Condit als bodemverbeteraar te beoordelen.

Steenmeel is alleen toegepast op de zandgronden. Er is in de afgelopen jaren geen duidelijk positief effect vastgesteld van steenmeel. Er is een aanwijzing dat het K-gehalte is toegenomen (Bijlage 7). In het bodemvocht wordt er echter geen duidelijk hoger gehalte gevonden van kalium. Het geheel is in lijn met proeven die in het verleden zijn uitgevoerd (Bakken, 2000).

Niet alleen is er geen consistent verschil tussen de referentie kunstmest en de getoetste bodemverbeteraars, maar ook niet tussen de referenties onderling. Tussen de referenties kunstmest en drijfmest zijn op voor Lelystad en Kollumerwaard geen grote verschillen te verwachten aangezien er beperkt drijfmest is toegepast. Er is echter wel jaarlijks compost toegepast en ook deze behandeling onderscheidt zich niet consistent met de andere twee referenties. Uit andere proeven, waarbij gestuurd wordt op verbetering van bodemkwaliteit (Mest als Kans, Bodemkwaliteit op Zand), is bekend meer dan zes jaar nodig kan zijn om significante opbrengstverschillen vast te stellen.

In de uitgevoerde proeven is ook in het zesde jaar geen significant effect gevonden op de opbrengst. Uit de analyse is er ook geen aanwijzing dat zich een trend aan het ontwikkelen is. Ofwel bij voorzetting van de proeven is het niet waarschijnlijk dat alsnog positieve effecten op de opbrengst worden aangetoond.

4.5 Is het gebruik van bodemverbeteraars economisch verantwoord?

Het toepassen van bodemverbeteraars zal uiteindelijk moeten resulteren in een kostenbesparing of hogere marktbaar opbrengsten. In enkele gevallen zijn kostenbesparingen op kunstmest denkbaar gezien de samenstelling van het product. Van een aantal producten is er vanuit de fabrikanten advies gegeven over het korten op de kunstmestgift. Andere kostenbesparingen dan kunstmest zijn niet vastgesteld en daarom niet meegenomen in de berekeningen. Daarmee moet de investering vooral terugverdiend worden door hogere opbrengsten. Een 'quick and dirty' berekening in paragraaf 3.4 laat zien dat bij een jaarlijkse toepassing een opbrengstverhoging van 1% tot soms wel 9% nodig is om de kosten terug te verdienen ten opzichte van kunstmest. In het geval van steenmeel zijn de vereiste opbrengstverhogingen niet realistisch. Voor een aantal middelen is de benodigde opbrengststijging gering en kleiner dan de

betrouwbaarheid waarmee opbrengstverschillen kunnen worden vastgesteld. Door het ontbreken van betrouwbare opbrengstverschillen moet geconcludeerd worden dat het economisch niet interessant is om bodemverbeteraars toe te passen.

Op basis van gemiddelde kosten per hectare zullen niet alleen de aardappelen een meeropbrengst moeten geven maar alle gewassen in het bouwplan. Het doorbelasten van de cumulatieve kosten van de toepassing van bodemverbeteraars op het gewas aardappel na zes jaar zal in de praktijk niet snel voorkomen.

Bodem- en structuurverbeteraars zullen niet ieder jaar worden toegepast (zoals dat wel in de proefopzet het geval was), maar afhankelijk zijn van bouwplan en gewasrotatie. Zo zullen de kalkhoudende bodem- en structuurverbeteraars voornamelijk voor rooigewassen als aardappel en ui toegepast worden om de rooibaarheid te verbeteren

De Biochars en ook Steenmeel zijn (nog) niet voor een prijs beschikbaar die ook bij positieve opbrengsteffecten de toepassing economisch verantwoord maakt.

4.6 Conclusies en aanbevelingen

Er kan niet significant worden aangetoond dat de getoetste bodem- en structuurverbeteraars een bijdrage leveren aan een verbetering van de bodemstructuur van de bouwvoor van landbouwpercelen van normale tot goede kwaliteit. Er kan niet significant worden aangetoond dat deze producten leiden tot een opbrengstverhoging. Incidenteel zijn er positieve effecten gebleken uit de proef; deze waren echter niet structureel over jaren, locaties en/of grondsoorten. Als bovendien het kostenaspect wordt meegenomen van deze producten is het economisch resultaat vaak een verslechtering ten opzichte van de referenties.

Op basis van dit onderzoek concluderen we dat toepassing van bodemverbeteraars op gronden van een normale tot goede kwaliteit niet is aan te raden.

Goede zorg voor de bodem is wel van groot belang voor behoud en verbetering van gewasopbrengsten en bodemkwaliteit, waaronder bodemstructuur in het bijzonder. Een goede bodemstructuur is zeer belangrijk voor een goede opbrengst en een goede bewerkbaarheid van gronden, evenals een goede sponswerking van gronden. Daarmee neemt de droogtegevoeligheid af en is er minder risico van piekafvoeren van water. Voorkomen van schade is hierin belangrijk, omdat een slechte structuur lastig te verbeteren is. Behoud van een goede bodemstructuur vraagt om voldoende aanvoer van organische stof, een voldoende ruime vruchtwisseling en aandacht voor een juiste grondbewerking op het juiste moment.

Veel bodemstructuur problemen zijn ook toe te wijzen aan verdichting van de ondergrond. Aanpak van verdichting vergt andere maatregelen die bovendien lang niet altijd gemakkelijk uitvoerbaar zijn (zie Kennisakker.nl, handboek bodemenbemesting).

Literatuur

- Bakken AK, Gautneb H, Sveistrup T & Myhr K I (2000). Crushed rock and mine tailing applied as K-fertilizers on grassland. Nutrient cycling in Agroecosystems, vol 56, nr 1 p53-57).
- CDM, 2014. Advies "Bemesting met zwavelhoudende meststoffen". Commissie deskundigen Meststoffenwet. Wageningen, pp 21.
- Dexter, A.R. (1988). Advances in Characterization of Soil Structure. Soil and Tillage Research, 11, 199-238.
- FAO (2006). Guidelines for soil description. 109 pp.
- Ghani A, Dexter M & Perrott KW (2003). Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation. Soil Biology and Biochemistry 35, 1231–1243.
- Koopmans CJ & Brands L eds. (2003) Testkit bodemkwaliteit. Ondersteuning van duurzaam bodembeheer. Pp 76.
- Paauw, J.G.M., D. van Balen, J.J. de Haan, M.J.G. de Haas, H van der Draai & D.W. Bussink (2012). Effecten bodem- en structuurverbeteraar. Onderzoek op klei-, zand- en dalgrond 2011. PPO nr. 481, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, 55 p.
- Paauw, J.G.M., D. van Balen, J.J. de Haan, M.J.G. de Haas, H van der Draai & D.W. Bussink (2010). Effecten bodem- en structuurverbeteraar. Onderzoek op klei-, zand- en dalgrond 2010. PPO nr. 3250159600, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, 75 p.
- Paauw, J.G.M., D. van Balen, J.J. de Haan, M.J.G. de Haas, H. van der Draai, D.W. Bussink (mrt. 2012). Effecten bodem- en structuurverbeteraar. Onderzoek op klei-, zand- en dalgrond 2011. Resultaten na drie jaar onderzoek. PPO nr. 481, Praktijkonderzoek Plant&Omgeving, 55 p.
- Paauw, J.G.M., D. van Balen, J.J. de Haan, M.J.G. de Haas, H. van der Draai, D.W. Bussink (mei 2013). Effecten bodem- en structuurverbeteraar. Onderzoek op klei-, zand- en dalgrond 2012. Resultaten na drie jaar onderzoek. PPO nr. 481, Praktijkonderzoek Plant&Omgeving, 108 p.
- Ros, G.H., D. van Balen, J.J. de Haan, M.J.G. de Haas, D.W. Bussink & R. Postma (2013) BioChar application in agriculture. Results from field trials in the Netherlands from 2010-2012. NMI rapport 1348.N.13. pp 27 + bijlagen
- Spek, K. van der (2015). De effecten van bodem- en structuurverbeteraars op de fysische bodemeigenschappen van kleigronden. Hogeschool VHL, Leeuwarden, 55 p. + bijlagen.
- Spruijt, J., Voort, M. van der (2015), Kwantitatieve informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt 2015, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Publicatienr 643, 200 p.
- Steenis, R. van (2015). Soil improving products and their effect on soil structure. A long term experiment on marine clay and sandy soils. WU-Department of Soil Quality. Internship report. 27 pp + bijlagen
- Topper, C.G., D. van Balen, H. Verstegen, J.J. de Haan, M.J.G. de Haas, G.J. Doppenberg & D.W. Bussink (dec. 2013). Effecten bodem- en structuurverbeteraar. Onderzoek op klei-, zand- en dalgrond. Resultaten 2013. PPO nr. 597, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, 52p.
- Topper, C.G., D. van Balen, H. Verstegen, J.J. de Haan, M.J.G. de Haas, G.J. Doppenberg & D.W. Bussink (dec. 2014). Effecten bodem- en structuurverbeteraar. Onderzoek op klei-, zand- en dalgrond. Resultaten 2014. PPO nr. 597, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, 48 p.
- www.kennisakker.nl
- www.handboekbodemenbemesting.nl

Bijlage 1. Beschrijving van de geteste bodemverbeteraars

In deze bijlage wordt een korte beschrijving gegeven van de onderzochte bodem- en structuurverbeteraars om duidelijk te maken wat voor typen producten het zijn en hoe ze bijdragen aan een goede bodemkwaliteit. Aan de hand van uitgevoerde grondonderzoeken is geanalyseerd hoe de bodemverbeteraars de bodemstructuur en/of de chemische samenstelling van de bodem hebben beïnvloed.

De bodemverbeteraars zijn onder te verdelen in de volgende typen producten:

- calcium- en/of kalkmeststoffen;
- micro-organismen;
- biochar.

B-1.1 Calcium- en/of kalkmeststoffen

B-1.1.1 Agrigyps

Agrigyps (foto B1-1) is een calciummeststof met 29 procent CaO. De calcium is hierbij gebonden aan sulfaat (CaSO_4). Deze calciummeststof heeft geen pH-verhogend effect. Het is jaarlijks toegediend in een dosering van 500 kg CaO per ha wat neer komt op 1700 kg Agrigyps per ha. Het product bevat veel zwavel. In erg hoge doseringen (oorspronkelijke advies 12 ton Agrigyps/ha) zou de zwavel kunnen uitspoelen en zorgen voor een forse verhoging van het zwavelgehalte in het grond- en oppervlaktewater. In de proef is de dosering teruggebracht naar 1,7 ton per ha. Er zijn echter geen metingen verricht aan de uitspoeling van zwavel. De maximale dosering van deze calciummeststof zou in de toekomst mede bepaald kunnen worden door maximaal toelaatbare SO_4 gehalte in grond en oppervlaktewater en de daarmee samenhangende, maximaal toegelaten zwavelaanvoer.

Agrigyps heeft volgens de productleverancier (Zijderlaan) de volgende effecten op de fysische bodemvruchtbaarheid:

- betere waterdoorlatendheid van de bodem
- verbetering van de waterhuishouding
- betere bewerkbaarheid/verkruielbaarheid van de grond
- betere beschikbaarheid van nutriënten
- geen pH-verhoging
- meer calcium aan het kationenadsorbtiecomplex CEC
- toename van de voor de plant beschikbare calcium (hogere concentraties meetbaar in gewas/product)



Foto B1-1. Agrigyps.

B-1.1.2 Betacal Carbo

Betacal Carbo (foto B1-2) is een kalkmeststof die de bodemstructuur verbetert en de pH verhoogt. Het is een uiterst fijne neerslag van koolzure kalk gemengd met enige organische stof en is ontstaan bij de zuivering van ruwsap uit bieten. Door de fijne neerslag en de gemakkelijke vertering van de organische stof heeft het een snelle werking. Betacal Carbo bevat tevens nutriënten, zoals stikstof, fosfaat en kalium.

Het IRS heeft de volgende effecten op de fysische bodemvruchtbaarheid aangegeven:

- meer calcium aan het kationenadsorbtiecomplex (CEC)
- meer vrije calcium in het bodemvocht
- lichte pH verhoging op kleigrond
- betere bewerkbaarheid van de grond

In de praktijk wordt een kalkmeststof één keer in de bouwplancycclus toegepast meestal voorafgaand aan de suikerbietenteelt.. In dit onderzoek is hiervan afgeweken om deze kalkmeststof vanaf de start zijn werking te laten doen. Om dit te bereiken is in het voorjaar van 2010 1000 kg CaO per ha toegepast en in dat najaar 500 kg CaO per ha. De andere jaren is in het voorjaar 500 kg CaO per toegeediend en bij de zaai- en pootbedbereiding ingewerkt.



Foto B1-2. **Betacal Carbo.**

B-1.1.3 Brandkalk

Brandkalk (foto B1-3) is een goed in water oplosbare calciummeststof die 60% CaO bevat en daarnaast veel magnesium (tot 35% MgO). Verder bevat het geen andere mineralen. Met Brandkalk wordt de hoeveelheid vrij calcium en de magnesiumvoorziening in de bouwvoor verhoogd. Brandkalk werkt dan tijdelijk licht pH verhogend. Door een verhoging van reageerbaar CaCO_3 wordt de bewerkbaarheid en de aggregaatstabiliteit van de bodem verbeterd. De plant kan daarnaast meer calcium opnemen en dat verbetert de kwaliteit van het product. Calcium is namelijk net als kalium belangrijk voor een goede celwandopbouw van het gewas.

De leverancier (Agerland/Agrifirm) heeft de volgende effecten op de fysische bodemvruchtbaarheid aangegeven:

- verhoging van zowel calcium als magnesium aan het CEC
- meer vrije calcium in het bodemvocht
- werking afhankelijk van de uitgangssituatie van magnesium
- betere doorworteling

Brandkalk is jaarlijks in het voorjaar toegepast in een dosering van 500 kg CaO per ha. Bij de zaai- en pootbedbereiding is het ingewerkt.



Foto B1-3. **Brandkalk.**

B-1.1.4 PRP-SOL

PRP-SOL (foto B1-4) is een meststof op basis van minerale zouten, sporenelementen en extracten van organische oorsprong op basis van calcium en magnesiumcarbonaat. Door verhitting wordt een deel van de magnesium vervangen door minerale zouten en sporenelementen. De elementen die worden toegevoegd, zijn specifiek bedoeld om micro-organismen te voeden. In de bodem stimuleert PRP-SOL de microflora, met de bedoeling op deze wijze de bodemvruchtbaarheid en bodemstructuur te verbeteren. Dit zal uiteindelijk de plantengroei ten goede komen.

Volgens de productleverancier (PRP Technologies) heeft PRP-SOL de volgende effecten op de bodemvruchtbaarheid:

- meer biologische activiteit in de bodem (voornamelijk schimmels)
- vergroting van het kationenadsorbtiecomplex CEC
- structuurverbetering van de ondergrond
- betere doorworteling
- betere vertering van gewasresten

PRP-SOL is in het najaar toegediend in een dosering van 200 kg per ha. De eerste twee jaar was de dosering hoger.



Foto B1-4. **PRP-SOL**

B-1.2 Producten met micro-organismen of bodemleven stimulerende eigenschappen

B-1.2.1 Condit

Condit (foto B1-5) combineert de eigenschappen van een plantenvoedingsmiddel met een bodemverbeteraar. Deze meststof stimuleert de ontwikkeling van goede bacteriën en schimmels in de grond. Het is tevens een bron van organische stof. Condit is een product dat bestaat uit o.a. gehydrolyseerde eiwitten en zeolieten. Condit bevat geen schadelijke stoffen en is vrij van onkruidzaden.

Volgens de productleverancier (eerst Triferto, later Mertens) heeft Condit de volgende effecten op de bodemvruchtbaarheid:

- vergroting van de CEC
- structuurverbetering
- betere waterdoorlatendheid
- betere beschikbaarheid van fosfaat
- verhoging van organische stof in de bodem

Er zijn verschillende Condit producten: Condit 2,5%N, 5%N en 7% N. Condit 7%N bevat 7% stikstof, 1% fosfaat (P_2O_5) en 2% kali (K_2O). De dosering van Condit is volgens de leverancier gebaseerd op de stikstofbehoefte van het gewas en de vruchtbaarheid van de bodem. Zo krijgen granen 1 ton per ha, aardappelen en suikerbieten 1,5 ton en koolgewassen 2 ton per ha.

In 2010 is in het onderzoek Condit 5%N gebruikt. Vanaf 2011 is er meestal Condit 7%N gebruikt, dat is verrijkt met ureum. Indien stikstofvoorraden hoog waren, is de dosering van de Condit er op aangepast. Condit 7%N is in het onderzoek in het voorjaar toegediend en bij de zaai- en pootbedbereiding ingewerkt. In wintertarwe is het in het voorjaar over het gewas gestrooid en niet ingewerkt.

Voor het groeiseizoen van 2012 was afgesproken met de leverancier dat geen aanvullende bemesting wordt gegeven naast de Condit-gift. In groeiseizoen 2013 en 2014 heeft het gewas naast Condit wel een aanvullende stikstofbemesting gekregen.



Foto B1-5. Condit .

B-1.2.2 Xurian Optimum

Xurian Optimum (foto B1-6) is een meststof met borium, zink en een *Pseudomonas*-bacterie voor de omzetting van verse organische stof. Het product wordt toegepast met een veldspuit. Het eerste jaar is de dosering 1,35 kg per ha in het voorjaar. De jaren erna wordt 0,9 kg per ha in zomer of najaar gegeven. De beste werking wordt verkregen als Xurian Optimum gespoten wordt na de oogst van het gewas voor de inzaai van een groenbemester of in het najaar kort voor het ploegen op een groenbemester.

Volgens de productleverancier (Pype bvba) heeft Xurian Optimum de volgende effecten op de bodemvruchtbaarheid:

- betere doorworteling
- diepere beworteling
- alleen werking op gronden met een pH >7

- minder verslemping
- minder grondtarra bij rooivruchten



Foto B1-6. **Xurian Optimum (spuitpoeder).**

B-1.2.3 BactoFil

Met ingang van groeiseizoen 2013 is het product BactoFil opgenomen in het onderzoek. BactoFil is een bacteriepreparaat dat volgens de leverancier (Agro Bio / CZAV) de bodemstructuur kan verbeteren. De volgende redenen worden daartoe genoemd.

- Verschillende bacteriën binden stikstof uit de bodemlucht waardoor de stikstofgift omlaag kan.
- Bactofil draagt bij aan een makkelijkere opname van kalium en fosfaat uit de bodem. Het gebruik van Bactofil geeft zo een besparing op de bemesting van 80 kg N, 30 kg fosfaat en 30 kg kali per ha.
- Het geeft een betere vertering van gewasresten.

Er bestaan twee Bactofil-producten. Bactofil A10 is specifiek ontwikkeld voor toepassing in monocotylen en Bactofil B10 voor dicotylen. Beide Bactofil producten zijn vloeistoffen, die verspoten kunnen worden. De bespuiting dient 's morgens vroeg of later in de avond uitgevoerd te worden. Dan is de UV-straling gering. UV-straling doodt namelijk de bacteriën. Na de bespuiting moet de Bactofil direct tot zaai- of pootdiepte worden ingewerkt.

Bactofil moet 7-10 dagen vóór het zaaien of poten worden gespoten. Als er naast de Bactofil kunstmest en/of drijfmest wordt gebruikt, pas dan eerst de Bactofil toe en 7-10 dagen later de kunstmest en/of drijfmest.

Omdat bacteriën erg gevoelig zijn voor gewasbeschermingsmiddelen, moet de spuit zeer schoon zijn. De watertank mag niet van metaal zijn. Er moet zacht water (bv regenwater) gebruikt worden.



Foto B1-7. **Toepassen Bactofil in proefveld**



Foto B1-8. **Inwerken Bactofil .**

B-1.3 Overige producten

B-1.3.1 Biochar

Biochar ontstaat door verhitting van biomassa onder zuurstofloze omstandigheden. Die biomassa is bijvoorbeeld bermgras of houtsnippers. Maar ook snoeiafval, energiegewassen en reststromen van verwerkende industrieën zijn geschikt als grondstof. Bij de verhitting ontstaat er een gas, dat als biobrandstof gebruikt kan worden. Daarnaast blijft er verkoold materiaal achter, die Biochar wordt genoemd. Deze Biochar bestaat voor het grootste deel uit koolstof.

Omdat er verschillende bronnen van biomassa zijn, ontstaan er ook verschillende soorten Biochar. In het onderzoek zijn de Biochar hout, Biochar norit, Biochar ECN en Biochar Romchar opgenomen. Biochar hout verschilt vrij sterk in de mate van grofheid. Zo zijn er partijen die de grofheid van foto B1-7 hebben, terwijl er ook partijen zijn die poedervijn zijn en bij de toepassing erg stuifgevoelig zijn. Foto B1-8 laat de Biochar norit zien.



Foto B1-9. **Grove Biochar hout.**



Foto B1-10. **Biochar norit.**

Het idee om met Biochar de bodemkwaliteit te verbeteren is afgeleid van Terra Preta, organische stofrijke (tot 16%) vruchtbare, zwarte gronden in het Amazone-bekken in Brazilië.

In het onderzoek is de Biochar toegediend zonder de toepassing van dierlijke mest. Zo wordt het zuivere effect van de Biochar gemeten.

Koolstof is in staat om allerlei stoffen aan zich te binden. Biochar doet in de bodem eigenlijk hetzelfde als norit. Door een groot specifiek oppervlak kan Biochar bijdragen aan een betere bodemstructuur en kan Biochar nutriënten vasthouden zodat ze beschikbaar blijven voor de plant. Bovendien houdt elke ton Biochar een ton vocht vast. De bodem wordt daardoor minder gevoelig voor droogte. Biochar kan vele honderden tot duizenden jaren in de bodem aanwezig blijven. Dat maakt het effect op de bodemvruchtbaarheid langdurig. Daarnaast is Biochar een alternatieve manier om CO₂ voor zeer lange tijd in de grond vast te leggen. Deze productinformatie is gebaseerd op informatie welke door de productleverancier is aangeleverd. Te verwachten effecten op de fysische bodemvruchtbaarheid:

- betere bodemstructuur door verhoging percentage organische koolstof
- beter vochtvasthoudend vermogen en betere vochtlevering
- betere mineralenbeschikbaarheid / minder uitspoeling van mineralen
- verminderde slempgevoeligheid

B-1.3.2 Steenmeel

Steenmeel (foto 2.9) is een gemalen steenachtig product van deeltjes kleiner dan 0,1 mm. Steenmeel wordt gemaakt van vulkanisch gesteenten met een laag silica gehalte en het levert Ca, Mg, K, Na en diverse sporelementen. Op Valthermond en Vredepeel is gekozen voor twee gesteenten afkomstig uit Zuid Duitsland en Noord Noorwegen. Hierbij wordt specifiek gekeken naar de kaliumlevering. In deze proef wordt steenmeel op de zandgrond toegepast maar biedt wellicht ook perspectieven op kleigrond. Steenmeel bevat geen stikstof en afhankelijk van de oorsprong varieert het fosfaatgehalte van 0,1 tot

2%. Omdat dit fosfaat aanwezig is in het slecht oplosbare mineraal apatiet zal dit fosfaat in de praktijk geen rol spelen.

Kali is aanwezig in silicaatmineralen en lost niet op maar 'verweert' en is daardoor niet afhankelijk van evenwichtsreacties. Uit informatie verkregen in de loop van dit experiment blijkt dat 20% van de kalium in het relatief snel verwerende mineraal nefelien aanwezig is, 80% van de opgebrachte kalium zit in het zeer slecht verwerende mineraal kaliveldspaat. Dat dit laatstgenoemde mineraal een veelvoorkomend resistent bodemmineraal is, zegt al genoeg over de reactiviteit. Dit betekent dat de Kali voorziening lager zal uitvallen dan vooraf voorzien. Deze productinformatie is gebaseerd op informatie welke door de productleverancier is aangeleverd.



Foto B1-11. **Steenmeel.**

Bijlage 2. Toegepaste bodemverbeteraars per locatie en jaar

B-2.1 Kollumerwaard

De proeflocatie Kollumerwaard is een kleigrond met 27% lutum en 3,5% organische stof. Het P-AL getal is 47 (berekend Pw-getal 40) en het K-getal is 20. In de proefperiode zijn de volgende gewassen geteeld:

2010: zomertarwe

2011: pootaardappelen

2012: winterarwe

2013: suikerbieten

2014: winterarwe

2015: pootaardappelen

In tabel B-2.1 zijn de bodemverbeteraars beschreven die in Kollumerwaard zijn ingezet.

Tabel B-2.1. Toepassing bodemverbeteraars op Kollumerwaard vanaf voorjaar 2010 t/m najaar 2014 en de toepassing van varkensdrijfmest.

Kollumerwaard	eenheid	2010 Zomertarwe			2011 Pootaardappel			2012 Winterarwe			2013 Suikerbiet			2014 Winterarwe			2015 Pootaardappel			Totaal gift
		voorjaar	najaar	mest voorjaar 1)	voorjaar	najaar	mest voorjaar	voorjaar	najaar	mest voorjaar 1)	voorjaar	najaar	mest voorjaar	voorjaar	najaar	mest voorjaar	voorjaar	najaar	mest voorjaar	
Agrigyps	kg/ha	1730	0	+	1730	1730	0	0	0	+	1730	1730	0	0	0	+	1730	0	0	10380
Betacal carbo	kg/ha	3570	1790		1790	1790	0	0	0	+	1790	1790	0	0	0	+	1790	0	0	14310
Biochar hout	ton/ha	5	0	0	5	5	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	5	0	0	30
Biochar Norit	ton/ha	5	0	0	5	5	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	25
Brandkalk	kg/ha	1670	840	+	840	840	0	0	0	+	840	840	0	0	0	+	840	0	0	6710
Condit 7%N ²⁾	kg/ha	1000	0	+	1500	0	0	1000	0	0	1500	0	0	1000	0	0	1500	0	0	7500
GFT	ton/ha	9	9	0	0	9	0	0	9	0	0	9	0	0	9	0	0	0	0	54
Kunstmest	kg/ha	x	x	0	x	x	0	x	x	0	x	x	0	x	x	0	x	0	0	0
PRP-SOL ³⁾	kg/ha	300	0	+	250	200	0	0	0	+	200	200	0	0	200	+	0	0	0	1350
Varkensdrijfmest ¹⁾	m ³ /ha	20	0	+	0	0	0	25	0	+	0	0	0	25	0	+	0	0	0	70
Xurian Optimum ⁴⁾	kg/ha	1.4	0.9	+	0	0.9	0	0	0.9	+	0	0.9	0	0.9	0.9	+	0	0	0	6.75

1) + => 25 m³ varkensdrijfmest per ha (object drijfmest is in 2014 maar 2 van de 3 veldjes drijfmest uitgereden).

2) Condit, in 2010 Condit 5%, overige jaren Condit 7% N toegediend.

3) PRP-SOL is in het voorjaar 2013 toegediend in plaats van najaar 2012.

4) Xurian Optimum is najaar 2013 zonder grondbewerking en voorjaar 2014 aansluitend met grondbewerking toegediend.

B-2.2 Lelystad

In Lelystad is de proef aangelegd op een kleigrond met 18% lutum en 2% organische stof. Het P-AL getal is 42 (berekend Pw getal 30) en het K-getal is 20. In de proefperiode zijn de volgende gewassen geteeld:

2010: zomergerst

2011: suikerbieten

2012: zaaiuien

2013: winterpeen

2014: zomergraan

2015: consumptieaardappelen

In tabel B-2.2 zijn de bodemverbeteraars beschreven die in Lelystad zijn ingezet.

Tabel B-2.2. Toepassing bodemverbeteraars in Lelystad vanaf voorjaar 2010 t/m najaar 2014 en de toepassing van varkensdrijfmest.

Lelystad	eenheid	2010 Zomergerst			2011 Suikerbieten			2012 Zaaiuien			2013 Peen			2014 Zomertarwe			2015 Cons. Aardappel			Totaal gift
		voorjaar	najaar	mest najaar 1)	voorjaar	najaar	mest voorjaar	voorjaar	najaar	mest voorjaar	voorjaar	najaar	mest voorjaar	voorjaar	najaar	mest voorjaar	voorjaar	najaar	mest voorjaar	
Agrigyps	kg/ha	1730	0	+	1730	0	0	1730	0	0	1730	0	0	1730	0	0	1730	0	0	10380
Bactofil³⁾	L/ha	0	0	+	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0,5	0	0	0,5	0	0	3
Betacal carbo	kg/ha	3570	1790	+	1790	0	0	1790	0	0	1790	0	0	1790	0	0	1790	0	0	14310
Biochar hout 2,5 ton	ton/ha	2,5	0	+	2,5	0	0	2,5	0	0	2,5	0	0	2,5	0	0	2,5	0	0	15
Biochar hout 5 ton	ton/ha	5	0	+	5	0	0	5	0	0	5	0	0	5	0	0	5	0	0	30
Brandkalk	kg/ha	1670	840	+	840	0	0	840	0	0	840	0	0	840	0	0	840	0	0	6710
Condit²⁾	kg/ha	1000	0	+	1500	0	0	1500	0	0	1500	0	0	1000	0	0	1500	0	0	8000
Groencompost	ton/ha	9	9	0	0	9	0	0	9	0	0	9	0	0	9	0	0	0	0	54
Kunstmest		x	x	0	x	x	0	x	x	0	x	x	0	x	x	0	x	0	0	0
PRP-SOL	kg/ha	300	0	+	250	200	0	0	200	0	0	200	0	0	200	0	0	0	0	1350
Varkensdrijfmest¹⁾	m ³ /ha	0	15	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	x	0	0	0	0	15
Xurian Optimum	kg/ha	1,4	0,9	+	0	0,9	0	0	0,9	0	0	0,9	0	0	0,9	0	0	0	0	5,85

1) + => 15 m³ varkensdrijfmest per ha

2) Condit, in 2010 condit 5%N, in 2013 Condit 2,5% N, in 2011, 2012 en 2014 Condit 7%N.

3) Bactofil, in 2014 2x in het voorjaar toegediend vanwege twijfel over kwaliteit van het product van 1^e levering. In 2012 is een vloeibare- en in 2014 en 2015 een poederformulering toegepast.

B-2.3 Westmaas

De proeflocatie Westmaas is een kleigrond met 20% lutum en 2,3% organische stof. Het P-AL getal is 49 (berekend Pw-getal 32) en het K-getal is 20. In de proefperiode zijn de volgende gewassen geteeld:

2010: zomergerst

2011: consumptieaardappel

2012: suikerbiet

2013: wintertarwe

2014: zaaiuien

2015: aardappel

Door omstandigheden zijn de Bodemverbeteraars in het voorjaar 2013 toegediend in plaats van in het najaar 2012 voor het zaaien van wintertarwe.

Tabel B-2.3. Toepassing bodemverbeteraars op Westmaas vanaf voorjaar 2010 t/m voorjaar 2015 en de toepassing van varkensdrijmest.

Westmaas	eenheid	2010 Zomergerst			2011 Cons.aard.			2012 Suikerbieten			2013 Wintertarwe			2014 Zaaiuien			2015 Cons. aardappel			Totaal gift
		voorjaar	najaar	mest voorjaar 1)	voorjaar	najaar	mest voorjaar	voorjaar	najaar	mest voorjaar	voorjaar	najaar	mest voorjaar	voorjaar	najaar	mest voorjaar	voorjaar	najaar	mest voorjaar	
Agrigyps	kg/ha	1730	0	+	1730	0	0	1730	0	0	1730	0	0	1730	0	0	1730	0	0	10380
Bactofil ³⁾	L/kg/ha	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0,5	0	0	2
Befacal carbo	kg/ha	3570	1790	+	1790	0	0	1790	0	0	1790	0	0	1790	0	0	1790	0	0	14310
Brandkalk	kg/ha	1670	840	+	840	0	0	840	0	0	840	0	0	840	0	0	840	0	0	6710
Condit ²⁾	kg/ha	1000	0	+	1500	0	0	1500	0	0	1000	0	0	1500	0	0	1500	0	0	8000
Groencompost	ton/ha	9	9	0	0	9	0	0	9	0	0	9	0	0	9	0	0	0	0	54
Kunstmest		X	x	0	x	x	0	x	x	0	x	X	0	x	x	0	x	0	0	0
PRP-SOL	kg/ha	300	0	+	250	200	0	0	200	0	0	200	0	0	200	0	0	0	0	1350
Varkensdrijmest ¹⁾	m ³ /ha	15	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	x	0	0	0	0	15
Xurian Optimum	kg/ha	1.4	0.9	+	0	0.9	0	0	0.9	0	0	0.9	0	0	0.9	0	0	0	0	5.85

1) + = 15 m³ varkensdrijmest per ha

2) Condit, in 2010 Condit 5% N, overige jaren Condit 7% N.

3) Bactofil, in 2014 2x in het voorjaar toegediend vanwege twijfel over kwaliteit van het product van 1^e levering. In 2012 is een vloeibare- en in 2014 en 2015 een poederformulering toegepast.

B-2.4 Valthermond

De proeflocatie Valthermond is een dalgrond met 11,3% organische stof. Het P-AL getal is 26 (berekend Pw-getal 42) en het K-getal is 6.

In de proefperiode worden de volgende gewassen geteeld:

2010: suikerbieten

2011: zetmeelaardappelen

2012: zomergerst

2013: zetmeelaardappelen

2014: suikerbieten

2015: zetmeelaardappelen

In tabel B-2.4 staan de bodemverbeteraars die in Valthermond worden ingezet. Romchar is in het najaar van 2011 aangelegd. Het gaat hier om een eenmalige gift. De Biochar ECN is in 2010 toegepast. Omdat er geen product meer beschikbaar was, gaat het hier ook om een eenmalige gift. De beide objecten draaien wel mee in het verdere onderzoek.

Tabel B-2.4. Toepassing bodemverbeteraars op Valthermond vanaf voorjaar 2010 t/m voorjaar 2015 en de toepassing van varkensdrijfmest.

Valthermond		2010 Suikerbieten			2011 Zetmeelaard.			2012 Zomergerst			2013 Zetmeelaard.			2014 Suikerbieten			2015 Zetmeelaard.			Totaal gift
		Voorjaar	Najaar	mest voorjaar 1)	Voorjaar	Najaar	mest voorjaar 1)	Voorjaar	Najaar	mest voorjaar	Voorjaar	Najaar	mest voorjaar 1)	Voorjaar	Najaar	mest voorjaar 1)	Voorjaar	Najaar	mest voorjaar 1)	
Bodemverbeteraar	eenheid																			
Biochar ECN	ton/ha	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
Biochar Romchar	ton/ha	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.5
Biochar hout	Ton/ja	5	0	0	5	0	0	5	0	0	5	0	0	5	0	0	5	0	0	30
Biochar norit	ton/ha	5	0	0	5	0	0	5	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	20
Condit 7%	kg/ha	1500	0	+	1500	0	+	1000	0	0	1500	0	0	1500	0	0	1500	0	0	8500
Groencompost	ton/ha	18	0	0	9	0	0	9	0	0	9	0	0	9	0	0	9	0	0	63
Kunstmest		x	x	0	x	x	0	x	x	0	x	x	0	x	x	0	x	0	0	0
PRP-SOL	kg/ha	300	0	+	250	0	+	200	0	0	200	0	+	200	0	+	200	0	+	1350
Steenmeel	ton/ha	20	0	+	15	0	+	10	0	0	0	0	+	0	0	+	0	0	+	45
Varkensdrijfmest	m ³ /ha	20	0	+	20	0	+	0	0	0	20	0	+	0	x	+	20	0	+	80
Xurian Optimum	kg/ha	1.4	0.9	+	0	0.9	+	0	0.9	0	0	0.9	+	0	0.9	+	0	0	+	5.85

1) + = 20 m³/ha varkensdrijfmest

2) Condit, in 2010 Condit 5% N, overige jaren Condit 7% N.

B-2.5 Vredepeel

In Vredepeel ligt de proef op een zandgrond met 4,9% organische stof. Het P-AL getal is 101 (berekend Pw getal 91) en het K-getal is 21.

In de proefperiode zijn de volgende gewassen geteeld:

2010: snijmaïs

2011: suikerbiet

2012: zomergerst

2013: snijmaïs

2014: erwt vroeg / stamslaboon nateelt

2015: aardappel

Tabel B-2.5. Toepassing bodemverbetersaars op Vredepeel vanaf voorjaar 2010 t/m voorjaar 2015 en de toepassing van varkensdrijfmest.

Vredepeel		2010 Snijmaïs			2011 Suikerbiet			2012 Zomergerst			2013 Mais			2014 Dubbelteelt Erwt/Boon			2015 Cons. Aardappel			Totaal gift
		Voorjaar	Najaar	mest voorjaar 1)	voorjaar	najaar	mest voorjaar 1)	voorjaar	najaar	mest voorjaar	Voorjaar	Najaar	mest voorjaar 1)	Voorjaar	Najaar	mest voorjaar 1)	Voorjaar	Najaar	mest voorjaar 1)	
Bactofil ³⁾	L/ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0.5	0	0	2.5
Condit ²⁾	kg/ha	1000	0	+	1500	0	+	1000	0	0	1000	0	0	1000	0	0	1500	0	0	7000
Groencompost	ton/ha	18	0	0	9	0	0	9	0	0	9	0	0	9	0	0	9	0	0	63
Kunstmest	kg/ha	x	x	0	x	x	0	x	x	0	x	x	0	x	x	0	x	0	0	0
PRP-SOL	kg/ha	300	0	+	250	0	+	200	0	0	200	0	+	200	0	+	200	0	+	1350
Rundveedrijfmest ¹⁾	m ³ /ha	0	0	+	40	0	+	0	0	0	40	0	+	15	x	+	35	0	+	130
Steenmeel	ton/ha	20	0	+	15	0	+	10	0	0	0	0	+	0	0	+	0	0	+	25
Xurian Optimum	kg/ha	1.4	0.9	+	0	0.9	+	0	0.9	0	0	0.9	+	0	0.9	+	0	0	+	5.85

1) += drijfmestgift van object Rundveedrijfmest

2) Condit, in 2010 Condit 5% N, overige jaren Condit 7% N.

3) Bactofil, in 2014 2x in het voorjaar toegediend vanwege twijfel over kwaliteit van het product van 1^e levering. In 2012 is een vloeibare- en in 2014 en 2015 een poederformulering toegepast.

Bijlage 3. Berekende bulkdichtheid

Tabel B-3.1 **Gemiddelde droge bulkdichtheid (g /cm³) per diepte en per locatie.**

jaar	Locatie	behandeling	diepte, cm			
			2-7	12-17	22-27	32-37
2010	Kollumerwaard	proefveld	1,32	1,36	1,37	
2010	Lelystad	proefveld	1,37	1,40		
2015		agrigyps		1,62	1,50	1,45
		groencompost		1,63	1,59	1,43
		brandkalk		1,60	1,58	1,46
		PRP-Sol		1,60	1,51	1,39
		Kunstmest		1,60	1,60	1,42
		Bactofil-A		1,62	1,59	1,42
		Betacal-carbo		1,66	1,57	1,38
		drijfmest		1,64	1,56	1,47
		gemiddeld		1,62	1,56	1,43
2010	Westmaas	proefveld	1,37	1,34	1,36	

Tabel B-3.2 **Gemiddelde droge bulkdichtheid, op klei- en zandlocaties, g /100cm³**

behandeling	Kollumerwaard	Lelystad	Klei	Valthermond	Vredepeel	Zand
agrigyps	133	165	149			
betacal	140	168	154			
brandkalk	139	166	153			
PRPsol	137	170	154	104	133	116
bactofil		164	164		135	135
steenmeel				95	132	110
kunstmest	132	166	149	89	130	110
drijfmest	123		123	103	128	113
groencompost	136	157	146	106	127	114

Bijlage 4. Doorlatendheid in tijdsinterval 15-20 en 12,5-15 minuten (mm /sec)

Klei

Tabel B-4.1 **Berekende gemiddelde doorlatendheid in het tijdsinterval 900-1200 seconden voor de kleilocaties, in mm /sec.**

Behandeling	Kollumerwaard*		Lelystad		Westmaas	
	2012	2015	2012	2015	2012	2015
agrigyps	0,278	1,142	0,208	0,066	0,070	0,279
betacal carbo	0,232	0,536	0,122	0,122	0,003	0,144
brandkalk	0,243	0,983	0,013	0,133	0,018	0,118
prp-sol	0,317	0,825	0,148	0,150	0,037	0,081
condit	0,330		0,072		0,052	
xurian	0,373		0,117		0,022	
bactofil			0,074	0,113	0,173	0,072
Biochar Norit	0,338					
biochar 2,5 t			0,122			
biochar 5t	0,245		0,102			
compost	0,338	0,697	0,137	0,072	0,003	0,116
drijfmest	0,211	0,657	0,142	0,092	0,012	0,197
kunstmest	0,201	0,485	0,172	0,141	0,018	0,151

Tabel B-4.2 **Gemiddelde doorlatendheid na 1200 seconden, relatief ten opzichte van kunstmest, %.**

Behandeling	Kollumerwaard		Lelystad		Westmaas	
	2012	2015	2012	2015	2012	2015
agrigyps	138	235	121	47	389	185
betacal carbo	115	111	71	87	17	95
brandkalk	121	203	8	94	100	78
prp-sol	158	170	86	106	206	54
condit	164		42		289	
xurian	186		68		122	
bactofil			43	80	961	48
Biochar Norit	168					
biochar 2,5 t			71			
biochar 5t	122		59			
compost	168	144	80	51	17	77
drijfmest	105	135	83	65	67	130
kunstmest	100	100	100	100	100	100

Zand

Tabel B-4.3 **Berekende gemiddelde doorlatendheid in het tijdsinterval 750-900 seconden voor de zandlocaties, in mm /sec.**

Behandeling	Locatie			
	Valthermond		Vredepeel	
	2012	2015	2012	2015
prp-sol	0.204	0.011	0.166	0.008
condit	0.250		0.767	
xurian	0.661		0.127	
bactofil				0.009
Biochar Norit	0.375			
biochar 2,5 t				
biochar 5t	0.204			
Biochar ECN	0.335			
Biochar ROM	0.335			
steenmeel	0.409	0.010	0.166	0.006
compost	0.218	0.009	0.167	0.008
drijfmest	0.232	0.007	0.078	0.008
kunstmest	0.254	0.009	0.183	0.008

Tabel B-4.4 **Gemiddelde doorlatendheid na 900 seconden, relatief ten opzichte van kunstmest.**

Behandeling	Valthermond	Valthermond	Vredepeel	Vredepeel
	2012	2015	2012	2015
prp-sol	80,3	114,3	90,7	97,1
bactofil				119,3
steenmeel	161,0	104,8	90,7	74,3
compost	85,8	97,6	91,3	100,0
drijfmest	91,3	73,8	42,6	100,0
kunstmest	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabel B-4.5 **Gemiddelde verzadigde doorlatendheid, mm /sec en relatief ten opzichte van kunstmest, %.**

behandeling	klei		zand	
	meting	relatief	meting	relatief
agrigyps	0,496	156		
betacal carbo	0,267	97		
brandkalk	0,411	125		
prp-sol	0,352	110	0,009	106
bactofil	0,093	64	0,009	119
steenmeel			0,008	90
compost	0,295	195	0,008	99
drijfmest	0,315	110	0,007	87
kunstmest	0,259	100	0,009	100

Bijlage 5. Aggregaatstabiliteitsindex (-)

Tabel B-5.1 **Gemiddelde stabiliteit index van aggregaten <2 mm, per locatie voor 2012 en 2015.**

behandeling	Klei				zand					
	Kollumerwaard		Lelystad		Westmaas		Valthermond		Vredepeel	
	2012	2015	2012	2015	2012	2015	2012	2015	2012	2015
Agrigyps	0,52	0,76	0,59	0,45	0,51	0,42				
Betacal carbo	0,49	0,78	0,55	0,41	0,28	0,38				
Brandkalk	0,66	0,61	0,15	0,33	0,27	0,34				
PRP-SOL	0,17	0,72	0,59	0,31	0,42	0,39	0,19	0,73	0,49	0,81
Condit7%N *)	0,43		0,55		0,34		0,15	0,67	0,52	0,72
Xurian Optimum *)	0,48		0,15		0,2		0,28	0,77	0,52	0,82
BactoFil			0,2	0,36	0,32	0,52				0,81
Biochar ECN							0,27	0,72		
Biochar Norit *)	0,62	0,77					0,32	0,66		
Biochar Rom							0,21	0,75		
Biochar hout 2,5 ton *)			0,43	0,27						
Biochar hout 5 ton *)	0,67	0,76	0,46	0,34			0,13	0,62		
Steenmeel							0,23	0,67	0,51	0,82
Compost	0,43	0,72	0,36	0,43	0,47	0,37	0,18	0,59	0,53	0,82
Drijfmest	0,36	0,69	0,55	0,36	0,36	0,36	0,22	0,67	0,56	0,62
Kunstmest	0,47	0,75	0,49	0,36	0,22	0,35	0,19	0,65	0,61	0,79

Tabel B-5.2 **Gemiddelde stabiliteit van aggregaten <2 mm, relatief t.o.v kunstmest, per locatie voor 2012 en 2015, %.**

behandeling	Klei				zand					
	Kollumerwaard		Lelystad		Westmaas		Valthermond		Vredepeel	
	2012	2015	2012	2015	2012	2015	2012	2015	2012	2015
Agrigyps	111	101	120	124	232	118				
Betacal carbo	104	104	112	114	127	107				
Brandkalk	140	82	31	91	123	97				
PRP-SOL	36	97	120	87	191	111	100	112	80	102
Condit7%N *)	91		112		155		79	102	85	90
Xurian Optimum *)	102		31		91		147	118	85	104
BactoFil			41	99	145	145				102
Biochar ECN							142	109		
Biochar Norit *)	132	102					168	100		
Biochar Rom							111	115		
Biochar hout 2,5 ton *)			88	74						
Biochar hout 5 ton *)	143	102	94	95			68	94		
Steenmeel							121	102	84	103
Compost	91	97	73	119	214	106	95	89	87	103
Drijfmest	77	93	112	101	164	101	116	102	92	78
Kunstmest	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

*)enkelvoudig grondmonster

Tabel B-5.3 **Gemiddelde stabiliteit van aggregaten <2 mm, relatief t.o.v kunstmest, per grondsoort voor 2012 en 2015, %.**

behandeling	klei		zand	
	2012	2015	2012	2015
Agrigyps	154	114		
Betacal carbo	115	108		
Brandkalk	98	90		
PRP-SOL	116	98	90	107
Condit7%N *)	119		82	96
Xurian Optimum *)	75		116	111
BactoFil	93	122		102
Biochar ECN			142	109
Biochar Norit *)	132	102	168	100
Biochar Rom			111	115
Biochar hout 2,5 ton *)	88	74		
Biochar hout 5 ton *)	118	99	68	94
Steenmeel			102	103
Compost	126	107	91	96
Drijfmest	117	98	104	90
Kunstmest	100	100	100	100

*)enkelvoudig grondmonster

Bijlage 6. Waterbergend vermogen

Tabel B-6 **Vochtgehalte bij drukhoogte pF2 en pF4.2 en berekend waterbergend vermogen van klei en zandgronden (g/100 cm³) en waterbergend vermogen relatief ten opzichte van kunstmest, %.**

Behandeling	klei							zand								
	Kollumerwaard		Lelystad		gemiddeld		waterbergend vermogen	Valthermond		Vredepeel		gemiddeld		waterbergend vermogen		
	pF2.0	pF4.2	pF2.0	pF4.2	pF2.0	pF4.2	%	pF2.0	pF4.2	pF2.0	pF4.2	pF2.0	pF4.2	%		
agrigyps	38,3	15,4	35,4	12,5	36,8	13,9	22,9	96								
betacal	39,5	15,7	34,6	11,7	37,0	13,7	23,3	98								
brandkalk	41,2	17,1	36,9	13,4	39,1	15,3	23,8	100								
PRPsol	37,8	12,0	33,8	13,2	35,8	12,6	23,2	97	33,4	10,7	15,5	3,8	26,3	7,9	18	99
bactofil			36,2	12,6	36,2	12,6	23,7	99			19,9	2,3	19,9	2,3	18	95
steenmeel									34,7	10,4	20,2	2,6	28,9	7,3	22	117
compost	39,1	16,7	35,2	12,0	37,2	14,3	22,8	96	32,7	9,1	17,2	2,3	26,5	6,4	20	109
drijfmest	37,6	14,9			37,6	14,9	22,7	95	33,8	10,0	20,3	6,4	28,4	8,5	20	107
kunstmest	40,2	14,9	34,6	12,1	37,4	13,5	23,9	100	37,4	11,4	17,1	2,1	25,2	6,7	18	100

Bijlage 7. Resultaten bodemchemisch onderzoek 2012-2015

Kollumerwaard 2015 (voorjaar)

Behandeling	N-to-taal	P-PAE	P-AL	K	K-ge-tal	S-to-taal	M	Na	pH	Kool-zure kalk	Org. Stof	CEC	Bodem-leven	CEC-bezet-ting	CEC-Ca bezetting	CEC-Mg bezetting	CEC-K bezetting	CEC Na-bezetting	Ca-voor-raad	Ca-beschik-baar
Agrigyps	1840	2,1	50	92	24	993	67	19	7,3	8,5	3,5	195	58	100	91	6,0	2,9	0,6	11900	360
Betacal Carbo	1997	2,4	55	98	25	867	76	21	7,3	9,0	3,7	206	68	100	91	6,1	2,7	0,6	12530	268
Brand-kalk	1823	2,0	47	81	22	980	17	22	7,3	9,3	3,4	193	63	100	90	6,3	2,8	0,5	11812	207
PRP-SOL	1790	1,6	45	91	24	827	67	22	7,3	9,1	3,3	190	56	100	91	5,7	3,0	0,6	11722	318
Drijfmest	1727	1,9	51	88	23	780	68	21	7,2	8,1	3,3	187	67	100	91	5,9	2,8	0,5	11482	199
Compost	1807	2,1	52	93	25	773	72	21	7,2	8,2	3,3	187	61	100	90	6,1	3,0	0,6	11508	363
Kunst-mest	1893	1,8	52	88	24	977	72	23	7,2	8,1	3,4	203	66	100	91	6,0	2,7	0,5	12462	271
Condit	1520	1,6	46	65	18	970	63	17	7,4	7,5	3,0	170	56	100	92	5,2	2,7	0,5	10690	165
Xurian	1400	1,3	45	65	19	970	40	16	7,2	8,7	2,6	149	53	100	91	5,0	3,1	0,5	9480	195
Biochar Norit	1780	1,5	47	76	21	720	67	21	7,2	8,1	3,1	192	62	100	91	5,8	2,8	0,6	11930	301
Biochar hout 5t	1890	1,9	54	96	25	870	69	20	7,2	8,4	3,5	193	68	100	90	6,3	2,6	0,6	11780	108

2012 (najaar)

	N-totaal	P-PAE	P-AL	K-PAE	K-ge-tal	S-totaal	Mg-PAE	Na-PAE	pH	Kool-zure kalk	Organi-sche stof	CEC	Bodem-leven	CEC-bezet-ting	Ca-bezet-ting	Mg-bezet-ting	K-bezet-ting	Na-bezet-ting	Ca-voor-raad	Ca beschik-baar
	mg N /kg	mg P /kg	Mg P2O5 /100g	mg K /kg	-	mg S /kg	mg Mg /kg	mg Na /kg	-	% CaCO3	%	mmol + /kg	mg N /kg	%	%	%	%	%	kg Ca /ha	kg Ca /ha
Agrigyp-s	1760	1,4	46	75	19	950	81	28	7,3	8,7	3,5	182	58	100	89	7,1	3,4	0,5	9330	1232
Betacal Carbo	1870	2,0	54	95	24	1210	96	30	7,4	7,6	3,9	189	69	100	88	8,3	3,3	0,5	9570	340
Brand-kalk	1660	2,1	48	94	23	1080	160	27	6,6	7,9	3,6	190	49	100	90	6,0	3,0	0,6	9900	787
PRP-sol	1540	1,3	45	90	21	790	79	33	7,0	7,8	3,4	179	59	100	90	6,6	2,6	0,5	9305	1081
Condit	1590	2,0	40	66	18	1010	79	22	7,2	7,7	3,4	180	45	100	91	5,6	3,0	0,5	9430	775
Xurian Optimum	1720	1,6	48	91	23	1120	82	31	7,1	8,1	3,8	193	56	100	91	6,0	2,7	0,5	10090	771
Biochar-Norit	1760	1,3	45	64	18	970	86	23	6,8	7,8	4,0	194	47	100	90	6,5	2,7	0,6	10085	938
Biochar-hout	1740	2,0	50	75	19	910	87	20	7,3	8,1	3,8	202	53	100	90	6,7	2,8	0,5	10480	665
GFTcom-post	1770	1,8	51	82	21	940	86	27	7,3	8,1	3,8	196	49	100	90	6,3	2,9	0,5	10200	544
drijfmest	1640	2,0	47	78	20	1040	77	31	7,4	7,7	3,4	172	51	100	90	6,6	3,3	0,6	8875	813
Kunstmest	1500	1,5	45	69	19	880	80	22	7,4	8,0	3,2	178	44	100	90	6,4	3,3	0,6	9205	772

Lelystad 2015 (voorjaar)

Behandeling	N-to-taal	P-PAE	P-AL	K	K-ge-tal	Stof aal	Mg	Na	pH	Kool-zure kalk	Org. Stof	CEC	Bodem-leven	CEC-bezet-ting	CEC-Ca bezet-ting	CEC-Mg bezetting	CEC-K bezetting	CEC Na-bezetting	Ca-voorraad	Ca-beschik-baar
Agrigyps	993	0,6	36	56	16	653	41	18	7,3	6,9	2,2	148	26	100	93	3,7	2,3	0,5	417	8672
Betacal Carbo	1057	0,7	35	49	14	550	42	18	7,4	6,2	2,2	142	28	100	93	3,8	2,3	0,5	308	8300
Brand-kalk	1070	0,5	35	31	12	577	139	17	7,3	6,8	2,2	145	33	100	93	4,2	2,5	0,5	233	8417
PRP-SOL	977	0,6	36	32	12	653	49	17	7,4	6,7	2,1	144	32	100	93	3,7	2,3	0,5	259	8432
Drijfmest	1033	0,5	37	48	15	590	41	20	7,4	6,6	2,2	149	23	100	94	3,7	2,3	0,5	342	8732
Bactofil	1013	0,5	34	48	15	547	43	19	7,4	6,5	2,1	148	22	100	94	3,7	2,2	0,5	267	8658
Compos t	947	0,5	34	44	13	613	42	18	7,4	6,6	2,1	147	23	100	94	3,6	2,4	0,6	267	8623
Kunst-mest	1123	0,5	36	48	15	697	42	20	7,4	7,1	2,3	159	30	100	93	4,0	2,2	0,4	299	9278

2012 (najaar)

Behan- deling	N-to- taal mg N /kg	P- PAE mg P /kg	P-AL mg P2O5 /100g	K- PAE mg K /kg	K- ge- tal -	S-to- taal mg S /kg	Mg- PAE mg Mg /kg	Na- PAE mg Na /kg	pH	Kool- zure kalk % CaC O3	Orga- nische stof %	CEC mmol + /kg	Bo- dem- leven mg N /kg	CEC- bezet- ting %	Ca- bezet- ting %	Mg- bezet- ting %	K- bezet- ting %	Na- bezet- ting %	Ca- voor- raad kg Ca /ha	Ca beschik- baar kg Ca /ha
Agrigyps	1150	0,9	42	69	18	650	41	17	7,2	7,3	2,5	157	24	100	92	4,7	2,7	0,6	8825	3015
Betacal Carbo	1030	0,8	38	75	19	550	39	14	7,5	6,5	2,1	143	10	100	93	3,8	2,8	0,6	8110	879
Brandkal k	950	1,0	40	103	24	550	92	26	7,2	6,7	2,0	137	24	100	92	4,5	3,0	0,6	8265	2419
PRP-sol	1080	0,7	37	76	19	950	39	24	7,4	7,3	2,5	146	8	100	94	2,6	2,5	0,8	8400	1667
Condit	1000	0,6	38	59	17	780	40	19	7,1	6,8	2,4	152	9	100	93	3,4	2,8	0,5	8665	2614
Xurian Optimu m	1080	1,0	41	83	20	690	42	19	7,3	6,5	2,6	149	13	100	94	3,3	2,6	0,5	8520	1426
Bactofil	1050	0,7	39	77	20	840	44	18	7,3	6,6	2,2	151	10	100	93	3,6	2,5	0,6	8605	1982
Biochar- hout 2,5t	980	0,9	42	75	19	780	39	16	7,4	6,5	2,3	151	12	100	93	3,6	2,8	0,6	8575	1332
Biochar- hout 5t	1080	1,1	41	80	20	540	42	18	7,4	6,9	2,5	154	17	100	93	4,0	2,5	0,6	8740	841
Com- post	1030	0,7	37	75	19	550	38	16	7,4	6,9	2,3	140	21	100	92	4,3	2,9	0,6	7890	1562
Drijfmest	1240	1,0	42	83	20	900	51	17	6,9	6,5	3,1	152	12	100	92	4,9	2,8	0,7	8025	1748
Kunst- mest	1100	0,8	39	91	22	560	44	26	6,8	6,5	2,3	147	18	100	92	4,5	2,8	0,6	8275	1963

Westmaas 2015 (voorjaar)

Behandeling	N-to-taal	P-PAE	P-AL	K	K-ge-tal	S-to-taal	Mg	Na	pH	Kool-zure kalk	Org. Stof	CE C	Bodem -leven	CEC-bezetting	CEC-Ca bezetting	CEC-Mg bezetting	CEC-K bezetting	CEC Na-Bezetting	Ca-voor-raad	Ca-beschik-baar
Agrigyps	1280	0,7	47	84	23	223	71	13	7,3	7,2	2,2	170	27	100	93	4,1	2,6	0,5	11142	480
Betacal Carbo	1197	0,7	46	92	25	197	69	12	7,3	7,9	2,1	162	25	100	93	4,2	2,7	0,5	10663	454
Brandkalk	1223	0,7	46	98	27	173	15	13	7,4	7,8	2,1	163	31	100	91	4,8	3,1	0,5	10548	396
PRP-SOL	1267	0,6	43	85	24	180	67	13	7,4	7,9	2,2	169	26	100	92	4,2	2,8	0,5	11045	432
Bactofil	1197	0,6	46	89	25	180	72	13	7,3	7,7	2,1	162	21	100	92	4,2	2,9	0,5	10635	473
Drijfmest	1260	0,7	47	88	24	187	72	13	7,5	7,5	2,2	166	24	100	93	4,0	2,8	0,4	10835	320
Compost	1270	0,6	43	85	24	197	70	13	7,4	7,8	2,2	170	30	100	93	4,2	2,7	0,4	11140	396
Kunstmest	1243	0,7	44	88	25	190	70	13	7,3	7,2	2,2	170	18	100	93	4,0	2,7	0,4	11155	451

2012 (najaar)

Behan- deling	N-to- taal mg N /kg	P- PAE mg P /kg	P-AL mg P2O5 /100g	K- PAE mg K /kg	K- get- al -	S-to- taal mg S /kg	Mg- PAE mg Mg /kg	Na- PAE mg Na /kg	pH -	Kool- zure kalk % CaC O3	Organi- sche stof %	CEC mmol + /kg	Bodem- leven mg N /kg	CEC- bezet- ting %	Ca- bezet- ting %	Mg- bezet- ting %	K- bezet- ting %	Na- bezet- ting %	Ca- voor- raad kg Ca /ha	Ca beschik- baar kg Ca /ha
Agri- gyps	1360	0,6	50	67	18	280	69	11	7,5	7,3	2,2	187	16	100	93	3,6	2,5	0,5	12815	990
Betacal Carbo	1300	0,7	48	75	19	200	70	13	7,6	7,8	2,0	176	14	100	93	4,0	2,6	0,5	12895	347
Brand- kalk	1320	0,6	48	81	20	240	135	12	7,1	8,5	2,5	184	18	100	91	5,8	2,8	0,5	12280	844
PRP-sol	1250	0,8	46	82	21	270	70	13	7,3	7,3	2,3	170	24	100	93	4,2	2,3	0,5	11595	1863
Condit	1310	0,6	45	70	18	220	72	19	7,5	8,1	2,1	187	12	100	94	3,3	2,2	0,5	12895	682
Xurian Optimu m	1480	0,7	52	89	22	300	74	13	7,3	8,2	2,4	193	13	100	93	4,4	2,4	0,5	13130	1254
Bactofil	1340	0,7	50	75	20	210	69	12	7,5	7,7	2,2	181	6	100	93	4,4	2,4	0,5	12305	807
Com- post	1400	0,6	44	70	18	250	71	15	7,5	8	2,3	195	13	100	93	3,7	2,4	0,5	13370	492
Drijf- mest	1430	1,0	50	84	21	270	68	16	7,1	8,3	2,6	193	15	100	92	4,7	2,4	0,5	13080	1980
Kunst- mest	1430	0,7	49	92	22	250	73	24	7,2	8,1	2,4	189	15	100	93	3,9	2,2	0,5	12955	1717

Valthermond (2015 voorjaar)

Behandeling	N-totaal	P-PAE	P-AL	K	K-ge-tal	S-totaal	Mg	Na	pH	Org. Stof	CEC	CEC-bezet-ting	Bodem-leven	Ca-Bezet-ting	Mg-Bezetting	K-Bezetting	Na-Bezetting	Ca-beschikbaar	Ca-voorraad
PRP-SOL	3257	6.2	29	31	5	673	133	64	5.1	12.4	176	89	63	77	9.1	1.9	0.7	61	6975
steenmeel	3327	2.4	33	60	9	873	140	138	5.5	13.5	209	98	63	87	8.1	2.0	0.6	184	9198
Drijfmest	2923	6.3	27	30	5	680	118	64	5.3	11.5	178	92	51	81	8.5	2.0	0.5	124	7427
Compost	2747	4.2	27	29	6	563	104	51	5.4	10.1	159	98	54	86	8.7	2.2	0.6	99	7403
Kunstmest	3120	6.5	24	37	6	690	123	59	5.0	13.4	183	88	64	77	8.4	1.8	0.7	93	7027

2012 najaar

	N-totaal	P-PAE	P-AL	K-PAE	K-ge-tal	S-totaal	Mg-PAE	Na-PAE	Org. stof	CEC	CEC-bezet-ting	Bodem-leven	Ca-bezet-ting	Mg-bezet-ting	K-bezet-ting	Na-bezet-ting	Ca beschikbaar	Ca voorraad	
	mg N /kg	mg P /kg	mg P2O5 /100g	mg K /kg	-	mg S /kg	mg Mg /kg	mg Na /kg	pH	%	mmol + /kg	%	mg N /kg	%	%	%	kg Ca /ha	kg Ca /ha	
PRP-sol	3140	5,3	28	46	6	720	113	17	5,0	12,2	167	91	62	79	9,3	1,9	0,6	345	6905
Steen-meel	2900	2,3	23	37	5	720	109	111	5,3	12,0	175	97	57	85	8,9	2,1	0,6	388	7755
Drijfmest	2390	5,2	26	43	7	570	125	23	5,1	10,4	142	93	51	81	9,2	1,9	0,6	315	6300
GFT-compost	2540	3,5	23	28	5	590	81	14	5,2	10,7	160	94	44	81	10,0	2,3	0,6	351	7020
Kunst-mest	2920	6,0	28	42	5	690	133	21	4,9	12,9	174	88	63	77	8,8	1,8	0,7	342	6845
Condit	1920	4,1	28	25	4	520	103	20	5,2	8,7	129	95	48	83	8,8	2,1	0,7	307	6135
Xurian Opti-mum	3900	6,0	27	41	5	920	129	24	4,9	15,1	213	89	62	78	8,9	1,7	0,7	403	8050
Biochar-ECN	3130	6,9	25	44	6	650	103	14	4,9	12,2	168	88	71	74	11,0	1,8	0,7	326	6515
Biochar-Norit	3370	6,8	24	36	4	880	110	23	4,8	16,9	212	85	72	71	11,0	1,8	0,7	350	6990
Rom-Char	3380	4,4	27	52	7	750	118	19	4,9	13,0	185	89	54	78	8,6	2,0	0,6	369	7375
Biochar-hout	2340	4,9	25	39	6	490	92	14	5,0	9,3	136	86	41	73	9,6	2,3	0,7	282	5630

Vredepeel 2015 (voorjaar)

Behandeling	N-Totaal	P-PAE	P-AL	K	K-ge-tal	S-To-taal	Mg	Na	pH	org. Stof	CE C	CEC-bezet-ting	Bodem-leven	CEC-Ca-bezetting	CEC-Mg-bezetting	CEC-K-bezetting	CEC-Na-bezetting	Ca-beschik-baarheid	Ca-voor-raad
PRP-SOL	1497	6,0	89	42	NA	240	168	14	5,6	5,3	68	95	24	81	10,7	2,9	0,7	130	3125
Bactofil	1420	5,9	88	29	NA	233	157	8	5,5	5,1	65	95	19	82	9,8	3,1	0,7	115	3075
Steen-meel	1387	3,3	84	49	NA	240	154	23	5,7	5,1	74	96	21	83	9,6	3,3	0,6	352	3522
Drijfmest	1340	6,2	86	37	NA	207	151	10	5,5	5,1	58	98	35	82	12,3	3,1	0,8	175	2725
Com-post	1423	6,1	82	35	NA	243	151	9	5,5	5,2	63	98	22	82	11,7	3,5	0,7	122	2952
Kunstmest	1350	5,6	84	37	NA	227	148	8	5,3	4,5	58	94	27	78	11,7	3,4	0,7	87	2627

2012 (najaar)

Behandeling	N-totaal	P-PAE	P-AL	K-PAE	K-ge-tal	S-totaal	Mg-PAE	Na-PAE	pH	Org . stof	CEC	CEC-bezettin-g	Bodem-leven	Ca-bezet-ting	Mg-bezet-ting	K-bezet-ting	Na-bezet-ting	Ca beschikbaar kg Ca /ha	Ca-voor-raad kg Ca /ha
	mg N /kg	mg P /kg	mg P2O5 /100g	mg K /kg	-	mg S /kg	mg Mg /kg	mg Na /kg	-	%	mmol + /kg	%	mg N /kg	%	%	%	%		
PRP-sol	1430	7,8	110	96	20	270	136	22	5,5	5,0	68	96	40	82	11,0	2,1	1,0	179	3580
Steen-mee	1320	4,0	94	125	25	250	122	52	5,8	4,6	64	91	38	75	12,0	3,8	0,6	156	3120
Groen-compost	1460	8,4	94	108	22	250	113	17	5,5	4,8	65	99	40	84	11,0	3,2	0,8	177	3540
Drijfmest	1370	8,0	93	90	18	260	121	17	5,4	5,2	61	98	47	82	12,0	2,8	0,8	160	3195
Kunstmest	1260	7,9	115	104	22	240	117	24	5,3	4,8	49	90	28	78	8,8	2,2	1,2	124	2475
Condit	1440	8,8	91	88	19	240	112	18	5,4	4,7	58	97	30	82	11,0	3,4	1,0	155	3095
Xurian Optimum	1410	6,6	122	116	23	280	170	29	5,7	5,1	66	97	31	83	11,0	2,4	0,9	176	3520

Bijlage 8. CEC grootte en Ca-, Mg-, en K-bezetting

Tabel B-8 CEC grootte (mmol+/kg) en Ca-, Mg-, en K-bezetting (% van CEC) voor Kollumerwaard en Lelystad volgens CoHex bepaling

behandeling	Kollumerwaard CEC-grootte	Ca	Mg	K	Lelystad CEC- grootte	Ca	Mg	K
Agrigyps	204	92	5	2.6	172	94	4	2.1
Betacal carbo	215	92	5	2.7	179	94	4	2.1
Brandkalk	206	85	12	2.3	175	86	12	2.2
PRP-SOL	195	92	5	2.6	170	93	4	2.1
BactoFil					142	93	4	2.0
Biochar Norit	210	91	6	2.6	210			
Biochar hout 2,5 ton					129	93	4	2.0
Biochar hout 5 ton	201	91	6	3.0	174	93	4	1.9
Compost	202	91	5	2.7	173	94	4	1.9
Drijfmest	186	92	5	2.4	165	93	4	2.1
Kunstmest	191	92	5	2.6	168	94	4	2.0
Xurian	180	91	5	3.2	163	94	4	1.9
Condit	206	92	5	2.7	176	93	4	1.9

Bijlage 9. Ca, Mg, K in bodemvocht in 2015 en 2012 (mmol per l)

Tabel B-9.1 Ca in waterextractie in 2015, mmol /l.

behandeling	Locatie						
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Klei	Valthermond	Vredepeel	Zand
Agrigyps	0.9	0.7	2.6	1.4			
Betacal carbo	1.0	0.6	1.0	0.9			
Brandkalk	0.9	0.6	0.9	0.8			
PRP-SOL	0.8	0.7	0.9	0.8	0.1	0.8	0.4
BactoFil		0.7	0.9	0.8		0.9	0.9
Steenmeel					0.1	0.6	0.4
Compost	0.9	0.7	0.9	0.8	0.1	0.8	0.5
Drijfmest	0.8	0.6	0.8	0.7	0.1	0.8	0.5
Kunstmest	0.9	0.6	1.0	0.8	0.1	0.9	0.5

Tabel B-9.2 Mg in waterextractie in 2015, mmol /l.

behandeling	Locatie						
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Klei	Valthermond	Vredepeel	Zand
Agrigyps	< 0.1	< 0.1	0.2	0.1			
Betacal carbo	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1			
Brandkalk	0.2	< 0.1	0.2	0.2			
PRP-SOL	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	< 0.1	0.5	0.3
BactoFil		< 0.1	< 0.1	0.1		0.6	
Steenmeel					< 0.1	0.4	0.3
Compost	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	< 0.1	0.4	0.3
Drijfmest	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	< 0.1	0.6	0.3
Kunstmest	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	< 0.1	0.5	0.3

Tabel B-9.3 K in waterextractie in 2015, mmol /l.

behandeling	Locatie						
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Klei	Valthermond	Vredepeel	Zand
Agrigyps	0.3	0.1	0.2	0.2			
Betacal carbo	0.2	0.1	0.1	0.1			
Brandkalk	0.3	0.1	0.2	0.2			
PRP-SOL	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.7	0.5
BactoFil		0.1	0.2	0.1		0.7	0.7
Steenmeel					0.1	0.9	0.5
Compost	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.8	0.4
Drijfmest	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.8	0.4
Kunstmest	0.1	0.3	0.3	0.2	0.2	0.9	0.5

Tabel B-9.4 Ca-gehalte in bodemvocht in 2012 (1:2 volume-extract water), per behandeling per locatie, mmol /l.

Behandeling	Locatie					Gemiddeld	
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel	klei	zand
Agrigyps	1,1	3,2	3,2			2,5	
Betacal Carbo	1,2	2,1	1,7			1,7	
Brandkalk	0,9	1,8	1,7			1,5	
PRP-sol	0,9	1,7	1,9	0,2	0,1	1,5	0,2
Condit	0,9	1,4	1,1	0,2	0,1	1,1	0,2
Xurian	0,9	1,8	1,7	0,3	0,1	1,5	0,2
Bactofil		1,6	1,2			1,4	
BiocharECN				0,3			0,3
BiocharNorit	0,7			0,2		0,7	0,2
RomChar							
Biochar2,5t		1,8				1,8	
Biochar5t	0,8	1,9		0,2		1,4	0,2
Steenmeel				0,1	0,1		0,1
Compost	0,9	1,9	1,4	0,4	0,1	1,4	0,3
Drijfmest	0,9	1,9	1,7	0,2	0,1	1,5	0,2
Kunstmest	0,8	1,8	1,6	0,5	0,1	1,4	0,3

Bijlage 10. Hot Water Extractable Carbon

Kleilocaties

Tabel B-10.1 Hot Water extractable Carbon (HWC) ($\mu\text{g C/g grond}$) op de kleilocaties

Behandeling	Kollumerwaard			Lelystad			Westmaas			Gemiddeld	
	2010	2012	2015	2010	2012	2015	2010	2012	2015	2012	2015
Proefveld	450			287			304				
Agrigyps		584	489		224	224		244	255	105	323
Betacal carbo		502	481		195	257		268	263	101	334
Brandkalk		411	445		213	178		255	252	96	292
PRP-SOL		473	473		177	234		272	307	96	338
Bactofil A10					167	221		314	296	101	258
Bactofil B10										0	
Condit7%N *)		463	432		153	275		261	261	90	323
Xurian Optimum *)		429	479		203	222		236	223	93	308
Biochar hout 2,5 ton *)					174	220				91	220
Biochar hout 5 ton *)		609	420		197	207				114	314
Biochar ECN *)										0	
Biochar Norit *)		282	305							58	305
Biochar RomChar*)										0	
Steenmeel										0	
Compost		501	563		191	308		289	315	103	395
Drijfmest		523	421		207	220		310	275	109	305
Kunstmest		576	385		190	222		290	299	108	302

*) gemeten in enkelvoud, andere behandelingen gemeten in drievoud

Zandlocaties

Tabel B-10.2 **Hot Water extractable Carbon (HWC) ($\mu\text{g C/g grond}$) op de zandlocaties**

Behandeling	Valthermond			Vredepeel			Gemiddeld		
	2010	2012	2015	2010	2012	2015	2010	2012	2015
Proefveld	1980			1007			1493		
Agrigyps									
Betacal carbo									
Brandkalk									
PRP-SOL		1877	1783		683	731		1280	1257
BactoFil A10						656			656
Bactofil B10									
Condit7%N *)		1122			704			913	
Xurian Optimum *)		1874			744			1309	
Biochar hout 2,5 ton *)									
Biochar hout 5 ton *)		1157	1331					1157	1331
Biochar ECN *)		1856	1983					1856	1983
Biochar Norit *)		1894	1898					1894	1898
Biochar RomChar*)		1897	1997					1897	1997
Steenmeel		1574	1738		735	660		1155	1199
Compost		1002	1200		725	666		863	933
Drijfmest		1352	1433		754	705		1053	1069
Kunstmest		1844	1983		764	636		1304	1309

Tabel B-10.3 **Relatieve gehalte HWC ten opzichte van referentiebehandeling kunstmest in 2012 en 2015, per locatie, per grondsoort, %.**

Behandeling	Kollumerwaard		Lelystad		Westmaas		Gem Klei		Valthermond		Vredepeel		Gem zand	
	2012	2015	2012	2015	2012	2015	2012	2015	2012	2015	2012	2015	2012	2015
Agrigyps	101	127	118	101	84	85	100	104						
Betacal carbo	87	125	103	116	92	88	91	110						
Brandkalk	71	116	112	81	88	84	83	93						
PRP-SOL	82	123	93	105	94	103	87	110	102	90	89	115	98	96
BactoFil			88	100	108	99	68	89				103		50
Biochar ECN									101	100	101		142	151
Biochar Norit		79						97	103	96			145	145
Biochar RomChar									103	101			145	152
Biochar hout 2,5 ton			92	99			49	99						
Biochar hout 5 ton	106	109	104	94			115	101	63	67			89	102
Steenmeel									85	88	96	104	89	92
Groencompost	87	146	101	139	100	105		130	54	61	95	105	66	71
Drijfmest	91	109	109	99	107	92		100	73	72	99	111	81	82
Kunstmest	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Bijlage 11. Resultaten bodembologisch onderzoek 2010 en 2012

2010

Tabel B-11.1 Bodemvoedselwebanalyses van de 3 kleilocaties.

Locatie	Totale biomassa µg /g grond		Bacterie:schimmel verhouding, -	Diameter hyfen, µm
	Bacteriën	Schimmels		
Kollumerwaard	354	100	0,29	2,6
Lelystad	112	96	0,81	2,4
Westmaas	384	139	0,37	2,4

Tabel B-11.2 Totale bacteriële massa in ug/g voor de 5 locaties.

	Totale bacteriële massa ug/g						
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel	klei	zand
Agrigyps	355	285	211			284	
Betacal							
Carbo	497	292	296			362	
Brandkalk	327	257	308			297	
PRP-sol	310	239	281	250	370	276	310
Condit	271	228	428	287	625	309	456
Xurian	379	220	340	279	421	313	350
Bactofil		250	314			282	
BiocharECN				278			278
BiocharNorit	405			262		405	262
BiocharRom							
Biochar2,5t		294				294	
Biochar5t	289	266		268		277	268
Steenmeel				212	216		214
compost	386	235	267	232	463	296	348
drijfmest	286	280	213	255	392	260	324
kunstmest	375	252	346	278	308	324	293

Tabel B-11.3 Actieve bacteriële massa in ug/g voor de 5 locaties.

Actieve bacteriële massa	Kollumerwaard Lelystad Westmaas Valthermond Vredepeel klei zand						
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel	klei	zand
Agrigyps	46,0	41,4	56,0				47,8
Betacal Carbo	53,5	44,6	37,7				45,3
Brandkalk	60,8	31,7	64,4				52,3
PRP-sol	41,2	34,4	49,1	32,7	42,8		41,6 37,8
Condit	50,1	22,0	74,8	28,8	66,0		49,0 47,4
Xurian	51,9	33,2	48,6	36,6	50,1		44,6 43,4
Bactofil		23,6	51,6				37,6
BiocharECN				24,8			24,8
BiocharNorit	50,1			24,2			50,1 24,2
BiocharRom							
Biochar2,5t		32,7					32,7
Biochar5t	46,3	41,3		24,1			43,8 24,1
Steenmeel				34,7	49,3		42,0
compost	66,9	39,0	34,4	20,8	39,6		46,7 30,2
drijfmest	52,9	37,8	68,2	33,4	26,3		53,0 29,8
kunstmest	47,1	38,0	55,6	41,6	62,2		46,9 51,9

Tabel B-11.4 Actief totaal bacterie voor de 5 locaties.

actief: totaal bacterie							
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel	klei	zand
Agrigypt	0,13	0,15	0,27			0,18	
Betacal							
Carbo	0,11	0,15	0,13			0,13	
Brandkalk	0,19	0,12	0,21			0,17	
PRP-sol	0,13	0,14	0,18	0,13	0,12	0,15	0,12
Condit	0,18	0,10	0,17	0,10	0,11	0,15	0,10
Xurian	0,14	0,15	0,14	0,13	0,12	0,14	0,13
Bactofil		0,09	0,16			0,13	
BiocharECN				0,09			0,09
BiocharNorit	0,12			0,09		0,12	0,09
BiocharRom							
Biochar2,5t		0,11				0,11	
Biochar5t	0,16	0,16		0,09		0,16	0,09
Steenmeel				0,16	0,23		0,20
compost	0,17	0,17	0,13	0,09	0,09	0,16	0,09
drijfmest	0,18	0,14	0,32	0,13	0,07	0,21	0,10
kunstmest	0,13	0,15	0,16	0,15	0,20	0,15	0,18

Tabel B-11.5 Totale schimmel massa in ug/g voor de 5 locaties.

Totale schimmel massa, ug/g							
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel	klei	zand
Agrigypt	73	73	57			68	
Betacal							
Carbo	85	68	72			75	
Brandkalk	71	81	81			78	
PRP-sol	100	89	40	85	71	76	78
Condit	98	63	46	138	57	69	97
Xurian	72	104	70	145	202	82	173
Bactofil		95	88			92	
BiocharECN				87			87
BiocharNorit	96			64		96	64
BiocharRom							
Biochar2,5t		61				61	
Biochar5t	117	66		46		91	46
Steenmeel				84	77		81
compost	46	90	118	148	89	85	118
drijfmest	84	49	72	124	23	69	74
kunstmest	62	93	110	41	43	88	42

Tabel B-11.5 Actieve schimmel massa in ug/g voor de 5 locaties.

actieve schimmel massa	totaal=actief+nietactief						
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel	klei	zand
Agrigyps	17,4	21,9	18,3				19,2
Betacal							
Carbo	23,6	27,9	12,5				21,4
Brandkalk	20,1	11,2	16,1				15,8
PRP-sol	21,5	18,5	17,7	9,0	13,2	19,2	11,1
Condit	16,0	21,7	16,7	7,0	11,0	18,1	9,0
Xurian	16,5	21,6	31,7	11,8	16,4	23,3	14,1
Bactofil		23,6	21,0				22,3
BiocharECN				8,2			8,2
BiocharNorit	18,6			11,0		18,6	11,0
BiocharRom							
Biochar2,5t		20,9					20,9
Biochar5t	18,2	17,2		7,5		17,7	7,5
Steenmeel				7,1	18,9		13,0
compost	12,7	24,6	15,5	12,8	22,9	17,6	17,8
drijfmest	23,3	23,3	16,1	10,8	5,3	20,9	8,0
kunstmest	25,2	25,2	17,8	8,0	19,3	22,8	13,6

Tabel B-11.6 Actief totaal schimmel voor de 5 locaties.

Actief:totaal schimmel							
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel	klei	zand
Agrigyps	0,24	0,30	0,32				0,29
Betacal							
Carbo	0,28	0,41	0,17				0,29
Brandkalk	0,28	0,14	0,20				0,21
PRP-sol	0,22	0,21	0,45	0,11	0,19	0,29	0,15
Condit	0,16	0,34	0,36	0,05	0,19	0,29	0,12
Xurian	0,23	0,21	0,45	0,08	0,08	0,30	0,08
Bactofil		0,25	0,24				0,24
BiocharECN				0,09			0,09
BiocharNorit	0,19			0,17		0,19	0,17
BiocharRom							
Biochar2,5t		0,34					0,34
Biochar5t	0,16	0,26		0,16		0,21	0,16
Steenmeel				0,08	0,25		0,16
compost	0,27	0,27	0,13	0,09	0,26	0,23	0,17
drijfmest	0,28	0,48	0,22	0,09	0,23	0,33	0,16
kunstmest	0,41	0,27	0,16	0,19	0,45	0,28	0,32

Tabel B-11.7 **Totale schimmel/bacterie verhouding voor de 5 locaties.**

totale schimmel: bacterie verhouding 1:....							
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel	klei	zand
Agrigyps	0,21	0,26	0,27				0,24
Betacal							
Carbo	0,17	0,23	0,24				0,22
Brandkalk	0,22	0,32	0,26				0,27
PRP-sol	0,32	0,37	0,14	0,34	0,19	0,28	0,27
Condit	0,36	0,28	0,11	0,48	0,09	0,25	0,29
Xurian	0,19	0,47	0,20	0,52	0,48	0,29	0,50
Bactofil		0,38	0,28				0,33
BiocharECN				0,31			0,31
BiocharNorit	0,24			0,24		0,24	0,24
BiocharRom							
Biochar2,5t		0,21				0,21	
Biochar5t	0,41	0,25		0,17		0,33	0,17
Steenmeel				0,40	0,36		0,38
compost	0,12	0,38	0,44	0,64	0,19	0,31	0,41
drijfmest	0,30	0,17	0,34	0,49	0,06	0,27	0,27
kunstmest	0,17	0,37	0,32	0,15	0,14	0,28	0,14

Tabel B-11.8 **Actieve schimmel/bacterie verhouding voor de 5 locaties.**

actieve schimmel: bacterie verhouding 1:....							
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel	klei	zand
Agrigyps	0,38	0,53	0,33				0,40
Betacal							
Carbo	0,44	0,63	0,33				0,47
Brandkalk	0,33	0,35	0,25				0,30
PRP-sol	0,52	0,54	0,36	0,28	0,31	0,46	0,29
Condit	0,32	0,99	0,22	0,24	0,17	0,37	0,19
Xurian	0,32	0,65	0,65	0,32	0,33	0,52	0,32
Bactofil		1,00	0,41				0,59
BiocharECN				0,33			0,33
BiocharNorit	0,37			0,45		0,37	0,45
BiocharRom							
Biochar2,5t		0,64				0,64	
Biochar5t	0,39	0,42		0,31		0,40	0,31
Steenmeel				0,20	0,38		0,31
compost	0,19	0,63	0,45	0,61	0,58	0,38	0,59
drijfmest	0,44	0,62	0,24	0,32	0,20	0,39	0,27
kunstmest	0,54	0,66	0,32	0,19	0,31	0,49	0,26

Tabel B-11.9 Hyfendiameter, in um voor de 5 locaties.

hyfendiameter, um	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel	klei	zand
Agrigyps	1,7	1,7	1,8			1,7	
Betacal Carbo	1,9	1,8	1,8			1,8	
Brandkalk	1,8	1,9	1,9			1,9	
PRP-sol	1,9	1,9	2,1	1,9	1,9	2,0	1,9
Condit	1,8	2,1	2,0	2,0	1,8	2,0	1,9
Xurian	1,9	1,8	1,9	2,0	2,1	1,9	2,1
Bactofil		1,8	1,9			1,9	
BiocharECN				1,9			1,9
BiocharNorit	1,9			2,0		1,9	2,0
BiocharRom							
Biochar2,5t		1,7				1,7	
Biochar5t	1,9	1,8		1,9		1,9	1,9
Steenmeel				1,8	2,0		1,9
compost	2,0	1,7	1,9	2,0	2,2	1,9	2,1
drijfmest	1,9	1,8	1,7	2,0	1,9	1,8	2,0
kunstmest	1,8	1,9	1,8	1,7	1,8	1,8	1,8
	1,9	1,8	1,9	1,9	2,0	1,8	1,9

Bijlage 12. N-min voorjaar (kg N per ha)

Tabel B-12 **Gemeten N-min voorraden per jaar, locatie en product.**

	2011	2012	2013	2014	2015	Gemiddeld	
Kollumerwaard	0-60 cm	0-100 cm	0-60 cm	0-100 cm	0-60 cm	2011-2015	2012-2015
Agripyps	29	38	32	17	31	29	30
Betacal Carbo	23	34	47	19	34	31	34
Brandkalk	25	56	37	19	37	35	37
PRP-SOL	28	42	43	22	36	34	36
Condit	22	60	28	19	25	31	33
Xurian Optimum	25	48	32	18	32	31	33
Biochar norit		70	38	13	31	38	38
Biochar hout 5 ton		62	36	21	30	37	37
Compost	28	68	34	19	38	37	40
Varkensdrijfmest	24	44	32	19	30	30	31
Kunstmest	28	52	25	18	30	31	31
Lelystad	0-60 cm	0-60 cm	0-60 cm	0-60 cm	0-60 cm		
Agripyps	18	22	23	12	11	17	17
Betacal Carbo	25	24	26	14	8	19	18
Brandkalk	18	18	26	12	10	17	17
PRP-SOL	18	22	25	12	9	17	17
Condit	18	24	30	11	8	18	18
Xurian Optimum	18	22	23	11	11	17	17
Biochar hout 2,5 ton	18	24	26	12	13	19	19
Biochar hout 5 ton	18	24	23	14	9	18	18
Compost	18	24	29	14	15	20	21
Varkensdrijfmest	18	20	31	11	8	18	18
Kunstmest	18	24	26	10	10	18	18
Bactofil		24	25	10	11	18	18
Westmaas	0-60 cm	0-60 cm	0-100 cm	0-60 cm	0-60 cm		
Agripyps	13	16	6	17	11	13	13
Betacal Carbo	13	24	6	12	10	13	13
Brandkalk	18	19	22	19	16	19	19
PRP-SOL	16	41	24	17	13	22	24
Condit	14	30	6	12	14	15	16
Xurian Optimum	14	29	20	13	10	17	18
Compost	11	25	12	14	12	15	16
Varkensdrijfmest	13	34	16	16	11	18	19
Kunstmest	12	28	6	16	13	15	16
Bactofil		14	6	13	11	11	11

	2011	2012	2013	2014	2015	Gemiddeld	
Valthermond	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	2011-2015	2012-2015
PRP-SOL	50	22	42	15	22	30	25
Condit	28	24	36	15	16	24	23
Xurian Optimum	55	26	50	17	53	40	37
Biochar ECN	40	29	46	9	31	31	29
Biochar norit	34	35	52	20	38	36	36
Biochar Edinburgh	53	17	42	11	29	30	25
Biochar hout 5 ton	41	20	38	9	34	28	25
Steenmeel	50	24	38	19	27	32	27
Compost	27	19	23	7	20	19	17
Varkensdrijfmest	23	23	31	16	31	25	25
Kunstmest	48	25	47	19	25	33	29
Vredepeel	0-60 cm	0-60 cm	0-30 cm	0-60 cm	0-30 cm		
PRP-SOL	20	60	33	23	13	30	32
Condit	19	61	37	18	9	29	31
Xurian Optimum	18	78	43	18	12	34	38
Steenmeel	18	80	41	4	12	31	34
Compost	18	60	31	19	10	28	30
Rundveedrijfmest	18	74	39	17	9	31	35
Kunstmest	16	60	42	4	8	26	29
Bactofil		56	35	4	11	27	27

Bijlage 13. Opbrengst en kwaliteit per locatie in 2015

Kollumerwaard: Het proefperceel is op 1 mei gepoot en op 20 augustus is het gewas met een loofklapper en rijenspuit gedood. Voor het bepalen van de opbrengst zijn op 11 september proefrooiingen gedaan. In 2015 zijn er geen duidelijke significante verschillen in opbrengst tussen de diverse behandelingen met bodemverbeteraars. Alleen in de sorteringen 45-50 en 50-55 mm zijn er tussen de behandelingen onderling verschillen te vinden. Zie tabel B-13.1.

Lelystad: Dit perceel is op 28 april gepoot en op 10 september is dit perceel met een loofdodingsmiddel bespoten. Vier dagen later op 14 september zijn de aardappelen geoogst. In de bovenmaatse sortering (>80 mm) zijn er verschillen in opbrengst tussen de bodemverbeteraars. Tussen de verschillende bodemverbeteraars zijn er verschillen gevonden. Alleen het onderwatergewicht van de behandeling met Brandkalk is lager dan de referentie kunstmest (zie tabel B-13.2 en B-13.3).

Westmaas: Poten is gebeurd op 16 april en 4 maanden later op 14 augustus is het perceel met een loofdodingsmiddel bespoten. Het oogsten gebeurde 10 dagen later op 24 augustus. In Westmaas is er in 2015 geen behandeling geweest die een significant verschil in opbrengst of onderwatergewicht heeft gegeven ten opzichte van referentie kunstmest (zie tabel B-13.4).

Valthermond: De perceel is als laatste gepoot van alle locaties namelijk op 6 mei. Loofdoding gebeurde vervolgens ook als laatste op 2 oktober waarna op 20 oktober de aardappelen geoogst zijn. Van de proeflocatie in Valthermond zijn er alleen in de kleinere sorteringen verschillen in opbrengst tussen de diverse behandelingen maar niet ten opzichte van de referentie kunstmest. In onderwatergewicht en uitbetalingsgewicht zijn er geen betrouwbare verschillen gevonden (zie tabel B-13.5 en B-13.6).

Vredepeel: Op 22 april is het proefperceel gepoot en op 24 september is een loofdodingsmiddel gespoten. Het proefveld is gerooid op 30 september. In 2015 zijn er geen significante verschillen gevonden in onderwatergewicht (zie tabel B-13.7 en B-13.8).

Tabel B-13.1 **Opbrengst in ton/ha en onderwatergewicht Kollumerwaard 2015**

	0-25mm	25-28 mm	28-35 mm	35-45 mm	45-50 mm	50-55 mm	>55 mm	OWG
Agrigyps	0.148	a 0.519 bcd	1.044	ab 7.867	a 12.86 abcd	13.11	abc 9.45	ab 302.6 b
Betacal carbo	0.133	a 0.378 ab	1.200	b 7.370	a 15.13 d	12.73	ab 9.77	ab 302.4 ab
Brandkalk	0.148	a 0.511 bcd	1.170	b 7.393	a 13.25 abcd	15.73	c 8.36	a 303.5 b
PRP-sol	0.148	a 0.556 cd	1.074	ab 7.548	a 11.13 ab	12.31	a 10.56	ab 291.5 ab
Condit	0.156	a 0.415 abc	1.259	b 7.156	a 11.04 a	14.05	abc 11.93	b 291.8 ab
Xurian Optimum	0.148	a 0.481 abcd	0.844	a 8.326	a 12.76 abcd	15.44	bc 8.50	a 303.3 b
Biochar norit	0.178	a 0.504 bcd	1.259	b 7.807	a 13.61 bcd	12.81	ab 8.76	a 301.9 ab
Biochar hout 2,5 ton/ha	0.185	a 0.459 abcd	1.163	ab 8.511	a 12.39 abc	12.36	a 9.99	ab 283.6 a
Compost	0.230	a 0.563 d	1.207	b 7.704	a 12.38 abc	14.49	abc 9.98	ab 294.1 ab
Drijfmest	0.170	a 0.385 ab	1.215	b 7.296	a 12.15 abc	12.34	a 10.31	ab 293.5 ab
Kunstmest	0.178	a 0.348 a	1.341	b 7.600	a 14.15 cd	11.73	a 10.49	ab 307.3 b
Lsd ¹⁾	0.103	0.141	0.321	1.492	2.557	2.851	2.701	18.79
F pr.	n.s.	<0.05	n.s.	n.s.	<0.10	<0.10	n.s.	n.s.

¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-13.2 **Opbrengst in ton/ha Lelystad 2015**

	0-28 mm		28-40 mm		40-50 mm		50-70 mm		70-80 mm		>80 mm	
Agrigyps	0.147	abc	1.876	abc	10.68	ab	39.90	ab	1.409	a	0.080	ab
Betacal carbo	0.133	abc	1.796	abc	10.48	ab	40.59	b	1.831	ab	0.000	a
Brandkalk	0.129	ab	1.698	abc	10.77	ab	40.26	b	2.507	ab	0.267	c
PRP-sol	0.116	a	2.013	bc	11.04	ab	37.71	ab	1.298	a	0.084	abc
Condit	0.160	abc	1.853	abc	11.19	ab	40.49	b	3.067	b	0.000	a
Xurian optimum	0.124	ab	1.653	ab	11.12	ab	40.15	ab	1.982	ab	0.000	a
Biochar hout 2,5 ton/ha	0.200	c	1.804	abc	10.22	ab	40.22	ab	1.311	a	0.000	a
Biochar hout 5 ton/ha	0.133	abc	1.658	ab	10.01	a	39.47	ab	1.564	a	0.000	a
Bactofil	0.156	abc	1.827	abc	11.42	b	35.78	a	1.347	a	0.000	a
Drijfmest	0.187	bc	1.791	abc	10.44	ab	37.92	ab	2.058	ab	0.000	a
Compost	0.133	abc	1.502	a	10.13	ab	41.92	b	2.147	ab	0.209	bc
Kunstmest	0.147	abc	2.084	c	10.85	ab	40.48	b	2.049	ab	0.000	a
Lsd ¹⁾	0.0688		0.405		1.399		4.442		1.306		0.183	
F pr.	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		<0.10	

¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-13.3 **Obrengst onderwatergewicht Lelystad 2015**

	OWG	
Agrigyps	394.7	bcd
Betacal carbo	393.8	bcd
Brandkalk	381.1	a
PRP-sol	401.1	cd
Condit	393.8	bcd
Xurian optimum	387.8	ab
Biochar hout 2,5 ton/ha	391.3	bc
Biochar hout 5 ton/ha	393.3	bcd
Bactofil	402.1	d
Drijfmest	390.3	ab
Compost	390.0	ab
Kunstmest	392.0	bcd
Lsd ¹⁾	10.21	

F pr. <0.05

¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-13.4 **Obrengst in ton/ha en onderwatergewicht Westmaas 2015**

	0-28 mm		28-40 mm		40-50 mm		50-70 mm		>70 mm		OWG	
Agrigyps	0.111	a	4.222	a	16.29	ab	23.32	b	7.431	ab	381.1	a
Betacal carbo	0.222	a	5.958	b	18.39	ab	20.64	ab	6.528	ab	376.5	a
Brandkalk	0.194	a	4.819	ab	17.86	ab	21.83	b	6.778	ab	370.5	a
PRP-sol	0.208	a	5.528	ab	17.54	ab	21.86	b	6.694	ab	375.3	a
Condit	0.153	a	4.819	ab	17.52	ab	21.82	b	8.472	b	369.4	a
Xurian optimum	0.236	a	6.056	b	18.67	b	17.85	a	6.014	ab	378.5	a
Bactofil	0.125	a	5.250	ab	15.57	a	21.72	b	6.500	ab	366.9	a
Drijfmest	0.139	a	5.653	ab	17.29	ab	22.56	b	5.889	a	380.7	a
Compost	0.153	a	4.847	ab	17.72	ab	23.99	b	6.847	ab	370.4	a
Kunstmest	0.314	a	5.611	ab	17.51	ab	20.82	ab	5.903	a	379.1	a
Lsd ¹⁾	0.225		1.467		3.034		3.489		2.507		19.61	
F pr.	n.s.		n.s.		n.s.		<0.10		n.s.		n.s.	

¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-13.5 **Opbrengst in ton/ha Valthermond 2015**

	0-28 mm		28-40 mm		40-50 mm		50-70 mm		>70 mm		>28 mm netto		Bruto	
PRP-sol	0.790	ab	9.59	bcd	23.03	ab	20.67	abc	0.213	ab	53.50	a	54.29	ab
Condit	0.753	ab	9.47	abcd	23.42	ab	17.85	a	0.216	ab	50.96	a	51.71	a
Xurian optimum	1.034	c	10.81	d	23.45	ab	20.88	abc	0.152	ab	55.30	a	56.33	b
Biochar ECN	0.802	ab	9.96	bcd	22.28	ab	21.46	abc	0.076	a	53.77	a	54.57	ab
Biochar Norit	0.944	bc	9.00	abc	23.08	ab	21.83	abc	0.409	b	54.33	a	55.27	ab
Biochar hout 2,5 ton/ha	0.665	a	9.20	abc	22.15	ab	19.73	abc	0.149	ab	51.23	a	51.90	ab
Romchar	0.839	abc	10.24	bcd	23.38	ab	19.51	abc	0.070	a	53.20	a	54.04	ab
Steenmeel	0.697	a	8.81	ab	21.41	a	22.54	bc	0.132	ab	52.89	a	53.59	ab
Drijfmest	0.824	abc	10.50	cd	23.57	b	18.67	ab	0.058	a	52.79	a	53.62	ab
Compost	0.707	a	7.99	a	22.27	ab	23.81	c	0.212	ab	54.29	a	54.99	ab
Kunstmest	0.930	bc	9.28	abcd	24.02	b	19.78	abc	0.128	ab	53.21	a	54.14	ab
Lsd ¹⁾	0.217		1.572		2.144		4.396		0.320		4.578		4.489	
F pr.	<0.05		<0.10		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	

¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-13.6 **Onderwatergewicht en uitbetaalgewicht Valthermond 2015**

	OWG		Uitbetalingsgewicht	
PRP-sol	529.3	a	77.64	a
Condit	548.4	b	77.30	a
Xurian optimum	531.1	ab	80.91	a
Biochar ECN	529.8	ab	78.26	a
Biochar Norit	523.2	a	77.97	a
Biochar hout 2,5 ton/ha	531.2	ab	74.59	a
Romchar	535.4	ab	78.40	a
Steenmeel	527.0	a	76.29	a
Drijfmest	531.2	ab	77.02	a
Compost	527.0	a	78.25	a
Kunstmest	531.4	ab	77.92	a
Lsd ¹⁾	18.67		7.559	
F pr.	n.s.		n.s.	

¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-13.7 **Opbrengst in kg/ha Vredepeel 2015**

	0-40 mm		40-50 mm		50-70 mm		>70 mm		Bruto		>40 mm netto	
PRP-sol	2578	ab	12203	a	61786	ab	7902	bc	85358	b	81890	b
Condit	2749	ab	13035	a	57317	a	4813	ab	78428	a	75165	a
Xurian optimum	2829	ab	11711	a	62929	ab	5597	abc	83783	ab	80237	ab
Steenmeel	2419	a	11216	a	60825	ab	8327	c	83393	ab	80368	ab
Bactofil	3079	b	13070	a	60619	ab	4330	a	81749	ab	78019	ab
Drijfmest	2876	ab	11778	a	60246	ab	5895	abc	81441	ab	77919	ab
Compost	2883	ab	13238	a	62937	ab	4263	a	83850	ab	80438	ab
Kunstmest	2740	ab	11956	a	64048	b	4711	a	83894	ab	80714	ab
Lsd ¹⁾	523.8		2229		5685		3182		6154		6111	
F pr.	n.s.		n.s.		n.s.		<0.10		n.s.		n.s.	

¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-13.8 **Onderwatergewicht Vredepeel 2015**

	OWG	
PRP-sol	395.4	a
Condit	391.1	a
Xurian optimum	392.8	a
Steenmeel	379.4	a
Bactofil	390.8	a
Drijfmest	389.4	a
Compost	393.6	a
Kunstmest	385.6	a
Lsd	20.77	
F pr.	n.s.	

¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

Bijlage 14. Gewasopbrengst, kwaliteit en mineralenafvoer per locatie en jaar

B-14.1 Opbrengst, kwaliteit en mineralenafvoer in 2010

Tabel B-14.1.1 Relatieve opbrengsten per proeflocatie in 2010.

Bodemverbeteraar	Kollumerw.	Lelystad	Westmaas	Valthermond suikerbieten		Vredepeel snijmaïs
	z.tarwe	z.gerst	z.gerst	gewicht	€	ds gew.
Agrigyps	108	101	119			
Betacal carbo	104	103	110			
Brandkalk	107	97	114			
PRP-SOL	108	98	121	94	95	89
Condit5%N	107	101	112	98	102	84
Xurian Optimum	106	97	116	98	96	85
Biochar ECN				99	101	
Biochar norit	105			95	94	
Biochar hout 2,5 ton		98				
Biochar hout 5 ton	102	99		97	100	
Steenmeel				98	100	94
Groencompost	98	98	99	98	104	92
Varkens- /rundveedrijfmest	108	101	108	95	98	83
Kunstmest	100	100	100	100	100	100
Lsd (relatief) ¹⁾	4,8	7,1	15,2	4,2	202	13
100 = ... ton of €/ha	8	9,2	6,6	61,7	2734	20,2

¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-14.1.2. Relatieve opbrengsten en afvoer van stikstof en fosfaat van zomertarwe Kollumerwaard 2010.

Bodemverbeteraar	Opbrengst relatief 100 = 8 ton/ha	Afvoer mineralen (kg/ha)					
		N-korrel	P ₂ O ₅ korrel	N- stro	P ₂ O ₅ stro	N- totaal	P ₂ O ₅ totaal
Agrigyps	108	149	63	12	4	162	67
Betacal Carbo	104	146	66	12	4	157	70
Brandkalk	107	149	65	12	4	161	69
PRP-SOL	108	155	61	12	4	167	65
Condit5%N	107	156	62	11	4	167	66
Xurian Optimum	106	151	62	12	4	163	66
Biochar norit 5 ton	105	144	60	13	4	157	64
Biochar hout 5 ton	102	148	58	13	4	161	63
Groencompost	98	135	57	13	4	148	61
Varkensdrijfmest	108	152	63	14	5	166	68
Kunstmest	100	145	60	13	5	158	65
Lsd ¹⁾	4.8	14	4.4	3.9²⁾	1.3²⁾	14.1²⁾	4.7

¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

²⁾ niet significant (niet betrouwbaar)

Tabel B-14.1.3. Relatieve opbrengsten en afvoer van stikstof en fosfaat van zomergerst Lelystad 2010.

Bodemverbeteraar	Afvoer mineralen (kg/ha)						
	Opbrengst relatief 100 = 9,2 ton/ha	N-korrel	P ₂ O ₅ korrel	N-stro	P ₂ O ₅ stro	N-totaal	P ₂ O ₅ totaal
Agrigyps	101	125	63	11	3	136	66
Betacal Carbo	103	127	64	11	3	138	67
Brandkalk	97	119	60	11	3	130	63
PRP-SOL	98	118	59	11	3	129	62
Condit5%N	101	121	62	11	3	132	65
Xurian Optimum	97	119	60	11	3	130	63
Biochar hout 2,5 ton	98	122	61	11	3	133	64
Biochar hout 5 ton	99	124	61	11	3	135	64
Groencompost	98	115	61	11	3	126	64
Varkensdrijfmest	101	122	59	11	3	133	62
Kunstmest	100	126	63	11	3	137	66
Lsd 1)	7.1	12.1	6.7 2)	n.s.2)	n.s. 2)	12.1	6.7 2)

1) Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

2) niet significant (niet betrouwbaar)

Tabel B-14.1.4. Volgerstpercentage zomergerst Lelystad 2010.

Bodemverbeteraar	%doorval<2.2	%2.2-2.5	%2.5-2.8	%>2.5
Agrigyps	0.4	1.9	8.9	97.7
Betacal Carbo	0.6	1.5	8.7	97.9
Brandkalk	0.4	1.2	6.8	98.4
PRP-SOL	0.5	1.6	9.6	97.9
Condit5%N	0.3	0.7	6.8	99.0
Xurian Optimum	0.5	1.4	6.7	98.1
Biochar hout 2,5 ton	0.5	1.3	8.4	98.2
Biochar hout 5 ton	0.3	0.8	6.3	98.9
Groencompost	0.5	1.2	7.0	98.3
Varkensdrijfmest	0.6	1.8	9.1	97.6
Kunstmest	0.5	1.5	7.6	98.0
Lsd 1)	0.3	1.4 2)	4.5 2)	1.6 2)

1) Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

2) niet significant (niet betrouwbaar)

Tabel B-14.1.5. Relatieve opbrengsten en afvoer van stikstof en fosfaat van zomergerst Westmaas 2010.

Bodemverbeteraar	Afvoer mineralen (kg/ha)						
	Opbrengst relatief 100 = 6,6 ton/ha	N-korrel	P ₂ O ₅ korrel	N-stro	P ₂ O ₅ stro	N-totaal	P ₂ O ₅ totaal
Agrigyps	119	77	52	20	11	97	63
Betacal Carbo	110	77	51	20	11	97	62
Brandkalk	114	76	51	20	11	96	62
PRP-SOL	121	79	51	20	11	99	62
Condit5%N	112	76	50	20	11	96	61
Xurian Optimum	116	83	55	20	11	103	66
Groencompost	99	73	54	20	11	94	65
Varkensdrijfmest	108	86	57	20	11	106	68
Kunstmest	100	76	53	20	11	96	64
Lsd (relatief) 1)	15.2	13 2)	7.5	2)	2)	13 2)	7.5 2)

1) Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

2) niet significant (niet betrouwbaar)

Tabel B-14.1.6. Volgerstpercentage zomergerst Westmaas 2010.

Bodemverbeteraar	%doorval<2.2	%2.2-2.5	%2.5-2.8	%>2.5
Agrigyps	0.3	1.0	6.3	92
Betacal Carbo	0.3	0.7	6.7	92
Brandkalk	0.3	1.0	5.7	93
PRP-SOL	0.0	1.0	6.0	93
Condit5%	0.3	1.3	6.0	92
Xurian Optimum	0.0	1.0	5.3	94
Groencompost	0.3	1.0	8.7	90
Varkensdrijfmest	0.3	1.0	6.3	92
Kunstmest	0.7	0.7	8.3	90

Lsd ¹⁾**0.9** ²⁾**0.6** ²⁾**2.1****2.6**¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar²⁾ niet significant (niet betrouwbaar)

Tabel B-14.1.7. Opbrengst en kwaliteit van de suikerbieten op Valthermond 2010 (bron IRS).

Bodemverbeteraar	Wortel		Suiker		Grond	Kop	K	Na	K+Na	AmN	WIN	FinO
	ton/ha	%	ton/ha	%	tarra	tarra	%	mmol/kg				€/ha
PRP-SOL	57.9	18.5	10.7	5.3	9.5	29.5	5.2	34.8	11.9	92.2	2601	
Condit5%N	60.4	18.9	11.4	6.8	10.4	29.8	4.2	34.1	11.2	92.5	2790	
Xurian Optimum	60.5	18.1	10.9	5.3	8.1	28.9	6.4	35.3	13.0	91.9	2637	
Biochar ECN	61.4	18.5	11.4	5.3	9.0	31.9	5.0	36.9	12.3	92.0	2755	
Biochar norit	58.6	18.3	10.7	5.2	8.9	32.0	5.7	37.7	12.1	91.9	2576	
Biochar hout 5 ton	59.5	18.8	11.2	5.3	8.2	31.2	4.1	35.3	12.1	92.3	2736	
Steenmeel	60.7	18.6	11.3	5.7	8.6	30.5	7.5	38.0	12.4	92.0	2739	
Groencompost	60.5	19.0	11.5	5.0	9.4	29.9	3.7	33.6	10.2	92.7	2847	
varkensdrijfmest	58.9	18.7	11.0	5.5	8.8	30.0	4.8	34.8	11.9	92.3	2692	
Kunstmest	61.7	18.3	11.3	5.5	8.2	30.3	5.3	35.6	13.2	92.0	2734	

Lsd ¹⁾**4.2** ²⁾**0.45****0.8** ²⁾**1.2****1.3****2.6****1.8****3.9****1.9****0.6****202**¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar²⁾ niet significant (niet betrouwbaar)

Tabel B-14.1.8. Opbrengstresultaten en droge stofpercentage van snijmaïs Vredepeel 2010.

Bodemverbeteraar	% droge stof bij oogst	Droge stof opbrengst ton/ha
PRP-SOL	28.8	18.0
Condit5%N	27.7	17.0
Xurian Optimum	27.3	17.1
Steenmeel	28.7	18.9
Groencompost	31.6	18.6
Rundveedrijfmest	28.0	16.8
Kunstmest	33.9	20.2

Lsd ¹⁾**3.4****2.7**¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

B-14.2 Opbrengst, kwaliteit en mineralenafvoer in 2011

Tabel B-14.2.1. Relatieve opbrengsten per proeflocatie in 2011.

Bodemverbeteraar	Kollumerw. Pootgaard ¹	Lelystad Suikerbiet (€)	Westmaas Cons aard	Valth.mond Zetm.aard	Vredepeel Suikerbiet (€)
Agrigyps	102	105.8	106		
Betacal carbo	101	101.1	101		
Brandkalk	101	98.0	98		
PRP-SOL	100	101.8	102	116	99
Condit7%N	100	103.7	104	123	97
Xurian Optimum	101	100.6	101	107	97
Biochar ECN				113	
Biochar norit	99			101	
Biochar hout 2,5 ton		100.8	101		
Biochar hout 5 ton	101	104.6	105		
Steenmeel				112	100
Groencompost/GFT	101	97.9	98	125	100
Varkens-/rundveedm.	101	100.0	100	116	98
Kunstmest	100	100.0	100	100	100
Lsd (relatief)¹⁾	3.7	7.7	n.s.	13.5	n.s.
100 = ... ton of €/ha	48.5	4391	72.2	60.3	4456

¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-14.2.2. Opbrengsten van Spunta pootgaardappelen, Kollumerwaard 2011.

Bodemverb.	0-25	25-28	28-35	35-45	45-50	50-55	> 55	totaal	totaal	28-55	28-55
	ton/h a	ton/h a	ton/h a	ton/h a	ton/h a	ton/h a	ton/h a	ton/h a	relatie f	ton/h a	relatie f
Agrigyps	0.1	0.4	1.3	9.5	17.2	14.3	6.5	49.3	102	42.3	102
Betacal carbo	0.2	0.5	1.3	9.9	14.7	16.3	5.9	48.8	101	42.2	101
Brandkalk	0.2	0.5	1.3	9.5	17.0	15.6	5.0	48.9	101	43.3	104
PRP-SOL	0.1	0.6	1.3	10.5	17.7	13.4	4.8	48.4	100	42.9	103
Condit7%N	0.1	0.5	1.3	8.1	12.3	14.2	7.6	44.0	91	35.9	86
Xurian Optimum	0.2	0.5	1.2	10.0	17.0	14.6	5.5	49.0	101	42.8	103
Biochar Norit	0.1	0.5	1.5	9.3	17.4	14.4	5.0	48.2	99	42.6	103
Biochar hout	0.2	0.6	1.4	9.4	17.1	14.4	6.0	48.9	101	42.2	102
Groencompost/GFT	0.2	0.6	1.3	10.2	16.5	16.0	4.5	49.1	101	43.9	106
Varkensdrijfmest	0.1	0.4	1.1	11.5	17.1	14.6	4.3	49.2	101	44.3	107
Kunstmest	0.2	0.5	1.4	9.9	16.0	14.3	6.2	48.5	100	41.6	100
Lsd ¹⁾	0.07	0.15	0.29	1.90	2.63	2.45	2.35	1.81	3.7	2.79	6.7

¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-14.2.3. Knol- en stengelaantallen van Spunta pootaardappelen, Kollumerwaard 2011.

Bodemverb.	0-25	25-28	28-35	35-45	45-50	50-55	> 55	totaal	28-55	stengels
	per are	per are	per are	per are	per are	per are	per are	per are	per are	per m ²
Agrigyps	89	231	458	1331	1481	933	336	4858	4203	16
Betacal carbo	142	322	464	1419	1278	1050	333	5008	4211	17
Brandkalk	150	275	436	1314	1456	1008	289	4928	4214	16
PRP-SOL	117	333	433	1458	1517	861	264	4983	4269	16
Condit7%N	86	281	431	1175	1086	900	400	4358	3592	16
Xurian Optim.	144	264	458	1386	1486	928	294	4961	4258	16
Biochar Norit	117	294	500	1300	1500	931	264	4906	4231	15
Biochar hout	142	319	453	1344	1489	917	319	4983	4203	16
Groencomp/GFT	147	311	517	1411	1414	1036	236	5072	4378	16
Varkensdr.mest	136	286	364	1594	1453	950	239	5022	4361	17
Kunstmest	158	292	481	1408	1403	942	336	5019	4233	16

Lsd ¹⁾

50 104 161 265 235 161 119 340 415 1.4

¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-14.2.4. Stikstof- en fosfaatafvoer van representatieve knolmonsters van Spunta pootaardappelen, Kollumerwaard 2011.

Bodemverb.	P ₂ O ₅	N-totaal	P ₂ O ₅	Stikstof-
	gr/kg ds	gr/kg ds	afvoer	afvoer
			kg/ha	kg/ha
Agrigyps	7.3	14.0	56	108
Betacal carbo	8.2	14.9	63	113
Brandkalk	7.8	15.9	58	118
PRP-SOL	6.9	15.3	52	116
Condit7%N	8.5	19.9	57	135
Xurian Optimum	7.3	16.2	56	123
Biochar Norit	8.0	14.9	60	112
Biochar hout	7.6	13.7	59	107
Groencompost/GFT	8.2	15.8	61	117
Varkensdrijfmest	7.1	14.8	54	114
Kunstmest	7.6	16.3	58	125

Tabel B-14.2.5. Opbrengst en kwaliteit van suikerbieten, Lelystad 2011.

Bodemverbeteraar	Suiker		Percentage tarra			mmol/kg		Amino	WIN	Financ.	
	Ton/ha	%	Ton/ha	Grond	Kop	K	Na	K + Na	N	€/ha	
Agrigyps	117.5	17.01	20.0	9.3	2.2	31.6	1.9	33.5	9.5	92.0	4648
Betacal Carbo	114.2	16.71	19.1	8.9	1.7	29.8	2.0	31.8	8.4	92.1	4438
Brandkalk	109.0	16.98	18.5	9.8	2.3	32.1	1.9	33.9	8.9	92.0	4302
PRP-SOL	113.3	17.03	19.3	10.9	2.2	31.4	2.1	33.5	9.0	92.0	4470
Condit7%N	114.5	17.06	19.5	8.6	1.8	31.9	1.9	33.7	9.8	91.9	4553
Xurian Optimum	112.3	17.02	19.1	10.7	2.2	31.7	2.0	33.7	9.8	91.9	4419
Biochar hout 2,5 ton	114.8	16.91	19.3	9.4	2.1	30.8	1.9	32.7	8.8	92.1	4428
Biochar hout 5 ton	116.0	17.06	19.8	10.8	1.9	31.2	1.8	32.9	9.4	92.1	4595
Groencompost/GFT	109.6	16.96	18.5	10.5	1.4	30.7	1.9	32.6	8.4	92.2	4301
Varkensdrijfmest	112.6	16.87	19.0	11.2	2.7	30.0	1.9	31.9	8.8	92.1	4391
Kunstmest	111.5	17.03	19.0	10.2	2.9	31.8	1.8	33.6	9.7	91.9	4391

Lsd ¹⁾

7.9 0.27 1.4 2.7 1.3 1.6 0.3 1.6 0.8 0.2 336

¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-14.2.6 Stikstof- en fosfaatafvoer per bodemverbeteraar, Lelystad 2011.

Bodemverbeteraar	P ₂ O ₅ gr/kg ds	N-totaal gr/kg ds	P ₂ O ₅ afvoer kg/ha	Stikstof- afvoer kg/ha
Agrigyps	3.2	4.2	85	112
Betacal Carbo	3.0	4.1	76	105
Brandkalk	3.4	4.4	83	106
PRP-SOL	3.2	4.3	83	111
Condit7%N	3.2	3.9	83	101
Xurian Optimum	3.2	4.2	81	106
Biochar hout 2,5 ton	3.0	4.0	78	104
Biochar hout 5 ton	3.2	4.3	85	114
Groencompost/GFT	3.0	4.2	74	104
Varkensdrijfmest	3.0	4.0	76	102
Kunstmest	2.7	4.2	70	106

Tabel B-14.2.7. Knolopbrengsten consumptieaardappelen, Westmaas 2011.

Bodemverbeteraar	0-40 ton/ha	40-50 ton/ha	50-70 ton/ha	> 70 ton/ha	uitval ton/ha	bruto ton/ha	bruto relatief	netto ton/ha	netto relatief
Agrigyps	0.4	1.2	23.3	48.1	2.7	75.7	100	73.0	101
Betacal Carbo	0.4	1.7	24.8	43.5	4.6	75.1	99	70.5	98
Brandkalk	0.3	1.4	23.0	50.6	3.4	78.6	104	75.2	104
PRP-SOL	0.3	1.6	24.5	51.7	2.2	80.3	106	78.2	108
Condit7%N	0.4	1.7	26.7	43.4	2.3	74.5	98	72.2	100
Xurian Optimum	0.5	1.7	25.6	43.6	3.4	74.7	98	71.3	99
Groencompost/GFT	0.4	1.0	22.9	48.8	2.5	75.6	100	73.1	101
Varkensdrijfmest	0.4	1.6	22.9	51.3	3.3	79.5	105	76.2	106
Kunstmest	0.2	1.6	21.7	48.8	3.6	75.9	100	72.2	100
Lsd ¹⁾	n.s. ²⁾	n.s.	n.s.	6.7	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

²⁾ niet significant (niet betrouwbaar)

Tabel B-14.2.8.. Knolaantallen per are en onderwatergewicht consumptieaardappelen, Westmaas 2011.

Bodemverbeteraar	0-40	40-50	50-70	>70	totaal	owg
Agrigyps	100	167	1194	1175	2786	434
Betacal Carbo	142	222	1294	1058	2881	418
Brandkalk	86	181	1214	1247	2911	427
PRP-SOL	86	203	1292	1308	2986	427
Condit7%N	136	206	1342	1100	2889	425
Xurian Optimum	133	222	1325	1103	2950	429
Groencompost/GFT	108	136	1189	1222	2767	436
Varkensdrijfmest	111	217	1164	1233	2878	431
Kunstmest	61	197	1086	1172	2664	429
Lsd ¹⁾	n.s. ²⁾	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

²⁾ niet significant (niet betrouwbaar)

Tabel B-14.2.9.. Kwaliteit van de zetmeelaardappelen, Valthermond 2011.

Bodemverbeteraar	score SCF	Knolgebreken		Waardering Groen	Waardering Schurff
		licht	zwaar		
PRP-SOL	92	8	10	5	9
Condit7%N	93	6	10	7.7	9.3
Xurian Optimum	97	8	10	9.3	9.3
Biochar ECN	95	8	10	9.3	7.7
Biochar norit	94	6	10	9.3	9.0
Biochar hout	94	7	10	7.7	9.3
Steenmeel	96	8	10	9.0	9.0
Groencompost/GFT	95	8	10	7.7	9.3
Varkensdrijfmest	94	7	10	9.3	7.7
Kunstmest	94	8	10	8.0	7.7
Lsd 1)	3.6	1.9	n.s.2)	2.6	2.4

¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

²⁾ niet significant (niet betrouwbaar)

Tabel B- 14.2.10. Opbrengst en kwaliteit van suikerbieten, Vredepeel 2011.

Bodemverbeteraar	Ton/ha	Suiker		Percentage tarra		mmol/kg			Amino	WIN	Financ.
		%	Ton/ha	Grond	Kop	K	Na	K + Na	N	€ /ha	
PRP-SOL	100.4	17.97	18.0	1.2	4.5	32.7	2.3	35.1	8.0	92.4	4431
Condit7%N	101.0	17.58	17.8	1.7	4.9	32.3	2.3	34.5	8.9	92.2	4309
Xurian Optimum	100.8	17.59	17.7	1.7	5.0	30.0	2.5	32.5	9.0	92.4	4315
Steenmeel	102.7	17.89	18.4	2.1	5.4	33.8	3.0	36.8	8.8	92.2	4475
Groencompost/GFT	102.0	17.82	18.2	1.6	5.7	31.9	2.2	34.1	7.8	92.5	4442
Zeugenmest	101.1	17.75	17.9	1.3	4.8	31.4	2.4	33.8	9.3	92.3	4383
Kunstmest	101.1	17.96	18.2	1.3	5.1	33.2	2.1	35.3	7.6	92.5	4456
Lsd 1)	n.s.2)	n.s.	n.s.	0.8	n.s.	n.s.	0.6	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

²⁾ niet significant (niet betrouwbaar)

B-14.3 Opbrengst, kwaliteit en mineralenafvoer in 2012

Tabel B-14.3.1. **Relatieve opbrengsten per proeflocatie in 2012.**

	Kollumerw.	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel
Bodemverbeteraar	winter tarwe	zaaiuien	Suikerbiet(€)	zomergerst	zomergerst
Kunstmest	100	100	100	100	100
Bodemverbeteraar					
Agrigyps	103	98	103		
Betacalcarbo	103	98	97		
Brandkalk	101	101	93		
PRP-SOL	100	99	98	97	105
Condit7%N	97 ¹	91 ²	103 ³	83	107
Xurian Optimum	101	100	98	103	102
Biochar ECN				99	
Biochar norit	99			102	
Biochar hout 2,5 ton		99			
Biochar hout 5 ton	99	99		92	
Biochar Romchar				99	
Steenmeel				104	90
Bactofil		98	98		
Referentie					
Varkens-/Rundveedrijfm.	101	98	100	95	96
Groencompost/GFT	98	97	108	92	102
Lsd (relatief)¹⁾	2.5	5.5	11.9	10.6	17.4
100 = ... ton/ha of €/ha SB	13.4	85	4318	6.79	7.03

¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

¹ De N-gift bij het Condit-object was 100 kg per ha lager dan bij het kunstmestobject. Bij gelijk N-gift was de opbrengst bij Condit waarschijnlijk hoger geweest. Aangezien het opbrengstverschil waarschijnlijk een bemestingseffect betreft, wordt niet geoordeeld dat Condit minder goed presteerde.

² De N-gift bij het Condit-object was 65 kg per ha lager dan bij het kunstmestobject en dit heeft geresulteerd in een lagere opbrengst. Vanwege dit bemestingseffect kan geen oordeel worden gegeven over het effect van Condit als bodemverbeteraar op de opbrengst; wordt derhalve niet geoordeeld dat Condit minder goed presteerde.

³ De N-gift bij het Condit-object was 35 kg per ha lager dan bij het kunstmestobject.

Tabel B-14.3.2. **Opbrengst wintertarwe, Kollumerwaard 2012.**

Bodemverb.	Ton/ha
Agrigyps	13.8
Betacal carbo	13.8
Brandkalk	13.6
PRP-SOL	13.4
Condit7%N	13.0
Xurian Optimum	13.5
Biochar Norit	13.2
Biochar hout	13.2
Groencompost/GFT	13.1
Varkensdrijfmest	13.5
Kunstmest	13.4
Lsd ¹⁾	0.3

¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-14.3.3. Stikstof- en fosfaatgehalten en -afvoer van de wintertarwe, Kollumerwaard 2012.

Bodemverb.	P ₂ O ₅	N-totaal	P ₂ O ₅	Stikstof-
	gr/kg ds	gr/kg ds	afvoer	afvoer
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Agrigyps	7.6	18.6	89	219
Betacal carbo	8.0	19.0	94	224
Brandkalk	7.6	18.0	88	209
PRP-SOL	7.3	18.0	84	206
Condit7%N	7.8	16.9	87	189
Xurian Optimum	8.0	18.6	93	215
Biochar Norit	7.8	17.3	88	195
Biochar hout	7.6	17.5	86	199
Groencompost/GFT	7.8	17.7	88	200
Varkensdrijfmest	7.8	18.6	90	216
Kunstmest	8.0	17.7	92	204

Tabel B-14.3.4. Opbrengst zaaiuien per maatsortering, Lelystad 2012.

Bodemverbeteraar	0-40 mm	40-60 mm	> 60 mm	Totale
	ton/ha	ton/ha	ton/ha	Opbrengst
	ton/ha	ton/ha	ton/ha	ton/ha
Agrigyps	1,7	40,8	40,9	83,6
Betacal Carbo	2,0	42,0	39,1	83,4
Brandkalk	1,9	41,7	41,7	85,7
PRP-SOL	1,4	39,1	43,6	84,3
Condit7%N	1,5	29,8	45,4	77,0
Xurian Optimum	1,8	42,5	40,5	85,1
Biochar hout 2,5 ton	1,7	37,4	44,6	83,9
Biochar hout 5 ton	1,8	39,1	43,2	83,4
Groencompost/GFT	2,0	42,1	38,6	82,8
Varkensdrijfmest	1,4	36,0	45,9	83,5
Kunstmest	1,5	35,8	47,3	85,0
BactoFil A10	1,6	32,1	49,3	83,2
Lsd ¹⁾	0,51	4,8	6,38	4,7

¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-14.3.5. Opbrengst en kwaliteit van suikerbieten, Westmaas 2012.

Bodemverbeteraar	Suiker		% tarra		mmol/kg		Amino	Financ.	
	Ton/ha	%	Grond	grond	K	Na	N	WIN	€ /ha
Agrigyps	97.4	19.4	18.9	22.1	36.1	1.6	7.8	92.8	4430
Betacal Carbo	92.8	19.2	17.8	20.3	37.5	1.5	6.7	92.8	4177
Brandkalk	92.1	19.2	17.7	27.2	37.3	1.4	7.0	92.7	4009
PRP-SOL	93.4	19.4	18.1	23.5	34.5	1.5	9.0	92.8	4229
Condit7%N	98.0	19.2	18.8	20.7	36.0	1.5	4.9	93.1	4460
Xurian Optimum	96.0	19.1	18.4	23.6	37.1	1.4	8.5	92.6	4240
Groencompost/GFT	103.6	19.2	19.9	21.9	35.1	1.6	6.2	93.0	4652
Varkensdrijfmest	96.6	19.4	18.8	26.1	35.0	1.5	6.6	93.1	4333
Kunstmest	95.5	19.3	18.5	23.2	36.6	1.4	5.4	93.0	4318
BactoFil B10	92.1	19.3	17.8	20.6	36.1	1.5	4.8	93.1	4222
Lsd ¹⁾	9.02	0.22	1.82	5.70	1.35	0.15	4.3	0.44	506

¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-14.3.6. Stikstof- en fosforafvoer per bodemverbeteraar, Westmaas 2012.

Bodemverbeteraar	Fosfor gr/kg ds	N-totaal gr/kg ds	P ₂ O ₅ afvoer kg/ha	Stikstof- afvoer kg/ha
Agri-gyps	1,2	3,7	29,8	91,9
Betacal Carbo	1,3	3,7	31,0	88,2
Brandkalk	1,4	4,0	33,0	94,3
PRP-SOL	1,2	4,4	29,5	108,0
Condit7%N	1,3	3,6	32,6	90,3
Xurian Optimum	1,5	3,8	36,6	92,7
Groencompost/GFT	1,2	4,1	32,2	110,0
Varkensdrijfmest	1,2	4,2	30,5	106,7
Kunstmest	1,2	4,9	30,6	124,9
BactoFil A10	1,2	3,9	28,8	93,7

Tabel B-14.3.7. Opbrengst en kwaliteit zomergerst, Valthermond 2012.

Bodemverbeteraar	Ton/ha	Eiwitgehalte in	
		%	Volgerstperc.
PRP-SOL	6.6	12.4	98.6
Condit7%N	5.7	11.8	98.9
Xurian Optimum	7.0	12.6	98.6
Biochar ECN	6.7	12.2	98.8
Biochar norit	7.0	12.1	99.0
Romchar	6.7	12.2	99.1
Biochar hout	6.2	12.5	99.0
Steenmeel	7.0	12.2	98.6
Groencompost/GFT	6.2	12.1	98.9
Varkensdrijfmest	6.5	12.2	99.1
Kunstmest	6.8	12.7	99.0
Lsd 1)	0.7	0.6	0.4

1) Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-14.3.8. Opbrengst en kwaliteit van zomergerst, Vredepeel 2012.

Bodemverbeteraar	Ton/ha	Hectolitergewicht
PRP-SOL	7.4	63
Condit7%N	7.5	62
Xurian Optimum	7.1	61
Steenmeel	6.4	61
Groencompost/GFT	7.2	61
Zeugenmest	6.8	60
Kunstmest	7.0	60
Lsd 1)	1.22	3.6

1) Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

B-14.4 Opbrengst, kwaliteit en mineralenafvoer in 2013

Tabel B-14.4.1 Relatieve opbrengsten per proeflocatie in 2013.

Proeflocatie	Kollumerwaard		Lelystad		Westmaas		Valthermond		Vredepeel	
Gewas	Suikerbieten		Winterpeen		Wintertarwe		Zetmeel aard.		Mais	
Kunstmest	100	a	100	bc	100	bc	100	bcd	100	a
Bodemverbeteraar										
Agrigyps	95	a	94	ab	102	c				
Bactofil B10			102	c	100 *	bc			104	ab
Betacal carbo	99	a	97	abc	101	bc				
Biochar ECN							97 *	abcd		
Biochar Romchar							105 *	cd		
Biochar hout			95	abc						
Biochar hout	102	a	97	abc			93	abc		
Biochar Norit	99	a					110	d		
Brandkalk	101	a	101	c	100	bc				
Condit	98	a	99 ¹	abc	95 ²	a	84	a	105	ab
PRP-SOL	100	a	96	abc	98	abc	103	bcd	102	ab
Steenmeel							91 *	ab	106 *	ab
Xurian Optimum	97	a	97	abc	98	ab	110	d	111	b
Referentie										
Groencompost	97	a	99	abc	100	bc	97	abcd	100	a
Varkens/Rundvee-drijfmest	99	a	93	a	98	abc	99	bcd	102	ab
Lsd 1)	7,8		7,1		3,7		13,2		10,8	
F pr.	n.s.		n.s.		<0,05		<0,05		n.s.	
100 = ... ton/ha of €/ha SB	€3692		81,5		11,2		59,7		18,0	

¹⁾ Wanneer het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd; dan zijn de verschillen betrouwbaar

* Objecten 2013 niet toegediend.

¹ De N-gift bij het Condit-object was 40 kg per ha lager dan bij het kunstmestobject.

² De N-gift bij het Condit-object was 70 kg per ha lager dan bij het kunstmestobject. Door het verschil in N-bemesting kan het effect van Condit als bodemverbeteraar op de opbrengst niet worden beoordeeld.

Tabel B-14.4.2. Opbrengst en kwaliteit van suikerbieten, Kollumerwaard 2013.

Bodemverbeteraar	bruto	Suiker		%Tarra	mmol/kg		Amino	%	Financ.
	Ton/ha	%	Ton/ha	Grond	K	Na	N	WIN	€/ha
Agrigyps	84,2	17,5	14,8	6,6	38,9	1,6	7,3	91,9	3499
Betacal Carbo	89,5	17,4	15,6	7,6	40,0	1,7	7,5	91,7	3664
Biochar hout 5 ton	89,4	17,7	15,8	8,2	39,0	1,4	7,0	92,0	3757
Biochar norit	86,2	17,6	15,2	6,7	37,3	1,5	6,8	92,1	3620
Brandkalk	91,1	17,4	15,9	7,2	39,6	1,6	7,5	91,8	3733
Condit 7%	87,7	17,4	15,3	6,2	39,1	1,6	7,1	91,8	3607
Groencompost	88,9	17,4	15,4	9,0	39,6	1,6	8,0	91,7	3595
Kunstmest	90,7	17,4	15,8	8,5	39,2	1,6	7,3	91,8	3692
PRP-SOL	89,4	17,5	15,7	7,7	41,6	1,7	7,5	91,6	3682
Varkensdrijfmest	88,9	17,4	15,5	8,6	38,9	1,6	7,4	91,8	3636
Xurian Optimum	87,7	17,4	15,3	7,2	41,2	1,8	7,7	91,5	3590
Lsd ¹⁾	7,06	0,27	1,19	2,48	2,05	0,17	0,43	0,29	287,3

¹⁾ Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de Lsd zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-14.4.3. Opbrengst winterpeen per maatsortering, Lelystad 2013 in ton/ha

Bodemverbeteraar	Gew.				Gew. krom	Opbrengst Ton/ha
	<50	50_250	>250			
Agrigyps	13281	57371	0.0	6235	76.495	
Bactofil A10	11738	62196	0.0	4795	82.928	
Betacal Carbo	12992	59412	93.7	4810	79.216	
Biochar hout 2,5 ton	14120	58140	0.0	6174	77.520	
Biochar hout 5 ton	14402	59103	0.0	6403	78.804	
Brandkalk	14054	61956	304.0	4998	82.608	
Condit5%	14461	60286	0.0	5575	80.381	
Groencompost	13132	60386	83.3	5063	80.514	
Kunstmest	12502	61094	0.0	6091	81.459	
PRP-SOL	14913	58900	0.0	4278	78.533	
Varkensdrijfmest	16276	56543	0.0	7675	75.391	
Xurian Optimum	14056	59211	0.0	5571	78.948	
Lsd ¹⁾	3218	4320	276.7	2091	5.761	

¹⁾ Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de Lsd zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-14.4.4. Stikstof en fosfaatgehalten en- berekende afvoer winterpeen, Lelystad 2013

Bodemverbeteraar	P ₂ O ₅	N totaal	P ₂ O ₅	N totaal
	gr/kg ds	gr/kg ds	kg/ha	kg/ha
Agrigyps	1,9	9,4	15	73
Bactofil A10	2,0	7,4	19	69
Betacal Carbo	1,9	10,2	16	83
Biochar hout 2,5 ton	1,9	9,5	16	81
Biochar hout 5 ton	2,3	13,4	20	114
Brandkalk	2,2	9,6	18	80
Condit5%	2,0	8,7	17	75
Groencompost	2,0	9,4	16	77
Kunstmest	1,9	9,3	16	80
PRP-SOL	2,2	10,5	18	86
Varkensdrijfmest	1,9	9,2	14	69
Xurian Optimum	2,1	10,5	18	92

Tabel B-14.4.5. Opbrengst wintertarwe, Westmaas 2013.

Bodemverbeteraar	Ton per ha bij 15% vocht	
Agrigyps	11.376	b
Bactofil A10	11.184	b
Betacal carbo	11.359	b
Brandkalk	11.234	b
Condit7%N	10.595	a
Groencompost	11.214	b
Kunstmest	11.216	b
PRP-SOL	10.980	ab
Varkensdrijfmest	11.001	ab
Xurian Optimum	10.964	ab
Lsd ¹⁾	416	

¹⁾ Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-14.4.6. Stikstof en fosfaatgehalten en- afvoer wintertarwe, Westmaas 2013

Bodemverbeteraar	P ₂ O ₅ gr/kg ds	N-totaal gr/kg ds	P ₂ O ₅ afvoer kg/ha	N afvoer kg/ha
Agrigyps	3,2	17,9	31	171
Bactofil A10	*	*	*	*
Betacal carbo	3,2	17,6	31	168
Brandkalk	3,9	17,9	37	169
Condit7%N	*	*	*	*
Groencompost	3,4	17,4	32	164
Kunstmest	3,4	17,7	32	167
PRP-SOL	3,5	17,3	32	159
Varkensdrijfmest	3,7	17,9	34	166
Xurian Optimum	*	*	*	*

*) Geen Bactofil ingezet in 2013 en er zijn geen gewasmonsters in Condit en Xurian genomen om budgetaire redenen.

Tabel B-14.4.7. Opbrengst en kwaliteit zetmeelaardappelen, Valthermond 2013.

Bodemverbeteraar	Ton/ha	OWG		Uitbet.gew. ton/ha		
Biochar ECN	42,4	Bcd	510,7	abc	58,1	abcd
Biochar (Romchar)	47,1	d	499,5	a	62,5	cd
Biochar hout 5 ton	40,9	b	504,4	ab	55,2	abc
Biochar noriit	47,6	d	512,5	abc	65,4	d
Condit5%	34,7	a	534,1	d	50,3	a
Groencompost	41,6	bc	517,1	bc	57,8	abcd
Kunstmest	43,0	bcd ²⁾	516,3	abc	59,7	bcd
PRP-SOL	43,1	bcd	526,3	cd	61,3	bcd
Steenmeel	39,9	ab	508,3	ab	54,4	abc
Varkensdrijfmest	42,2	bcd	519,3	bcd	59,0	bcd
Xurian Optimum	46,7	cd	520,8	bcd	65,5	d
Lsd ¹⁾	5,42		16,91		7,85	
F pr.	<0,01		<0,05		<0,05	

¹⁾ Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar

²⁾ Per kolom zijn gemiddelden met een gemeenschappelijke letter niet significant verschillend volgens de paarsgewijze t-toets (P=0.05)

Tabel B-14.4.8.. Kwaliteit zetmeelaardappelen, Valthermond 2013.

Bodemverbeteraar	Score SCF	Knolgebrek licht	Knolgebrek zwaar	groen	blauw	schurff
Biochar ECN	92	8,0	10,0	8,0	9	7,6
Biochar Romchar	92	8,0	10,0	9,0	9	6,3
Biochar hout 5 ton	94	8,0	10,0	9,6	9	7,6
Biochar noriit	94	8,6	10,0	9,3	9	7,6
Condit5%	90	8,0	8,3	9,6	9	5,0
Groencompost	88	8,0	8,3	7,6	9	5,6
Kunstmest	94	8,0	10,0	8,0	9	9,0
PRP-SOL	94	8,0	10,0	9,3	9	7,6
Steenmeel	88	8,0	8,3	8,3	9	5,0
Varkensdrijfmest	92	8,0	10,0	9,3	9	6,3
Xurian Optimum	94	8,6	10,0	8,0	9	9,0
Lsd ¹⁾	6,08	0,86	2,57	3,21	*	3,92
F pr.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

¹⁾ Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-14.4.9.. Opbrengst van mais, Vredepeel 2013.

Bodemverbeteraar	DS %	DS kg/ha
Bactofil A10	35,3	18.845
Condit7%N	36	18.993
GFT-compost	33,8	18.076
Kunstmest	33,7	18.068
PRP-SOL	33,7	18.347
Rundermest	33,3	18.426
Steenmeel	33,7	19.176
Xurian Optimum	34,3	20.03
Lsd ¹⁾	3,542	1.950
F pr.	n.s.	n.s.

¹⁾ Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar

B-14.5 Opbrengst, kwaliteit en mineralenafvoer in 2014

Tabel B-14.5.1. **Relatieve opbrengsten per proeflocatie in 2014.**

Proeflocatie Gewas	Kollumerwaard		Lelystad		Westmaas		Valthermond		Vredepeel	
	winterarwe		zomertarwe		uien		suikerbieten		erwten/boon	
Kunstmest	100	b	100	b	100	bc	100	abc	100	b
Bodemverbeteraar										
Agrigyps	97	ab	109	cd	100	bc				
BactoFil			62	a	87 *	ab			71	a
Betacal carbo	98	ab	103	bcd	91	abc				
Biochar ECN							98 *	ab		
Biochar Romchar							104 *	d		
Biochar hout			107	bcd						
Biochar hout	98	ab	111	d			98	ab		
Biochar Norit	99	ab					103	cd		
Brandkalk	98	ab	103	bc	95	abc				
Condit	97	ab	101	bc	89	ab	100	abc	79	ab
PRP-SOL	99	ab	109	cd	101	bc	101	bc	94	ab
Steenmeel							101 *	bc	75 *	ab
Xurian Optimum	95	a	103	bc	81	a	100	abc	75	a
Referentie										
Groencompost	100	b	108	bcd	105	c	97	a	80	ab
Varkens/ Rundveedrijfmest	97	ab	107	bcd	95	abc	101	bc	85	ab
Lsd 1)	4,1		7,8		14,5		3,2		25,3	
F pr.	n.s.		<0,001		<0,10		<0,01		n.s.	
100 = ton/ha of €/ha SB	12,4		8,8		65,5		4450		10,2	

*) Objecten 2014 niet toegediend

1) Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-14.5.2. **Opbrengst en kwaliteit van winterarwe, Kollumerwaard 2014.**

Bodemverbeteraar	opbr. bij 15 % (ton/ha)	
Agrigyps	12,0	ab
Betacal Carbo	12,1	ab
Biochar hout 5 ton	12,1	ab
Biochar norit	12,3	ab
Brandkalk	12,2	ab
Condit	12,0	ab
Groencompost	12,4	b
Kunstmest	12,4	b
PRP-SOL	12,3	ab
Varkensdrijfmest	12,0	ab
Xurian Optimum	11,8	a
Lsd 1)	0,511	

1) Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd, zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-14.5.3. Stikstof en fosfaatgehalten en- berekende afvoer winterarwe, Kollumerwaard 2014.

Bodemverbeteraar	P ₂ O ₅ gr/kg ds	N-totaal gr/kg ds	P ₂ O ₅ afvoer kg/ha	N afvoer kg/ha
Agrigyps	3,8	18,1	41	197
Betacal Carbo	3,8	18,1	41	197
Biochar hout 5 ton	3,7	17,6	41	194
Biochar norit	3,5	17,2	40	199
Brandkalk	3,5	17,1	39	191
Condit	*	*	*	*
Groencompost	3,6	18,3	42	213
Kunstmest	3,5	16,9	41	197
PRP-SOL	3,8	17,2	44	199
Varkensdrijfmest	3,7	17,2	42	194
Xurian Optimum	*	*	*	*

*) er zijn geen gewasmonsters in Condit en Xurian genomen om budgettaire redenen

Tabel B-14.5.4. Opbrengst zomertarwe, Lelystad 2014 in ton/ha bij 15 % vocht.

Bodemverbeteraar	opbr. bij 15 % (ton/ha)
Agrigyps	9,6 cd
Bactofil	5,5 a
Betacal Carbo	9,1 bcd
Biochar hout 2,5 ton	9,5 bcd
Biochar hout 5 ton	9,8 d
Brandkalk	9,0 bc
Condit	8,9 bc
Groencompost	9,5 bcd
Kunstmest	8,8 b
PRP-SOL	9,6 cd
Varkensdrijfmest	9,4 bcd
Xurian Optimum	9,1 bc

Lsd ¹⁾ 0,684

¹⁾ Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd, zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-14.5.5. Stikstof en fosfaatgehalten en- berekende afvoer zomertarwe, Lelystad 2014

Bodemverbeteraar	P ₂ O ₅ gr/kg ds	N-totaal gr/kg ds	P ₂ O ₅ afvoer kg/ha	N afvoer kg/ha
Agrigyps	3,7	15,2	30	121
Bactofil	4	13,6	18	62
Betacal Carbo	3,9	15,1	30	114
Biochar hout 2,5 ton	3,9	15,5	31	123
Biochar hout 5 ton	4	15,4	32	125
Brandkalk	3,9	15,3	29	115
Condit	*	*	*	*
Groencompost	3,9	15,4	31	122
Kunstmest	3,9	15,2	29	113
PRP-SOL	3,9	15,4	32	124
Varkensdrijfmest	3,9	15,3	31	121
Xurian Optimum	*	*	*	*

*)er zijn geen gewasmonsters in Condit en Xurian genomen om budgettaire redenen.

Tabel B-14.5.6. Opbrengst uien, Westmaas 2014.

Bodemverbeteraar	0-40mm ton/ha	40-60mm ton/ha	60-70mm ton/ha	>70mm ton/ha	opbrengst ton/ha	
Agrigyps	2,9	40,4	17,0	4,7	65,1	bc
Bactofil	2,4	35,7	15,2	3,7	57,0	ab
Betacal carbo	2,1	30,0	17,8	9,3	59,3	abc
Brandkalk	2,2	36,2	18,6	4,9	61,9	abc
Condit	1,3	29,2	18,7	9,2	58,3	ab
Groencompost	1,9	34,4	22,2	10,2	68,7	c
Kunstmest	2,1	35,8	21,7	5,8	65,5	bc
PRP-SOL	2,6	38,4	18,4	7,0	66,4	bc
Varkensdrijfmest	2,3	37,7	17,8	4,5	62,4	abc
Xurian Optimum	2,6	33,3	13,3	4,0	53,2	a
Lsd ¹⁾	0,937	7,244	6,367	5,950	9,468	
F pr.	<0,10	<0,10	n.s.	n.s.	<0,10	

¹⁾ Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd, zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-14.5.7. Stikstof en fosfaatgehalten en- afvoer uien, Westmaas 2014

Bodemverbeteraar	P ₂ O ₅ gr/kg ds	N-totaal gr/kg ds	P ₂ O ₅ afvoer kg/ha	N afvoer kg/ha
Agrigyps	3	17,8	22	130
Bactofil	3,2	13,2	21	86
Betacal carbo	2,9	17,4	20	121
Brandkalk	3,1	16,4	22	119
Condit7%N	*	*	*	*
Groencompost	3,4	16,2	26	125
Kunstmest	3,7	18,2	28	136
PRP-SOL	3	17,1	23	133
Varkensdrijfmest	3	16,6	22	119
Xurian Optimum	*	*	*	*

*) Er zijn geen gewasmonsters in Condit en Xurian genomen om budgettaire redenen.

Tabel B-14.5.8. Opbrengst en kwaliteit suikerbieten, Valthoermond 2014.

Bodemverbeteraar	bruto ton/ha	suiker %	suiker ton/ha	grond tarra %	K	Na mmol/kg	AminoN	WIN %	financ. €/ha
Biochar ECN	94,8	18,54	17,58	2,875	30,66	3,241	7,415	92,83	4362
Biochar Romchar	101,1	18,48	18,69	2,452	30,66	3,056	8,767	92,67	4622
Biochar hout	96,0	18,46	17,72	3,288	30,59	3,271	7,652	92,77	4376
Biochar norit	97,6	18,78	18,33	2,821	31,04	2,994	7,044	92,95	4571
Condit7%N	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Groencompost	95,8	18,32	17,55	3,433	28,63	3,796	7,821	92,81	4325
Kunstmest	96,7	18,56	17,95	2,577	30,82	3,117	7,686	92,80	4450
PRP-SOL	97,3	18,56	18,06	2,841	29,98	3,457	8,362	92,77	4478
Steenmeel	94,6	18,98	17,95	2,847	31,78	4,815	7,855	92,75	4478
Varkensdrijfmest	98,2	18,46	18,13	3,197	29,47	3,611	9,240	92,66	4471
Xurian Optimum	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Lsd ¹⁾	3,381	0,358	0,555	1,420	2,504	0,795	1,507	0,425	141,3
F pr.	<0,05	<0,05	<0,05	n.s.	n.s.	<0,01	n.s.	n.s.	<0,01

¹⁾ Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar

*) Er zijn geen opbrengstbepalingen in Condit en Xurian uitgevoerd

Tabel B-14.5.9. Opbrengst van erwten, Vredepeel 2014.

Bodemverbeteraar	bruto ton/ha		DKG		TM		DS%	
Bactofil	7,3	a	157,0	a	95,0	a	19,8	a
Condit	8,0	ab	169,7	a	94,3	a	20,3	a
GFT-compost	8,1	ab	169,8	a	97,2	a	20,8	a
Kunstmest	10,2	b	167,5	a	96,4	a	20,7	a
PRP-SOL	9,6	ab	164,0	a	97,0	a	20,5	a
Rundermest	8,6	ab	164,9	a	100,0	a	20,8	a
Steenmeel	7,7	ab	153,8	a	92,2	a	20,2	a
Xurian Optimum	7,6	a	148,6	a	91,7	a	20,5	a
Lsd ¹⁾	2,578		27,17		10,38		1,199	
F pr.	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	

¹⁾ Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd, zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel B-14.5.10. Opbrengsten per gewas ten opzichte van referentie kunstmest

Bodemverbeteraar	Gewas																	
	suikerbiet	zaaiuien	winterarwe	zomergerst	zomertarwe	snijmais	zetmeelaardappel	Cons. aardappel	Pootaardappel									
<i>Kalk en Calciummeststoffen</i>																		
Agrigyps	100.9	a	98.9	ab	100.4	bc	108.7	a	108.3	c			100.0	a	99.9	ab		
Brandkalk	97.1	a	97.7	ab	99.9	bc	104.4	a	104.7	bc			102.1	a	101.2	ab		
Betacal carbo	98.8	a	94.4	ab	100.7	c	105.5	a	103.7	bc			99.5	a	101.2	ab		
PRP-SOL	99.1	a	100.3	ab	98.9	abc	105.2	a	108.3	c	95.3	a	106.1	a	101.7	a	97.2	ab
<i>Bodemverbeteraars met micro-organismen of die het bodemleven stimuleren</i>																		
Condit 7% N	100.6	a	89.8	a	96.1	a	100.9	a	104.0	bc	94.6	a	102.1	a	100.0	a	95.6	a
Xurian Optimum	98.0	a	90.7	ab	98.0	ab	104.1	a	104.4	bc	97.6	a	106.9	a	99.2	a	101.2	ab
BactoFil B10	98.6	a	92.5	ab	99.8	abc	101.3	a	61.7	a	98.1	a		96.5	a			
<i>Overige producten: Biochar en steenmeel</i>																		
Biochar ECN	99.6	a					101.1	a					103.6	a				
Biochar norit	98.6	a			98.7	abc	104.5	a	104.7	bc			103.6	a			98.7	ab
Biochar Edinburgh	100.2	a					100.8	a					105.8	a				
Biochar hout 2,5 ton	99.2	a	97.0	ab			99.3	a	107.2	bc				97.7	a			
Biochar hout 5 ton	100.8	a	97.5	ab	98.2	abc	97.1	a	106.3	bc			100.0	a	95.8	a	99.6	ab
Steenmeel	100.7	a					98.0	a			99.8	a	100.2	a	100.5	a		
<i>Referenties</i>																		
Groencompost	101.0	a	101.2	b	99.3	abc	97.5	a	103.0	bc	96.1	a	107.5	a	102.2	a	101.4	b
Drijfmest	99.4	a	96.8	ab	98.7	abc	99.9	a	107.3	c	92.6	a	104.6	a	100.1	a	98.5	ab
Kunstmest	100.1	a	100.0	ab	100.0	bc	100.0	a	100.0	b	100.0	a	100.0	a	100.0	a	100.0	ab
F.pr	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		<0.001		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	

Bijlage 15. Stikstof en fosfaatbalans 2010-2015

Tabel B-15 Stikstof en fosfaatbalans per locatie en jaar 2010-2015 in N en P205 in kg/ha.

N-balans	Aanvoer (N werkzaam)						Afvoer						Overschot						Overschot Gemiddeld 2010-2015
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
	Koll.waard																		
Agrigyps	140	105	183	108	225	101	162	108	219	*	197	*	-22	-3	-36		28		-8
Betacal Carbo	140	105	187	93	225	100	157	113	224	*	197	*	-17	-8	-37		28		-9
Brandkalk	140	105	165	104	225	98	161	118	209	*	194	120	-21	-13	-44		31	-22	-14
PRP-SOL	140	105	179	102	225	99	167	116	206	*	199	108	-27	-11	-27		26	-9	-10
Condit	140	185	70	103	225	105	167	135	189	*	191	*	-27	50	-119		34		-16
Xurian Optimum	140	105	173	112	225	101	163	123	215	*	*	116	-23	-18	-42			-15	-25
Biochar norit	140	105	158	106	225	102	157	112	195	*	213	*	-17	-7	-37		12		-12
Biochar hout 5 ton	140	105	166	115	225	102	161	107	199	*	197	111	-21	-2	-33		28	-9	-7
Compost	140	105	160	97	225	97	148	117	200	*	199	*	-8	-12	-40		26		-9
Varkensdrijfmest	140	105	177	108	225	102	166	114	216	*	194	*	-26	-9	-39		31		-11
Kunstmest	140	105	176	108	225	102	158	125	204	*	*	*	-18	-20	-28				-22
Lelystad																			
Agrigyps	90	169	170	117	120	188	136	112	*	73	121	152	-46	57		44	-1	36	18
Betacal Carbo	90	158	170	115	120	191	138	105	*	69	62	154	-48	53		46	58	37	29
Brandkalk	90	169	170	114	120	189	130	106	*	83	114	160	-40	63		31	6	29	18
PRP-SOL	90	169	170	114	120	190	129	111	*	81	123	148	-39	58		33	-3	42	18
Condit	90	169	105	117	120	191	132	101	*	114	125	*	-42	68		3	-5		6
Xurian Optimum	90	169	170	114	120	188	130	106	*	80	115	*	-40	63		34	5		16
Biochar hout 2,5 ton	90	169	170	110	120	186	133	104	*	75	*	169	-43	65		35		17	19
Biochar hout 5 ton	90	169	170	111	120	190	135	114	*	77	122	159	-45	55		34	-2	31	15
Compost	90	169	170	114	120	184	126	104	*	80	113	160	-36	65		34	7	24	19
Varkensdrijfmest	90	169	170	115	120	191	133	102	*	86	124	157	-43	67		29	-4	34	17

N-balans																				
	Aanvoer (N werkzaam)						Afvoer						Overschot						Overschot	
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Gemiddeld 2010-2015	
Kunstmest	90	169	170	109	120	189	137	106	*	69	121	165	-47	63		40	-1	24	16	
Bactofil			170	117	120	188			*	*	*	139								
Westmaas																				
Agrigyps	90	250	163	214	175	204	97	238	92	171	130	150	-7	12	71	43	45	54	36	
Betacal Carbo	90	250	149	214	175	205	97	207	88	*	86	147	-7	43	61		89	58	49	
Brandkalk	90	250	158	214	175	199	96	218	94	168	121	147	-6	32	64	46	54	52	40	
PRP-SOL	90	250	120	198	175	202	99	206	108	169	119	147	-9	44	12	29	56	55	31	
Condit	90	270	105	214	175	201	96	214	90	*	*	*	-6	56	15				22	
Xurian Optimum	90	250	141	208	175	205	103	216	93	164	125	*	-13	34	48	44	50		33	
Compost	90	250	148	214	175	203	94	205	110	167	136	160	-4	45	38	47	39	43	35	
Varkensdrijfmest	90	250	132	196	175	204	106	219	107	159	133	155	-16	31	25	37	42	49	28	
Kunstmest	90	250	142	204	175	202	96	203	125	166	119	144	-6	47	17	38	56	58	35	

P-balans	Aanvoer							Afvoer							Overschot							Overschot
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Gemiddeld 2010-2014			
	Koll.waard																					
Agrigyps	121	80	95	40	29	70	67	56	89	*	41	46	54	24	6	-12	24	19				
Betacal Carbo	122	101	115	41	50	73	70	63	94	*	41	49	52	38	21	9	24	29				
Brandkalk	121	80	95	40	0	70	69	58	88	*	41	48	52	22	7	-41	22	12				
PRP-SOL	121	80	95	40	0	70	65	52	84	*	40	43	56	28	11	-40	27	16				
Condit	131	95	10	40	29	67	66	57	87	*	39	52	65	38	-77	-10	15	6				
Xurian Optimum	121	80	95	15	10	70	66	56	93	*	*	46	55	24	2		24	26				
Biochar norit	130	80	0	43	33	70	64	60	88	*	42	49	66	20	-88	-9	21	2				
Biochar hout 5 ton	130	80	0	40	0	70	63	59	86	*	41	48	67	21	-86	-41	22	-3				
Compost	133	113	33	40	29	70	61	61	88	*	44	50	72	52	-55	-15	20	15				
Varkensdrijfmest	121	80	95	40	29	70	68	54	90	*	42	44	53	26	5	-13	26	19				
Kunstmest	130	80	0	40	29	70	65	58	92	*	*	45	65	22	-92		25	5				
Lelystad																						
Agrigyps	40	75	75	30	0	90	66	85	*	15	30	34	-26	-10	15	-30	56	1				
Betacal Carbo	41	75	75	30	30	90	67	76	*	19	18	33	-26	-1	11	12	57	11				
Brandkalk	40	75	75	30	21	90	63	83	*	16	30	39	-23	-8	14	-9	51	5				
PRP-SOL	40	75	75	30	0	90	62	83	*	16	31	33	-22	-8	14	-31	57	2				
Condit	40	75	15	30	0	90	65	83	*	20	32	*	-25	-8	10	-32		-14				
Xurian Optimum	40	75	75	30	0	90	63	81	*	18	29	*	-23	-6	12	-29		-12				
Biochar hout 2,5 ton	40	75	75	15	10	90	64	78	*	17	*	38	-24	-3	-2		52	6				
Biochar hout 5 ton	40	75	75	28	28	90	64	85	*	16	31	38	-24	-10	12	-3	52	5				
Compost	38	75	75	30	0	90	64	74	*	16	29	40	-52	1	14	-29	50	-3				
Varkensdrijfmest	40	75	75	30	0	90	62	76	*	18	32	34	-50	-1	12	-32	56	-3				
Kunstmest	40	75	75	30	0	90	66	70	*	14	31	37	-50	5	16	-31	53	-1				
Bactofil			75	30	0	90					*	34										

P-balans	Aanvoer						Afvoer						Overschot						Overschot
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Gemiddeld 2010-2014
	Westmaas																		
Agrigyps	88	85	40	0	120	100	63	80	30	31	22	45	25	5	10	-31	98	55	27
Betacal Carbo	89	85	40	0	125	100	62	72	31	*	21	40	27	13	9		104	60	43
Brandkalk	88	85	40	21	116	100	62	82	33	31	20	44	26	3	7	-10	96	56	30
PRP-SOL	88	85	40	0	120	100	62	68	30	37	22	45	26	17	11	-37	98	55	28
Condit	88	85	15	10	15	100	61	79	33	*	*	*	27	6	-18				5
Xurian Optimum	88	85	40	33	128	100	66	77	37	32	26	*	22	8	3	1	102		27
Compost	93	85	40	0	120	100	65	76	32	32	28	48	28	9	8	-32	92	52	26
Varkensdrijfmest	88	85	40	0	120	100	68	78	31	32	23	47	20	7	10	-32	97	53	26
Kunstmest	90	85	40	0	120	100	64	72	31	34	22	43	26	13	9	-34	98	57	28
Bactofil			40	0	120	100				29	*	*	41	0	0	11		59	18

Bijlage 16. Kostenindicatie bodemverbeteraars

Tabel B-16 **Kostenindicatie bodemverbeteraars.**

Bodem- verbe- teraar	Een- heid	Gemi- ddeld e gift per jaar	kosten product per eenhei- d	Gemid- delde kosten bodem- verbete- raar per jaar	Kunst- mest- strooier	Veld- spuit	Loon- werk	Kostenbe- -sparing kunstmest per jaar	Totaalkos- ten per jaar (kosten bodemver- beteraar+ toediening- kunstmest- besparing)	Toedie- ning over 6 jaar
Agrigyps	kg/ ha	1730	€ 0.03	€ 53			€ 90	€ 0.00	€ 144	€ 861
Brand- kalk	kg/ ha	1118	€ 0.22	€ 240			€ 90	€ 0.00	€ 330	€ 1,982
Betacal carbo	kg/ ha	2385	€ 0.00	€ 0			€ 90	€ 22	€ 68	€ 406
PRP-SOL	kg/ ha	225	€ 0.55	€ 124	€ 25			€ 0	€ 149	€ 892
Condit 7%N	kg/ ha	1300	€ 0.30	€ 390	€ 25			€ 144	€ 270	€ 1,623
Bactofil	kg/ ha	0	€ 132	€ 83		€ 30		€ 91	€ 21	€ 127
Biochar ECN	ton/ ha	3	€ 1,000	€ 2,500			€ 90	€ 0	€ 2,590	€ 15,54
Biochar Norit	ton/ ha	4	€ 6,300	€ 23,625			€ 90	€ 0	€ 23,715	€ 142,290
Biochar hout 5 ton/ha	ton/ ha	4	€ 1,000	€ 4,166			€ 90	€ 0	€ 4,257	€ 25,540
Biochar Romchar	ton/ ha	4	€ 1,000	€ 4,083			€ 90	€ 0	€ 4,173	€ 25,040
Steen- meel	ton/ ha	6	€ 190	€ 1,108			€ 90	€ 0	€ 1,198	€ 7,190
Compost	ton/ ha	10	€ 5	€ 48			€ 90	€ 61	€ 77	€ 463
Drijfmest	m ³ / ha	10	-€ 2	-€ 20			€ 140	€ 0	€ 119	€ 716

Bijlage 17. Overzicht communicatie activiteiten

Tabel B-17 **Communicatie activiteiten gedurende looptijd project 2010-2015.**

Datum	Activiteit	Type	Opmerking
5 juli 2010	Veldexcursie van Tarwestudieclub Flevoland	Excursie	15 bezoekers
9 december 2010	Posterpresentatie op Biokennisdag	Open dag	70 bezoekers
2 februari 2011	Lezing voor bemestingspecialisten DLV Plant	Lezing	10 bezoekers
18 februari 2011	Lezing Tarwestudieclub Flevoland	Lezing	15 bezoekers
19 februari 2011	Artikel Nieuwe Oogst	Vakbladartikel	
17 maart 2011	Nieuwsbrief 1 voor Flevoland	Nieuwsbrief	800 akkerbouwers in Flevoland
April 2011	Jaarrapportage bodemverbeteraars 2010	Rapport	
Juni 2011	Nieuwsbrief 2 voor Flevoland	Nieuwsbrief	800 akkerbouwers in Flevoland
29 juni 2011	Akkerbouwvelddag	Open dag	
30 juni 2011	Open dag Kollumerwaard	Open dag	400 bezoekers
Juni 2011	Perspectieven bodem en structuurverbeteraars. In: Vruchtbare gronden, brochure PPO. PPO-publicatie nr 411.	Artikel	Oplage 3000
Februari 2012	info-avonden in Munnekezijl (6 feb) , Swifterbant (13 feb) en Slootdorp (20 feb)	Lezingen	
April 2012	Jaarrapportage bodemverbeteraars 2011	Rapport	
April 2012	Nieuwsbrief 3	Nieuwsbrief	800 akkerbouwers in Flevoland
9 juni 2012	Artikel Nieuwe Oogst	Vakbladartikel	
20 juni 2012	Workshop op open dag proefbedrijf Rusthoeve	Lezing	50 workshop deelnemers
27 juni 2012	Akkervelddag/Biovelddag	Open dag	350 bezoekers
5 juli 2012	Open dag proefbedrijf Kollumerwaard	Open dag	
9 juli 2012	Avondexcursie Lelystad	Excursie	15 bezoekers
22 augustus 2012	Posterpresentatie op aardappeldemodag	Open dag	6000 bezoekers
15 september 2012	Nieuwsbrief 4	Nieuwsbrief	800 akkerbouwers in Flevoland
Juni 2013	Nieuwsbrief Bodemverbeteraars nr 5	Nieuwsbrief	800 akkerbouwers in Flevoland
April 2013	Tussentijdse rapportage bodemverbeteraars 2010-2012	Rapport	
5 september 2013	Biovelddag Lelystad	Open dag	
14 november 2013	Lezing Stichting Veldleeuwerik Flevoland	Lezing	
12 december 2013	Lezing Stichting Veldleeuwerik Flevoland	Lezing	
16 november 2013	Artikel Nieuwe Oogst "Vergelijking bodemverbeteraars nog niet klaar"	Vakbladartikel	
23 november 2013	Artikel Akkermagazine "Effect bodemverbeteraars moeilijk te verklaren"	Vakbladartikel	

Datum	Activiteit	Type	Opmerking
12 februari 2014	Lezing telers Midden Beemster	Lezing	
Maart 2014	Jaarrapportage Bodemverbeteraars 2013	Rapport	
8 juli 2014	Tussenstand Bodem- en structuurverbeteraars; leveranciersbijeenkomst	Lezing	
9 juli 2014	Artikel Nieuwe Oogst.nu; "Effect bodemverbeteraars moeilijk zichtbaar"	Vakbladartikel	
15 juli 2014	Lezing knolselderijtelers Westmaas	Lezing	
8 augustus 2014	Artikel Groente en Fruit "Bodem en structuurverbeteraars verhogen de productie nog niet"	Vakbladartikel	
3 september 2014	Biologische velddag Lelystad	Open dag	
6 november 2014	Nederlandse Bodemkundige Vereniging	lezing	
December 2014	Nieuwsbrief Bodemverbeteraars nr 7	Nieuwsbrief	
Maart 2015	Jaarrapportage Bodemverbeteraars 2014	Rapport	
Maart 2016	Nieuwsbrief Bodemverbeteraars nr 8	Nieuwsbrief	
April 2016	Eindrapport Bodemverbeteraars 2014-2015	Rapport	

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Praktijkonderzoek Plant & Omgeving,
onderdeel van Wageningen UR
Edelhertweg 1
Postbus 430
8200 AK Lelystad
T (+31)320 29 11 11
www.wageningenUR.nl/ppo

Rapport 693

Bij Wageningen UR proberen plantonderzoekers de eigenschappen van planten te benutten om problemen op het gebied van voedsel, grondstoffen en energie op te lossen. Zo worden onze kennis van planten en onze moderne voorzieningen ingezet om de kwaliteit van leven in het algemeen en de innovatiekracht van onze opdrachtgevers in het bijzonder te vergroten.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

