

Alternatieve fosfaat-arme organische materialen voor de bollenteelt

Effect op organisch stof gehalte en bodemvruchtbaarheid

Gera van Os, Arie van der Lans, Jan van der Bent

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving,
onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit
PPO nr. 32 361488 00/ PT. nr.14591
April 2015

© 2015 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

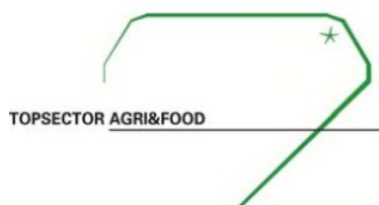
Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Bollen, Bomen & Fruit

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

De bloembollensector investeert in dit project via het Productschap  Tuinbouw



Ministerie van Economische Zaken



PPO-projectnummer: 32 361488 00

PT-projectnummer: PT-14591

EL&I-projectnummer: B012.03-002-027-PPO-1

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit

Adres : Prof. Van Slogterenweg 2, 2161 DW Lisse
: Postbus 85, 2160 AB Lisse
Tel. : 0252 - 462121
E-mail : info.bollen@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Samenvatting

Een voldoende hoog organisch stofgehalte in de bodem is nodig voor een goede bodem- en waterkwaliteit en een optimale teelt. Dit rapport beschrijft de resultaten van een tweejarige veldproef op duinzandgrond naar de effecten van fosfaat-arme alternatieven voor huidige organische meststoffen, waarmee telers het bodem organische stofgehalte op peil kunnen houden. In de bollenteelt op duinzandgrond worden stalmest, GFT-compost en groenbemesters toegepast voor het organisch stof management. Dit is een lastige opgave binnen de aangescherpte gebruiksnormen in de mest- en mineralen wetgeving. De aanvoernorm voor fosfaat is de eerste waar telers tegenaan lopen.

Op basis van een inventarisatie, uitgevoerd door CLM en PPO (Van Os et al., 2012), heeft het MilieuPlatform een drietal materialen geselecteerd met een gunstiger organische stof/fosfaat verhouding dan die van stalmest en GFT-compost: cacaodoppen, kokosvezels en Biochar. De resultaten uit het onderzoek geven een indicatie van de mate van geschiktheid van deze materialen voor toepassing in de bollenteelt.

De beoordeling van de organische materialen heeft plaatsgevonden op basis van de volgende criteria: goede verwerkbaarheid, effecten op vochtvasthoudend vermogen van de grond, de beschikbaarheid van nutriënten N en P, de bolopbrengst, het organische stof gehalte in de bodem en op de bodemweerbaarheid. In de veldproef zijn twee doseringen toegediend van cacaodoppen, kokosvezels en biochar en vergeleken met GFT-compost. Alle materialen waren goed verwerkbaar, maar elk had z'n eigen voor- en nadelen bij de overige criteria. Toediening heeft geleid tot:

- Significante verhoging van het organisch stof gehalte in de bodem bij de hoge dosering van cacaodoppen en biochar
- Verhoging van het vochtvasthoudend vermogen bij alle organische materialen
- Verhoging van de bolopbrengst alleen bij compost en de hoge dosering kokosvezels
- Kans op stikstofimmobilisatie bij de hoge dosering van kokosvezels en biochar; hiermee moet rekening worden gehouden bij de bemesting.
- Verhoging van NPK-gehalten in de bol bij hoge dosering van cacaodoppen
- Verhoging van de bodemweerbaarheid tegen *Pythium*, *Rhizoctonia solani* (bolaantasting) en *Meloidogyne hapla* (noordelijk wortelknobbelaaltje) via biologische en fysisch-chemische mechanismen.

Op basis van de gemeten waarden kan het volgende worden afgeleid:

- De afbraaksnelheid van de materialen neemt toe in de volgorde: biochar (meest persistent), cacaodoppen, compost, kokosvezels (relatief makkelijk afbreekbaar)
- De potentiële verhoging van het bodem organisch stof gehalte bij de maximaal toegestane dosering (op basis van fosfaat-aanvoernorm) neemt toe in de volgorde: cacaodoppen (minste verhoging), Biochar/compost, kokosvezels (grootste verhoging)
- Met kokosvezels kan (in theorie) het organisch stof gehalte in de bodem het meest efficiënt worden verhoogd binnen de aanvoernorm, vanwege het extreem lage fosfaatgehalte.

Bij gelijke hoeveelheid organische stof is de kostprijs van de geteste materialen (gebaseerd op de huidige leveringshoeveelheden) in alle gevallen aanzienlijk hoger dan die van GFT-compost. Volledige vervanging van compost en stalmest door een van de alternatieve producten lijkt, vanwege de diverse nadelen, niet reëel. Een optimale toediening van organische materialen zal daarom in de praktijk neerkomen op een slimme combinatie van verschillende producten, die gezamenlijk alle gewenste functies van organische stof in de bodem vervullen.

Organische stof management is een proces van de lange adem, waarbij de samenstelling van (het mengsel van) de organische producten is belangrijk is. Bij regelmatige toediening van grote hoeveelheden zijn de effecten onbekend. Hiervoor is langjarig onderzoek nodig.

Inhoudsopgave

pagina

1	INLEIDING	7
2	FEITEN EN VOORGESCHIEDENIS.....	9
2.1	Gebruiksnormen voor fosfaat.....	9
2.2	Afbraak organische stof	9
2.3	Organische stof en bodemleven.....	10
2.4	Inventarisatie organische materialen.....	10
3	MATERIAAL EN METHODEN	11
3.1	Behandelingen.....	11
3.2	Doseringen.....	12
3.3	Gewasverzorging.....	13
3.4	Waarnemingen.....	14
4	RESULTATEN	15
4.1	Verwerkbaarheid.....	15
4.2	Vochtvasthoudend vermogen.....	15
4.3	Bolopbrengst.....	16
4.4	Bolanalyses.....	17
4.5	Effectief organisch stofgehalte.....	18
4.6	Bodemweerbaarheid	19
4.7	Samenvatting resultaten.....	21
5	DISCUSSIE	23
5.1	Bodemfuncties	23
5.2	Aanvullende informatie Biochar	23
5.3	Bodembewerking en structuur	24
5.4	Doseringen.....	25
5.5	Betrouwbaarheid organische stof analyse.....	25
5.6	Afbraaksnelheid organische materialen.....	27
5.7	Afbraak versus toegestane aanvoer	27
5.8	Overige waarnemingen.....	28
5.9	Materialen combineren.....	28
6	CONCLUSIES	29
7	REFERENTIELIJST.....	31
	BIJLAGE 1 HERKOMST VAN ORGANISCHE MATERIALEN	33
	BIJLAGE 2 ANALYSE TOEGEDIENDE ORGANISCHE MATERIALEN	35
	BIJLAGE 3 BOLANALYSES.....	37

1 Inleiding

Dit rapport beschrijft de resultaten van een tweejarige veldproef naar de effecten van fosfaat-arme alternatieven voor huidige organische meststoffen, waarmee telers het bodem organische stofgehalte op peil kunnen houden, zonder overtreding van de huidige mestwetgeving.

Een voldoende hoog organisch stofgehalte in de bodem is nodig voor een goede bodem- en waterkwaliteit en een optimale teelt. In de bollenteelt op duinzandgrond wordt stalmest, GFT-compost en groenbemesters (in verschillende verhoudingen) toegepast om het organische stofgehalte op peil te houden. Dit is een lastige opgave, vanwege aangescherpte gebruiksnormen in de mest- en mineralen wetgeving. De aanvoernorm voor fosfaat is de eerste waar telers tegenaan lopen. Er is daarom gezocht naar alternatieve materialen voor organische bemesting met een laag fosfaatgehalte.

De mestwetgeving wordt steeds strenger voor de aanvoer van fosfaat, waardoor het voor bollentelers steeds moeilijker wordt om met gangbare organische meststoffen het bodem organische stofgehalte op peil te houden. Organische stof in de bodem heeft vele functies heeft zoals nutriëntenlevering, voedsel voor bodemleven, vochtvasthoudend vermogen en bewerkbaarheid (structuur). Bodem organische stof bindt bovendien nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen, waardoor deze stoffen minder snel uitspoelen naar grond- en oppervlaktewater. Daarnaast is het organische stofgehalte relevant voor de natuurlijke bodemweerbaarheid: hoe hoger het organische stofgehalte, des te groter de kans op een goede weerbaarheid tegen bodemgebonden ziekten en plagen. Kortom, een voldoende hoog organische stofgehalte in de bodem is nodig voor een goede bodem- en waterkwaliteit en daardoor een optimale teelt.

De sector is zich er terdege van bewust dat organische stof in de bodem belangrijke functies heeft en dat een minimumgehalte noodzakelijk is voor een goede productie. De sector ervaart het handhaven van bodem organische stof als het belangrijkste knelpunt in het toekomstige mestbeleid. Er is daarom gezocht naar alternatieve materialen voor organische bemesting met een laag fosfaatgehalte. Op basis van een inventarisatie heeft het MilieuPlatform bepaald welke materialen getest zouden worden in een veldproef op duinzandgrond bij PPO-Bollen in Lisse.

De inventarisatie, uitgevoerd door CLM en PPO, heeft een Top 10 opgeleverd van materialen met een gunstiger organische stof/fosfaat verhouding dan die van stalmest en GFT-compost (Van Os et al., 2012). Met deze materialen kan dus méér organische stof worden aangevoerd binnen de fosfaatgebruiksnorm. Het perspectief op toepassing van de Top 10-materialen in de bollenteelt wordt echter beperkt door een aantal nadelen. Op basis van gelijke hoeveelheid organische stof is de kostprijs voor de producten (gebaseerd op de huidige leveringshoeveelheden) in alle gevallen hoger dan die van GFT-compost. Hier komen, afhankelijk van het product, nog kosten bij voor extra handelingen, zoals hakselen, spoelen, etc. Volledige vervanging van compost en stalmest door een alternatief product lijkt, vanwege de diverse nadelen, niet reëel. Een optimale toediening van organische materialen zal daarom in de praktijk neerkomen op een slimme combinatie van verschillende producten, die gezamenlijk alle gewenste functies van organische stof in de bodem vervullen.

Om uit de top 10 een goede keus te kunnen maken voor geschikte combinaties in de praktijk, is het relevant om kwantitatieve gegevens te verzamelen m.b.t. EOS, vochtvasthoudend vermogen, mineralisatie en bodemweerbaarheid. Dit is gebeurd door een aantal producten afzonderlijk in een veldproef toe te passen, te beplanten met een bolgewas, en tijdens/na het groeiseizoen de nodige metingen te verrichten. Tevens blijkt dan of de producten goed verwerkbaar zijn en wat het effect is op de bolopbrengst. Op basis van deze gegevens per product kan de praktijk keuzes maken of zij een deel van de gangbare organische meststoffen wil vervangen door een of meer van de alternatieven.

2 Feiten en voorgeschiedenis

Het organische stof gehalte in de bodem is cruciaal voor het handhaven van een goede chemische, fysische en biologische bodemkwaliteit. Organische stof management (meerjarenaanpak) is een permanente zorg voor elke teler om de kwaliteit van de percelen te behouden. Met gangbare vormen van organische bemesting, zoals combinaties van stalmest, GFT-compost (in verschillende verhoudingen) en groenbemesters, wordt handhaving van het bodem organische stofgehalte buitengewoon lastig vanwege de hoge fosfaatgehalten. Met het intreden van het Vierde Actieprogramma Nitraatrichtlijn op 1 januari 2010 zijn de fosfaatgebruiksnormen verder aangescherpt en uiteindelijk is het streven van de overheid om tot evenwichtsbemesting te komen.

2.1 Gebruiksnormen voor fosfaat

De fosfaatgebruiksnorm is de maximale hoeveelheid fosfaat die per kalenderjaar op een hectare mag worden gebruikt. Alle minerale en organische meststoffen tellen mee. Voor compost wordt daarbij een vrije voet gehanteerd overeenkomend met 50% tot een maximum van 3,5 kg P₂O₅ per 1000 kg droge stof. In Tabel 1 staan de fosfaatgebruiksnormen voor bouwland. Er wordt geen onderscheid gemaakt naar grondsoort. Wel wordt er onderscheid gemaakt op basis van de fosfaattoestand van de grond. Er worden drie klassen onderscheiden: gronden met hoge, neutrale en lage fosfaattoestand. In het concept 5^e Actie programma betreffende de Nitraatrichtlijn staat dat de normen in 2016 en 2017 niet verder verlaagd worden. Voor composten geldt momenteel een toepassingsnorm waarbij slechts de helft van het fosfaatgehalte meetelt tot een maximum van 3,5 kg P₂O₅ per 1000 kg droge stof. Hierdoor kan meer organische stof worden aangevoerd met GFT-compost dan met stalmest, terwijl GFT-compost absoluut gezien méér fosfaat bevat dan stalmest.

Tabel 1: Fosfaatgebruiksnormen voor landbouwgrond (bouwland) in Nederland,.

P-toestand (Pw-getal)	Categorie	Gebruiksnorm vanaf 2015 kg P ₂ O ₅ per ha
>55	Hoog	50
36-55	Neutraal	60
<36	Laag	75

2.2 Afbraak organische stof

Een belangrijk deel van de Nederlandse bollenteelt vindt plaats op duinzandgrond in Noord- en Zuid-Holland (tabel 1). Duinzandgrond heeft van nature een laag gehalte aan bodem organische stof. Bovendien is de afbraaksnelheid van bodem organische stof op duinzandgronden hoger dan op andere grondsoorten. De laatste schattingen van duinzandgrond gaan uit van ca. 6-10% afbraak per jaar (Pronk, 2012). Waar de meeste oude landbouwgronden in Nederland een afbraakpercentage van ca. 2% kennen. De ouderdom van de organische stof speelt hierbij een rol. In duinzandgronden is een belangrijk deel van de organische stof relatief jong en breekt daardoor sneller af dan bijvoorbeeld in enkeerdgronden. Voor het in stand houden van een minimum gehalte aan bodem organische stof op duinzandgronden – vaak wordt 1% als minimum aangehouden - moeten daarom substantiële hoeveelheden organisch materiaal worden aangevoerd. Voor een bemeste duinzandgrond wordt een verlies van organische stof berekend van ongeveer 2600 tot

ongeveer 5700 kg organische stof per ha per jaar, bij een uitgangsperscentage organische stof tussen de 1 en 1,6%. Gewasresten, groenbemesters en stro dragen bij aan de organische stofvoorziening. Het handhaven van een percentage van ongeveer 1% in een bouwvoordiepte van 30 cm moet mogelijk zijn binnen de wettelijke mogelijkheden door aanvoer van uitsluitend compost. Het verlies van organische stof in duinzandgrond met een uitgangssituatie van 1,6% organische stof en een bouwvoordiepte van 40 cm, kan niet worden gecompenseerd door de aanvoer van stalmest, compost of een combinatie van deze producten binnen de huidige wettelijke mogelijkheden (Pronk, 2012).

2.3 Organische stof en bodemleven

Met de afnemende beschikbaarheid van chemische gewasbeschermingsmiddelen, is de land- en tuinbouw steeds meer aangewezen op de natuurlijke, ziekteverwerende eigenschappen van de bodem. In een ziekteverwerende grond zal, ondanks de aanwezigheid van een ziekteverwekker, geen of weinig schade optreden in een vatbaar gewas. Het microbiële bodemleven is hierbij een belangrijke factor. Een rijk en divers bodemleven kan goede concurrenten of antagonisten tegen ziekteverwekkers bevatten. De samenstelling van het bodemleven is afhankelijk van de fysische en chemische eigenschappen van de bodem. Toevoeging van organische stof kan de fysische- en chemische variatie in grond verhogen en daarmee ook de bodembiodiversiteit. Onderzoek heeft uitgewezen dat verhoging van het organische stofgehalte kan leiden tot verbetering van de bodemweerbaarheid tegen het wortelknobbelaaltje *Meloidogyne hapla*, *Pythium* en het vrijlevende wortelbesmettingsaaltje *Pratylenchus penetrans*. (Van Reuler, 2010; Van Os, 2009; Van Os, 2011; Braam et al., 2012). Het effect van organische stof op de weerbaarheid tegen *Rhizoctonia solani* is wisselend gebleken: soms geen effect (Van Os, 2009) en soms wel effect, maar dan alleen tegen de bolaantasting en niet tegen de spruitaantasting in tulp (Braam et al., 2012). Met deze positieve effecten tegen vier ziekteverwekkers, lijkt verhoging van het organische stofgehalte een geschikte methode om de afhankelijkheid en het gebruik van bestrijdingsmiddelen te verminderen. In de praktijk blijkt dit echter lastig uitvoerbaar, omdat de aanvoer van organische meststoffen is gelimiteerd door de mest- en mineralenwetgeving. Met de huidige aanvoernormen is het op duinzandgrond mogelijk om het organisch stof gehalte op peil te houden, maar niet om het te verhogen.

2.4 Inventarisatie organische materialen

Om de kwaliteit van de bollenpercelen op duinzandgrond voor de langere termijn te waarborgen, is het noodzakelijk om op zoek te gaan naar alternatieve materialen, die veel effectieve organische stof opleveren en weinig fosfaat bevatten. Hierbij moeten de overige belangrijke functies die organische stof heeft in de bodem behouden blijven. In deze studie is het vinden van één of meer alternatieve organische materialen met een relatief hoog gehalte aan effectieve organische stof en een laag fosfaatgehalte voor toepassing in de bollenteelt op duinzandgrond als doel gesteld.

Naar aanleiding van het inventarisatierapport (Van Os et al., 2012) heeft het MPF ingestemd met fase 2 van het project en de benoeming van een (delegatie van) de werkgroep meststoffen als begeleidingscommissie. De begeleidingscommissie heeft uit de Top 10 lijst met organische materialen een aantal materialen geselecteerd waar het vervolgonderzoek zich op zou kunnen richten: vinasse extract, boomschorscompost, kokosnippers en biochar. Stro en tuinturf kregen minder prioriteit omdat daar al het nodige van bekend is. Aan het testen van zeewier-extract, olifantsgras, luzernebrok en Monterra malt werd o.a. vanwege de beperkte/slechte beschikbaarheid van de materialen de minste prioriteit toegekend. Men was het er over eens dat het testen van de afzonderlijke producten de voorkeur verdient boven het testen van productcombinaties.

3 Materiaal en methoden

De fosfaat-arme organische materialen die door de begeleidingscommissie (MPF) zijn gekozen op basis van de inventarisatie (Van Os et al., 2012) zijn getest in een veldproef bij PPO-Lisse gedurende twee teeltseizoenen. Dit heeft een indicatie opgeleverd van de mate van geschiktheid van deze materialen voor toepassing in de bollenteelt.

De eerste selectie van organische materialen door de begeleidingscommissie omvatte ook boomschorscompost. Dit materiaal bleek echter niet verkrijgbaar. Als alternatief heeft de commissie daarna gekozen voor cacaooppoorten. Dit materiaal bevat relatief hoge NPK-gehalten. Dit is in principe ongewenst, echter als de EOS-waarde hoog genoeg is, zou dit product alsnog voordeliger kunnen uitpakken dan GFT-compost. Ook de Biochar bleek niet verkrijgbaar en moest nog speciaal worden gemaakt. Dit alles heeft ertoe geleid dat de organische materialen pas laat beschikbaar kwamen (eind november 2012). Hierdoor kon niet gewacht worden op de inhoudsanalyse voorafgaand aan het inzetten van de proef.

3.1 Behandelingen

De veldproef omvatte acht behandelingen in vier herhalingen, inclusief controle behandelingen zonder toevoeging van organische stof en een gangbare organische stof toepassing (GFT-compost). De alternatieve fosfaat-arme materialen zijn in twee doseringen toegepast:

- Laag: de hoeveelheid OS die nodig is voor compensatie van 6% afbraak per jaar (3,2 ton OS/ha)
- Hoog: de hoeveelheid OS die nodig is voor compensatie van 6% afbraak plus verhoging van het OS-gehalte met 0,5% (26 ton OS/ha).

De materialen zijn 30 cm diep door de grond gespit (in 2012 en in 2013), waarna hyacint 'Delft Blue' (2012-2013) en tulp 'Strong Gold' (2013-2014) zijn geteeld.

Berekening OS-doseringen

Bouwvoor volume : $100 \times 100 \times 0.30 = 4500 \text{ m}^3/\text{ha}$

Gewicht bouwvoor: $3000 \times 1.5 = 4500 \text{ ton/ha}$

Uitgangssituatie : 1,2% o.s. > $1,2\% \times 45 = 54 \text{ ton/ha o.s. in de bouwvoor}$

Lage dosering : 6% afbraak van 54 ton/ha o.s. = 3,24 ton/ha OS per jaar

Hoge dosering : 1% = 45 ton/ha ; 0,5% = 22,5 ton/ha aanvoer OS

plus compensatie voor 6% afbraak van 3,24 ton/ha

totale extra aanvoer OS: $22,5 + 3,24 = 25,7 \text{ ton/ha}$; afgerond: 26 ton/ha per jaar

Tabel 2: Overzicht van behandelingen en doseringen van organische materialen (leveranciers in Bijlage 1).

	Organisch materiaal	dosering
1	geen	-
2	GFT-compost	standaard
3	Kokosvezels (<5 mm)	laag
4	Kokosvezels (<5 mm)	hoog
5	Cacaooppoorten (<10 mm)	laag
6	Cacaooppoorten (<10 mm)	hoog
7	Biochar (<5 mm)	laag
8	Biochar (<5 mm)	hoog



Van boven naar beneden GFT-compost, kokosvezels, cacaodoppen en biochar (links), overzicht van het proefveld vlak voor het onderwerken van de materialen (rechts).

3.2 Doseringen

Voor berekening van de benodigde doseringen van de organische materialen in 2012 is gebruikt gemaakt van de OS-gehalten zoals die in de inventarisatierapportage zijn vermeld (Os et al, 2012). Achteraf gezien zijn de doseringen van kokosvezels en Biochar in 2012 veel te laag geweest (Tabel 3). Dit is o.a. terug te voeren op het feit dat in de inventarisatierapportage gegevens waren opgenomen over kokosnippers i.p.v. kokosvezels en gegevens van Biochar ontbraken. De kokosnippers bleken niet verkrijgbaar, de -vezels wel. In de berekening is het OS-gehalte van kokosnippers gebruikt. Dit blijkt achteraf ten onrechte. Voor Biochar is het OS-gehalte fictief berekend. Het materiaal bestaat (in theorie) voornamelijk uit anorganisch C. Om een vergelijking te maken met organische stof wordt in de wetenschap gerekend met een factor 2: 1 kg OS bevat 0,5 kg C. De aldus berekende equivalent van OS in de Biochar kwam veel hoger uit dan het achteraf gemeten %OS. De doseringen voor 2013 zijn wel berekend op basis van actuele analyseresultaten van de gebruikte organische materialen (Tabel 4).

Tabel 3: Achteraf berekende hoeveelheden toegediende organisch materiaal in **2012** en nutriënten op basis van de analysegegevens in Bijlage 2.

Toegediend in 2012 (achteraf berekend)	Lage dosering: per jaar nodig voor compensatie 6% afbraak				Hoge dosering: nodig voor verhoging OS met 0,5%		
	GFT- compost	cacao- doppen	kokos- vezels	biochar	cacao- doppen	kokos- vezels	biochar
ton vers product/ha	17.1	4.3	3.5	2.0	34.2	28.0	16.3
ton droog product/ha	12.4	3.4	0.7	1.3	27.4	5.3	10.5
OS ton/ha	3.9	3.1	0.6	1.0	24.6	4.8	8.0
Stikstof (N) kg/ha	145.4	92.8	3.8	8.8	744.4	30.8	70.7
Fosfor (P) kg/ha	27.3	11.9	0.1	2.4	95.8	1.1	19.0
Kalium (K) kg/ha	104.4	102.3	2.3	12.7	821.1	18.1	102.3

Tabel 4: Vooraf berekende hoeveelheden organisch materiaal in **2013** en nutriënten op basis van de analysegegevens in Bijlage 2.

Toegediend in 2013 (vooraf berekend)	Lage dosering: per jaar nodig voor compensatie 6% afbraak				Hoge dosering: nodig voor verhoging OS met 0,5%		
	GFT- compost	cacao- doppen	kokos- vezels	biochar	cacao- doppen	kokos- vezels	biochar
ton vers product/ha	14.1	4.2	19.1	6.5	34.0	153.2	52.3
ton droog product/ha	10.3	3.6	3.6	4.3	28.9	29.0	34.5
OS ton/ha	3.2	3.2	3.2	3.2	26.0	26.0	26.0
Stikstof (N) kg/ha	138.4	90.0	11.2	28.8	722.2	89.8	231.0
Fosfor (P) kg/ha	22.6	10.4	0.3	7.7	83.8	2.3	62.1
Kalium (K) kg/ha	112.8	97.2	9.7	41.7	780.0	78.2	334.5

3.3 Gewasverzorging

De gewassen zijn verzorgd volgens de geldende standaard gewasverzorging.

Bemesting: stikstof bijmest-systeem (NBS) met dezelfde N-gift voor alle behandelingen gebaseerd op de beschikbaarheid van stikstof in de onbehandelde controle (Dam & Reuler, 2013).

3.4 Waarnemingen

De beoordeling van geschiktheid van de organische materialen heeft plaatsgevonden op basis van de volgende criteria:

1. Goede verwerkbaarheid (voor zover blijkt uit toepassing in de veldproef)
2. Effect op vochtvasthoudend vermogen van de grond (bepaling door Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR)
3. Effect op de beschikbaarheid van nutriënten N en P via bolanalyse (bepaling door Altic)
4. Effect op de bolopbrengst
5. Bijdrage aan effectieve organische stof (EOS, in duplo per veldje uit het onbeplante deel, analyse 1 jaar na toediening, bepaling door Blgg AgroXpertus)
6. Effect op de bodemweerbaarheid - bepaling d.m.v. biotoetsen met een gevoelig gewas en toevoeging van een kunstmatige besmetting met:
 - *Pythium intermedium* in hyacint 'Pink Pearl
 - *Rhizoctonia solani* AG2-t in tulp 'Inzell'
 - *Meloidogyne hapla* (Noordelijk wortelknobbelaaltje) in glassla 'Abeba'

De grondmonsters voor de biotoetsen zijn genomen in december 2013, kort ná de tweede toediening van de organische materialen.

4 Resultaten

4.1 Verwerkbaarheid

Alle materialen bleken goed te verdelen (uitstrooien) over de grond en gemakkelijk in te spitten. Bij droog weer kan de toepassing van biochar problematisch zijn met stuiven en is beschermende kleding nodig (overall en mondkapje). De weersomstandigheden bij het aanbrengen in de proef waren dusdanig (windstil en motregen) dat zich geen problemen hebben voorgedaan.



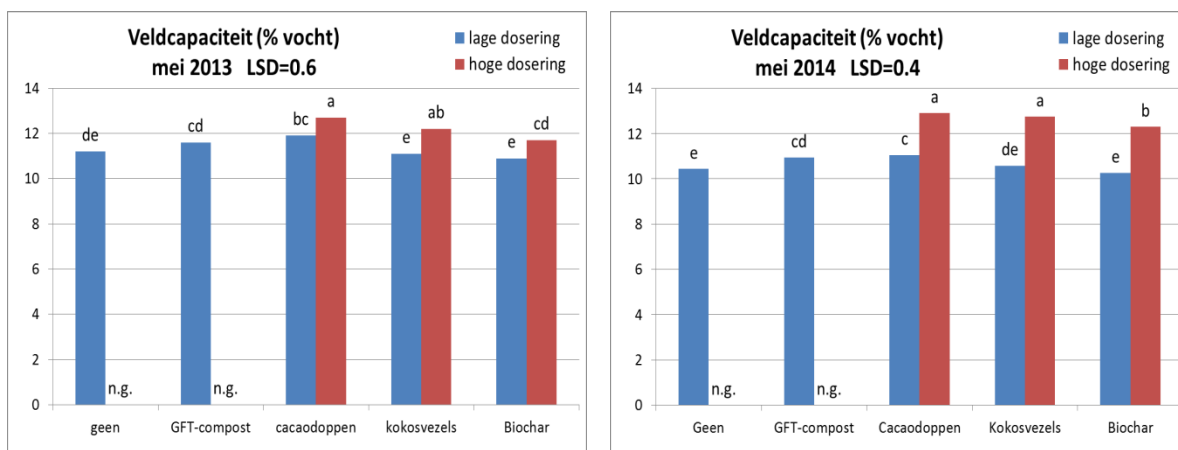
Het inspitten van de organische materialen, op de voorgrond cacaodoppen (december 2012).



Het steken van ongestoorde grondmonsters voor bepaling van het vochtvasthoudend vermogen (mei 2013).

4.2 Vochtvasthoudend vermogen

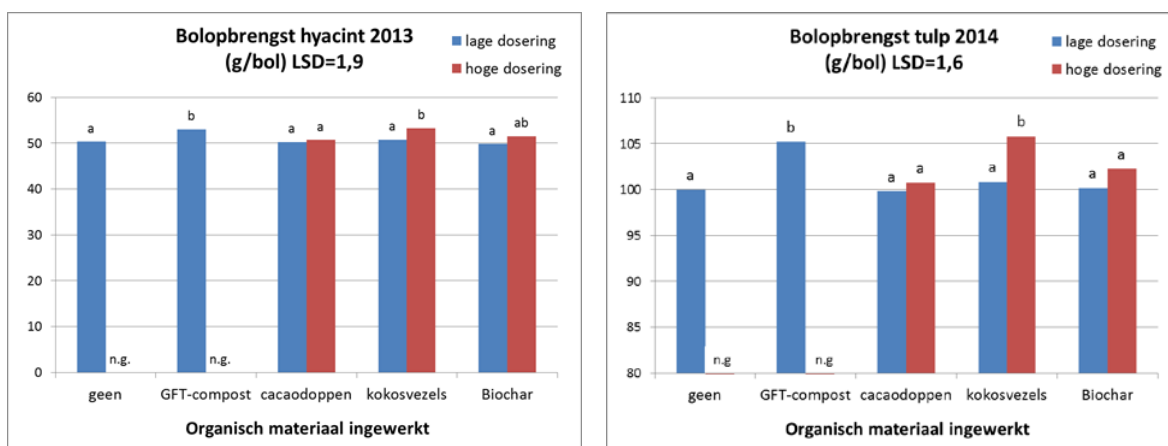
In mei 2013 en 2014 is het vochtvasthoudend vermogen bepaald. Bij alle alternatieve materialen resulteerde de hoge dosering in een beter vochtvasthoudend vermogen dan de lage dosering (zie figuur 1). Meer organisch materiaal heeft dus tot een beter vochtvasthoudend vermogen geleid. Van alle materialen gaf de behandeling met cacaodoppen het hoogste vochtvasthoudend vermogen. De hoge dosering cacaodoppen scoorde 2,5% hoger in het percentage vocht bij veldcapaciteit (pF2) dan de onbehandelde controle. Dit zegt echter niets over de beschikbaarheid van het vocht.



Figuur 1: Vochtvasthoudend vermogen in percentage vocht bij veldcapaciteit (pF2) in mei 2013 (links) en in mei 2014 (rechts). Per grafiek zijn balken met één of meer overeenkomstige letters niet significant verschillend van elkaar; n.g.=niet getest.

4.3 Bolopbrengst

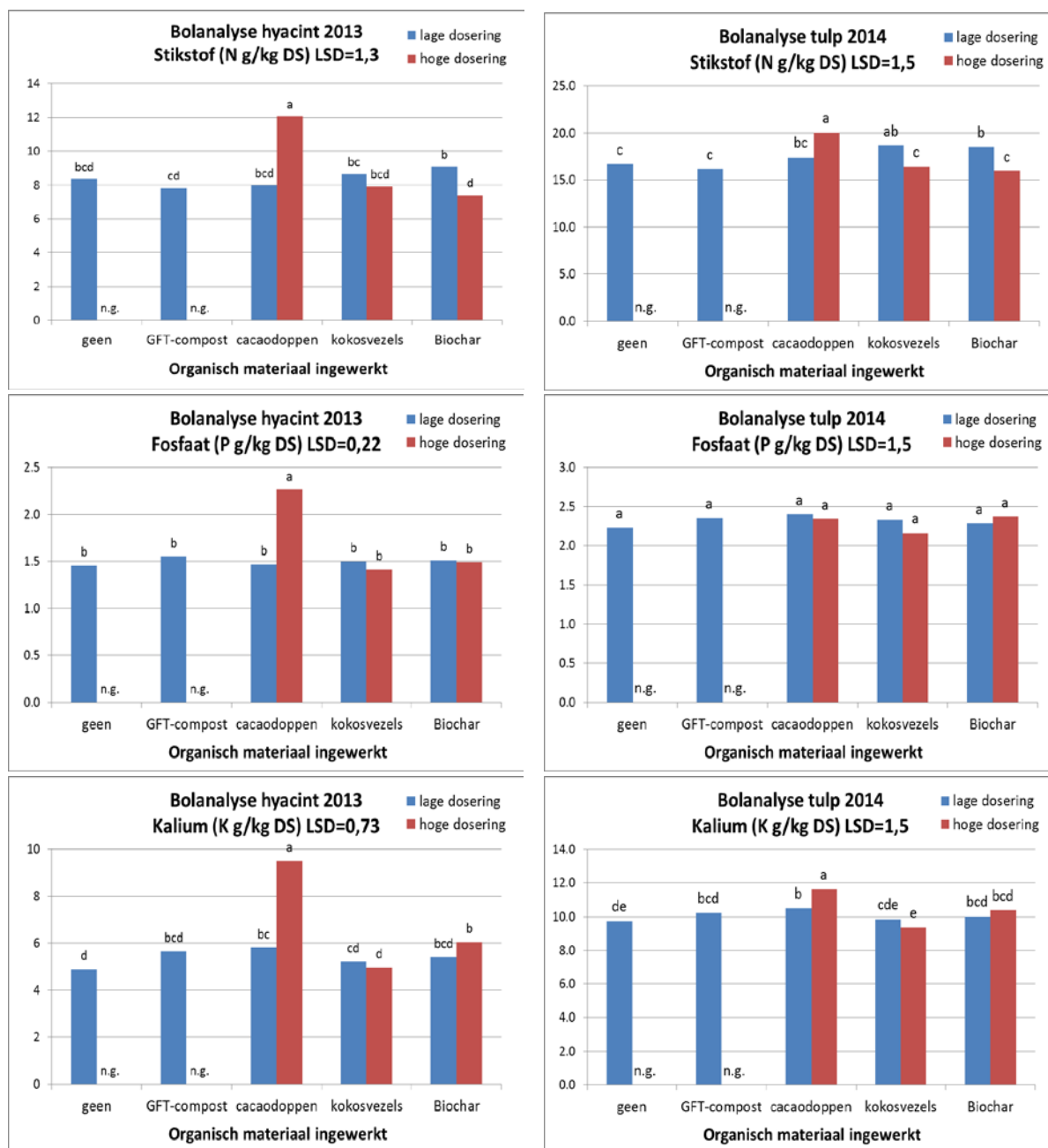
De behandelingen met GFT-compost en de hoge dosering kokosvezels hebben geresulteerd in een significant hogere bolopbrengst dan de onbehandelde controle (zie figuur 2). Dit gold voor zowel hyacint (2012-2013) als voor tulp (2013-2014). De overige behandelingen hadden geen aantoonbaar effect op de bolopbrengst ten opzichte van de onbehandelde controle.



Figuur 2: Bolopbrengst (g/bol) van hyacint in 2013 (links) en van tulp in 2014 (rechts). Per grafiek zijn balken met één of meer overeenkomstige letters niet significant verschillend van elkaar; n.g.=niet getest.

4.4 Bolanalyses

In het eerste proefjaar met hyacint was er één behandeling die bij de bolanalyse opvallend afweek van de overige behandelingen (zie figuur 3). De behandeling met de hoge dosering cacaodoppen scoorde zeer hoog in N, P en K-gehalte in de geoogste bollen. Dit komt overeen met de relatief hoge gehalten in het toegediende materiaal. De overige behandelingen hadden weinig of geen effect op de NPK-gehaltenes in de bollen ten opzichte van de onbehandeld controle. De complete uitslag van de bolanalyses is te vinden in bijlage 3.



Figuur 3: Bolanalyse na het rooien van hyacint in 2013 (links) en van tulip in 2014 (rechts), van boven naar beneden: stikstof-, fosfaat- en kaliumgehalte (g/kg droge stof). Per grafiek zijn balken met één of meer overeenkomstige letters niet significant verschillend van elkaar; n.g.=niet getest.

In het tweede proefjaar met tulp waren de behandelingseffecten anders dan in het eerste proefjaar met hyacint. Beide doseringen met cacaodoppen resulteerden, net als in het eerste proefjaar, wel in een verhoogd K-gehalte in de bollen ten opzichte van de onbehandelde controle. Maar, er waren géén verschillen in N- en P-gehalten tussen de behandelingen, ook niet bij de hoge dosering cacaodoppen (i.t.t. het eerste proefjaar). Met betrekking tot het N-gehalte lagen de resultaten wat gecompliceerder. Bij geen van de toegepaste doseringen was de stikstofopname lager dan bij de onbehandelde controle. Op basis van deze vergelijking waren geen schadelijke effecten te zien door stikstofbinding. Toch lijkt er meer aan de hand. De behandeling met hoge dosering cacaodoppen gaf verhoging van het N-gehalte in de bollen ten opzichte van de onbehandelde controle, hetgeen overeenkomt met de relatief hoge aanvoer van stikstof in de cacaodoppen (zie tabel 5). De **lage** doseringen met kokosvezels en Biochar gaven nu óók significante verhoging van het N-gehalte in de bollen ten opzichte van de onbehandelde controle, maar de **hoge** doseringen van beide materialen weer niet. Dit betekent dat met de lage doseringen extra stikstof is aangevoerd en kon worden opgenomen door het gewas, terwijl bij de hoge doseringen de extra aanvoer van N *niet* is opgenomen of wellicht niet is vrijgekomen. Dit is een aanwijzing dat er mogelijk sprake is van stikstofbinding in de grond als gevolg van de relatief hoge aanvoer van organische koolstof in de kokosvezels en Biochar en relatief lage aanvoer van stikstof (hoge C/N verhouding).

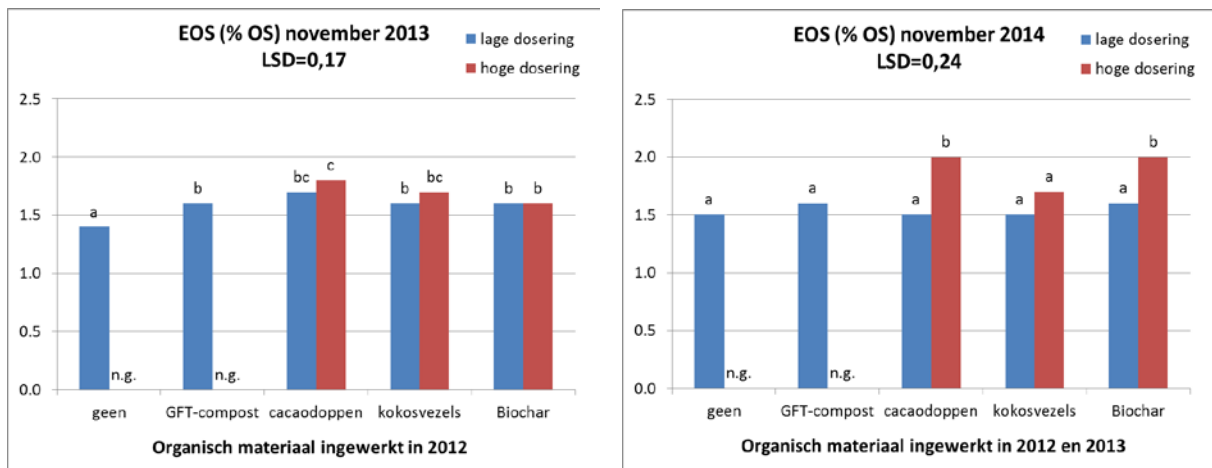
Tabel 5: Aanvoer van extra stikstof door toediening van de verschillende organische materialen ten opzichte van de opgenomen hoeveelheid stikstof door de bollen

	On-behandeld	GFT-compost	cacao laag	cacao hoog	kokos laag	kokos hoog	biochar laag	biochar hoog
extra N-aanvoer 2012 (kg/ha)	0	145	93	744	4	31	9	71
N-gehalte in de bol hyacint 2013 (g/kg ds)	8	8	8	12*	9	8	9	7
extra N-aanvoer 2013 (kg/ha)	0	138	90	722	11	90	29	231
N-gehalte in de bol tulp 2014 (g/kg ds)	17	16	17	20*	19*	16	19*	16

* Deze waarden zijn significant hoger dan de onbehandelde controle.

4.5 Effectief organisch stofgehalte

Het effectief organisch stofgehalte is de hoeveelheid organische stof die één jaar na toediening van organisch materiaal nog over is in de grond. Dit is het relatief moeilijk afbreekbare deel van het organische materiaal. De analyse van het organisch stofgehalte in arme zandgronden is technisch lastig. Er bestaan diverse methoden die in verschillende mate zijn gevalideerd. Onderzoekers van Blgg AgroXpertus hebben geadviseerd om per veldje twee grondmonsters te laten analyseren met de gloeiverliesmethode. Op experimentele basis is vastgesteld dat op deze wijze de meest nauwkeurige schatting kon worden gemaakt van het werkelijke organisch stof gehalte in de grond.



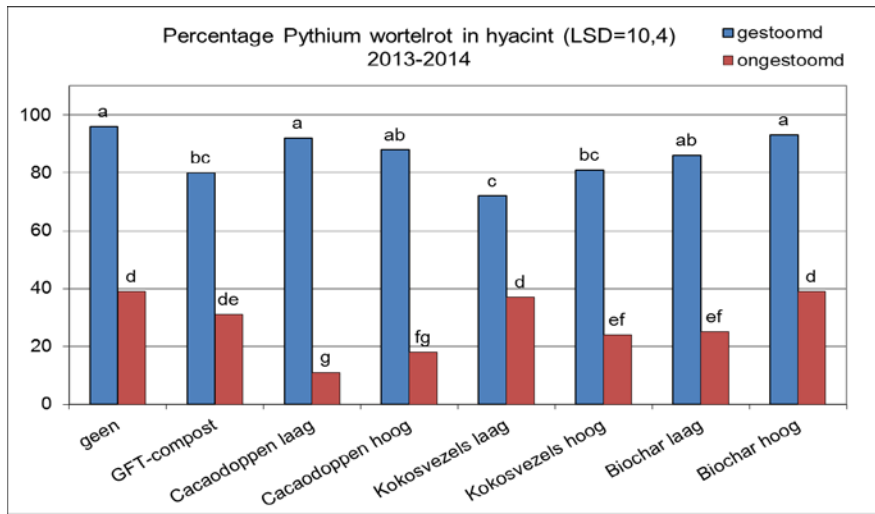
Figuur 4: Organisch stofgehalte in de bodem één jaar na de eerste toepassing (links) en één jaar na de tweede toepassing (rechts) van de organische materialen in lage (blauw) en hoge (rood) dosering. Per grafiek zijn balken met één of meer overeenkomstige letters niet significant verschillend van elkaar; n.g.=niet getest.

Eén jaar na de eerste toediening (november 2013) resulteerde alle behandelingen in een verhoogd OS-gehalte ten opzichte van de onbehandelde controle (zie figuur 4). Een jaar na de tweede toediening (november 2014) gaven alleen de hoge doseringen van de cacao-doppen en de Biochar een significante verhoging van het organisch stofgehalte met 0,5%. Deze uitslag is uiteraard een optelsom van de toedieningen in beide proefjaren.

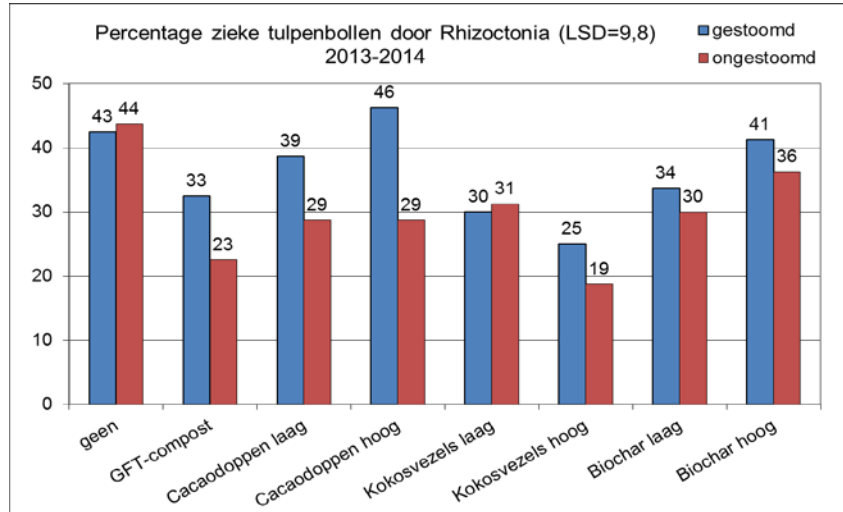
In de onbehandelde controle veldjes is geen organische stof aangevoerd. Desondanks is ook geen afname waargenomen in het organisch stofgehalte in de grond. Dit betekent echter niet dat er geen afbraak van organische stof heeft plaatsgevonden. De onnauwkeurigheid van de organische stofanalyse in deze proef (LSD=0,24%) is groter dan de verwachte organische stofafbraak in duinzandgrond (maximaal 10% afbraak per jaar van 1% organische stof = maximaal 0,2% afname van het organische stofgehalte in de grond in 2 jaar).

4.6 Bodemweerbaarheid

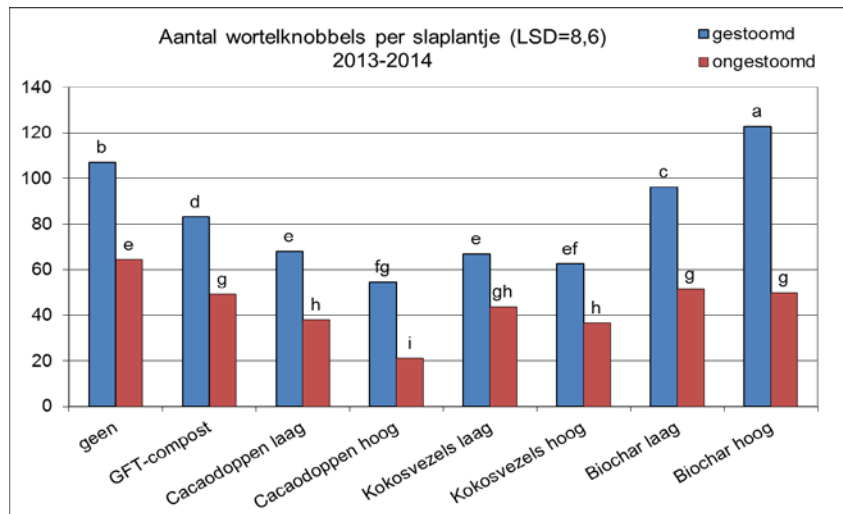
Het effect van de grondbehandelingen op de bodemweerbaarheid is gemeten in grondmonsters kort ná de tweede toediening van de organische materialen. De bodemweerbaarheid tegen *Pythium* is gemeten aan de hand van het percentage wortelrot in hyacint (Figuur 5). De bodemweerbaarheid tegen *Rhizoctonia solani* (koude stam) is gemeten aan de hand van de bolopbrengst en de bolaantasting in tulp. De bolopbrengst is hierbij een afspiegeling van de mate van spruitaantasting in het vroege voorjaar. Deze waarneming is echter verstrengeld met de bemestingseffecten van de behandelingen op de bolopbrengst. Na correctie van de bolopbrengstdata voor de bemestingseffecten (verschil tussen opbrengst in wel en niet met *Rhizoctonia* besmette grond), zijn er géén significante verschillen gevonden tussen de behandelingen. Met andere woorden, de toediening van de organische materialen heeft geen effect gehad op de onderdrukking van de spruitaantasting door *Rhizoctonia*. De bolaantasting door *Rhizoctonia* gaf wel verschillen te zien tussen de behandelingen (Figuur 6). De bodemweerbaarheid tegen het wortelknobbelaaltje is gemeten aan de hand van het aantal wortelknobbels in het toetsgewas sla (Figuur 7).



Figuur 5: Pythium wortelrot in biotoets met hyacint. Balken met één of meer overeenkomstige letters, zijn niet significant verschillend van elkaar.



Figuur 6: Bolaantasting in biotoets met Rhizoctonia in tulp (LSD=9,8).



Figuur 7: Aantal wortelknobbels door *M. hapla* in toetsgewas sla. Balken met één of meer overeenkomstige letters, zijn niet significant verschillend van elkaar.

In de *ongestoomde* grond, met het oorspronkelijke natuurlijke bodemleven, resulteerden alle behandelingen in een vermindering van de ziekteontwikkeling van één of meer ziekteverwekkers. Alle geteste organische materialen hadden dus een positieve invloed op de bodemweerbaarheid, de effecten waren echter *per ziekteverwekker* verschillend. Zo resulteerde de toediening van GFT-compost *niet* in een verhoogde bodemweerbaarheid tegen Pythium, maar *wel* tegen Rhizoctonia (bolaantasting) en tegen het wortelknobbelaaltje.

Ook was er een interactie tussen het type organische toevoeging en de *dosering*. Toediening van cacaodoppen resulteerden in een verbetering van de bodemweerbaarheid tegen alle drie de ziekteverwekkers. Maar alleen bij het wortelknobbelaaltje gaf de hoge dosering cacaodoppen een betere bodemweerbaarheid dan de lage dosering. Ook het effect van de kokosvezels was doseringsafhankelijk: de hoge dosering gaf verbetering van de bodemweerbaarheid tegen Pythium en Rhizoctonia (bolaantasting), terwijl tegen het wortelknobbelaaltje ook de lage dosering een significante verbetering gaf van de bodemweerbaarheid. Bij Biochar gaf juist de lage dosering een verbetering van de bodemweerbaarheid tegen alle drie de ziekteverwekkers, terwijl de hoge dosering geen significant effect had tegen Pythium en Rhizoctonia.

Het verschil in ziekteontwikkeling tussen gestoomde en ongestoomde grond geeft een indicatie van de rol van het natuurlijke *bodemleven* bij de onderdrukking van de ziekteverwekker: hoe groter het verschil, des te belangrijker de bijdragen van het bodemleven. Het bodemleven heeft bij alle drie de ziekteverwekkers een aantoonbare rol bij de bodemweerbaarheid; de grootste invloed is waargenomen op de onderdrukking van Pythium, iets minder op het wortelknobbelaaltje, en bij Rhizoctonia waren er ook behandelingen waarbij het natuurlijke bodemleven géén aantoonbare invloed had op de onderdrukking van de ziekte.

Verschillen in ziekteontwikkeling in *gestoomde* grond, zonder invloed van het oorspronkelijke bodemleven, zijn een indicatie voor *fysische- en/of chemische effecten* van de grondbehandelingen op de bodemweerbaarheid. Dit soort verschillen zijn ook waargenomen in de biotoetsen met alle drie de ziekteverwekkers, echter per ziekteverwekker in verschillende mate en met wisselende effecten per behandelingen.

4.7 Samenvatting resultaten

In tabel 6 staat een globale samenvatting van alle bovengenoemde resultaten, weergegeven als negatief, neutraal of positief effect van de toegediende organische materialen ten opzichte van de onbehandelde controle behandeling.

Tabel 6: Beoordeling van de grondbehandelingen op de verschillende criteria voor geschiktheid van de toegediende organische materialen ten opzichte van de onbehandelde controle (- =negatief; 0=neutraal; += positief; ++ zeer positief; opname van elementen in de bol: hyacint 2012 / tulp 2013)

	GFT-compost	Cacao-doppen	Cacao-doppen	Kokosvezels	Kokosvezels	Biochar	Biochar
Dosering	laag	laag	hoog	laag	hoog	laag	hoog
Verwerkbaarheid	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed
Vochtgehalte bij pF2 na 2 jaar	+	+	++	0	++	0	++
Opname N in de bol	0/0	0/0	++/+	0/+	0/0	0/+	0/0
Opname P in de bol	0/0	0/0	+/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Opname K in de bol	0/0	+/+	++/+	0/0	0/0	0/0	+/0
Bolopbrengst	+	0	0	0	+	0	0
OS-gehalte na 2 jaar	0	0	+	0	0	0	+
Bodemweerbaarheid tegen Pythium	0	++	++	0	+	+	0
Bodemweerbaarheid tegen Rhizoctonia spruitaantasting	0	0	0	0	0	0	0
Bodemweerbaarheid tegen Rhizoctonia bolaantasting	+	+	+	+	++	+	0
Bodemweerbaarheid tegen wortelknobbelaaltje	+	+	++	+	+	+	+

5 Discussie

Voor het op peil houden van het organische stofgehalte in de bollenteelt op duinzandgrond, is het noodzakelijk om relatief veel organisch materiaal aan te voeren. Om binnen de gebruiksnormen van de mest- en mineralen wetgeving te blijven, moeten deze materialen zo min mogelijk fosfaat en stikstof bevatten. Het MilieuPlatform heeft in 2012 een aantal alternatieve organische materialen geselecteerd, cacao-doppen, kokosvezels en Biochar, om hun geschiktheid te bepalen voor toepassing in de bollenteelt.

5.1 Bodemfuncties

Organische materialen kunnen onderling sterk verschillen in hun bijdrage aan de bodemfuncties. De samenstelling en de afbreekbaarheid van het organische materiaal bepalen in welke mate de verschillende functies worden vervuld en voor hoe lang. Deze bodemfuncties zijn als volgt in te delen:

1. Bodemvruchtbaarheid: nutriëntenlevering/mineralisatie door afbraak door het bodemleven
2. Bodemweerbaarheid door het bodemleven: concurrenten en antagonisten
3. Structuur: variatie in deeltjes- en poriegrootte, bewerkbaarheid, doorwortelbaarheid
4. Vochtvasthoudend vermogen
5. Voorkoming van uitspoeling: binding van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen.

Deze functies van organische stof in de bodem zijn gedeeltelijk complementair aan elkaar. Bijvoorbeeld: een organisch product dat moeilijk afbreekbaar is, zal een hoog effectief organisch stofgehalte hebben en langdurig bijdragen aan de structuur van de bodem. Tegelijkertijd zal dit product weinig bijdragen aan de nutriëntenlevering en de verhoging van de bodemweerbaarheid, juist omdat het moeilijk afbreekbaar is. In het onderzoek zijn kwantitatieve gegevens verzameld van de geselecteerde organische materialen over het effect op een aantal van de bodemfuncties in duinzandgrond. De producten verschilden onderling in hun bijdrage hieraan.

5.2 Aanvullende informatie Biochar

Beschikbare informatie over de geteste materialen uit de literatuur staat samengevat in de voorstudie van de veldproef "Inventarisatie fosfaatarme organische materialen voor de bollenteelt op duinzandgrond" (Van Os et al, 2012). In aanvulling hierop zijn in 2013 resultaten gepubliceerd van diverse bodemverbeters, waaronder diverse soorten Biochar, op de bodemkwaliteit van verschillende Nederlandse grondsoorten. Geen van de geteste Biochar-producten had een aantoonbaar positief effect op de bodemkwaliteit (Topper et al, 2013). In 2014 zijn de resultaten beschikbaar gekomen uit een omvangrijk Europees onderzoek "Biochar: climate saving soils" (Interreg4b <http://www.biochar-interreg4b.eu/>). De conclusies uit dit onderzoek waren dat biochar geen of te verwaarlozen effecten heeft op opbrengst, gewaskwaliteit en bodemkwaliteit. Biochar heeft bovendien het risico vervuild te zijn met zware metalen en/of organische microverontreinigingen zoals polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) en polychloorbifenylen (PCB's). Het product heeft een zeer hoge prijs in de markt (tot €1.200 per ton) en er is geen extra winst door verhoogde gewasopbrengst of kwaliteit. Het algemene advies uit dit onderzoek voor de boeren is zeer terughoudend te zijn met biochar toepassingen omdat er geen extra (economische) waarde is, het kan vervuild zijn met microverontreinigingen en het kan nooit meer verwijderd worden uit de bodem wanneer het eenmaal is toegepast (Van Haren, 2014).

5.3 Bodembewerking en structuur

Om de bodemfuncties ten goede te komen moet organisch materiaal zo homogeen mogelijk worden gemengd door de bouwvoor. Bij het inwerken moet hiermee terdege rekening worden gehouden. In de proef zijn hiertoe alle veldjes twee maal gespit (30 cm diep). Als het materiaal wordt ondergeploegd loopt men het risico dat het in een laagje onderin de bouwvoor terecht komt. De organische stof komt dan niet ten goede aan het bodemleven in de bouwvoor. Bovendien kan door verdichting en zuurstofgebrek anaëroobe vertering optreden. Dit kan leiden tot het afsterven van wortels en het ontstaan van een storende laag.

Ook de fractiegrootte-verdeling van het organische materiaal kan de kwaliteit van de bodem beïnvloeden. Grove of lange vezels, zoals respectievelijk bij cacaodoppen en kokosvezels, kunnen een probleem vormen bij de reguliere grondbewerking. In de proef zijn hiermee echter geen problemen ondervonden. Een fijn poeder zal in duinzandgrond uitspoelen naar een diepere bodemlaag, alwaar het door verdichting een storende laag kan vormen met een negatief effect op de vochthuishouding. Dit zou kunnen optreden bij de Biochar, maar is niet vast gesteld. Hiervoor is een langere proefperiode nodig met specifieke waarnemingen in het bodemprofiel voor vaststelling van een storende laag.



Proefveldoverzicht op 15 mei 2013 (links) en op 14 april 2014 (rechts).

5.4 Doseringen

Bij aanvang van de proef is ervoor gekozen om van de experimentele organische materialen twee doseringen toe te dienen: één realistische dosering (binnen de aanvoernorm), die toereikend zou moeten zijn om het organisch stof gehalte in de bodem op peil te houden en één extreem hoge dosering, genoeg om het organisch stof gehalte in de bodem met 0,5% te verhogen. De hoge dosering was vooral bedoeld om in korte tijd een indruk te krijgen van de afbreekbaarheid van de materialen en de effecten op het vochtvasthoudend vermogen, het risico op stikstofvastlegging en de bodemweerbaarheid. Met deze dosering van 26 ton organische stof per ha per jaar werd echter wel de aanvoernorm ruimschoots overschreden voor cacaodoppen en biochar (resp. 7,4 en 11,0 ton per hectare per jaar; zie tabel 5). In het eerste proefjaar is door omstandigheden de analyse van de organische materialen pas gebeurd nádat ze al waren toegediend. De dosering was gebaseerd op de organische stof gehalten zoals die in de literatuur waren beschreven (Van Os et al, 2012). Achteraf gezien bleken deze waarden niet te kloppen met de feitelijk organische stof gehalten, zodat de toegediende hoeveelheid van sommige materialen veel lager was dan bedoeld. Alleen voor de cacaodoppen kwam de berekende dosering op basis van literatuurgegevens in de buurt van de beoogde dosering op basis van de analyse van de gebruikte materialen. Voor kokosvezels en Biochar is ongeveer een derde deel toegepast van de beoogde doseringen. Het gevolg is dat de effecten van de toegediende organische materialen in groeiseizoen 2012-2013 niet goed onderling zijn te vergelijken. In het tweede proefseizoen zijn de materialen wel vóóraf geanalyseerd en zijn de beoogde hoeveelheden toegediend. De eindresultaten zijn een optelling van de toegediende hoeveelheden van beide proefjaren. Dit betekent dat met name de hoge dosering van de cacaodoppen in toegediende hoeveelheid uitstijgt boven de andere materialen. Bij de interpretatie van de resultaten moet dit in gedachte worden gehouden.

5.5 Betrouwbaarheid organische stof analyse

Analyses van het organisch stof gehalte in zeer schrale gronden is buitengewoon lastig. Bronnen voor de spreiding treden o.a. op door heterogeniteit van de veldjes, bij de bemonstering en bij de laboratoriumanalyse. Op advies van Blgg AgroExpertus zijn steeds twee monsters per m² geanalyseerd. Desondanks was de spreiding nog steeds aanzienlijk: verschillen tussen de behandelingen tot 0,24% waren in 2014 niet significant aantoonbaar. Bij een organisch stofgehalte van ca. 1,5% en een gewenste verhoging van 0,5% is dat een grote onnauwkeurigheid. De natuurlijke afbraak van organische stof in duinzandgrond (6-10% van het organisch stof gehalte) valt binnen de onnauwkeurigheid van de meting en is dus niet in beeld te brengen in een proefperiode van twee jaar. Een langere proefperiode (5-10 jaar) is nodig om betrouwbaardere gegevens te verkrijgen omtrent de afbraak en de invloed van organische materialen op het bodem organisch stof gehalte.

Tabel 7: Vergelijking van de verschillende organische materialen op basis van de toegediende hoeveelheden (optelling van de hoge doseringen in beide proefjaren) en gemeten organische stof (OS) gehalten aan het einde van de proefperiode.

	GFT-compost	Cacaodoppen	Kokosvezels	Biochar
Totaal toegediende OS ton/ha (2012+2013) ¹⁾	7	51	31	34
% OS in de bodem eind 2014	1.6	2.0	1.7	2.0
Toename % OS in de bodem t.o.v. onbehandeld (1,5%) ²⁾	0.1	0.5	0.2	0.5
Benodigde hoeveelheid OS uit product (ton/ha) voor verhoging 1% OS in grond	71	101	154	68
Gehalte OS in product (%) ³⁾	37.5	90.5	93.4	75.4
Benodigde hoeveelheid product (ton ds/ha) voor verhoging 1% OS in grond	189	112	165	90
Gehalte P ₂ O ₅ in product (g/kg ds) ³⁾	5.04	7.33	0.33	4.12
Maximaal toegestane aanvoer product per jaar (ton ds/ha) ⁴⁾	11.9 ⁵⁾	8.2	181.8	14.6
Aanvoer OS (ton/ha/jaar) bij max. aanvoer product	4.5 ⁵⁾	7.4	169.8	11.0
Verhoging % OS in grond bij maximaal toegestane aanvoer	0.06 ⁵⁾	0.07	1.10	0.16

¹⁾ Gebaseerd op de hoge doseringen van cacaodoppen, kokosvezels en biochar.

²⁾ De LSD=0.24 ten opzichte van de onbehandelde controle.

³⁾ Gemiddelde gehalten van de organische materialen in twee proefjaren.

⁴⁾ Maximaal toegestane dosering bij een aanvoernorm voor bouwland met neutraal Pw-getal: 60 kg P₂O₅ /ha.

⁵⁾ Voor compost geldt een vrijstelling van 50% op de aanvoernorm van fosfaat tot een maximum van 3,5 kg P₂O₅ per 1000 kg droge stof. Bij de genoemde waarden in de tabel is dit *niet* verrekend.

5.6 Afbraaksnelheid organische materialen

Om een indruk te krijgen van de afbreekbaarheid van de experimentele organische materialen in de grond, kan het beste gekeken worden naar de effecten van de *hoge dosering* op het organisch stof gehalte in de bodem (zie tabel 7). De getallen in tabel 7 zijn indicatief en vooral te gebruiken voor onderlinge vergelijking van de verschillende organische materialen (relatief ten opzichte van elkaar). De afbraaksnelheid van materialen is in de twee-jarige veldproef slechts zeer beperkt in kaart gebracht. De gemeten waarden mogen niet worden beschouwd als een gemiddelde afbraaksnelheid in de loop der jaren.

In totaal is in beide proefjaren 51 ton organische stof toegediend met de cacaodoppen. Dit komt ongeveer overeen met de geplande toediening van 2x 26 ton/ha voor 2x 0,5% verhoging van het organisch stof gehalte in de bodem. Deze toediening had dus kunnen resulteren in maximaal 1% verhoging van het organisch stof gehalte in de bodem. De gemeten waarde van het organische stof gehalte in de bodem na twee jaar was echter 0,5% ten opzichte van de onbehandelde controle, hetgeen duidt op ca. 50% afbraak van de organische stof uit de cacaodoppen. Met Biochar is in beide proefjaren minder toegediend, in totaal 34 ton organische stof per hectare. Dit heeft echter óók geresulteerd in een verhoging van het organische stof gehalte in de bodem met 0,5%. Dit betekent dat er relatief minder afbraak heeft plaatsgevonden dan bij de cacaodoppen. Dit is conform de verwachting, aangezien Biochar in feite vooral bestaat uit minerale koolstof (verkoold materiaal) dat nauwelijks of niet biologisch afbreekbaar is. Met de kokosvezels is in twee jaar totaal 31 ton/ha organische stof toegediend. Deze dosering leidde *niet* tot een significante toename van het organisch stof gehalte in de bodem ten opzichte van de onbehandelde controle (0,20% met een LSD van 0,24%). Dit is een aanwijzing voor een relatief snelle afbraak van dit materiaal in de grond.

5.7 Afbraak versus toegestane aanvoer

Op basis van de benodigde hoeveelheid organische stof per product die nodig is om het organisch stof gehalte in de bodem te verhogen (zie tabel 7), kan je concluderen dat cacaodoppen en kokosvezels makkelijker/sneller worden afgebroken dan GFT-compost en Biochar. Als je rekening houdt met de vrijstelling van 50% op de fosfaat-aanvoernorm, dan kan met de maximaal toegestane aanvoer van compost het percentage organische stof in de bodem

worden verhoogd met ca. $2 \times 0,06\% = 0,12\%$ (zie tabel 5). Dit is hoger dan kan worden behaald met de maximale dosering van cacaodoppen (0,07%) en ongeveer gelijk aan het resultaat dat is bereikt met Biochar (0,16%). Kokosvezels mogen dan wel relatief snel worden afgebroken, het fosfaatgehalte in dit product is dermate laag (0,33 g/kg ds) dat er zeer veel van het materiaal mag worden toegediend binnen de fosfaat-aanvoernorm. Hierdoor kan (in theorie) met de kokosvezels de grootste verhoging van het organisch stof gehalte in de bodem worden verkregen (1,10%) ten opzichte van de overige organische materialen. Of dit ook realistisch is vergt meer (langer) onderzoek met hogere doseringen dan in het voorliggende onderzoek. De getest doseringen van kokosvezels hebben vooralsnog niet geleid tot een aantoonbare verhoging van het organisch stof gehalte in de bodem. Daar staat tegenover dat de maximaal toegestane dosering van 182 ton kokosvezels per hectare zó hoog is dat dit ook tot negatieve effecten zou kunnen leiden op bijvoorbeeld het vochtvasthoudend vermogen, de bewerkbaarheid van de grond en de binding van sporenelementen. Ook dit zou nader onderzocht moeten worden.

Overigens geldt onder alle omstandigheden dat het organisch stof gehalte een resultante is van aanvoer en afbraak. Je kunt het gehalte verhogen maar dan wordt er ook meer afgebroken. Met andere woorden, het in stand houden van een hoger organisch stof gehalte vereist ook toediening van grote hoeveelheden organische stof.

5.8 Overige waarnemingen

Alle toegediende organische materialen verhoogden het vochtvasthoudend vermogen van de grond. De toediening van cacaodoppen resulteerde in een significante verhoging van de NPK-opname in de bollen. Maar alleen de toedienging van compost (lage dosering) en kokosvezels (hoge dosering) gaven verhoging van de bolopbrengsten. Toevoeging van cacaodoppen en biochar had geen effect op de bolopbrengsten.

Er is in de proef geen schade geconstateerd als gevolg van stikstofvastlegging, hoewel bij de hoge dosering van kokosvezels en biochar de stikstofopname in de bollen lager was dan bij de lage dosering. Dit kan een aanwijzing zijn voor stikstofimmobilisatie. Over het algemeen geldt hoe hoger de C/N quotiënt des te meer kans op de immobilisatie van stikstof. Bij de bemesting moet hiermee rekening worden gehouden. De cacaodoppen hadden een vergelijkbaar hoog organisch stof gehalte als de kokosvezels, maar bevatten daarnaast ook veel meer stikstof; hierbij waren geen aanwijzingen voor stikstofimmobilisatie.

Toedienging van alle organische materialen heeft geleid tot een zekere verhoging van de bodemweerbaarheid tegen *Pythium*, *Rhizoctonia* en/of *Meloïdogyne* hapla. Dit komt overeen met waarnemingen uit andere proeven, waarin toevoeging van organisch materiaal zoals veen, compost en/of groenbemesters leidde tot verbetering van de bodemweerbaarheid. Afhankelijk van het type organisch materiaal en de dosering waren er, behalve de verwachte bijdrage van het natuurlijke bodemleven, ook fysische en/of chemische factoren die een rol speelden bij de verhoging van de bodemweerbaarheid. Deze factoren zijn niet nader onderzocht.

Naast de hierboven besproken waarnemingen is er vanuit het Topsectoronderzoek AgriFood (PPS-Bodem) nog een extra aantal bodem-biologische metingen verricht, waaronder de microbiële biomassa, - activiteit, de potentiële stikstofmineralisatie, hot water extractable carbon (HWC) en milieuaaltjes. Ook zijn door de Wageningen Universiteit metingen gedaan aan verschillende oplosbare koolstoffracties, die in feite de voedingsbron vormen voor het bodemleven. Deze gegevens worden in 2015 statistisch geanalyseerd om te kijken in hoeverre ze correleren met de bodemweerbaarheid.

5.9 Materialen combineren

Geen enkel organisch product voorziet in *alle* gewenste bodemfuncties en voldoet tegelijkertijd aan de beperkingen die in de wet- en regelgeving worden opgelegd. Om alle nuttige functies van organische stof in de bodem te maximaliseren kan wellicht het beste worden gewerkt met een combinatie van verschillende producten. Hierbij kan gedacht worden aan gelijktijdige toediening van één of meer organische materialen of afwisselende toediening in verschillende jaren. Of zo'n combinatie in de praktijk goed uitpakt m.b.t. de diverse bodemfuncties zou verder onderzocht moeten worden.

6 Conclusies

Op basis van de twee-jarige veldproef met toediening van compost, cacaodoppen, kokosvezels en biochar kan worden geconcludeerd dat ieder materiaal z'n eigen voor- en nadelen heeft. Toediening van de materialen heeft geleid tot:

- Significante verhoging van het organisch stof gehalte in de bodem bij de hoge dosering van cacaodoppen en biochar
- Verhoging van het vochtvasthoudend vermogen bij alle organische materialen
- Verhoging van de bolopbrengst alleen bij compost en de hoge dosering kokosvezels
- Kans op stikstofimmobilisatie bij de hoge dosering van kokosvezels en biochar; hiermee moet rekening worden gehouden bij de bemesting.
- Verhoging van NPK-gehalten in de bol bij hoge dosering van cacaodoppen
- Verhoging van de bodemweerbaarheid tegen *Pythium*, *Rhizoctonia solani* (bolaantasting) en *Meloidogyne hapla* via biologische en fysisch-chemische mechanismen.

Op basis van de gemeten waarden kan het volgende worden afgeleid:

- De afbraaksnelheid van de materialen neemt toe in de volgorde: biochar (meest persistent), cacaodoppen, compost, kokosvezels (relatief makkelijk afbreekbaar)
- De potentiële verhoging van het bodem organisch stof gehalte bij de maximaal toegestane dosering (op basis van fosfaat-aanvoernorm) neemt toe in de volgorde: cacaodoppen (minste verhoging), Biochar/compost, kokosvezels (grootste verhoging)
- Met kokosvezels kan (in theorie) het organisch stof gehalte in de bodem het meest efficiënt worden verhoogd binnen de aanvoernorm, vanwege het extreem lage fosfaatgehalte.

Bij gelijke hoeveelheid organische stof is de kostprijs voor de materialen (gebaseerd op de huidige leveringshoeveelheden) in alle gevallen aanzienlijk hoger dan die van GFT-compost. Volledige vervanging van compost en stalmest door een van de alternatieve producten lijkt, vanwege de diverse nadelen, niet reëel. Een optimale toediening van organische materialen zal daarom in de praktijk neerkomen op een slimme combinatie van verschillende producten, die gezamenlijk alle gewenste functies van organische stof in de bodem vervullen.

De resultaten uit dit onderzoek dragen bij aan een betere onderbouwing van de keuzes die een teler moet maken bij de afweging een deel van de gangbare organische meststoffen te vervangen door een of meer alternatieve organische materialen.

Organische stof management is een proces van de lange adem, waarbij de samenstelling van (het mengsel van) de organische producten is belangrijk is. Bij regelmatige toediening van grote hoeveelheden zijn de effecten onbekend. Hiervoor is langjarig onderzoek nodig.

7 Referentielijst

- Braam G, C Oele en GJ van Os, 2012. GoeddoorGrond - Introductie bodemkwaliteit en biodiversiteit in de landbouwpraktijk van Noord-Holland. Eindverslag DLV. 55 pp.
- Dam, A van en Reuler H van, 2013. Adviesbasis voor de bemesting van Bloembolgewassen. Bodemdienst van Dam en Praktijkonderzoek Plant en Omgeving B.V., pp 55.
- Haren, R van, 2014. Biochar voor de landbouw.
<http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/document/biochar-voor-de-landbouw>
- Os, G van, J van der Bent en C Conijn, 2009. Organische stof en ziektevering in de sierteelt. Gewasbescherming 40: 22.
- Os, G van en J Postma, 2011. Bodemweerbaarheid: hoe krijgen we er grip op? Gewasbescherming 42: 11-12.
- Os GJ van, A van der Lans, J Lommen, E van der Wal en D Keuper, 2012. Inventarisatie fosfaatarme organische materialen voor de bollenteelt op duinzandgrond. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (Wageningen UR) Business Unit Bollen, Bomen & Fruit, CLM Onderzoek & Advies.
- Pronk, A, P van Leeuwen en H van den Berg, 2012. Organische stof management in de sierteelt met speciale aandacht voor (duin)zandgrond. Rapport 438, Plant Research International, Wageningen UR.
- Reuler, H van, 2010. Topsoil+ Systeminnovaties voor een duurzame sierteelt op duinzandgrond. Wageningen UR.
- Topper CG, D van Balen, H Verstegen, JJ de Haan, MJG de Haas, GJ Doppenberg en DW Bussink, 2013. Effecten bodem en structuurverbeters - Onderzoek op klei, zand en dalgrond. Wageningen UR, PPO-597.
- 5^e Actieprogramma Nitraat richtlijn. Minerale Meststoffen Federatie:
<http://www.mineralemeststoffen.nl/Regelgeving/Gebruiksnormen-voor-dierlijke-mest-stikstof-en-fos>

Bijlage 1 Herkomst van organische materialen

GFT-compost:

Comgoed
Oudelandsedijk 4
3247 LJ Dirksland

Kokosvezels:

Holland Potgrond (onderdeel Van der Knaap Group)
Nieuweweg 83
2685 AT Poeldijk

Cacaodoppen:

Van Egmond Potgrond BV
Ankerweg 4
1041 AT Amsterdam

Biochar:

Pieroeco Bioenergy, S.L.
Avda. Juan López Penalver 21
Parque Tecnológico de Andalucía
29590 Málaga
www.pieroeco.com

Bijlage 2 Analyse toegediende organische materialen

Analyse van de toegediende organische materialen in 2012 en 2013 (Blgg - kwaliteitsonderzoek compost).

	GFT-compost		Kokosvezels		Cacaodoppen		Biochar
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012 2013
Droge stof g/kg product	727	646	189	331	849	864	659
Ruw as g/kg ds	684	566	102	31	100	91	246
Org. stof % van de ds	32	43	90	97	90	91	75
Stikstof (N) g/kg ds	11.7	13.5	5.8	3.1	27.2	25.0	6.7
Fosfor (P) g/kg ds	2.2	2.2	0.2	0.1	3.5	2.9	1.8
Fosfaat (P2O5) g/kg ds	5.0	5.0	0.5	0.2	8.0	6.6	4.1
Kalium (K) g/kg ds	8.4	11	3.4	2.7	30	27	9.7
Kali (K2O) g/kg ds	10	13	4.1	3.3	36	33	12
Zwavel (S) g/kg ds	2.0	2.4	0.8	0.5	2.3	2.0	0.5
Magnesium (Mg) g/kg ds	3.4	3.2	2.2	0.8	5.0	4.0	4.5
Magnesia (MgO) g/kg ds	5.6	5.3	3.6	1.4	8.3	6.6	7.5
Chloride g/kg ds	2.2	3.3	*	0.8	*	0.5	*
Zuurgraad (pH)	7.0	7.3	5.7	4.9	5.1	4.6	8.6
C-anorganisch %	0.4	0.4	0.1	0.2	0.3	0.4	1.1
Koolzure kalk % CaCO3	2.9	2.9	0.2	0.7	1.5	2.3	8.6
Geleidingsvermogen mS/cm 25°C	2.9	4.2	**	**	**	8.8	2.3

* Chloridegehalte ontbrak in het analyserapport (Blgg AgroExpertus)

** Geleidingsvermogen ontbreekt, vanwege te hoog absorptievermogen (Blgg AgroExpertus)

Bijlage 3 Bolanalyses

Bolanalyse hyacint augustus 2013 (Altic)

	geen	GFT-compost	Cacao-doppen laag	Cacao-doppen hoog	Kokos-vezels laag	Kokos-vezels hoog	Biochar laag	Biochar hoog
DS	32.8	32.5	32.5	31.6	32.8	32.9	32.6	33.0
N	8.4	7.8	8.0	12.1	8.7	7.9	9.1	7.4
P	1.46	1.55	1.47	2.26	1.50	1.41	1.51	1.49
K	4.90	5.66	5.82	9.51	5.21	4.97	5.41	6.05
Ca	3.17	3.22	3.32	2.91	3.15	3.07	3.22	3.24
Mg	0.54	0.56	0.56	0.79	0.56	0.53	0.57	0.56
Na	0.59	0.63	0.59	0.52	0.53	0.59	0.56	0.57
S	1.01	0.97	0.98	1.28	1.09	0.92	1.07	0.97
Si	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
B	11.7	12.5	12.4	14.6	10.8	10.5	11.4	11.6
Cu	2.3	2.2	2.2	3.1	2.5	2.1	2.4	2.4
Fe	16.2	15.9	15.5	19.5	15.5	17.5	19.8	14.8
Mn	1.7	1.7	1.6	2.2	1.6	1.7	1.8	1.6
Mo	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Zn	25.6	25.7	24.7	30.7	24.6	24.4	26.6	24.6

Bolanalyse tulp juli 2014 (Altic)

	geen	GFT-compost	Cacao-doppen laag	Cacao-doppen hoog	Kokos-vezels laag	Kokos-vezels hoog	Biochar laag	Biochar hoog
DS	45.05	44.85	43.95	43.58	44.08	44.25	44.30	45.50
N	16.68	16.16	17.39	20.00	18.65	16.38	18.49	15.94
P	2.23	2.36	2.40	2.34	2.34	2.16	2.28	2.37
K	9.72	10.21	10.49	11.63	9.83	9.35	10.00	10.37
Ca	0.38	0.37	0.33	0.26	0.32	0.32	0.30	0.28
Mg	0.77	0.79	0.80	0.88	0.77	0.76	0.77	0.82
Na	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
S	0.82	0.82	0.85	0.82	0.77	0.64	0.77	0.78
Si	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
B	7.7	9.0	9.1	8.6	7.8	8.4	8.2	10.2
Cu	4.4	4.5	4.7	3.9	4.3	3.6	4.1	3.8
Fe	16.3	15.3	15.5	17.4	13.9	11.1	12.2	10.1
Mn	1.7	1.5	1.7	2.6	1.4	1.1	1.0	0.7
Mo	0.3	0.5	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	0.3	0.3
Zn	23.9	24.6	24.6	24.6	25.0	23.4	24.9	22.4