



Bodemmaatregelen op dalgrond in de Veenkoloniën: effecten op bodemkwaliteit, opbrengst en financiële meerwaarde

Analyse van de resultaten van de systeemproof Bodemkwaliteit Veenkoloniën 2014-2017

Janjo de Haan, Paulien van Asperen, Johnny Visser, Geert Jan van der Burgt, Elsbeth Smit,
Andrew Dawson, Koen Klompe



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Bodemmaatregelen op dalgrond in de Veenkoloniën: effecten op bodemkwaliteit, opbrengst en financiële meerwaarde

Analyse van de resultaten van de systeemproof Bodemkwaliteit Veenkoloniën 2014-2017

Janjo de Haan, Paulien van Asperen, Johnny Visser, Geert Jan van der Burgt, Elsbeth Smit, Andrew Dawson, Koen Klompe

Wageningen University & Research

Dit onderzoek is gefinancierd door het Ministerie van LNV uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), businessunit Praktijkonderzoek AGV in het kader van de PPS Beter Bodembeheer van de TKI Agri & Food.

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, februari 2020

Rapport WPR-831

Haan, Janjo de, Paulien van Asperen, Johnny Visser, Geert Jan van der Burgt, Elsbeth Smit, Andrew Dawson, Koen Klompe, 2019. *Bodemmaatregelen op dalgrond in de Veenkoloniën: effecten op bodemkwaliteit, opbrengst en financiële meerwaarde; Analyse van de resultaten van de systeemproof Bodemkwaliteit Veenkoloniën 2014-2017*. Wageningen Research, Rapport WPR-831. 70 blz.; 11 fig.; 29 tab.; 14 ref.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/520429>

In een langjarig experiment op proefbedrijf Valthermond wordt op dalgrond met gemiddeld 11% organische stof een vijftal maatregelen in een vierjarige akkerbouwvruchtwisseling vergeleken met de standaard werkwijze, in vier herhalingen. De maatregelen Tagetes, Compost, sturen Ca/Mg-verhouding, Steenmeel zijn elk op hun eigen wijze gericht op verbetering van de bodemkwaliteit. Ook een combinatie van alle maatregelen is onderzocht. Over de maatregelen heen liggen varianten van grondbewerking (NKG en Spitten) in duplo. Na vier jaar blijkt de maatregel Tagetes (de teelt van zomergerst vervangen door een hoofdteelt Tagetes) zowel meer opbrengst op te leveren in de aardappelteelt als economisch rendabel te zijn, ondanks de opbrengstderving door het wegvallen van de verkoop van gerst. De andere strategieën hebben weinig of geen effect op de opbrengst en de kosten zijn hoger dan de eventuele extra inkomsten door opbrengstverhoging. NKG lijkt een positief effect te hebben op de opbrengst maar dat is nog niet statistisch significant. Wel leidt NKG tot kostenbesparing ten opzichte van Spitten door lagere machinekosten en lager brandstofverbruik. Veranderingen in bodemkwaliteit zijn nog nauwelijks waargenomen. Dat komt naar verwachting mede doordat die effecten meer tijd nodig hebben om zich te tonen. De nitraatnorm voor grondwater wordt meestal overschreden, onafhankelijk van de maatregel. Waar de norm wel gehaald wordt ligt het aan bodem en grondwater, niet aan de bemestingsstrategie. Het onderzoek wordt voortgezet.

Trefwoorden: veenkoloniën, dalgrond, bodemkwaliteit, organische stof, grondbewerking, nutriëntenbalans, stikstof bodemgezondheid, aaltjes, bemesting

© 2020 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Businessunit WUR Open Teelten, Postbus 430, 8200 AK Lelystad; T 0320 29 11 11; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. 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 Stichting Wageningen Research.

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

Rapport WPR-831

Foto omslag: Oane de Hoop

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Aanleiding en doel Bodemkwaliteit Veenkoloniën	11
1.2 Onderzoeksvragen	12
2 Materiaal en methoden	14
2.1 Proefopzet	14
2.2 Bewerkingen	14
2.2.1 Specifieke bewerkingen per object	14
2.2.2 Bemesting	15
2.3 Bodem- en gewasmetingen	15
2.3.1 Bepaling startsituatie	15
2.3.2 Monitoring	15
2.3.3 Opbrengst	15
2.3.4 Gewaskwaliteit	16
2.3.5 Chemische bodemkwaliteit en organische stof	16
2.3.6 Plantparasitaire aaltjes	17
2.3.7 Bodemdichtheid	18
2.3.8 Nutriëntenbalansen	18
2.3.9 Stikstofvoorraden in de bodem en stikstofuitspoeling	19
2.3.10 Kosten-batenanalyse	19
2.4 Analyse	20
3 Resultaten	22
3.1 Opbrengst	22
3.1.1 Veldopbrengst	22
3.1.2 Droge stofopbrengst	23
3.2 Gewaskwaliteit	24
3.2.1 Aardappelen	24
3.2.2 Suikerbiet	25
3.2.3 Zomergerst	26
3.2.4 Plantsapmetingen	27
3.3 Bodemkwaliteit	29
3.3.1 Indicatoren voor chemische bodemvruchtbaarheid	29
3.3.2 Macronutriënten	30
3.3.3 Mesonutriënten	30
3.3.4 Ca/Mg-verhoudingen volgens de BCSR-methode	31
3.3.5 Organische stofbalans	31
3.4 Plantparasitaire aaltjes	32
3.4.1 Pratylenchus penetrans	32
3.4.2 Overige aaltjes	33
3.5 Bodemdichtheid	34
3.5.1 Bodemdichtheid per perceel	34
3.5.2 Bodemdichtheid per maatregel	34
3.6 Nutriëntenbalansen	35
3.7 Stikstofvoorraden in de bodem en stikstofuitspoeling	38
3.8 Kosten-batenanalyse	41

3.8.1	Grondbewerking	41
3.8.2	Tagetes	42
3.8.3	Compost	44
3.8.4	Ca/Mg	45
3.8.5	Rendabiliteit maatregelen	46
4	Discussie	47
4.1	Niet-kerende grondbewerking	47
4.2	Tagetes	47
4.3	Compostaanvoer	48
4.4	Ca/Mg balans volgens de BCSR-methode	48
4.5	Steenmeel	49
4.6	Combinatie van alle maatregelen	49
4.7	Organische stofbalans	50
4.8	Nutriëntenbalansen	51
4.9	Stikstofvoorraden in de bodem en stikstofuitspoeling	52
4.10	Algemene discussie	52
5	Conclusies en aanbevelingen	54
5.1	Conclusies	54
5.2	Aanbevelingen	54
	Literatuur	56
Bijlage 1	Overzicht percelen en gewasrotatie	57
Bijlage 2	Proefveldschema perceel 71-1	58
Bijlage 3	Gewasgroei	59
Bijlage 4	Aaltjes	61
Bijlage 5	Indringingsweerstand	62
Bijlage 6	Veldopbrengst en droge stofopbrengst NKG t.o.v. spitten	63
Bijlage 7	Nutriënteninhoud NKG t.o.v. spitten	64
Bijlage 8	Nitratconcentratie grondwater per seizoen, per perceel, per gewas	67



Woord vooraf

De bodemkwaliteit in de Veenkoloniën is niet op voorhand slecht, maar de vraag die in dit onderzoek ten grondslag lag was of we met het doelgericht verbeteren van de bodemkwaliteit binnen de kaders van het huidige Veenkoloniale bouwplan de opbrengst en rentabiliteit kunnen verbeteren en tegelijkertijd ook maatschappelijke doelstellingen kunnen behalen. We zijn in 2013 gestart met de opzet van het project in samenwerking met een groep boeren en vertegenwoordigers van de ketenpartijen. Met de groep zijn we tot een selectie van veelbelovende maatregelen gekomen die we in een proefopzet hebben omgezet. In 2013 zijn we ook gestart met de uitvoering van de proef, al moet het eerste jaar vooral gezien worden als een opstartjaar. Deze rapportage omvat dan ook de periode 2014-2017 en geeft de resultaten over de eerste volledige rotatie met toepassing van alle maatregelen.

Hierbij gaat de dank uit naar Gerard Hoekzema, bedrijfsleider van Proefbedrijf 't Kompas in Valthermond en zijn medewerkers voor het secuur uitvoeren van de proef. Naar de begeleidingscommissie van boeren en vertegenwoordigers van de ketenpartijen waarmee we de proef hebben opgezet en waarmee we ook jaarlijks één tot twee keer de resultaten en voortgang hebben besproken. Ook gaat de dank uit naar collega-onderzoekers voor advies en ondersteuning over de uitvoering en analyse van een aantal van de maatregelen. Speciale dank gaat naar Elsbeth Smit en Geert Jan van der Burgt die ervoor hebben gezorgd dat dit verslag er dan uiteindelijk toch kwam.

Janjo de Haan

Samenvatting

Op proefbedrijf 't Kompas in Valthermond ligt sinds 2013 een veldexperiment gericht op verbetering van de bodemkwaliteit. Het gaat om dalgrond met een gemiddeld organische stofgehalte van 11%. In de vierjarige vruchtwisseling van Zetmeelaardappel – Zomergerst – Zetmeelaardappel – Suikerbiet worden vijf maatregelen vergeleken met de standaard werkwijze. De proef ligt in vier herhalingen, met daar overheen twee grondbewerkingsvarianten (NKG en Spitten) in duplo. De maatregelen zijn:

- Standaard: de regionaal gebruikelijke wijze van bodembewerking en bemesten.
- Tagetes: vervanging van gerst + Japanse haver door Tagetes met het oog op reductie van pathogene aaltjes.
- Compost: gemiddeld 15 ton compost per hectare per jaar om het organische stofgehalte omhoog te brengen.
- Ca/Mg: Een aangepaste kali-, calcium- en magnesiumbemesting op basis van de BCSR-methode ('Albrecht-methode').
- Steenmeel: jaarlijkse giften van twee soorten steenmeel om de bindingscapaciteit van de grond te verhogen en sporenelementen aan te voeren.
- Combi: een combinatie van voorgaande vier maatregelen.

Deze rapportage gaat over de periode 2014-2017. Het onderzoek is sindsdien voortgezet.

Naast registratie van de input en de output heeft monitoring plaatsgevonden van diverse gewas-, bodem- en bodemwaterparameters. De registraties hebben voornamelijk plaatsgevonden op de objecten met Standaard-Spitten en NKG-combi omdat daartussen het grootste onderscheid verwacht werd.

In de vier jaar na aanvang van het experiment zijn vooralsnog twee effecten vastgesteld.

Het vervangen van gerst door de teelt van Tagetes is de enige maatregel die zowel een positief effect heeft op de opbrengst van de zetmeelaardappels als op het totaalsaldo. De sanerende werking ten aanzien van bodempathogene aaltjes is dusdanig groot dat de meeropbrengst van de opvolgende teelt van zetmeelaardappelen meer dan opweegt tegen het saldoverlies door het wegvallen van de teelt van gerst. Omdat het experiment pas vier jaar loopt kan het bodemgezondheidseffect zich misschien nog verder ontwikkelen.

De overgang van Spitten naar NKG lijkt een positief effect te hebben op de opbrengst, maar dit is slechts een trend en niet statistisch onderbouwd. Wel leidt het tot afnemende kosten: Spitten kent hogere kosten door de hogere machinekosten en het hogere brandstofverbruik.

In de metingen van de bodemkwaliteit zijn er na vier jaar nog nauwelijks effecten te zien van de verschillende maatregelen. De indringingsweerstand laat al wel verschillen zien tussen de bewerkingsvarianten Spitten en NKG, waarbij NKG lagere waarden heeft. Het gebrek aan respons kan deels verklaard worden door de relatief korte periode (vier jaar) waarin gemeten is. Veranderingen in bodemparameters zijn vaak op korte termijn niet meetbaar.

De organische stofbalans als gevolg van de maatregelen is deels sterk verschillend. Aanvoer van compost is de dominante factor voor verschillen. De autonome afbraak van organische stof in het veld is echter niet nauwkeurig vast te stellen. Vier rekenkundige benaderingen zijn doorgerekend.

De nutriëntenbalansen worden duidelijk beïnvloed door de gekozen maatregel. Het leidt bij object Ca/Mg en object Combi tot een groot overschot op de balans van Ca, Mg en K. Compost leidt tot een sterk vergrote aanvoer van stikstof maar niet van werkzame stikstof. De invloed van een verschil in aanbod van nutriënten komt beperkt tot uitdrukking in de nutriënteninhoud van de producten.

De maatregelen leiden niet tot een nitraatgehalte van het grondwater beneden de norm van 50 mg per liter. Op één perceel wordt de norm wel gehaald, onafhankelijk van de maatregel. Dat komt zeer waarschijnlijk door de hoge grondwaterstand en de daaraan gekoppelde denitrificatie.

Dat er sterke uitspoeling van stikstof plaatsvindt terwijl de mineralenbalans op basis van werkzame N redelijk evenwichtig is, duidt erop dat er bodem organische stof wordt afgebroken waarbij stikstof vrijkomt. Dit is moeilijk met directe metingen aan te tonen.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel Bodemkwaliteit Veenkoloniën

Bodemgebruik in de Veenkoloniën kenmerkt zich door uitdagingen als stuiven, een hoge variabiliteit in organisch stofgehalte (grootweg 6-25%) binnen de percelen en correlerende grondwaterstanden. De bodem kenmerkt zich door een zandige textuur als gevolg van de afgravingen van het veen. Schade aan gewassen door (zand)stuiven en de variatie in topografie, grondwaterstanden en vochtvasthoudend vermogen leidt tot suboptimale nutriëntenlevering, gewasgroei en opbrengsten. Daarnaast wordt er in het gebied veel water aangevoerd, wat in de toekomst met droogte (door klimaatverandering) mogelijk een risico vormt voor de landbouw in de Veenkoloniën.

Als onderdeel van de Agenda voor de Veenkoloniën is in 2012 door de Commissie Landbouw Veenkoloniën het Innovatieprogramma Landbouw Veenkoloniën (ILV) gestart. Doelstelling van het ILV is dat de landbouw in de regio per 2020 zonder extra overheidsondersteuning toe kan. In dit Innovatieprogramma staan de bodem en de bodemkwaliteit centraal. De hoofvraag van het programma is "Hoe kan het opbrengstvermogen van de bodem structureel worden verbeterd?" Vanuit het bedrijfsleven is er tevens de wens uitgesproken om, vergelijkbaar met (systeem)onderzoek uitgevoerd op dekzandgrond (project Bodemkwaliteit op zand, Vredepeel) en kleigrond (project BASIS, Lelystad), ook in de Veenkoloniën systeemonderzoek op te zetten gericht op het verbeteren van de bodemkwaliteit om daarmee zowel het economisch perspectief in de akkerbouw in de Veenkoloniën te verbeteren als meer maatschappelijke diensten te leveren. Binnen het publiek-private samenwerkingsverband Beter Bodembeheer (PPS BBB) is deze wens omgezet in een onderzoeksprogramma dat in 2013 van start is gegaan: Bodemkwaliteit Veenkoloniën (BKV). Dit project is medegefinancierd door het ministerie van Land, Natuur en Voedselkwaliteit en loopt tot 2020.

Het doel van BKV is het ontwikkelen van praktisch toepasbare maatregelen die bijdragen aan een duurzaam bodembeheer in de Veenkoloniën. Samen met de sector (telers en het bedrijfsleven) zijn de belangrijkste bodemgebonden problemen en mogelijke oplossingsrichtingen geïnventariseerd. De meest perspectiefvolle maatregelen zijn vervolgens uitgewerkt en als onderzoeksobjecten opgenomen in de systeemproef:

1. Niet kerende grondbewerking (NKG)

Minder intensieve grondbewerking met woelen in plaats van spitten. Tijdens het woelen wordt de grond losgemaakt, maar niet gekeerd. Hierdoor blijven er meer gewasresten en nutriënten bovenin de bouwvoor. Ook wordt de grond minder los en droog dan bij spitten en is de kans op winderosie (stuiven) minder.

2. Afrikaantje als groenbemester (Tagetes)

Met *Tagetes patula* (afrikaantje) als groenbemester in plaats van zomergerst wordt beoogd om besmetting met het wortelknopziekteparasiet *Pratylenchus penetrans* (Pp) te verminderen en daarmee aardappelopbrengsten te verhogen.

3. Compost

Door toediening van compost, het inwerken van stro én het telen van een groenbemester wordt de aanvoer van organische stof verhoogd. Het doel hiervan is een hogere bodemkwaliteit en hogere opbrengsten.

4. Calcium-Magnesium (Ca/Mg)

Een aangepaste kali-, calcium- en magnesiumbemesting op basis van de BCSR-methode, in Nederland ook bekend onder 'Albrecht methode' (Albrecht 1975 – 2011; Kopittke and Menzies 2007), zou de opname van nutriënten en gewasgroei moeten bevorderen en opbrengsten verhogen. De BCSR-methode kijkt naast de minimaal benodigde hoeveelheid per element voor gewasgroei namelijk ook naar de juiste verhouding tussen de elementen.

5. Steenmeel

Door een jaarlijkse toediening van twee soorten steenmeel wordt getracht om de

bindingscapaciteit van de bodem voor nutriënten te verbeteren en om sporenelementen aan de bodem toe te voegen.

6. Combinatie van maatregelen (Combi)

Door alle bovenstaande maatregelen te stapelen wordt beoogd om een maximaal effect op de bodemkwaliteit en opbrengst te verkrijgen.

Jaarlijks zijn de opbrengsten en kwaliteit van gewassen gemeten en zijn er verschillende fysische, chemische en biologische bodemparameters in kaart gebracht. Alle maatregelen zijn vergeleken met een standaardbewerking, gelijk aan de gangbare praktijk uit de regio. Aan de hand van statistische analyses wordt zo de relatie tussen maatregelen, bodem (kwaliteit) en productie onderzocht. Hiermee beantwoorden we in de loop van de tijd de vraag of het opbrengend vermogen van de bodem kan zijn verbeterd. Daarnaast kunnen deze resultaten bijdragen aan een integrale analyse van de resultaten van meerdere langjarige systeemprouven. Dit geeft de mogelijkheid om beter inzicht te krijgen in bodemprocessen en de juiste selectie van bodemindicatoren voor bodemkwaliteit. In dit rapport presenteren we de tussentijdse resultaten van het project Bodemkwaliteit Veenkoloniën (BKV) van de jaren 2014 t/m 2017 waarin we ook aandacht besteden aan de financiële aspecten. Het teeltjaar 2013 is in dit rapport buiten beschouwing gelaten, omdat sommige maatregelen pas in 2014 zijn gestart.

1.2 Onderzoeksvragen

In dit meerjarige project zijn onderstaande onderzoeksvragen opgesteld. Op dit moment kunnen nog niet alle onderzoeksvragen beantwoord worden vanwege de beperkte looptijd en omdat het niet mogelijk was voor alle vragen de benodigde metingen uit te voeren binnen het beschikbare budget. In dit tussentijdse verslag richten we ons op de schuingedrukte vragen.

1. Wat is het effect van NKG op de bodemstructuur en bijbehorende bodemdiensten ten opzichte van spitten?

- 1.1 Heeft NKG een positief effect op de bodemstructuur, in termen van aggregaatmorfologie?
- 1.2 Heeft NKG een positief effect op de bodemstructuur, in termen van bodemdichtheid?
- 1.3 Is NKG bevorderend voor wortelgroei?
- 1.4 *Leidt NKG tot minder stuiven?*
- 1.5 Leidt NKG tot een beter watervasthoudend vermogen?
- 1.6 *Heeft NKG een effect op de (markt)bare opbrengst?*
- 1.7 *Is er een economische meerwaarde voor de toepassing van NKG?*

De hypothese is dat NKG op de lange termijn een positief effect heeft op de bodemstructuur en alle bovenstaande diensten. Veranderingen in bodemstructuur kosten echter veel tijd, het is daarom niet verwacht dat er na 4 jaar (grote) significante verschillen zichtbaar zijn. Wel verwachten we een positieve trend op de structuur en bijbehorende diensten.

2. Wat is het effect van het telen van *Tagetes patula* op bodemdiensten ten opzichte van het telen van zomergerst gevolgd door Japanse haver?

- 2.1 *Heeft de teelt van *Tagetes patula* een positief effect op de vermindering van schadelijke aaltjes, met name het aaltje *Pratylenchus penetrans* (Pp)?*
- 2.2 *Zo ja, hoe lang blijft het besmettingsniveau (ver)laag(d)?*
- 2.2 *Leidt de teelt van *Tagetes patula* tot een hogere (markt)bare opbrengst?*
- 2.3 Kan opbrengst gelinkt worden aan een specifiek besmettingsniveau?
- 2.4 *Is er een economische meerwaarde voor de teelt van *Tagetes patula* als groenbemester?*

De hypothese is dat *Tagetes patula* het besmettingsniveau van schadelijke aaltjes, met name Pp, vermindert en hierdoor de opbrengst van aardappelen hoger zal zijn, met name de aardappel die direct na de *Tagetes* is geteeld.

3. Wat is het effect van compost op opbrengst en bodemkwaliteit ten opzichte van standaardbemesting?

- 3.1 Heeft compost een positief effect op de bodemkwaliteit, met name organische stof?
- 3.2 *Wat is het effect van compost op de (markt)bare opbrengst?*
- 3.3 *Is er een economische meerwaarde voor de toepassing van compost?*

De hypothese is dat de toevoeging van compost de bodemkwaliteit zal verhogen, met name door een verhoogd organische stofgehalte. Hierdoor zal ook de opbrengst verhogen.

4. Wat is het effect van een aangepaste Ca/Mg balans in de bodem op opbrengst en bodemkwaliteit ten opzichte van standaardbemesting?

4.1 *Heeft een Ca/Mg balans volgens de BCSR-methode een positief effect op de (marktbaar) opbrengst?*

4.2 *Is er een economische meerwaarde voor de toepassing van een Ca/Mg bemesting volgens de BCSR-methode ?*

4.3 *Leidt een aangepaste bemesting volgens de BCSR-methode tot verhoogde bodemkwaliteit, in termen van bodemstructuur en nutriënten- en waterbeschikbaarheid?*

4.4 *Leidt een aangepaste bemesting volgens de BCSR-methode tot verschillen in nutriëntenopname?*

De hypothese is dat met een Ca/Mg balans in de bodem volgens de BCSR-methode opbrengsten hoger zullen zijn door een betere beschikbaarheid van nutriënten.

5. Wat is het effect van steenmeel op de bodemkwaliteit en opbrengst ten opzichte van standaardbemesting?

5.1 *Heeft steenmeel een positief effect op de bodemkwaliteit, in termen van bodemstructuur, nutriëntenlevering en weerbaarheid tegen ziekten en plagen?*

5.2 *Heeft steenmeel een positief effect op de (marktbaar) opbrengst?*

5.3 *Is er een economische meerwaarde voor de toepassing van steenmeel?*

De hypothese is dat de toevoeging van steenmeel mogelijk een positief effect heeft op de bodemkwaliteit en daardoor ook op de opbrengst. De kosten van steenmeel zijn echter hoog, waardoor het de vraag is of steenmeel in een economische meerwaarde resulteert.

6. Wat is het effect van de combinatie van alle maatregelen (genaamd "Combi") op de bodemkwaliteit en bijbehorende bodemdiensten ten opzichte van een standaardbewerking met spitten, standaardbemesting en zomergerst met Japanse haver?

6.1 *Heeft Combi een effect op de (marktbaar) opbrengst?*

6.2 *Heeft Combi een positief effect op de bodemstructuur, in termen van aggregaat morfologie?*

6.3 *Heeft Combi een positief effect op de bodemstructuur, in termen van bodemdichtheid?*

6.4 *Is Combi bevorderend voor wortelgroei?*

6.5 *Leidt Combi tot een beter watervasthoudend vermogen?*

6.6 *Heeft Combi een positief effect op de chemische bodemkwaliteit?*

6.7 *Zijn verschillen te verklaren door losse maatregelen of is er een additief effect?*

6.8 *Is er een economische weerwaarde voor de toepassing van Combi?*

De hypothese is dat het combineren van maatregelen een stapelend positief effect geeft en dus zal resulteren in een verbeterde bodemkwaliteit en daarmee hogere opbrengsten behaalt dan de standaardbewerking.

7. Wat is het effect van de verschillende maatregelen op de mineralenbalans en de stikstofuitspoeling?

7.1 *Leiden de maatregelen tot een wezenlijk andere organische stofbalans?*

7.2 *Leiden de maatregelen tot een wezenlijk andere mineralenbalans voor verschillende nutriënten?*

7.3 *Leiden sommige maatregelen op korte termijn tot een verhoogde (kans op) uitspoeling van stikstof?*

7.4 *Leiden sommige maatregelen op lange termijn tot een verhoogde (kans op) uitspoeling van stikstof?*

De hypothese is dat door de maatregelen de balans voor een aantal nutriënten minder gunstig wordt en dat de maatregelen compost en combi leiden tot een wezenlijke verhoging van het organische stofgehalte. Voor stikstof luidt de hypothese dat op korte termijn (enkele jaren) de stikstofuitspoeling niet toeneemt of misschien zelfs afneemt door een hogere opbrengst en hogere benutting van stikstof, terwijl op de langere termijn (na 10 jaar) het risico op stikstof uitspoeling gaat toenemen wanneer de bemesting niet wordt afgestemd op de mineralisatie uit de bodem.

2 Materiaal en methoden

2.1 Proefopzet

De systeemproef is aangelegd in het voorjaar van 2013 op WUR-proeflocatie 't Kompas te Valthermond (Drenthe). De zes maatregelen en een referentie (genaamd Standaard) zijn opgenomen in een Veenkoloniale rotatie van 1:2 zetmeelaardappel (rassen: Seresta en Festien), 1:4 suikerbiet en 1:4 zomergerst met Japanse haver als groenbemester. De verschillende maatregelen, verder genoemd "objecten", zijn aangelegd in viervoud op veldjes van 12 x 12m. Een uitzondering hierop is NKG. De varianten van grondbewerking (Spitten en NKG) zijn aangelegd op de percelen óver de andere maatregelen heen in stroken van 12m breed en 144m lang. Per perceel zijn er dus 6 maatregelen * 2 grondbewerkingen * 4 herhalingen = 48 veldjes. Er zijn 4 percelen voor de gehele rotatie, elk jaar 2 met aardappelen, 1 met suikerbiet en 1 met zomergerst, In totaal zijn er 192 veldjes. Zie bijlage 1 voor de vier percelen en bijlage 2 voor de indeling binnen de percelen.

Als gevolg van de gekozen proefopzet, hebben de objecten (behalve natuurlijk die rond grondbewerking), een spitten en een NKG-variant. Immers, de grondbewerking ligt in de proefopzet óver de andere bewerkingen heen. In dit rapport refereren we naar de bewerkingen volgens het format "Object-Grondbewerking", bijvoorbeeld Tagetes-Spitten en Tagetes-NKG etc. Ondanks dat het niet het doel van het project is om binnen bewerkingen naar het effect van grondbewerking te kijken, worden de data in dit rapport wel met alle mogelijke vergelijkingen gepresenteerd.

2.2 Bewerkingen

2.2.1 Specifieke bewerkingen per object

De zaai, oogst, onkruidbestrijding en ziekte- en plaagbestrijding wordt uitgevoerd volgens de gangbare praktijk in de regio. De volgende bewerkingen zijn specifiek voor de objecten:

Standaard – de hoofdgrondbewerking wordt voor de teelt uitgevoerd met een roterende spitmachine met een werkdiepte van 30 cm. Er wordt op reguliere wijze bemest en gerststro wordt afgevoerd.

NKG – in NKG-objecten wordt de hoofdgrondbewerking voor de teelt uitgevoerd met een 5-tands ondergrondwoeler op 40 cm diepte gevolgd door een vastetandcultivator op 25 cm diepte en een vorenpakker.

Tagetes – in het Tagetesobject wordt het afrikaantje (*Tagetes patula*) gezaaid in plaats van zomergerst én Japanse haver. De Tagetes wordt gezaaid na half mei wanneer het risico op nachtvorst miniem is op een moment met goede condities (vochtigheid, temperatuur), zodat het gewas snel kan weggroeien.

Ca/Mg –op basis van bodemanalyse uitgevoerd via Soiltech Solutions en HortiNova wordt een adviesgift berekend voor Ca, Mg en K en toegepast om zo te werken naar de juiste gehalten en de juiste verhoudingen van Ca, Mg en K aan het bodemcomplex.

Compost – in het compostobject is de aanvoer van effectieve organische stof twee keer zo hoog als in Standaard, namelijk ca. 3 ton/ha/jaar t.o.v. ca. 1,5 ton/ha/jaar. Er is groencompost gebruikt.

Steenmeel – in het steenmeelobject wordt jaarlijks Zeoliet en Bioliet aan de standaardbemesting toegevoegd, beide in een hoeveelheid van 3 ton/ha.

Combi – In het Combi-object wordt een combinatie gemaakt van de maatregelen NKG met Tagetes, Ca/Mg, compost en steenmeel.

2.2.2 Bemesting

De basis van de bemesting in Standaard bestaat uit varkensdrijfmest, aangevuld met kunstmeststikstof, -fosfaat en -kalium volgens het gangbare bemestingsadvies voor de geteelde gewassen. In de specifieke objecten in het onderzoek wordt de bemesting aangepast:

Tagetes – in het Tagetesobject wordt het bemestingsadvies voor Tagetes aangehouden i.p.v. dat voor zomergerst + Japanse haver

Ca/Mg – in het Ca/Mg-object wordt het bemestingsadvies gebaseerd op de BCSR-methode toegepast, zoveel mogelijk met varkensdrijfmest aan de basis aangevuld met specifieke nutriënten.

Compost – in het Compostobject wordt aan de standaardbemesting op bedrijfsniveau 15 ton/ha extra compost toegevoegd. In de jaren 2014 t/m 2016 kreeg ieder gewas 15 ton/ha compost. Met ingang van 2017 is de strategie 20 ton/ha compost voor de 2 aardappelteelten en de suikerbieten. De zomergerst krijgt geen compost meer voorafgaande aan de teelt omdat dit object daardoor later afrijpt dan de andere objecten waardoor het oogsttijdstip suboptimaal wordt. Op bedrijfsniveau blijft door deze aanpassing van de bemestingsstrategie de effectieve organische stofaanvoer gelijk.

Steenmeel – behalve de bemesting met steenmeel geen aanpassingen.

Combi – in het object Combi zijn alle bovenstaande bemestingsstrategieën gestapeld waarbij wel de kalibemesting is teruggebracht omdat een overmaat kali de zetmeelaardappelkwaliteit verlaagd. Het veroorzaakt een lager onderwatergewicht.

De via bemesting gerealiseerde aanvoer van nutriënten staat in paragraaf 3.6.

2.3 Bodem- en gewasmetingen

2.3.1 Bepaling startsituatie

Bij aanvang van het project is er voor de bodem een Tnul meting uitgevoerd met een groot aantal chemische, fysische en biologische waarnemingen (Tabel 1). Tnul geeft een afspiegeling van de voorgeschiedenis (gewasrotatie, bemesting, grondbewerking, etc.), legt de uitgangssituatie vast en geeft een indruk van de variatie binnen een perceel. Er is een uitgebreide bodemkwaliteitsbepaling uitgevoerd op perceel 71-2 en een beperkte op de andere percelen. Er is alleen gemeten in de objecten Standaard-Spitten en Combi-NKG, de objecten waartussen de grootste verschillen worden verwacht. De data zijn gepubliceerd in een intern rapport (Visser et al., 2015) en worden hier niet integraal weergegeven. Daar waar in deze rapportage teruggegrepen wordt op de beginsituatie worden wel data vermeld (met name bodemchemische parameters en plantparasitaire aaltjes).

2.3.2 Monitoring

Gedurende het groeiseizoen zijn de gewassen regelmatig gemonitord. Uiterlijke verschillen tussen de objecten zijn gefotografeerd en gedocumenteerd. Indien relevant, zijn tellingen gedaan en/of Cropscan, of drone-opnamen gemaakt (voor de bodembedekking (%) en stikstofopname van gewassen (kg/ha), zie bijlage 3) om deze verschillen te in kaart te brengen. Indien verstuiving optrad zijn er planttellingen gedaan van de suikerbieten, maar het waren wat verstuiving betreft milde jaren. In deze rapportage zijn deze waarnemingen niet opgenomen.

2.3.3 Opbrengst

De versopbrengst is per object jaarlijks gemeten van alle gewassen in ton/ha. Bij aardappel is aanvullend het onderwatergewicht (OWG) bepaald. Het OWG is vervolgens omgerekend tot het zetmeelpercentage met de formule $OWG * 0,0527 - 5,769$. De knolopbrengst vermenigvuldigd met het zetmeelpercentage geeft de zetmeelopbrengst. Bij de zomergerst is de korrelopbrengst en het vochtgehalte bepaald. De in het verslag gepresenteerde korrelopbrengsten zijn teruggerekend tot een vochtpercentage van 15%. Bij suikerbiet is het suikergehalte en de winbaarheid bepaald. Aan de hand hiervan is de suikeropbrengst bepaald. De netto veldgroottes zijn 3 x 10 meter bij aardappel en suikerbiet en 2,75 x 9 meter bij zomergerst.

Tabel 1 Parameters Tnul meting (Visser et al., 2015)

Chemische parameters	Fysische parameters	Biologische parameters
Organische stofgehalte	Textuur	Pathogene bodemschimmels
N totaal	Poriënvolume (grond-water-lucht)	Plant parasitaire aaltjes
C totaal	Bulkdichtheid	Bacteriële biomassa
C/N-quotiënt	Vochtgehalte bodem	Schimmel biomassa
P-beschikbaar		Niet-plant parasitaire aaltjes
P-AL		
K-beschikbaar		
K-getal		
pH		
CEC		
Koolzure kalk		
Hot water carbon (HWC)		
Magnesium beschikbaar		
Potentiële C-mineralisatie		
Potentiële N-mineralisatie		
Potentiële mineraliseerbare N (PMN)		
Pw		
S totaal		
Sporenelementen		

2.3.4 Gewaskwaliteit

Naast de parameters om zetmeelopbrengst, suikeropbrengst of opbrengst bij standaard vochtgehalte te berekenen zijn de volgende parameters bepaald bij suikerbiet alfa-amino N en bij zomergerst hectolitergewicht (HLG), eiwitgehalte (%), volgerst (%) en doorval (%) en de korrelgrootteverdeling. Daarnaast zijn nutriëntengehaltes van gewassen bepaald: Stikstof, Fosfaat en Kali (allen in g/kg d.s.) in alle jaren, in 2014 en 2015 is ook Calcium, Magnesium, Natrium, Zwavel, Silicium (allen in g/kg d.s.), Borium, Koper, IJzer, Mangaan, Molybdeen en Zink (allen in mg/ kg d.s.) gemeten. De gewasgehaltes zijn gebruikt om de nutriëntenbalansen te berekenen.

Daarnaast zijn er in de aardappelen en suikerbieten plantsapmetingen gedaan door Hortinova waarin de volgende bepalingen zijn gedaan: Suikers (%), pH, EC (zoutgehalte mS/cm), Kalium, Calcium, Magnesium, Natrium, Ammonium, Nitraat, Stikstof totaal, Chloride, Zwavel, Fosfaat, Silicium, IJzer, Mangaan, Zink, Borium, Koper, Molybdeen en Aluminium (allen in ppm). Plantsapmetingen zijn 4 keer gedaan in het seizoen in jong en oud blad van de planten en in het geoogst product. In Tabel 2 staan de metingen per gewas en per jaar weergegeven. In de resultaten (paragraaf 3.2.4) zijn alleen de plantsapmetingen in het geoogst product gepresenteerd.

Tabel 2 Plantsapmetingen

Jaar	Seresta		Festien		Suikerbiet	
	Oud en jong blad	Geoogst product	Oud en jong blad	Geoogst product	Oud en jong blad	Geoogst product
2014		X	X	X		X
2015	X	X		X	X	X
2016	X	X				X
2017	X	X				

2.3.5 Chemische bodemkwaliteit en organische stof

Chemische bodemkwaliteit

Bodemkwaliteit wordt bepaald in termen van chemische bodemvruchtbaarheid indicatoren, macro- en mesonutriënten en bodemleven. Dit wordt jaarlijks in het voorjaar bepaald in de veldjes van

Standaard-Spitten en Combi-NKG. Hiervoor wordt de standaard bodemvruchtbaarheidsanalyse voor bouwland van Eurofins Agro uitgevoerd waarmee o.a. pH, organische stof, en diverse nutriëntenparameters bepaald worden.

Daarnaast is in Standaard-Spitten, Combi-NKG en Ca/Mg-spitten objecten een Soiltech-bodemanalyse uitgevoerd om de verhoudingen van de elementen Ca, Mg, K en H⁺ aan het uitwisselcomplex te bepalen. Op basis hiervan is een bemestingsadvies opgesteld om tot de gewenste verhoudingen te komen.

Organische stof

De organische stofbalans is in eerste instantie op de voor Nederland gebruikelijke wijze opgesteld, namelijk op basis van een veronderstelde afbraak van 2% van de aanwezige bodem organische stof. De aanvoer met gewassen was voor alle objecten identiek. Verschillen in gewasopbrengst hebben volgens deze berekening, gebaseerd op forfaitaire waarden, geen invloed. De aanvoer via dunne mest is ook identiek. Verschillen in aanvoer worden veroorzaakt door stro (bij Compost, Ca/Mg en Steenmeel), door groenbemesters (Standaard, Compost, Ca/Mg en Steenmeel) en in kwantitatieve betekenis vooral door compostgiften (Compost en Combi).

De afbraak is gebaseerd op het gemiddelde gehalte organische stof in 2014 Standaard – Spitten, 11,0% in 0-25 cm en een soortelijk gewicht van 1,14 kg/l. Naast de standaard zijn drie alternatieve berekeningen uitgevoerd:

- Benadering 1: afbraak 2,00% van alle organische stof. Dit is de standaard vuistregel.
- Benadering 2: afbraak 1,85% als verschil tussen Spitten en NKG (Lesschen et al 2012). De hier vermelde Fmg van 1,08 kan omgerekend worden naar dit veronderstelde afbraakpercentage.
- Benadering 3: afbraak 1,50% als het verloop van de afbraak afhankelijk is van het beginniveau van de organische stof (Wadman en De Haan 1997, aangehaald door Zwart et al 2013a). Bij 11% beginniveau organische stof is de afbraak in het eerste jaar dan rond 1,5%
- Benadering 4: afbraak 2% van de actieve organische stof waarbij de actieve organische stof gesteld wordt op 30% van de totale hoeveelheid (Zwart et al 2013b).

De organische stofbalansen zijn opgesteld over de gemiddelde waarden van vier proefveldjes per object. Een statistische benadering is daarmee niet mogelijk.

2.3.6 Plantparasitaire aaltjes

Een integrale bemonstering van alle objecten op alle percelen was financieel gezien niet haalbaar. Er is daarom een selectie gemaakt. Tussen Standaard-spitten en Combi-NKG worden de grootste verschillen verwacht. Daarom zijn hier monsters genomen op alle percelen. Verder zijn er, vanaf 2014, in twee percelen (70-4 en 70-2) ook monsters genomen in Tagetes (Spitten en NKG) en Standaard -NKG (Tabel 3).

Tabel 3 *Uitgevoerde metingen plantparasitaire aaltjes per perceel en object (X=meting uitgevoerd).*

Perceel	Standaard		Tagetes		Combi	
	Spitten	NKG	Spitten	NKG	Spitten	NKG
70-3	X					X
70-4	X	X	X	X		X
71-1	X					X
71-2	X	X	X	X		X

Jaarlijks zijn in maart of april de grondmonsters voor analyse op plantparasitaire aaltjes genomen. Met een 13 mm grondboor zijn, verdeeld over het netto veld, 35 steken (bouwvoor diep, 25cm) in elke herhaling genomen. Per veldje is op deze manier circa 1,5 liter grond verzameld. Van elk grondmonster is een submonster van 100 ml genomen waarvan de samenstelling van de (niet cyste-vormde) aaltjesbesmetting bepaald is in het laboratorium van WUR-Open Teelten in Lelystad. Het 100 ml grondmonster is over een 180 µm zeef gespoeld. De nematoden in de opgevangen suspensie (<180 µm) zijn vervolgens opgespoeld met een Oosterbrink trechter (spoelfractie). De op de zeef achtergebleven grond en organisch materiaal (> 180 µm) is vier weken geïncubeerd bij 20°C om aanwezige eieren af te laten rijpen en de aaltjes uit de wortels te laten komen (incubatiefractie). Per fractie is in 2 x 10 ml suspensie het aantal nematoden geteld. Per monster is een determinatie tot op

soort uitgevoerd voor de families Meloidogynae, Pratylenchidae en Trichodoridae. Aan een tweede submonster van 500 ml grond is de besmetting van aardappel- en bietencysteeltjes bepaald. De cysten zijn met de Sienhorst-spoelkan opgespoeld en opgevangen op een 210 µm zeef. Het aantal cysten is geteld en vervolgens zijn de cysten gecrushed en is het aantal levende en dode eieren, bepaald.

2.3.7 Bodemdichtheid

De bodemdichtheid wordt afgeleid aan de hand de indringingsweerstand van de bodem in de objecten standaard en Combi, gemeten met een penetrologger (bijlage 5). De penetrologger geeft een overzicht van de weerstand over verschillende lagen in de bodem, zo sporen we de aanwezigheid van storende lagen op en krijgen we een indruk van het gemak waarmee wortels in de bodem kunnen groeien. Per plot per moment zijn 12 metingen verricht random in het veldje tot 80 cm diepte. De bepaling is gedaan voor vier verschillende lagen (0-20 cm, 0-30 cm, 0-40 cm, 20-40 cm) én voor de waardes van remming voor wortelgroei (1,5 MPa (Zwart et al., 2011) en de grenswaarde voor wortelgroei (3MPa)). De indringingsweerstand is jaarlijks bepaald in het voorjaar (2^e helft maart), voorafgaande aan de hoofdgrondbewerking, en aan het begin van de zomer (juni), nadat alle grondbewerkingen zijn afgerond. De voorjaarsmetingen worden op alle percelen uitgevoerd in de objecten Standaard-Spitten en Combi-NKG. De zomermetingen zijn uitgevoerd op alle percelen in de objecten Standaard (Spitten én NKG) en Combi (Spitten én NKG). De metingen van zomer 2017 zijn niet uitgevoerd.

Daarnaast zijn er profielkuilen gegraven om de verschillen in bodemstructuur en beworteling tussen de objecten in kaart te brengen. De profielkuilen worden niet meegenomen in deze rapportage.

2.3.8 Nutriëntenbalansen

Er zijn nutriëntenbalansen opgesteld voor N, P₂O₅, K₂O, MgO, CaO, Na₂O en SO₃. De balansen voor de verschillende nutriënten zijn echter niet op identieke wijze tot stand gekomen.

De balansen zijn opgesteld voor het tijdvak 2014 – 2017, dat wil zeggen één vruchtwisselingscyclus. Gezien de opzet van de proef, waarbij in twee behandelingen gedurende één jaar geen productiegewas geteeld wordt (gerst) maar Tagetes, is vier jaar ook het minimaal benodigde tijdvak. In 2017 is er geen compost toegediend voorafgaand aan de teelt van gerst vanwege het vermoeden van groeiremming. De compostgift op de andere drie gewassen is verhoogd van 15 ton naar 20 ton zodat het gemiddelde op 15 ton per hectare blijft liggen. De nutriëntenbalansen voor 'compost' en 'combi' hebben daardoor een wat lagere aanvoer dan op basis van het algemene proefopzet verwacht zou worden.

Er zijn balansen opgesteld voor de zes onderzochte objecten gebruikmakend van gemiddelde data van NKG en Spitten. De gebruikte eenheid is daarbij het gemiddelde van metingen van 8 veldjes. Daarnaast zijn balansen opgesteld voor de zes objecten met NKG als grondbewerking en voor de zes objecten met Spitten als grondbewerking. Die zijn beide gebaseerd op het gebruik van het gemiddelde van metingen van 4 veldjes. De aanvoer van nutriënten was bij NKG en Spitten identiek maar per object natuurlijk wel verschillend. De verschillen tussen de nutriëntenbalansen van NKG en Spitten worden dus uitsluitend veroorzaakt door verschillen in droge stofopbrengst en verschillen in nutriëntenconcentraties, waarbij (zie hierboven) N, P₂O₅ en K₂O meer zeggingskracht hebben dan de andere vier nutriënten.

N, P₂O₅ en K₂O

Van deze nutriënten is de aanvoer gebaseerd op metingen (organische mest, compost) en op opgaven van de producent (handelmeststoffen). De afvoer met producten is gedurende alle jaren en van alle plots afzonderlijk gemeten, met uitzondering van het gerststro. Daarvan zijn jaarlijks alleen mengmonsters geanalyseerd. De balansen van deze drie nutriënten zijn dus het meest betrouwbaar.

MgO, CaO, Na₂O en SO₃.

De aanvoer in geval van handelsmeststoffen is gebaseerd op de opgaven van de producenten. Bij de dierlijke mesten en de composten is MgO vaak (maar niet altijd) geanalyseerd, en zijn de waarden voor CaO, Na₂O en SO₃ vrijwel zonder uitzondering standaardwaarden. Wat de afvoer betreft zijn deze vier nutriënten in 2014 en 2015 per plot geanalyseerd. In 2016 en 2017 zijn ze niet geanalyseerd; voor de balansen is gebruik gemaakt van de gemiddelde concentraties over alle plots van 2014 en 2015. Dit heeft een nivellerend effect op verschillen tussen behandelingen, maar iedere andere aanname zoals forfaitaire waarde uit literatuur of uitsplitsing van de 2014 – 2015 data naar behandeling resulteert in ten minste dezelfde grootteorde van onzekerheid.

2.3.9 Stikstofvoorraden in de bodem en stikstofuitspoeling

Stikstofvoorraad in de bodem

De N-mineraal in de bodem werd jaarlijks driemaal gemeten bij gerst: voorafgaande aan de teelt, na de oogst van de gewassen en in het najaar (1 november, aan het begin van het uitspoelingsseizoen), alles 0-30 cm en voor uitspoeling ook 30-60 en 60-90 cm bodemlagen. Bij suikerbiet en aardappelen is twee keer gemeten: voorafgaande aan de teelt en aan het begin van het uitspoelingsseizoen vanwege het nagenoeg samenvallen van naogst en begin uitspoeling.

Stikstofuitspoeling

Nitratconcentraties in het bovenste grondwater zijn bepaald op een diepte van ca. 2 m onder het oppervlak volgens de procedures die ook zijn gevolgd in Hack-ten Broeke et al. (1993) en Smit et al. (2005). Er is slechts op één diepte een buis geplaatst wat als nadeel heeft dat niet telkens dezelfde laag in het bovenste water wordt bemonsterd. In elk object zijn grondwaterbuizen geplaatst met 2,5 m lengte, een diameter van 4 cm en een geperforeerde zone van ca 50 cm. Elke buis is jaarlijks gedurende de periode half november-half februari maandelijks bemonsterd. De metingen omvatten de periode december 2013 tot maart 2017. De grondwaterbuizen worden elk najaar na de oogst in november geplaatst en weer verwijderd voor de start van het volgende groeiseizoen na de laatste meting in maart. Elke buis wordt voor bemonstering eerst geleegd en 24 uur later, wanneer de buis weer gevuld is met grondwater, wordt een monster genomen. Op het moment van de bemonstering is in elke buis ook de grondwaterstand gemeten. Het watermonster wordt gekoeld tot 5°C en geanalyseerd op nitraat in het Chemisch Biologisch Bodem Laboratorium in Wageningen. Er is gekeken naar de relatie tussen bodem N-min najaar 0-90 cm in kg/ha, nitraatconcentratie in het bovensten grondwater met als norm maximaal 50 mg nitraat per liter, en de uit de nitraatconcentraties en neerslagoverschot berekende stikstofuitspoeling in kg/ha. Deze stikstofvracht is berekend door de gemeten nitraatconcentraties in het bovenste grondwater te vermenigvuldigen met het neerslagoverschot (in l/ha) tussen 1 oktober en het laatste meetmoment van elk jaar, tussen 1 en 20 maart. Hierbij is gekeken naar jaareffecten, percee-effecten, gewaseffecten en uiteraard de behandelingen (objecten) en de grondbewerkingsvarianten.

2.3.10 Kosten-batenanalyse

De kosten-batenanalyse is een manier om inzicht te krijgen in het perspectief van de maatregelen in de praktijk. De aanname is dat akkerbouwers eerder maatregelen implementeren die een positieve kosten-batenverhouding hebben, dan maatregelen met een negatieve kosten-batenverhouding. Deze aanname gaat wellicht teveel uit van de mens als homo economicus, terwijl de praktijk laat zien dat veel beslissingen niet (alleen) op economische argumenten wordt genomen (Sukkel, de Wolf in Swart et al, 2016). Toch is de kosten-batenverhouding wel een eerste indicatie voor het praktijkperspectief. De vraagstelling van de kosten-batenanalyse kiest daarom het perspectief van een akkerbouwer (en voor maïs mogelijk de veehouder), die zich afvraagt wat een maatregel kost en wat de baten zijn. Hierbij is vooral de vertaalslag naar een praktijksituatie van belang en niet de precieze analyse van de proefsituatie. Wat zou voor een praktijksituatie de aanpak zijn en welke resultaten mag je dan verwachten? Het is dan niet zinvol om bijv. de mechanisatie en arbeid vanuit een onderzoeksproject als uitgangspunt te nemen voor een kostenberekening voor toepassing in een praktijksituatie. Daarom zijn KWIN-cijfers over kosten van mechanisatie als uitgangspunt gekozen voor de berekeningen. In alle gevallen is gerekend met de kosten per hectare, waardoor het verschil in schaal (bedrijfs grootte)

niet relevant is. Er is een best practice opgesteld zowel voor de gedetailleerde uitvoering van een maatregel als de resultaten c.q. de verwachte effecten op opbrengsten van de gewassen. In het vergelijk van de opbrengsten is de opbrengst van Standaard-Spitten met het betreffende object vergeleken.

2.4 Analyse

Alle data zijn verwerkt met het statistisch programma Genstat Windows 19th edition.

De gegevens van de plant parasitaire aaltjes zijn, na 10Log transformatie, met variantieanalyse (ANOVA) geanalyseerd. Door de 10Log transformatie worden de gegevens bij benadering normaal verdeeld. De op deze manier verkregen gemiddelden per object zijn weer terug-getransformeerd. Deze, via transformatie en terug-transformatie verkregen, objectgemiddelden worden aangeduid met de term 'medianen'. De verkregen medianen worden minder sterk beïnvloed door extremen dan rekenkundige gemiddelden.

De overige data zijn geanalyseerd met ANOVA. Met de student T-test (Genstat procedure ATTEST) zijn de object/perceelgemiddelden met elkaar vergeleken. Wanneer de F-probability kleiner is dan 0,05 zijn de gevonden verschillen tussen de objecten/percelen significant. Significante verschillen tussen objecten/percelen zijn in de tabellen weergegeven door verschillende letters. Objecten/percelen met gemeenschappelijke letters zijn, met 95% zekerheid, niet verschillend van elkaar.



3 Resultaten

3.1 Opbrengst

3.1.1 Veldopbrengst

Tabel 4 Gemiddelde opbrengsten (relatief) per object van proeffaren 2014-2017 (waarden die significant verschillen van het Standaard-Spittenobject in oranje, significante verschillen tussen Spitten en NKG binnen objecten zijn dikgedrukt)

	Seresta	Festien	Suikerbiet	Zomergerst	Gemiddeld
Standaard-sp	100.0 a	100.0 a	100.0 ab	100.0 ab	100.0
Standaard-nkg	100.9 a	104.8 b	98.2 a	100.3 ab	101.1
Tagetes-sp	104.5 bcd	114.2 de	101.1 abcd		106.6
Tagetes-nkg	107.5 ef	116.2 e	100.7 abc		108.2
Compost-sp	102.2 abc	102.8 ab	103.0 cde	97.7 ab	101.4
Compost-nkg	101.8 ab	105.0 b	100.1 ab	96.5 a	100.9
Ca/mg-sp	105.4 cde	110.2 c	101.3 bcd	100.8 b	104.4
Ca/mg-nkg	106.2 de	112.3 cd	101.2 abcd	99.7 ab	104.8
Steenmeel-sp	99.4 a	102.3 ab	100.0 ab	98.9 ab	100.1
Steenmeel-nkg	102.2 abc	104.6 b	99.0 ab	100.2 ab	101.5
Combi-sp	109.3 f	123.1 f	104.5 e		112.3
Combi-nkg	109.9 f	122.8 f	103.9 de		112.2
Gemiddeld-sp	103.6 a	108.7 a	101.5 a	99.4 a	
Gemiddeld-nkg	104.6 a	111.0 b	100.6 a	99.2 a	
NKG effect (%)	1.1	2.3	-0.9	-0.2	
100% (ton/ha)	56.2	49.6	93.7	7.3	

Maatregelen

- Gemiddeld is de opbrengst van iedere maatregel beter dan die van object Standaard. De opbrengst van object Compost en object Steenmeel zijn gemiddeld echter nauwelijks hoger.
- Tagetes en Ca/Mg verhogen beide de opbrengst van Seresta en Festien, maar niet van Suikerbiet (SB) en Zomergerst (zomergerst).
- Compost verhoogt alleen de opbrengst van SB significant
- Steenmeel verhoogt de opbrengst voor geen enkel gewas
- Combi varianten verhogen de opbrengst voor alle gewassen waar dit is toegediend (Seresta, Festien en SB). De opbrengst bij Combi van suikerbiet is niet méér dan de meeropbrengst van Compost en is daardoor aan de toevoeging van compost te wijten. De opbrengst van de aardappelen zijn wél hoger voor Combi dan de meeropbrengst van Tagetes en Ca/Mg alleen. Hier lijkt dus een additief effect van de maatregelen Tagetes en Ca/Mg voor aardappelen.
- Geen enkele maatregel heeft een effect op de opbrengst van zomergerst.
- Over de jaren heen is het hierboven geschetste beeld gelijk.

De manier waarop de Tagetes in de vruchtwisseling is opgenomen leidt ertoe dat het van 2013 tot 2016 geduurd heeft voordat op ieder perceel Tagetes heeft gestaan. Omdat Festien direct na de Tagetes is geteeld, heeft de opbrengst van Festien in alle jaren (2014 t/m 2017) in het object Tagetes en Combi een Tagetes-effect. De Seresta's staan pas vanaf 2016 voor het eerst op een perceel waar Tagetes is geteeld (de Tagetes uit 2013), dus alleen in 2016 en 2017 is er mogelijk sprake van een effect van de Tagetes in de objecten Tagetes en Combi. Ondanks dat de Tagetes al wel een positief effect laat zien bij Seresta, is er te verwachten dat het effect in werkelijkheid sterker is dan hier nu

uitgedrukt. Het Tagetes-effect is puur op basis van de proefopzet na vier jaar groter bij Festien dan bij Seresta.

Grondbewerking

Er zijn geen maatregelen of gewassen waarbinnen NKG een consistent significant effect heeft op de opbrengst ten opzichte van Spitten. Wel lijken er consistente (insignificant) toe- en afnames in opbrengst aanwezig.

- Object NKG heeft gemiddeld over alle objecten een significant positief effect op de opbrengst van Festien, het verschil is echter alleen significant voor Standaard en niet voor andere maatregelen. Bij de andere gewassen is er gemiddeld genomen geen significant effect.
- Binnen object Tagetes heeft NKG een significant positief effect op de opbrengst van Seresta. Ook bij de andere objecten is de opbrengst van beide aardappelen bij NKG hoger dan Spitten, maar dit is niet significant.
- Object NKG lijkt, hoewel gemiddeld niet significant, een negatieve invloed te hebben op de opbrengst van SB en zomergerst. Een analyse over de jaren (bijlage 6) laat zien dat er met NKG mogelijk een dalende lijn is voor de opbrengst van SB en zomergerst. Toekomstige jaren moeten laten zien of dit werkelijk een dalende trend is. Er zijn geen maatregelen of gewassen waarbinnen object NKG een consistent en significant effect heeft ten opzichte van Spitten.

3.1.2 Droge stofopbrengst

Tabel 5 Gemiddelde droge stofgehalte (%) van de gewassen per object over de proefjaren 2014-2017 (waarden die significant verschillen van het Standaard-Spittenobject in oranje, significante verschillen tussen Spitten en NKG binnen objecten zijn dikgedrukt)

Droge stof	Festien (%)	Seresta (%)	Suikerbiet (%)	Zomergerst (%)
Standaard-sp	30.3 e	29.2 c	24.6 bc	86.2 ab
Standaard-nkg	30.0 cde	28.7 abc	24.4 ab	86.1 a
Tagetes-sp	29.8 cde	28.6 abc	24.5 abc	
Tagetes-nkg	29.2 bcd	28.7 abc	24.1 a	
Compost-sp	29.7 cde	29.1 bc	24.4 ab	86.7 cd
Compost-nkg	29.8 cde	27.8 a	24.4 ab	86.4 bc
Ca/mg-sp	29.1 bc	28.7 abc	24.6 abc	86.7 d
Ca/mg-nkg	29.2 bcd	28.0 ab	25.0 c	86.6 cd
Steenmeel-sp	30.0 de	28.9 abc	24.6 bc	86.6 cd
Steenmeel-nkg	29.6 cde	29.1 bc	24.3 ab	86.4 bc
Combi-sp	28.0 a	28.6 abc	24.5 abc	
Combi-nkg	28.5 ab	28.1 abc	24.4 ab	

Maatregelen

Effecten van de maatregelen op droge stofgehalte zijn gewas specifiek, er is geen patroon zichtbaar over alle gewassen.

- Festien heeft een lagere droge stofgehalte in de objecten Ca/Mg en Combi, bij object Tagetes geldt dit alleen met NKG.
- Bij Seresta is er geen consistent effect van de maatregelen op droge stof.
- Suikerbiet laat ook geen consistent effect zien.
- zomergerst heeft een hogere droge stofgehalte voor alle varianten-Spitten voor de objecten Compost, Ca/Mg en Steenmeel.

Grondbewerking

Er is gemiddeld genomen geen effect van NKG op droge stofgehaltes. Ook is er geen trend te zien van het effect van NKG op droge stofgehaltes over de verschillende proefjaren (bijlage 6).

3.2 Gewaskwaliteit

Bij de resultaten van gewaskwaliteit zijn de marktbaar producten per gewas weergegeven, omdat kwaliteitsparameters gewasspecifiek zijn.

3.2.1 Aardappelen

Tabel 6 Gemiddelde kwaliteitsaspecten van de aardappelen Seresta en Festien per object (waarden die significant verschillen van het Standaard-Spittenobject in oranje, significante verschillen tussen Spitten en NKG binnen objecten zijn dikgedrukt).

	OWG (g/5kg)		Zetmeel (%)		Zetmeel (ton/ha)	
	Seresta	Festien	Seresta	Festien	Seresta	Festien
Standaard-sp	536.0 c	565.1 d	22.5 c	24.0 d	12.6 abc	11.9 a
Standaard-nkg	532.7 bc	562.4 d	22.3 bc	23.9 d	12.6 abc	12.4 b
Tagetes-sp	537.3 c	547.1 c	22.6 c	23.1 c	13.2 def	13.1 c
Tagetes-nkg	531.6 bc	547.6 c	22.3 bc	23.1 c	13.4 f	13.3 c
Compost-sp	533.0 c	559.2 d	22.3 c	23.7 d	12.8 abcd	12.1 ab
Compost-nkg	527.2 ab	559.0 d	22.0 ab	23.7 d	12.6 ab	12.3 ab
Ca/mg-sp	522.7 a	538.2 b	21.8 a	22.6 b	12.9 bcd	12.3 b
Ca/mg-nkg	524.7 a	532.5 b	21.9 a	22.3 b	13.0 cde	12.4 b
Steenmeel-sp	531.6 bc	560.9 d	22.2 bc	23.8 d	12.4 a	12.0 ab
Steenmeel-nkg	532.1 bc	560.5 d	22.3 bc	23.8 d	12.8 abcd	12.3 ab
Combi-sp	521.9 a	517.8 a	21.7 a	21.5 a	13.4 ef	13.1 c
Combi-nkg	522.9 a	519.4 a	21.8 a	21.6 a	13.4 ef	13.2 c
Gemiddeld-sp	530.4 a	548.0 a	22.18 a	23.11 a	12.89 a	12.40 a
Gemiddeld-nkg	528.5 a	546.9 a	22.08 a	23.05 a	12.96 a	12.62 a
NKG effect (%)	-1.9	-1.1	-0.1	-0.1	0.1	0.2

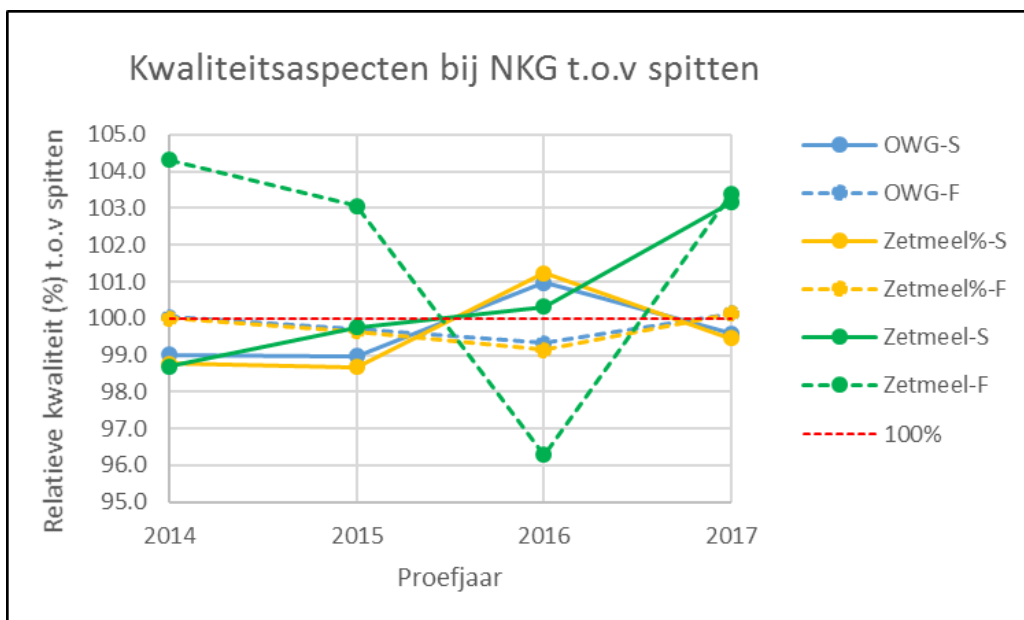
Maatregelen

- De objecten Ca/Mg en beide Combi varianten hebben een negatief effect op de kwaliteitsaspecten OWG en zetmeel percentage. Dit geldt voor zowel Seresta als Festien.
- Bij Festien met Tagetes zien we dezelfde trend; een lager OWG en zetmeel percentage voor de objecten Ca/Mg en Combi.

In de objecten Ca/Mg en Combi is er meer kali toegevoegd. Een overmaat aan kali heeft een positief effect op de veldopbrengst, maar drukt het onderwatergewicht en daarmee de zetmeelopbrengst. Dit is een verklaring voor bovenstaande bevindingen.

Grondbewerking

NKG lijkt geen effect te hebben op kwaliteitsaspecten van de aardappelrassen. De gemiddelde resultaten voor NKG en Spitten laten dit ook zien. Ook over de jaren heel lijkt er (nog) geen trend te zijn is tussen NKG en kwaliteitsaspecten van de aardappelrassen (zie figuur 1). Wel laat de grafiek zien dat OWG en zetmeel gehalte nauw samenhangen. Zetmeelopbrengst is hier niet mee verwant, verschillen zijn waarschijnlijk te linken aan veldopbrengst.



Figuur 1 Relatieve waarden van onderwatergewicht, zetmeel % en zetmeel hoeveelheid van Seresta (S) en Festien (F)

3.2.2 Suikerbiet

Er zijn geen verschillen gevonden voor suikerpercentage voor de verschillende objecten of grondbewerking over de jaren 2014-2017. Ook is er geen trend zichtbaar over de jaren, het gemiddelde suikerpercentage is 18.5% en de gemiddelde suikeropbrengst is 17.6 ton/ha. Wel is door de hogere wortelopbrengst de suikeropbrengst in het Combi-object hoger dan in de Standaard-spitten (Tabel 7). In het Ca/Mg en Combi object is het kaliumgehalte significant hoger dan in de standaard. Ook winbaarheid is hier hoger, echter alleen in de objecten Ca/Mg en Combi met NKG.

Tabel 7 Gemiddelde kwaliteitsaspecten van suikerbiet per object (waarden die significant verschillen van het Standaard-Spittenobject in oranje, significante verschillen tussen Spitten en NKG binnen objecten zijn dikgedrukt)

	Suikerbiet		
	wortelgewicht (t/ha)	suikergehalte (%)	suikergewicht (t/ha)
Standaard-sp	93.7 ab	18.5 abc	17.3 ab
Tagetes-sp	94.8 abcd	18.5 ab	17.5 ab
Compost-sp	96.6 cde	18.4 a	17.8 bc
Ca/mg-sp	94.9 bcd	18.7 cd	17.8 bc
Steenmeel-sp	93.7 ab	18.5 ab	17.3 ab
Combi-sp	97.4 de	18.7 bcd	18.2 c
Combi-nkg	98.0 e	18.5 abcd	18.1 c

3.2.3 Zomergerst

Tabel 8 Gemiddelde kwaliteitsaspecten van zomergerst per object (waarden die significant verschillen van het Standaard-Spittenobject in oranje, significante verschillen tussen Spitten en NKG binnen objecten zijn dikgedrukt)

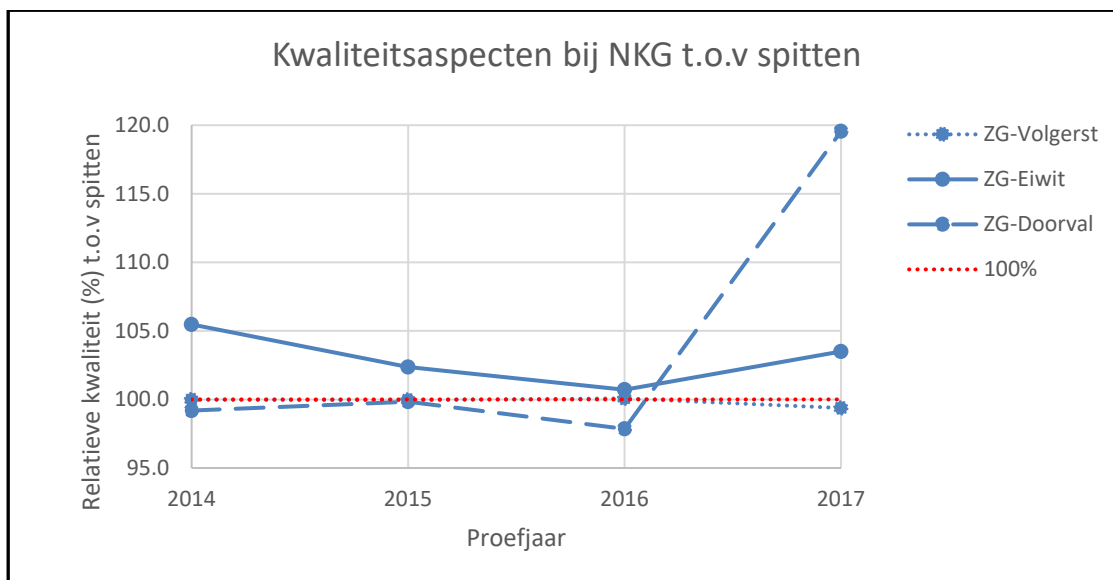
	Zomergerst		
	volgerst (%)	eiwitgehalte (%)	doorval (%)
Standaard-sp	97.18 d	11.37 a	1.081 ab
Standaard-nkg	96.94 cd	11.84 cd	1.036 a
Tagetes-sp			
Tagetes-nkg			
Compost-sp	96.33 abc	11.69 bc	1.294 bc
Compost-nkg	96.23 ab	11.88 cd	1.325 bc
Ca/mg-sp	96.14 a	11.78 bc	1.425 cd
Ca/mg-nkg	96.00 a	12.13 d	1.569 d
Steenmeel-sp	96.99 d	11.47 ab	1.263 abc
Steenmeel-nkg	96.85 bcd	11.82 c	1.256 abc
Combi-sp			
Combi-nkg			
Gemiddeld-sp	96.7 a	11.6 a	1.3 a
Gemiddeld-nkg	96.5 a	11.9 b	1.3 a
NKG effect (%)	-0.1	0.3	0.0

Maatregelen

De objecten Compost en Ca/Mg hebben beide een significant negatief effect op de kwaliteitsaspecten van zomergerst: volgerst en doorval. Een hogere doorval en lagere volgerst betekent dat de gerstkorrels gemiddeld kleiner zijn. Het eiwitgehalte is echter wel hoger in deze objecten. De objecten Compost en Ca/Mg resulteren dus in kleinere korrels met een hoger eiwitgehalte. Eerder zagen we ook een hogere droge stofopbrengst bij deze objecten (en ook bij Steenmeel; die maatregel heeft ook een hoger eiwitgehalte maar niet significant).

Grondbewerking

- NKG heeft gemiddeld genomen een positief effect op het eiwitgehalte van zomergerst. Binnen de objecten is dit effect van NKG te zien in Standaard, Ca/Mg en Steenmeel. NKG heeft geen invloed op de kwaliteit van zomergerst in termen van de korrelmaat (volgerst en doorval).
- Figuur 2 laat zien dat NKG over alle jaren een positief effect op het eiwitgehalte van zomergerst. Verder is er geen duidelijke trend over de jaren zichtbaar, uit toekomstige metingen moet blijken of de hoge doorval van zomergerst in 2017 een uitschieter is.



Figuur 2 Volgerst, Eiwit en doorval bij NKG relatief ten opzichte van Spitten

3.2.4 Plantsapmetingen

Tabel 9 Plantsapmetingen Seresta (2014 t/m 2017), Festien (2014 & 2015), suikerbiet (2014 t/m 2016) in het geoogst product (significante verschillen t.o.v. Standaard-Spitten in oranje).

	K (ppm)			Mg (ppm)		
	Seresta	Festien	Suikerbiet	Seresta	Festien	Suikerbiet
Standaard-sp	5016 a	7026 ab	816 bcde	327.6 a	452.8 abcde	122.8 ab
Tagetes-sp	5054 ab	7220 abcd	847 bcde	347.2 ab	495.9 e	124.9 ab
Compost-sp	5385 c	6893 a	741 abc	341.5 ab	441.0 abc	127.3 ab
Ca/mg-sp	6121 d	8036 e	915 e	388.1 c	490.2 de	123.2 ab
Steenmeel-sp	5335 bc	6889 a	899 de	358.4 b	478.0 bcde	140.4 b
Combi-sp	5966 d	7787 de	919 e	382.7 c	548.1 f	128.8 ab
Combi-nkg	5868 d	7558 bcde	898 cde	394.4 c	448.5 abcde	126.1 ab
	Ca (ppm)			EC (mS/cm)		
	Seresta	Festien	Suikerbiet	Seresta	Festien	Suikerbiet
Standaard-sp	76.5 a	180.0 efg	77.5 ab	10.9 a	11.6 a	2.0 abc
Tagetes-sp	79.7 ab	182.9 fg	77.3 ab	11.0 a	11.7 a	2.0 abc
Compost-sp	93.2 c	154.1 def	82.7 ab	11.5 ab	12.0 ab	1.8 ab
Ca/mg-sp	79.9 ab	149.4 cde	87.1 bc	12.2 bc	13.6 cd	2.1 bc
Steenmeel-sp	79.7 ab	192.0 g	69.0 a	11.0 a	10.9 a	2.2 c
Combi-sp	83.7 abc	184.3 fg	82.7 ab	12.2 c	12.8 bc	2.1 abc
Combi-nkg	92.2 bc	107.1 abc	76.1 ab	12.1 bc	14.2 d	2.1 abc

- Voor suikerbiet zijn de plantsap parameters kalium, magnesium, calcium en EC niet veranderd in de verschillende objecten ten opzichte van Standaard. Binnen de aardappelrassen Festien en Seresta zijn er wel verschillen zichtbaar.
- Kalium is hoger in beide aardappelrassen voor Ca/Mg en de beide Combi varianten. Dat is logisch en kun je verwachten omdat er in deze objecten ook meer kalium wordt gegeven. Bij Seresta is het kaliumgehalte ook hoger bij het object Compost en Steenmeel. De hoogste Kaliumgehalten zijn bereikt in de Ca/Mg en Combi varianten. Ca/Mg lijkt dus gerelateerd te zijn al het plantsap kaliumgehalte. De lagere kwaliteitsaspecten OWG en zetmeelgehalte in deze objecten (zie 3.2.1.) Kwaliteitsaspecten), relateren aan het hogere kaliumgehalte.
- Magnesium is met name hoger in Seresta, in de objecten Ca/Mg, Steenmeel en de Combi varianten. In Festien is het magnesiumgehalte alleen hoger bij Combi-Spitten.
- Calcium is hoger voor beide aardappelrassen in Combi-NKG. Bij Seresta is calcium ook hoger in Compost.

- EC is hoger in Ca/Mg en beide Combi varianten voor de beide aardappelrassen.

Tabel 10 Sporenelementen in plantsap metingen Seresta (2014 t/m 2017), Festien (2014 & 2015), suikerbiet (2014 t/m 2016) (significante verschillen t.o.v. Standaard-Spitten in oranje).

	Si (ppm)			Fe (ppm)		
	Seresta	Festien	Suikbiet	Seresta	Festien	Suikbiet
Standaard-sp	1.5 a	2.9 a	16.0 ab	6.3 abc	20.8 c	13.3 a
Tagetes-sp	2.6 ab	2.2 a	13.8 ab	7.5 abc	14.9 ab	12.2 a
Compost-sp	2.9 ab	2.7 a	19.9 bc	8.2 c	14.8 ab	14.3 a
Ca/mg-sp	1.5 a	3.0 a	17.6 abc	6.3 abc	15.1 ab	14.4 a
Steenmeel-sp	3.7 b	3.0 a	12.0 a	7.5 bc	15.1 ab	11.7 a
Combi-sp	2.4 ab	4.5 a	16.8 abc	7.7 bc	20.8 c	14.0 a
Combi-nkg	1.9 ab	2.8 a	16.8 abc	7.0 abc	16.8 abc	12.6 a
	Mn (ppm)			Zn (ppm)		
	Seresta	Festien	Suikbiet	Seresta	Festien	Suikbiet
Standaard-sp	2.4 ab	3.3 d	5.3 a	8.5 abc	8.4 ab	11.2 a
Tagetes-sp	2.3 a	2.8 a	4.8 a	8.5 abc	7.9 a	10.7 a
Compost-sp	2.4 ab	2.9 ab	4.6 a	8.7 bc	8.8 ab	10.9 a
Ca/mg-sp	2.4 ab	3.0 abcd	5.2 a	8.0 a	7.9 a	10.9 a
Steenmeel-sp	2.4 ab	3.2 cd	4.9 a	8.7 c	9.2 b	11.5 a
Combi-sp	2.4 ab	3.3 d	4.8 a	8.5 abc	8.7 ab	11.3 a
Combi-nkg	2.5 ab	3.0 abcd	4.7 a	8.5 abc	7.8 a	10.1 a
	B (ppm)			Cu (ppm)		
	Seresta	Festien	Suikbiet	Seresta	Festien	Suikbiet
Standaard-sp	1.52 a	1.13 bcde	0.18 a	1.0 ab	1.3 abc	0.6 b
Tagetes-sp	2.59 ab	1.08 abcde	0.19 ab	1.0 ab	1.5 cd	0.6 b
Compost-sp	2.93 ab	1.07 abcde	0.23 b	1.0 ab	1.3 abc	0.6 b
Ca/mg-sp	1.49 a	1.00 a	0.21 ab	1.0 ab	1.2 ab	0.7 b
Steenmeel-sp	3.72 b	1.17 e	0.20 ab	1.0 ab	1.4 abc	0.6 b
Combi-sp	2.40 ab	1.01 ab	0.21 ab	1.1 b	1.7 d	0.6 ab
Combi-nkg	1.94 ab	1.05 abcd	0.20 ab	1.1 b	1.5 bcd	0.6 ab
	MO (ppm)			Al (ppm)		
	Seresta	Festien	Suikbiet	Seresta	Festien	Suikbiet
Standaard-sp	0.05 a	0.12 abc	0.03 a	3.1 a	8.7 d	9.3 abc
Tagetes-sp	0.11 b	0.11 ab	0.02 a	3.1 a	5.1 a	8.9 ab
Compost-sp	0.08 a	0.11 abc	0.06 ab	3.5 a	5.8 a	11.1 bc
Ca/mg-sp	0.05 a	0.07 ab	0.04 a	3.0 a	6.2 abc	11.3 bc
Steenmeel-sp	0.07 a	0.09 ab	0.04 a	3.2 a	8.0 bcd	7.7 a
Combi-sp	0.06 a	0.09 ab	0.02 a	3.5 a	8.3 cd	9.8 abc
Combi-nkg	0.07 a	0.08 ab	0.04 a	2.8 a	6.9 abcd	9.9 abc

- De meeste verschillen in de aanwezigheid van sporenelementen in het plantsap zijn zichtbaar bij het aardappelras Festien.
- Fe, Mn en Al zijn *lager* in Festien voor de objecten Tagetes en Compost. Fe is ook lager bij Ca/Mg en Steenmeel, maar opvallend genoeg is dit niet het geval in de Combi objecten. Al is ook lager in Ca/Mg en wederom is dit niet het geval voor de Combi objecten. Deze resultaten correleren niet met veldopbrengst of droge stofgehalte en lijken daarom dus niet veroorzaakt te worden door een beperkte hoeveelheid in de bodem.
- Zn is niet veranderd aanwezig in de gewassen onder geen enkel object.
- Si is alleen in hogere mate aanwezig in Seresta in het object Steenmeel.
- Mo is alleen in hogere mate aanwezig in Seresta in het object Tagetes.
- Cu is alleen in hogere mate aanwezig in Festien in het Combi-Spitten object.
- B is lager in Festien in het Ca/Mg object en hoger in suikerbiet in het object Compost.

- Beschikbaarheid van elementen door verschil in andere bodemparameters zoals organische stofgehalte of pH kan niet goed bekeken worden, omdat deze alleen voor Standaard-Spitten en Combi-NKG zijn bepaald (zie 3.4 Bodemkwaliteit). Wel kan er gezegd worden dat de verhoogde pH in Combi-NKG (zie 3.3 Bodemkwaliteit) niet resulteert in veranderde opname van sporenelementen, Combi-NKG heeft namelijk nooit een veranderde opname.

3.3 Bodemkwaliteit

De bodemvruchtbaarheid is in kaart gebracht voor de twee uiterste objecten Standaard-Spitten en Combi-NKG.

3.3.1 Indicatoren voor chemische bodemvruchtbaarheid

Tabel 11 Bodemvruchtbaarheidsparameters in de objecten Standaard-Spitten en Combi-NKG (oranje geeft significante verschillen tussen objecten Standaard-Spitten en Combi-NKG, onderstreept geeft significante verschillen met het eerste jaar (2014))

		2014	2015	2016	2017	Gemiddeld
C/N (-)	Standaard-sp	22.6 a	22.1 a	22.6 a	21.4 a	22.2 a
	Combi-nkg	22.6 a	22.3 a	22.3 a	22.3 a	22.3 a
pH	Standaard-sp	5.0 ab	5.0 bc	5.0 ab	4.9 a	5.0 a
	Combi-nkg	5.0 ab	5.0 bc	<u>5.1 c</u>	<u>5.2 d</u>	5.1 b
pH(CaCl2)	Standaard-sp	4.9 ab	4.9 ab	4.9 ab	4.8 a	4.9 a
	Combi-nkg	5.0 ab	5.0 b	<u>5.1 c</u>	<u>5.2 c</u>	5.1 b
OS (%)	Standaard-sp	11.0 ab	11.0 ab	10.4 a	10.5 ab	10.8 a
	Combi-nkg	11.7 ab	11.9 b	10.9 ab	11.0 ab	11.4 a
Lutum (%)	Standaard-sp	1.9 b	<u>2.5 c</u>	1.4 ab	1.3 a	1.8 a
	Combi-nkg	1.8 ab	1.8 b	1.5 ab	1.4 ab	1.6 a
CEC (mmol/kg)	Standaard-sp	154 ab	147 ab	144 a	144 a	147 a
	Combi-nkg	167 b	162 ab	154 ab	157 ab	160 a
CEC bezetting (%)	Standaard-sp	88 ab	88 ab	88 ab	87 a	87 a
	Combi-nkg	88 ab	89 ab	90 b	<u>92 c</u>	90 b
C/S (-)	Standaard-sp	121 c	<u>102 ab</u>	113 bc	112 bc	112 a
	Combi-nkg	119 c	<u>98 a</u>	114 bc	<u>103 ab</u>	108 a

- In object Combi-NKG is de pH de laatste twee jaren significant hoger dan in object Standaard-Spitten. De stijgende trend over de proefjaren, hangt samen met de Ca/Mg-bemesting. De toediening van de Ca/Mg gebeurt deels met kalkhoudende meststoffen, wat de pH doet verhogen.
- In object Combi-NKG is ook de CEC-bezetting gemiddeld genomen hoger dan in Standaard-Spitten, over de jaren is dit alleen significant in het laatste jaar.
- Hoewel pH en CEC-bezetting bij Combi-NKG veranderingen laten zien, zijn er geen veranderingen in organische stofgehalte tussen de objecten.
- Er zijn verder geen trends te zien over de jaren.

In voorgaande resultaten zagen we dat K, Mg, Ca in object Combi-NKG een hogere aanwezigheid hebben in het plantsap t.o.v. Standaard-Spitten. Dit is mogelijk te verklaren door de verhoogde pH. De toename in pH is, hoewel significant, echter gering. Mogelijk spelen andere factoren ook een rol. Bij de sporenelementen is dit verschil in de opname tussen de objecten Standaard-Spitten en Combi-NKG niet zichtbaar.

In voorgaande resultaten zien we ook een verhoogde opbrengst in object Combi-NKG t.o.v. Standaard-Spitten. Bodemkwaliteit indicatoren organische stofgehalte, C/N-ratio, lutum en C/S ratio kunnen dit effect dus niet verklaren.

3.3.2 Macronutriënten

Tabel 12 *Macronutriënten in de objecten met NKG en Spitten (oranje geeft significante verschillen tussen Spitten en NKG, onderstreept geeft significante verschillen met het eerste jaar (2014))*

		2014	2015	2016	2017	Gemiddeld
N-totaal (mg/kg)	Standaard-sp	2876 a	3003 a	2677 a	2962 a	2880 a
	Combi-nkg	3053 a	3166 a	2819 a	3024 a	3016 a
P-PAE (mg P/kg)	Standaard-sp	5.1 cd	4.9 cd	<u>4.3 ab</u>	<u>4.4 ab</u>	4.7 a
	Combi-nkg	5.5 b	<u>4.9 bc</u>	<u>4.0 a</u>	<u>4.0 a</u>	4.6 a
Pw (mg P₂O₅/l)	Standaard-sp	41.7 bc	43.5 c	<u>38.6 a</u>	40.2 abc	41.0 a
	Combi-nkg	43.9 c	43.8 c	<u>37.6 a</u>	<u>39.3 ab</u>	41.1 a
P-AI (mg P₂O₅/100 gram)	Standaard-sp	26.1 de	24.9 bcd	<u>21.9 a</u>	<u>24.1 bc</u>	24.3 a
	Combi-nkg	27.6 e	<u>25.6 cd</u>	<u>23.4 ab</u>	<u>25.8 cd</u>	25.6 a
K (mg/kg)	Standaard-sp	61.7 bc	60.1 bc	<u>48.9 ab</u>	<u>45.1 a</u>	54.0 a
	Combi-nkg	75.3 c	<u>91.7 d</u>	<u>96.6 d</u>	<u>89.3 d</u>	<u>88.2 b</u>
K-getal	Standaard-sp	8.6 bc	<u>8.4 bc</u>	7.3 ab	6.7 a	7.8 a
	Combi-nkg	9.6 c	<u>11.6 d</u>	<u>12.7 d</u>	<u>11.7 d</u>	<u>11.4 b</u>

- In Combi-NKG is K en het K-getal gemiddeld genomen hoger in Combi-NKG dan in Standaard-Spitten. Dit is het geval voor alle 3 jaren na 2014. Dit is wederom te verklaren door de bemestingsstrategie, omdat aan Combi-NKG aanmerkelijk meer kali wordt toegediend dan in Standaard-Spitten.
- Er zijn verder geen verschillen in macronutriënten tussen Combi-NKG en Standaard-Spitten.

Dit is ook verwacht, omdat de bemesting voor N en P gelijk is voor Standaard-Spitten en Combi-NKG. Voor alle p-waarden zijn er significant lagere waarden zichtbaar in de laatste twee jaar, voor zowel Combi-NKG als Standaard-Spitten. Bij de afvoer is achteraf gebleken dat er te weinig fosfaat is bemest, sinds 2018 is dit aangepast.

3.3.3 Mesonutriënten

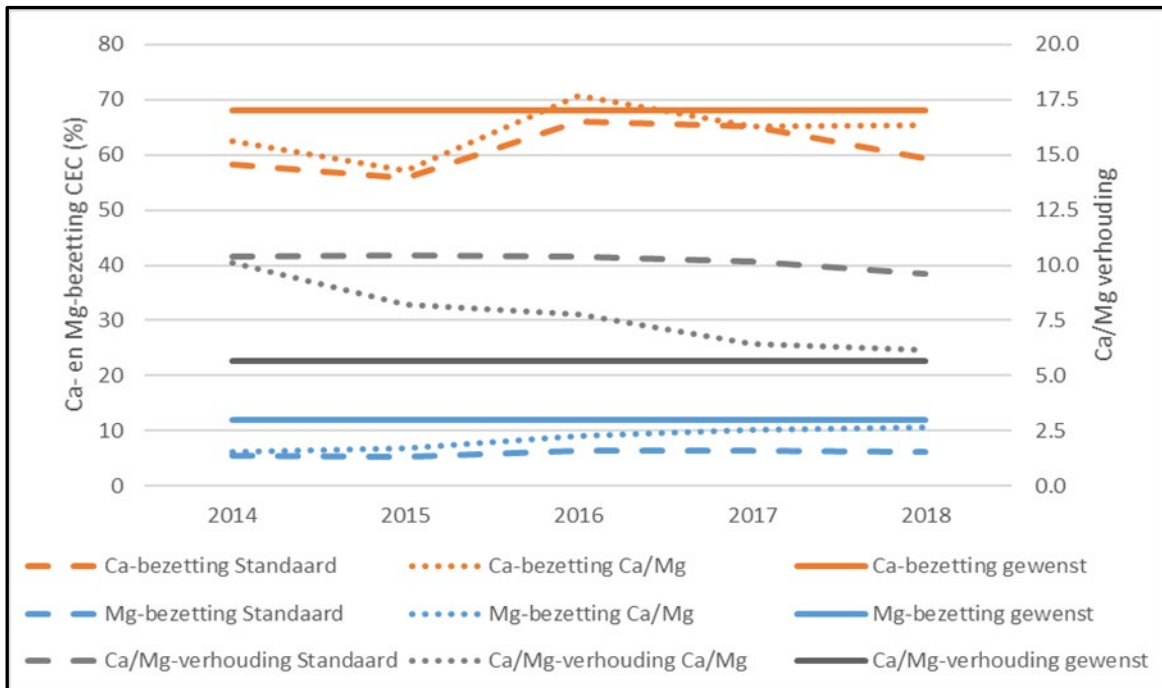
Tabel 13 *Mesonutriënten in de objecten Combi-NKG en Standaard-Spitten (oranje geeft significante verschillen tussen Spitten en NKG, onderstreept geeft significante verschillen met het eerste jaar (2014))*

		2014	2015	2016	2017	Gemiddeld
S-totaal (kg/ha)	Standaard-sp	538.8 a	<u>651.9 cd</u>	532.5 a	551.2 ab	568.6 a
	Combi-nkg	596.9 abc	<u>703.1 d</u>	569.4 abc	645.6 bcd	628.8 a
Mg (mg/kg)	Standaard-sp	110.8 a	115.9 a	109.1 a	108.9 a	111.2 a
	Combi-nkg	119.8 a	<u>165.9 b</u>	<u>162.8 b</u>	<u>192.4 c</u>	<u>160.2 b</u>
Na (mg/kg)	Standaard-sp	30.6 a	23.9 a	23.8 a	32.1 a	27.6 a
	Combi-nkg	26.9 a	23.6 a	23.0 a	38.3 a	27.9 a
Ca-beschikbaar (kg/ha)	Standaard-sp	114.5 a	<u>198.8 b</u>	149.8 ab	90.8 a	138.5 a
	Combi-nkg	142.8 ab	150.6 ab	140.7 ab	103.5 a	134.4 a
Ca-voorraad (kg/ha)	Standaard-sp	6221 ab	5836 a	5800 a	5838 a	5924 a
	Combi-nkg	6696 b	6436 ab	6410 ab	<u>6846 b</u>	6597 a

In object Combi-NKG is Mg gemiddeld genomen hoger dan in Standaard-Spitten. Er is een stijgende trend te zien binnen Combi-NKG. Dit is te verklaren door de bemesting. Ondanks de gemiddeld hogere Mg in de bodem bij Combi-NKG, hebben we alleen een hoger Magnesiumgehalte teruggevonden in het plantsap van Seresta. Bij Festien en suikerbiet was dit niet het geval. Calcium was echter wel in hogere mate aanwezig in het plantsap van beide aardappelrassen bij Combi-NKG. In de bodemcalciumvoorraad, zien we over het algemeen hogere waarden bij Combi-NKG, echter is het verschil alleen in 2017 significant. Opvallend is, dat juist voor beschikbaar calcium er geen duidelijke relatie zichtbaar is.

3.3.4 Ca/Mg-verhoudingen volgens de BCSR-methode

Na een aantal jaren met aangepaste bemesting in de objecten Ca/Mg en Combi is de bezetting van Magnesium aan de CEC gestegen van 6 naar 11% terwijl de bezetting van het Standaard-spitten object 6% gebleven is (Figuur 3). Er is echter geen duidelijke trend zichtbaar in de Calcium-bezetting. De bezetting van Calcium aan de CEC is in de objecten Ca/Mg en Combi gemiddeld 2-3% hoger dan Standaard-spitten maar de variatie tussen jaren is in alle objecten met 10-15% veel groter en er is geen duidelijke trend zichtbaar. Hoewel de absolute bezetting van 68% Calcium en 12% Magnesium niet behaald wordt, ligt de verhouding van Calcium en Magnesium wel vrijwel op het niveau van de theorie. De gewenste verhouding voor Ca/Mg zou 5,7 zijn. In de Ca/Mg en Combi-objecten ligt de verhouding gemiddeld op respectievelijk 6.1 en 6.6 terwijl deze voor het Standaardobject gemiddeld op 9.7 ligt. De in de USA gemeten hoeveelheid H^+ aan de CEC ligt gemiddeld op 30% voor standaard en 23 voor de objecten Ca/Mg en Combi.



Figuur 3 Calcium- en Magnesium-bezetting van de CEC in % en de Ca/Mg verhouding voor de objecten Spitten-Standaard en Spitten-Ca/Mg.

3.3.5 Organische stofbalans

De organische stofbalansen zijn opgesteld volgens de methode beschreven in paragraaf 2.3.5. Bij benadering 1, 2 en 3 is in alle objecten sprake van een sterk negatieve balans (Tabel 14). De enige grote verschillen tussen de objecten worden veroorzaakt door de composttoediening bij Compost en Combi. Bij benadering 4 is sprake van relatief kleine tekorten bij vier van de objecten en een flink overschot bij Compost en Combi. Ook zonder statistische onderbouwing is dit verschil aannemelijk en in lijn met de verwachting. De berekeningen volgens de vier benaderingen kan echter niet getoetst worden aan metingen van de bodem organische stof. Dit wordt verder toegelicht bij de discussie.

Tabel 14 Organische stofbalansen volgens vier berekeningswijzen

Organische stof	Afbraak % Totale aanvoer	Benadering 1 Vuistregel 2%		Benadering 2 NKG 1,85%		Benadering 3 1,5% afh. van beginniveau		Benadering 4 2% van 30% actieve os	
		Afbraak	Balans	Afbraak	Balans	Afbraak	Balans	Afbraak	Balans
Standaard	1332	6270	-4938	5806	-4474	4703	-3371	1881	-549
Tagetes	1317	6270	-4953	5806	-4489	4703	-3386	1881	-564
Compost	3995	6270	-2275	5806	-1811	4703	-708	1881	2114
Ca/Mg	1496	6270	-4774	5806	-4310	4703	-3206	1881	-385
Steenmeel	1496	6270	-4774	5806	-4310	4703	-3206	1881	-385
Combi	3815	6270	-2455	5806	-1990	4703	-887	1881	1934

3.4 Plantparasitaire aaltjes

Uit de monsternamen die in het voorjaar van 2013 is uitgevoerd (Tnul meting) blijkt dat alle vier percelen besmet waren met *P. penetrans* en, met uitzondering van perceel 70-4, zeer licht besmet met de wortellesieaaltjes soorten *P. crenatus* (het graanwortellesieaaltje) en *P. neglectus* (het bietenwortellesieaaltje). *P. crenatus* en *P. neglectus* zijn, voor zover bekend, niet schadelijk voor aardappel en suikerbiet. Op perceel 70-4 bestaat de besmetting wortellesieaaltjes voor het grootste deel uit de soort *P. crenatus*. Naast de *P. penetrans* besmetting is op alle percelen een zeer licht besmetting met Trichodoride-aaltjes en wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.) vastgesteld.

3.4.1 *Pratylenchus penetrans*

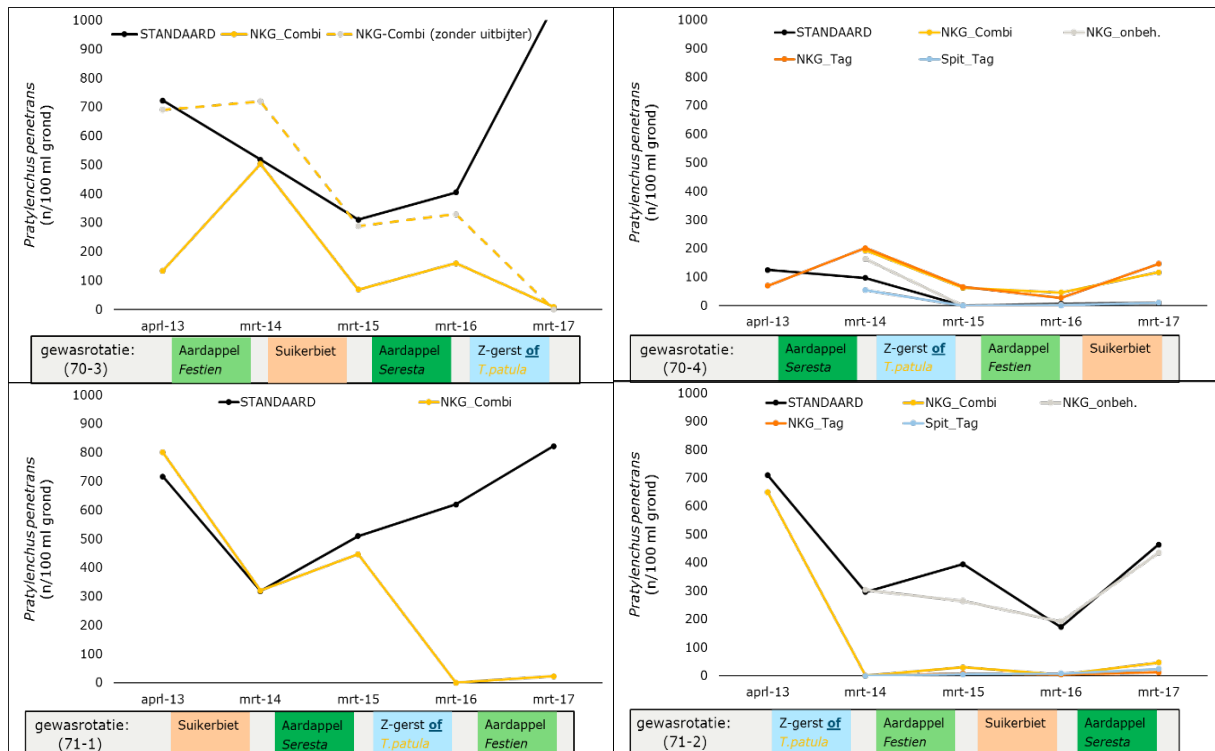
Met uitzondering van perceel 70-4 zijn alle percelen bij de start van de proef, in het voorjaar van 2013, vrij zwaar besmet met *P. penetrans* (figuur 4). Gemiddeld circa 500 *P. penetrans* /100 ml grond (ex. Perceel 70-4). Perceel 70-4 is besmet met een mengpopulatie van de wortellesieaaltjes soorten *P. penetrans* (gewone wortellesieaaltje) en *P. crenatus* (het graanwortellesieaaltje). *P. crenatus* is op dit perceel de meest dominante soort. Deze soort is, voor zover bekend, niet schadelijk voor aardappel en biet. In maart 2013 was de *P. penetrans* besmetting op dit perceel vrij laag, gemiddeld iets minder dan 100 *P. penetrans* 100 ml grond, en daarmee veel lager dan op de andere drie percelen. Op perceel 71-2 is in 2013 zomergerst geteeld. Dat is daarmee het eerste perceel waar, in de objecten Tagetes en Combi *T. patula* is geteeld in plaats van de zomergerst. Op de percelen 70-4, 71-1 en 70-3 is in respectievelijk 2014, 2015 en 2016 voor de eerste keer *T. patula* geteeld in de Tagetes en Combi-objecten.

Op perceel 71-2 is door de teelt van zomergerst, wat een matige waard is voor *P. penetrans*, gevolgd door de teelt van Japanse haver (een niet waard) de besmetting *P. penetrans* afgenomen. Dit is zoals op basis van de waardplantstatus van de gewassen werd verwacht. Perceel 70-4 laat hetzelfde beeld zien maar op een veel lager besmettingsniveau. Echter op de percelen 71-1 en 70-3 neemt de *P. penetrans* besmetting toe na zomergerst + Japanse haver. De toename van de *P. penetrans* besmetting op deze twee percelen is mogelijk het gevolg van gerst-opslag en onkruid (vnl. muur) in de Japanse haver. Gerst maar ook veel onkruiden, waaronder muur, zijn waardplanten voor *P. penetrans*.

Wanneer Tagetes wordt geteeld in plaats van de zomergerst + Japanse haver neemt de besmetting met *P. penetrans* zeer sterk af. In de meeste veldjes zelfs tot onder de detectiegrens. Het jaar na de teelt van zomergerst (of *T. patula*) zijn zetmeelaardappelen (Festien) geteeld, een goede waard voor *P. penetrans*.

In de standaard rotatie met zomergerst + Japanse haver neemt de *P. penetrans* besmetting door de teelt van Festien toe. Na de Festien wordt suikerbiet geteeld. Door de teelt van suikerbiet, een slechte waard voor *P. penetrans*, neemt de besmetting weer af, tot gemiddeld circa 275 *P. penetrans*/100 ml grond (ex. Perceel 70-4). Na de tweede aardappelteelt (Seresta) is op perceel 71-2 een volledige rotatie van graan-aardappel-suikerbiet-aardappel voltooid. Het besmettingsniveau *P. penetrans* is (na

de tweede aardappelteelt) min of meer vergelijkbaar met het niveau bij aanvang van de rotatie, voorafgaand aan de teelt van de zomergerst. Een niveau dat ruim boven de schaderempel voor aardappel en andere voor *P. penetrans* gevoelige gewassen zoals zaaiuien ligt.



Figuur 4 Ontwikkeling van de populatie *Pratylenchus penetrans* op de vier percelen BKV

In de gewasrotatie met *T. patula* blijft de besmetting *P. penetrans* erg laag ondanks de teelt van de goede waard aardappel. Ook na de tweede aardappelteelt (Seresta, op perceel 71-2) is de *P. penetrans* besmetting nog zeer laag.

De grondbewerking, spitten of NKG, heeft geen betrouwbaar effect gehad op de ontwikkeling van de *P. penetrans* besmetting. De andere maatregelen in het combi object, naast Tagetes, hebben geen additioneel effect op de ontwikkeling van de *P. penetrans* populatie.

We zien over de jaren de volgende trends:

- De teelt van Tagetes heeft zoals verwacht de besmetting van het worteltesieaaltje sterk verlaagd.
- Het effect van de Tagetes op besmetting worteltesieaaltjes is zo sterk dat ook na de teelt van (twee keer) de goede waard aardappel de besmetting nauwelijks toeneemt, terwijl in de rotatie met zomergerst + Japanse haver de populatie na de teelt van aardappel weer is toegenomen tot een schadelijk niveau.
- Op twee van de vier percelen leidt de teelt van Japanse haver (niet waard) ook tot een verlaging van de worteltesieaaltjebesmetting, maar het effect is veel minder sterk dan bij Tagetes. Op de twee andere percelen is de besmetting toegenomen na de teelt van Japanse haver, waarschijnlijk als gevolg van gerstopslag en onkruid (waardplanten).
- Er is geen verschil zichtbaar tussen Tagetes enerzijds en Combi, waar Tagetes slechts onderdeel van is, anderzijds. Andere maatregelen binnen Combi lijken dus geen additief effect te hebben op de populatie-ontwikkeling van het worteltesieaaltje.
- Er is geen effect van grondbewerking op de besmetting van *P. penetrans* waargenomen

3.4.2 Overige aaltjes

De aanwezigheid van andere aaltjes laten over de proefjaren jaren de volgende trends zien (zie bijlage 4):

- Bij aanvang van de proef in 2013 is op de percelen ook een licht besmet met wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne chitwoodi*, *M. fallax*) en Trichodoride aaltjes (vnl *P. pachydemus*) waargenomen

- Er zijn geen relevant (en significante) effecten van de behandelingen en rotatie (gewassen) op de besmetting van deze aaltjessoorten. De besmettingsniveaus blijven (zeer) laag.
- Ook bij objecten met Tagetes zien we geen toename van de trichodoride besmetting, ondanks dat Tagetes mogelijk een goede waard is voor *P. pachydermus*. De waardplantgeschiktheid van Tagetes voor de verschillende tricho-soorten is niet bekend. Er zijn aanwijzingen (maar geen harde gegevens) dat *P. pachydermus* zich redelijk tot goed op Tagetes kan vermeerderen. In deze proef zien we, mogelijk doordat de besmettingsniveaus zeer laag zijn, geen toename van de besmetting Trichodoride door de teelt van Tagetes.

3.5 Bodemdichtheid

3.5.1 Bodemdichtheid per perceel

Tabel 15 Gemiddelde indringingsweerstand (MPa) per perceel van proefjaren 2014-2017. Significante verschillen per laag tussen de percelen zijn met letters aangegeven. Significantie tussen lagen per perceel zijn niet bepaald.

	70-3	70-4	71-1	71-2
Weerstand laag 0-20 cm (MPa)	0,670 b	0,535 a	0,742 c	0,850 d
Weerstand laag 0-30 cm (MPa)	1,003 b	0,705 a	0,992 b	1,156 c
Weerstand laag 0-40 cm (MPa)	1,411 b	0,921 a	1,346 b	1,465 b
Weerstand laag 20-40 cm (MPa)	2,148 b	1,315 a	1,945 b	2,082 b
Wortel belemmering bij MPa 3 (cm)	42,89 a	53,15 b	40,43 a	42,89 a
Wortel remming bij MPa 1,5 (cm)	25,52 a	36,31 b	27,84 a	25,69 a

- Tot 20 cm onder maaiveld verschilt de gemiddelde indringingsweerstand van ieder perceel significant van de drie andere percelen. Perceel 70-4 heeft de laagste indringingsweerstand en perceel 71-2 met een 1,5 x zo hoge waarde de hoogste.
- Ook in de laag van 0-30 cm en 0-40 cm heeft perceel 70-4 significant de laagste indringingsweerstand en perceel 71-2 de hoogste, alleen is de indringingsweerstand van perceel 71-2 niet altijd significant verschillende van de percelen 70-3 en 71-1.
- Perceel 70-4 verschilt qua grondslag van de beide andere percelen doordat het humeuzer is met een hoger os gehalte en hogere grondwaterstand. Dit heeft ook invloed op de indringingsweerstand.
- De diepte waarop de grenswaarde voor wortelgroei van 3 MPa wordt bereikt is significant groter op perceel 70-4 t.o.v. de andere drie percelen die significant niet van elkaar verschillen. Het verschil met de andere drie percelen is ruim 10 cm.
- De diepte waarop de grenswaarde voor remming van wortelgroei van 1,5 MPa wordt bereikt is significant groter op perceel 70-4 tv de andere drie percelen die significant niet van elkaar verschillen. Het verschil met de andere drie percelen is ruim 10 cm.

3.5.2 Bodemdichtheid per maatregel

Tabel 16 Gemiddelde indringingsweerstand (MPa) per grondbewerkingsvariant van proefjaren 2014-2017 over 4 percelen. Een verschillende letter duidt op een significant verschil tussen de maatregelen.

	Spitten-Standaard	NKG-Combi
Weerstand laag 0-20 cm (MPa)	0,720 b	0,679 a
Weerstand laag 0-30 cm (MPa)	1,062 b	0,867 a
Weerstand laag 0-40 cm (MPa)	1,397 b	1,174 a
Weerstand laag 20-40 cm (MPa)	2,075 b	1,671 a
Wortel belemmering bij MPa 3 (cm)	42,75 a	46,93 a
Wortel remming bij MPa 1,5 (cm)	26,41 a	31,27 b

Toelichting bij Tabel 16

- Op alle dieptes is de indringingsweerstand van object NKG-Combi significant lager dan die van Spitten-Standaard.
- De diepte waarop de grenswaarde voor wortelgroei van 3 MPa wordt bereikt is groter voor object NKG-Combi, maar niet significant verschillend van Spitten-Standaard.
- De diepte waarop de grenswaarde voor remming van wortelgroei van 1,5 MPa wordt bereikt is significant groter voor object NKG-Combi t.o.v. Spitten-Standaard.

Toelichting bij figuur 5

- Op vrijwel alle meetmomenten ligt de lijn van NKG-Combi onder de lijn van Spitten-Standaard, d.w.z. dat de indringingsweerstand van NKG-Combi lager is dan die van Spitten-Standaard. Gemiddeld genomen is dit verschil significant.
- De afstand tussen de lijnen blijft in de tijd gelijk vrijwel; er lijkt dus geen structurele structuurverbetering (met een positieve trend) op te treden
- Met uitzondering van 2016 is de indringingsweerstand voor NKG in juni lager dan in maart en zien we grotere pieken en dalen. Waarschijnlijk is de verlaagde weerstand in de NKG Combi het directe effect van de NKG-bewerking. NKG lijkt dus direct een lagere bodemweerstand te geven, maar een cumulatief effect op structuurverbetering van de bodem komt in deze vier jaar niet naar voren.

Toelichting bij figuur 6

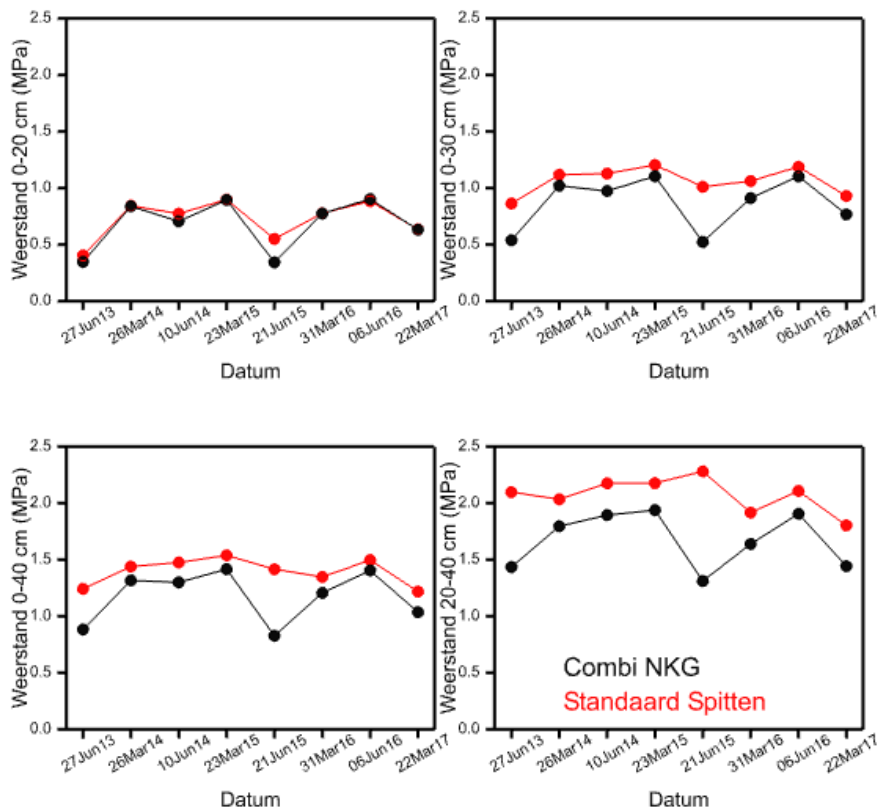
- Op alle meetmomenten en voor beide dieptes ligt de lijn van NKG-Combi boven de lijn van Spitten-Standaard.
- Zoals eerder in Tabel 16 aangegeven, is alleen het verschil in diepte voor wortelgroei significant voor 1,5 MPa. De verlaging van de weerstand voor een betere wortelgroei treedt dus niet op in de diepere lagen (40-50cm) en heeft daar geen positief effect op het verminderen van de belemmering van wortelgroei door weerstand.

3.6 Nutriëntenbalansen

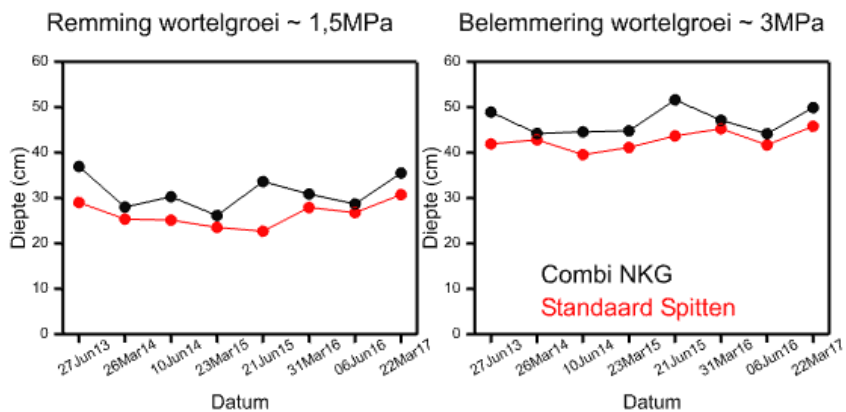
Bij aanvoer van compost (objecten Compost en Combi) is het verschil tussen N totaal en Nwz aanzienlijk en zijn de N-overschotten gemeten als N totaal aanzienlijk (zie Tabel 17). Op korte termijn, in dit geval vier jaar, is Nwz een passender graadmeter. Binnen deze termijn zal het vrijkomen van stikstof weliswaar toenemen bij jaarlijkse composttoediening, maar substantieel zal dat nog niet zijn. Om daar via metingen zicht op te krijgen is een veel langere meetreeks nodig. Modelleren kan als hulpmiddel ingezet worden. Dat is hier nog niet gebeurd.

Bij Na₂O is de afvoer zo gering (3-4 kg/ha/jaar) dat er in alle gevallen sprake is van een groot overschot. De milieukundige consequenties daarvan zijn gering. Dit nutriënt wordt verder niet meer besproken.

Bodemweerstand op diepte 0-20, 0-30, 0-40 en 20-40 cm



Figuur 5 Gemiddelde indringingsweerstand (MPa) per object x grondbewerking van proefjaren 2014-2017 over 4 percelen



Figuur 6 Gemiddelde diepte (cm) bij MPa 3 en MPa 1,5 per grondbewerking van proefjaren 2014-2017 over 4 percelen

Tabel 17 Nutriëntenbalansen gemiddeld Spitten en NKG (kg/ha/jaar)

		N totaal	Nwz	P2O5	K2O	MgO	CaO	Na2O	SO3
Standaard	Aanvoer mest divers	185	169	52	165	32	78	74	65
	Afvoer product	171	171	72	217	27	17	4	35
	Overschot	14	-2	-20	-52	5	61	69	30
Tagetes	Aanvoer mest divers	179	163	52	165	32	78	74	61
	Afvoer product	144	144	62	217	24	10	3	33
	Overschot	36	20	-11	-52	8	68	70	28
Compost	Aanvoer mest divers	308	181	115	198	75	87	102	79
	Afvoer product	164	164	71	210	26	11	4	35
	Overschot	144	17	43	-12	49	76	98	44
Ca/Mg	Aanvoer mest divers	185	169	52	329	376	501	74	349
	Afvoer product	166	166	68	247	28	10	3	38
	Overschot	19	3	-16	82	349	490	70	311
Steenmeel	Aanvoer mest divers	185	169	64	331	180	264	185	64
	Afvoer product	164	164	68	208	26	10	4	35
	Overschot	21	5	-5	123	154	254	181	29
Combi	Aanvoer mest divers	308	182	126	486	514	631	213	279
	Afvoer product	154	154	67	254	26	10	3	36
	Overschot	155	28	59	232	488	621	209	243

- **Standaard:** Er wordt strak op stikstof gestuurd en dat heeft resultaat. In termen van Nwz is er geen overschot. P₂O₅ en K₂O laten een fors tekort zien. MgO kent een klein overschot en CaO een aanzienlijk overschot.
- **Tagetes:** Door het wegvallen van een productiegewas (gerst) is de afvoer lager dan bij standaard, met uitzondering van K₂O. De meeropbrengst van met name aardappel gaat namelijk gepaard met een relatief sterkere K₂O afvoer.
- **Compost:** Het P₂O₅ overschot is aanzienlijk en geheel volgens verwachting. Dat van de toegediende P₂O₅ in compost slechts de helft hoeft te worden meegerekend in de mineralenboekhouding betekent nog niet dat het niet in de bodem terecht komt. De met de compost aangevoerde K₂O, MgO en CaO worden in het bemestingsplan gedeeltelijk gecompenseerd door lagere andere mestgiften. Over het geheel genomen neemt, ten opzichte van Standaard, het kaliumtekort flink af en het magnesium overschot flink toe.
- **Ca/Mg:** Eigenlijk zou deze behandeling beter 'Ca/Mg/K/S' genoemd kunnen worden omdat niet alleen CaO en MgO overmatig worden toegediend maar K₂O en SO₃ ook. Het resultaat is een flink K₂O overschot en zware overschotten aan CaO, MgO en SO₃. Het overschot aan K₂O is minder groot dan op basis van extra aanvoer verwacht mag worden: de afvoer neemt toe van rond 210 kg/ha/jaar naar 247 kg/ha/jaar. Hier is sprake van luxe-consumptie, zie Tabel 18. Voor MgO is zo'n extra opname niet het geval, voor CaO lijkt opmerkelijk genoeg het omgekeerde het geval: lagere CaO-afvoer bij hogere CaO-gift. De verhouding Ca/Mg/K speelt niet alleen in de bodem en CEC-bezetting een rol maar ook in de gewasopname vanwege het verdringingseffect van K op Ca.
- **Steenmeel:** De afvoer ligt over de hele linie iets lager dan bij Standaard. De aanvoer van P₂O₅, K₂O, MgO en CaO ligt aanzienlijk hoger dan bij Standaard, resulterend in (nagenoeg) P₂O₅ evenwicht en overschotten voor de andere drie nutriënten. Er lijkt geen sprake van onevenredige toe- of afname van de nutriëntenopname door de gewassen.
- **Combi:** Dit object kent het hoogste Nwz overschot maar dat is nog steeds zeer beperkt. Sturen op stikstof via de gekozen methodiek gaat dus goed voor dit tijdvak. Voor de overige nutriënten is, zoals te verwachten viel op basis van de bemesting, sprake van grote tot zeer grote overschotten. Net als bij Ca/Mg is de K₂O-opname en dus de afvoer relatief en absoluut verhoogd. Het resultaat is dat dit object zowel de hoogste K₂O-afvoer kent als het hoogste K₂O-overschot.

De afvoer bij object Tagetes ligt lager doordat er een jaar geen gewas (gerst) afgevoerd wordt. Dat is ook bij object Combi het geval, maar hier is sprake van een lichte stijging van de opbrengsten en van de afvoer van mineralen. Object Tagetes heeft een hoge K₂O/N-verhouding omdat gerst met een lage K-afvoer niet geteeld wordt. De objecten Ca/Mg en Combi met een grote aanvoer van K₂O voeren relatief meer K₂O af, waarbij object Combi met de hoogste K₂O-aanvoer ook de relatief grootste K₂O/N-verhouding heeft. De verhouding tussen N-opname en P₂O₅-opname is vrij stabiel, die van K₂O reageert sterk op de aanvoer maar dat leidt niet tot hogere opbrengsten. Dan is er sprake van luxe-

consumptie, en dat is voor zetmeelaardappelen een negatieve ontwikkeling. Bij object Steenmeel blijft de K₂O/N-verhouding op 1,00 steken, ondanks de vergelijkbare K₂O aanvoer als bij object Ca/Mg. Dat kan verklaard worden door het sterk vertraagd vrijkomen van de mineralen uit steenmeel. Zie bijlage 7 voor de nutriënteninhoud N, P en K van de gewassen.

In Tabel 19 zijn alleen de data voor N totaal, Nwz, P₂O₅ en K₂O zijn gegeven omdat die de grootste betrouwbaarheid hebben, zie paragraaf 2.3.8.

Tabel 18 *Relatieve opname van N, P₂O₅ en K₂O ten opzichte van object Standaard, en de verhouding daarvan als P₂O₅/N en K₂O/N*

	N afvoer t.o.v. standaard	P₂O₅ afvoer t.o.v. standaard	P₂O₅/N verhouding	K₂O afvoer t.o.v. standaard	K₂O/N verhouding
Standaard	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Tagetes	0,84	0,87	1,04	1,00	1,19
Compost	0,96	0,99	1,03	0,97	1,01
Ca Mg	0,97	0,95	0,98	1,14	1,17
Steenmeel	0,96	0,95	0,99	0,96	1,00
Combi	0,90	0,94	1,04	1,17	1,30

Tabel 19 *Nutriëntenoverschot als verschil van het overschot bij NKG minus het overschot bij Spitten.*

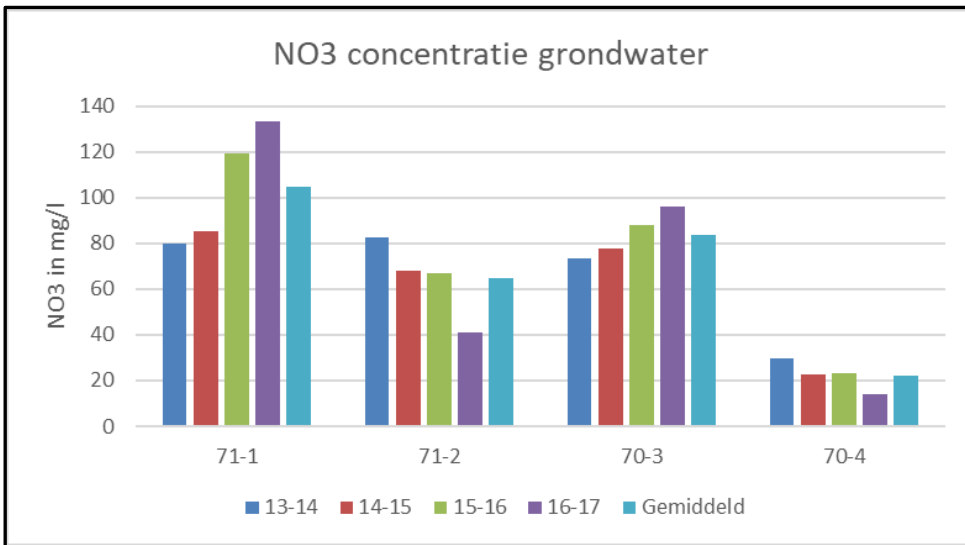
	N	Nwz	P₂O₅	K₂O
Standaard	-4	-4	-1	-3
Tagetes	-8	-8	-2	-3
Compost	4	4	0	5
Ca/Mg	-2	-2	1	-3
Steenmeel	-2	-2	-2	1
Combi	2	2	1	12

3.7 Stikstofvoorraden in de bodem en stikstofuitspoeling

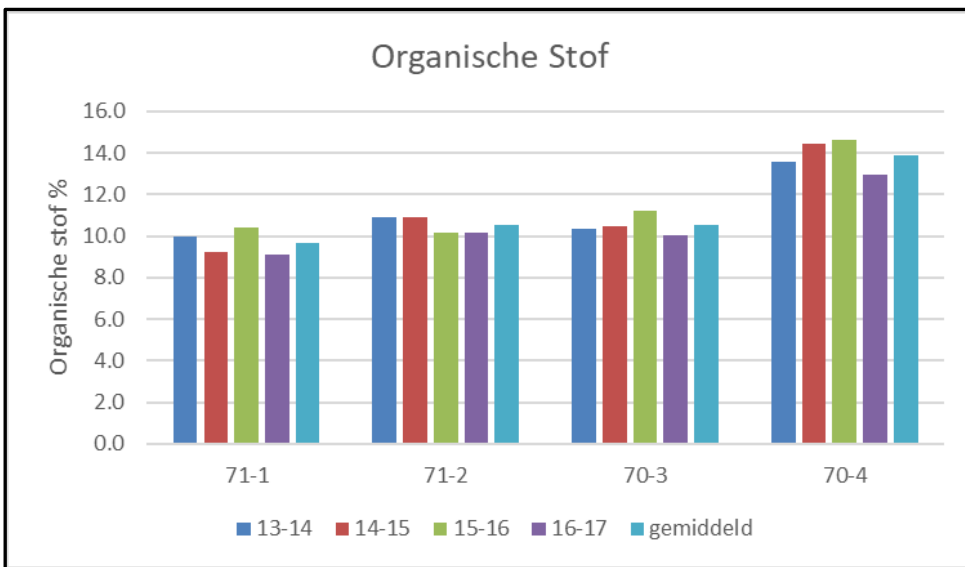
De spreiding tussen de vele metingen is groot en patronen zijn slechts beperkt te herkennen. Een perceelseffect komt dominant naar voren: perceel 70-4 heeft gemiddeld een aanzienlijk lager niveau nitraat in het bovenste grondwater dan de andere drie percelen. Dit valt samen met twee onderscheidende bodem- en waterkenmerken: bodemorganische stofgehalte (Figuur 8) en niveau grondwater (Figuur 9).

Op het niveau van het perceelgemiddelde kan het effect van organische stof niveau niet onderscheiden worden van het effect van het grondwaterniveau. Voor de invloed van het grondwaterniveau is berekend wat de invloed is op de relatie tussen residu-stikstof in het najaar in de bodem en de uiteindelijke hoeveelheid die als nitraat in het grondwater gemeten wordt. Dat is gedaan door per meetmoment (4 a 5 keer per jaar bij Standaard-Spitten en NKG-Combi) het waterniveau uit te zetten tegen het nitraatniveau, daarvan de lineaire trendlijn te bepalen met helling, intercept en R², en dat te middelen over alle jaren en percelen. Dit resulteert in een gemiddelde helling van 0,83, een intercept van -42 cm en een R² van 0,40. Dit betekent dat gemiddeld iedere centimeter dieper grondwater resulteert in gemiddeld 0,83 mg/l NO₃ extra belasting van het water; statistisch is dit niet onderbouwd.

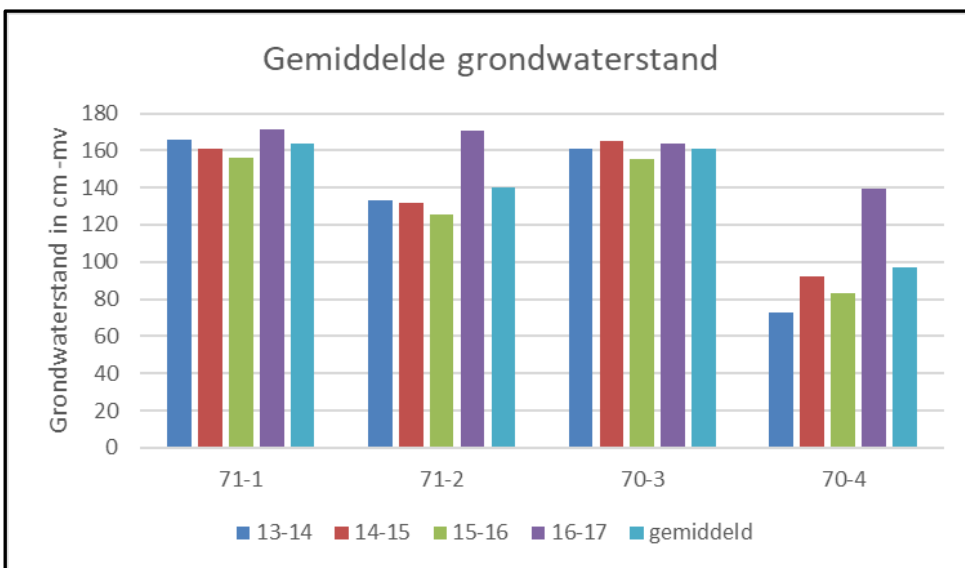
Ditzelfde is gedaan voor de relatie organische stofgehalte en nitraatniveau. Hier is het resultaat een helling van -5,22, een intercept van 130 mg/l nitraat en een R² van 0,12. Dit betekent dat gemiddeld ieder procent organische stof extra een afname betekent van 5,22 mg NO₃. Ook dit is niet statistisch onderbouwd.



Figuur 7 Gemiddelde NO₃-concentratie in het bovenste grondwater gedurende de uitspoelingsperiode



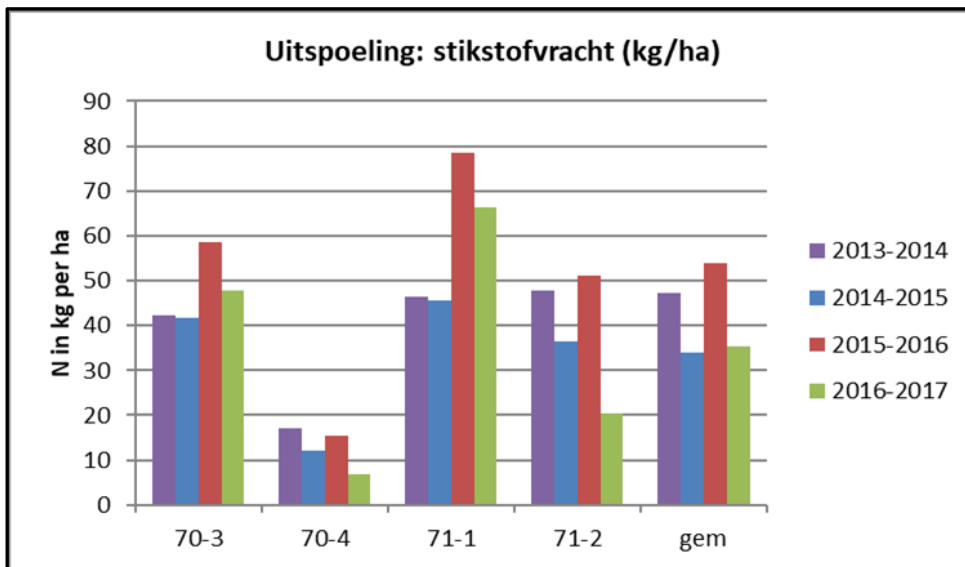
Figuur 8 Gemiddelde organische stofgehalten per perceel per jaar.



Figuur 9 Gemiddelde grondwaterstand in cm beneden maaiveld gedurende de uitspoelingsperiode

De relatie tussen het voorafgaan geteelde gewas en de nitraatlast in het grondwater is verre van eenduidig, zie bijlage 8. Vaak is sprake van een oplopend gehalte nitraat in het bodemwater in de loop van het uitspoelingsseizoen, maar lang niet altijd. Verschillen tussen de gewassen zijn niet consistent. Op perceelniveau hebben 70-3 en 71-1 alle jaren een te hoog nitraatniveau in het water (minimum 73, maximum 133 mg NO₃/l), en perceel 71-2 drie van de vier jaar (minimum 20, maximum 79 mg NO₃/l). Alleen perceel 70-4 blijft in alle jaren onder de norm van 50 mg NO₃/l (minimum 14, maximum 30 mg NO₃/l).

Behalve belasting van het grondwater betekent stikstofuitspoeling ook een verlies van onbenut productiepotentieel. Daarvan kan een schatting worden gemaakt gebaseerd op wat er in het ongunstigste geval (lager grondwaterstand en laag organische stofgehalte) in het grondwater terecht komt: de stikstofvrucht, uitgerekend uit nitraatconcentratie en neerslagoverschot, zie *Figuur 10*.



Figuur 10 Verliezen door stikstofuitspoeling

Gemiddeld is de stikstofvrucht 43 kg. Dat is de hoeveelheid stikstof die als nitraat in het grondwater terechtkomt. Voor de inschatting van het verlies uit het systeem is het echter beter te kijken naar de hoogste waarde. Dat is perceel 71-1 met het laagste organische stofgehalte en de laagste grondwaterstand. Hier is de berekende stikstofvrucht gemiddeld over vier jaar 59 kg/ha. Het werkelijke verlies kan nog hoger liggen.

In het licht van de nutriëntenbalans voor stikstof heeft dat veel impact. Het gemiddelde N-overschot op basis van N-werkzaam bedraagt 12 kg, de depositie bedraagt 25 kg. Samen is dat 37 kg die een verklaring kan vormen voor de genoemde 59 kg. De resterende 22 of meer kilo's stikstof per hectare per jaar zouden dan afkomstig kunnen zijn uit netto afbraak van bodem organische stof. Bij een C/N-verhouding van 16 en een C-gehalte van de organische stof van 61% zou dat een netto afbraak betekenen van 577 kg organische stof per hectare per jaar. Dat is 44% ten opzichte van de laagste aanvoer van effectieve organische stof (object Tagetes, Tabel 14) en 14% ten opzichte van de hoogste aanvoer (object Combi).

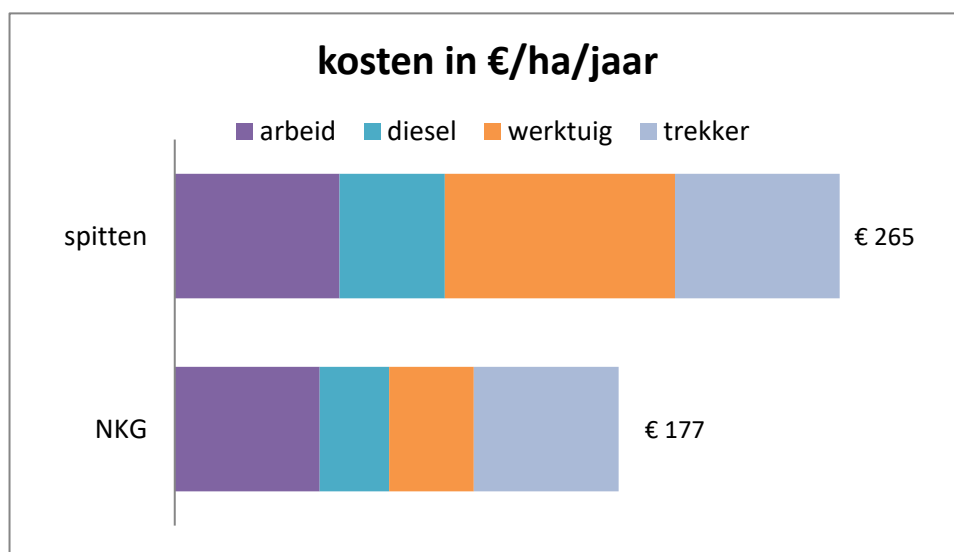
De verschillen tussen de grondbewerkingsvarianten Spitten en NKG zijn voor de stikstofvoorraden in de bodem en de stikstofuitspoeling zeer gering. Op de varianten grondbewerking heeft geen verdere data-analyse plaatsgevonden.

3.8 Kosten-batenanalyse

3.8.1 Grondbewerking

Kosten

Om het verschil in de kosten tussen de 2 objecten te berekenen is er gekeken naar het verschil in bewerkingen tussen NKG en spitten. Op de proefvelden is er enkel een verschil in de hoofdgrondbewerking en niet in andere bewerkingen. Dit betekent dat bij spitten een spitmachine gebruikt is en bij NKG een vastetand cultivator met voorzetwoeler en vorenpakker. Het verschil in kosten is in figuur 1 weergegeven. In de gehele rotatie worden ieder jaar deze grondbewerkingen uitgevoerd en zijn dus de overige werkzaamheden gelijk in beide objecten. Het verschil in de berekende kosten per hectare per jaar is € 88,-. Het grootste verschil in de kosten zit hierbij in het werktuig (€ 58). Een spitmachine is mechanisch gezien complexer dan een vastetandcultivator met voorzetwoeler en vorenpakker. Hierdoor is de machine duurder in aanschaf en is er meer onderhoud nodig. Ook verbruikt de spitmachine meer diesel (verschil met NKG € 14).



Figuur 11 De kosten per hectare voor de hoofdgrondbewerkingen bij het object Spitten en NKG opgesplitst in arbeid, diesel, werktuigkosten en trekkerkosten.

Opbrengsten

De objecten zijn ook geanalyseerd op opbrengstverschillen van de gewassen (rotatie: Festien (zetmeelaardappel) – suikerbiet – Seresta (zetmeelaardappel) – zomergerst). Deze verschillen zijn ook omgerekend naar economische verschillen. In de analyse voor de opbrengst vers gewicht zijn enkel voor Festien significante verschillen gevonden tussen NKG en spitten waarbij NKG meer opbrengst gaf. Daarom is alleen deze opbrengst meegerekend voor de economische berekening. Voor Festien is het vers gewicht gebruikt en wordt van een gemiddeld percentage zetmeel en suiker uitgegaan. Aangezien er in de statistische analyse van de opbrengsten geen significant verschil uit kwam tussen de percentages zetmeel van NKG en spitten kunnen dezelfde prijzen gebruikt worden. Deze is dus gezet op een prijs voor gemiddelde zetmeel- en suikerpercentages. In Tabel 20 wordt de financiële opbrengst van Festien weergegeven. Deze opbrengst is gemiddeld over de periode van 2014 tot en met 2017. Dit is de periode dat deze proef loopt. Er is uitgegaan van productprijzen uit de KWIN 2018.

Tabel 20 Financiële opbrengsten voor Festien. In de onderste rij wordt het verschil van NKG ten opzichte van spitten weergegeven.

Opbrengsten	Festien
Spitten	€ 3,470
NKG	€ 3,638
Vershil	€ 168

De Tabel laat zien dat er voor Festien € 168,- per hectare verschil is. Voor de andere gewassen is er geen verschil aangetoond. Omdat Festien 1:4 geteeld wordt, betekent dit dus op de hele rotatie gemiddeld € 42,- winst per hectare per jaar.

Totaal verschil

Om een compleet beeld te krijgen van de financiële voor-/nadelen van NKG zijn zowel de kostenverschillen als de opbrengstverschillen in kaart gebracht (zie Tabel 21). Doordat er kosten bespaard worden bij NKG ten opzichte van spitten en omdat NKG gemiddeld net wat meer opbrengsten oplevert, is er een financieel voordeel van € 130,- per hectare per jaar om NKG toe te passen.

Tabel 21 *Overzicht van de financiële verschillen in opbrengst en kosten tussen NKG en spitten per gewas en per rotatie. Dit zijn bedragen per hectare per jaar en zijn gemiddelden van de periode 2014-2017.*

	Festien	suikerbiet	Seresta	zomergerst	gem./jaar
Opbrengsten					
Spitten	€ 3,470				
NKG	€ 3,638				
<i>Vershil</i>	€ 168				€ 42
Kostenverschil					
Spitten	€ 265	€ 265	€ 265	€ 265	€ 265
NKG	€ 177	€ 177	€ 177	€ 177	€ 177
<i>Vershil</i>	€ -88	€ -88	€ -88	€ -88	€ -88
Voordeel NKG/ha	€ 256	€ 88	€ 88	€ 88	€ 130

In de proef bestond het verschil tussen de objecten uitsluitend uit de hoofdgrondbewerking. De andere bewerkingen zijn gelijk gebleven. Hierdoor is niet inzichtelijk wat voor eventuele gevolgen het verschil in hoofdgrondbewerking er nog meer zouden kunnen zijn. Soms kan het bijvoorbeeld zijn dat er meer onkruiden zijn bij een NKG-behandeling en dit gevolgen kan hebben voor de onkruidbestrijding. Misschien zit er ook nog meer potentie bij de gewassen die nu niet significant meer opleverden door een vastere bodem en kan dit met een (simpele) extra bewerking behaald worden. Wellicht interessant om verder te onderzoeken.

3.8.2 Tagetes

Kosten

In de rotatie met Tagetes i.p.v. zomergerst zijn er andere kosten gemaakt in vergelijking met de productie van zomergraan gevolgd door een Japanse haver groenbemester. De kosten voor de teelt van Tagetes zijn € 745 per ha (zie Tabel 22). Deze gegevens zijn gebaseerd op de KWIN, Groenbemers Brochure Afrikaantjes en input van experts. De productie van zomergraan kost 952 €/ha en van Japanse haver 420 €/ha, totaal 1372 €/ha inclusief arbeid en werktuig kosten (KWIN 2018).

Tabel 22 *Kosten teelt Tagetes uitgewerkt*

Kostenpost	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs	Eenheid	Kosten
Zaaizaad	8	kg	30	€/kg	€ 240
Tagetes zaaien (LW)	1	ha	90	€/ha	€ 90
Kalkammonsalpeter	70	kg N	1.14	€/kg N	€ 80
Middelen					€ 90
Diesel	48	l	1.1	€/l	€ 53
Arbeid	4.7	uur	27.14		€ 128
Werktuig kosten					€ 64
Totaal					€ 745

Opbrengst

Alleen als opbrengsten significant hoger waren, is het verschil opgenomen in deze economische beoordeling. De aardappels Festien en Seresta haalden een significant hogere productie in de rotatie met Tagetes. Aangezien er geen zomergerst was geteeld in de Tagetes casus, was de opbrengst significant hoger in de standaard rotatie (zie Tabel 23). De opbrengst van suikerbiet was iets hoger in het systeem met Tagetes, maar het verschil was niet significant. Prijs gegevens komen vanuit de KWIN 2018. Waar van toepassing zijn prijzen aangepast op basis van het product. Suikerbiet krijgt een telers toeslag van 9% van de basisprijs voor elk 1% over de basis suikergehalte en zetmeel aardappelen krijgen 4 euro per ton verse gewicht per 1% zetmeel over de basisprijs.

Tabel 23 Financiële opbrengsten voor Festien, Seresta en zomergerst. In het onderste rij wordt het verschil van standaard ten opzichte van Tagetes weergegeven.

Opbrengsten met significantie	Festien	Seresta	Zomergerst + groenbemester
Standaard	€ 4,946	€ 5,270	€ 1,168
Tagetes	€ 5,446	€ 5,837	
Vershil	€ 500	€ 567	€ -1,168

De Tabel laat zien dat Tagetes een positief effect heeft op de opbrengst van Festien en Seresta. Festien levert bruto € 500 meer per ha op en Seresta € 567 per ha. Maar daar tegenover staat dat de standaard rotatie €1,168 in zomergraan oplevert (bruto). Alleen naar de inkomsten kijkend levert het voor Tagetes t.o.v. standaard bruto- € 101 op.

Totaal Verschil

Om een compleet beeld te krijgen van de financiële voor- en nadelen van Tagetes zijn zowel de kostenverschillen als de opbrengstverschillen in kaart gebracht (zie Tabel 24).

De resultaten van de proef laten zien dat het vervangen van zomergerst en een groenbemester door Tagetes een klein positief effect heeft op het bouwplansaldo. Deze resultaten zijn gebaseerd op de prijzen in de KWIN 2018. Veranderingen in de marktprijs zullen dit resultaat beïnvloeden. Bovendien hebben gebieden met een hogere nematode dichtheid dan in deze proef waarschijnlijk een positiever effect van Tagetes. Andersom, bij percelen zonder of lagere besmetting zal de teelt van Tagetes ongunstiger worden. Verder onderzoek zal uitzoeken of een soortgelijk effect kan worden bereikt met 1:8 Tagetes in het bouwplan.

Tabel 24 Overzicht van de financiële verschillen in opbrengst en kosten per gewas. Dit zijn bedragen per hectare per jaar en zijn gemiddelden van de periode 2014-2017

Financiële verschillen (€/ha)	Standaard	Tagetes	Vershil Tagetes t.o.v. standaard
<u>Kosten</u>			
Graan en groenbemester	1372	0	-1372
Tagetes en groenbemester	0	1164	1164
			-208
<u>Opbrengsten</u>			
Zetmeelaardappelen	10217	11284	1067
zomergerst	1168	0	-1168
			-101
Totaal verschil bouwplan			107

3.8.3 Compost

Kosten

In de proef wordt 20 ton per ha toegediend voor aardappel en suikerbiet, dus drie keer binnen het bouwplan. Bij een prijs van € 6,50 per ton compost en uitrijkosten van € 4,50 per ton (loonwerk), zijn de kosten € 220/ha, of € 165/ha op bouwplan niveau. Daar staat tegenover dat er minder bemest hoeft te worden. Dat scheelt kosten voor de kalimeststof, en tripelsuperfosfaat en Graszout (variërend per gewas) en voor zetmeel aardappelen en zomergerst ook een toediening kunstmest. Bij suikerbieten wordt nog wel landbouwzout gegeven. De gemiddelde besparing voor bemesting over de gewassen is €44/ha.

Opbrengsten

De objecten zijn geanalyseerd op opbrengstverschillen van de gewassen (rotatie: Festien (zetmeelaardappel) – suikerbiet – Seresta (zetmeelaardappel) – zomergerst). Alleen suikerbiet haalde een significant hogere opbrengst bij object Compost. (zie Tabel 25)

Tabel 25 Financiële opbrengsten van suikerbiet bij standaard en compost.

Object	Suikerbiet
Standaard	€ 4.866
Compost	€ 5.012
Verskil	€ 147

Totaal Verschil

De kosten en baten van de aanvoer van extra organische stof (compost) is te zien in Tabel 26. Tegenover de hogere kosten van compost, is er ook een vermindering in de kosten voor kunstmest. Alsnog blijven de kosten voor compost hoger.

De toediening van compost voegt € 147 per ha toe aan de opbrengst van suikerbiet maar voor de andere gewassen was er geen significant effect. Daardoor, zijn de kosten voor compost groter dan de baten. Op bouwplan niveau is er een verlies van € 85 per ha.

Tabel 26 Overzicht van opbrengsten en kosten met het totaal verschil.

	Festien	Suikerbiet	Seresta	Zomergerst	gem./jaar
Opbrengsten					
Standaard		€ 4.87			
Compost		€ 5.01			
Vershil		€ 147			
Kostenverschil					
Standaard	€ 54	€ 82	€ 54	-€ 15	
Compost	€ 220	€ 220	€ 220	€ -	
Vershil	€ 166	€ 138	€ 166	€ 15	
Voordeel compost/ha	-€ 166	€ 8	-€ 166	-€ 15	-€ 85

3.8.4 Ca/Mg

Kosten

Voor dit object worden de meststoffen Dologran, Kieseriet en Patentkali gebruikt en apart toegediend. Dit is per gewas berekend. Tabel 27 laat zien dat de toevoeging van de meststoffen gemiddeld € 254/ha meer kosten. Verder was er voor de toediening van deze nutriënten een kunstmest of kalk strooier nodig. Dit kost € 33/ha.

Tabel 27 Verschil in bemesting tussen de objecten standaard en Ca/Mg.

Object	Tripelsuper-	Kali-50	Kali-60	NaKaMag	Dologran	Kieseriet	Totaal
	fosfaat	kg/ha	kg/ha	kg/ha	5% kg/ha	kg/ha	
Standaard	45	65	45	200	0	0	
Ca/Mg	45	185	215	200	410	320	
Vershil kg/ha	0	120	170	0	410	320	
Vershil euro/ha	0	35	52	0	80	87	254

Opbrengsten

De nutriënt toediening leverde een significant hogere opbrengst op in beide zetmeelaardappels, Festien en Seresta, en ook in suikerbiet. Tabel 28 laat zien dat Ca/Mg een bruto meeropbrengst heeft van 197 €/ha in Festien en 115 €/ha in Seresta.

Tabel 28 Opbrengsten met significant verschil van de zetmeelaardappelen.

	Festien	Seresta
Standard	€ 4,946	€ 5,270
Ca/Mg	€ 5,144	€ 5,386
Vershil	€ 197	€ 115

Totaal Verschil

Om het totale economische voor- of nadeel te zien, zijn de meerkosten en meeropbrengst van de teelt, met Ca/Mg in beeld gebracht (zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).

Tabel 29 Totaal financieel verschil tussen standaard en Ca/Mg bemesting.

	Festien	Suikerbiet	Seresta	Zomergerst	gem./jaar
Opbrengsten					
Standaard	€ 4.946		€ 5.270		
Ca/Mg	€ 5.144		€ 5.386		
Vershil	€ 198		€ 116		€ 78
Kostenverschil					
Standaard	€ 84	€ 116	€ 84	€ 70	
Ca/Mg	€ 397	€ 436	€ 193	€ 477	
Vershil	€ 313	€ 320	€ 109	€ 407	€ 287
Voordeel Ca/Mg/ha	- € 116	- € 320	€ 6	- € 407	- € 209

Het toedienen van Ca/Mg levert een gemiddelde bruto-opbrengst verhoging van € 78/ha (Tabel 29). Tegelijkertijd nemen de kosten toe, tot een gemiddelde van € 287/ha. Dus de toediening van Ca/Mg heeft een negatief effect op het gemiddelde nettoresultaat met € -209/ha.

3.8.5 Rendabiliteit maatregelen

De objecten Tagetes, Compost en Ca/Mg, hadden allen minimaal één gewas waarin de opbrengst significant hoger was, maar alleen in object Tagetes waren de baten hoger dan de kosten van de maatregel. Na 4 jaar, zijn de maatregelen Compost en Ca/Mg dus niet rendabel, Tagetes wel met een kleine winst. De toepassing van NKG blijkt een goede meerwaarde van 130/ha te hebben, dat voor een groot deel te wijten is aan lagere bewerkingskosten.

Helaas zijn er geen trendbepalingen over de jaren gedaan, het is daarom niet duidelijk of er wel een positieve trend over de jaren aanwezig is met uitzicht op een rendabel model na meer jaar.

4 Discussie

In dit hoofdstuk worden eerst de resultaten per object bediscussieerd. Vervolgens volgt een algemene discussie van de resultaten.

4.1 Niet-kerende grondbewerking

Het effect van NKG op de bodemstructuur en bijbehorende bodemdiensten is tot dusver met name in kaart gebracht in termen van opbrengst en economische meerwaarde. De opbrengst is bij NKG gemiddeld wat hoger bij de aardappelen. In enkele gevallen is dit ook significant (bijv. Festien in Standaard). Soms is het echter wat lager zoals bij zomergerst en suikerbiet (par 3.1) al is er wel een positief maar onverklaarbaar effect op het eiwitgehalte van de zomergerst. De lagere opbrengsten in suikerbiet en zomergerst hebben naar verwachting te maken dat de aansluiting van het zaadje op de grond bij NKG minder is door een grovere bodemstructuur. Hierdoor groeit het gewas minder goed weg. Financieel gezien is er een plus bij toepassing van NKG door lagere kosten van NKG ten opzichte van spitten en de significant hogere opbrengst bij Festien (par 3.7.1).

Om het effect van NKG op stuiven te bepalen, zijn er tellingen gedaan van de overleving van jonge planten na een stuifevent vlak na opkomst. Onderzoek jaren 2014-2017 waren echter geen echte 'stuifjaren', de tellingen lieten dermate weinig verschil zien en de data is daarom niet weergegeven in de resultaten. Toekomstige stuifjaren, wanneer deze zich voordoen, zullen het effect van NKG op de stuifgevoeligheid van de bodem in kaart moeten brengen.

De indringingsweerstand van NKG was in alle lagen significant lager bij Combi-NKG in vergelijking met Standaard-Spitten. Dit verschil wijten we vooral aan het verschil in grondbewerking omdat het verschil niet over de jaren veranderd is. Het is dus direct gekoppeld aan de bewerking en vooralsnog zijn er geen aanwijzingen dat door de behandelingen de bodemstructuur structureel verbeterd.

Om het volledige effect van NKG op de bodemstructuur, watervasthoudend vermogen en bijbehorende diensten in kaart te brengen, zijn er in dit stadium van het onderzoek niet voldoende metingen verricht. Een herhaling van de Tnul meting met daarin ook fysische componenten is nodig om na te gaan of de bodemkwaliteit is veranderd met toepassing van NKG.

4.2 Tagetes

De teelt van Tagetes heeft, zoals verwacht, de besmetting Pp zeer sterk verlaagd, vaak tot onder de detectiegrens. Er is geen effect van Tagetes op andere plantparasitaire aaltjes zoals wortelknobbel - en trichodoride aaltjes waargenomen. Echter het besmettingsniveau van deze aaltjessoorten was zeer laag, waardoor er mogelijk geen effecten zijn gevonden. Er zijn aanwijzingen (maar geen harde gegevens) dat de Trichodoride soort *P. pachydermus* zich redelijk tot goed op Tagetes kan vermeerderen. Het duureffect van Tagetes in deze proef is vergelijkbaar met de resultaten van onderzoek dat op de dekzandgronden in Zuidoost Nederland is uitgevoerd.

De teelt van Tagetes heeft een (sterk) positief effect op de opbrengst van zowel de eerste (Festien) als tweede aardappelteelt (Seresta) na Tagetes. De zetmeelopbrengsten van de aardappelen geteeld na Tagetes liggen gemiddeld 10% hoger dan in de rotatie met zomergerst en Japanse haver. Aannemelijk is dat de meeropbrengsten het gevolg zijn van het effect van Tagetes op de Pp besmetting. Er kan echter geen betrouwbare relatie tussen besmettingsniveau en opbrengst worden gelegd. Een verband tussen Pp besmetting en opbrengst kan alleen worden vastgesteld als er in een proef een dichtheden-reeks (Pp besmettingen van zeer licht tot zwaar) aanwezig is. In deze proef zijn de besmettingsniveaus of laag, na Tagetes, of vrij hoog, in de rotatie met zomergerst en Japanse haver.

Uit de economische analyse blijkt dat het mogelijk is om, op met Pp besmette percelen, het saldo van de totale rotatie te verbeteren door zomergerst + Japanse haver te vervangen door een zomerteelt Tagetes. Het verlies aan inkomsten van de teelt zomergerst wordt voldoende gecompenseerd door de verbetering van de aardappelopbrengsten als gevolg van de Tagetes-teelt. Bij welk besmettingsniveau van Pp het rendabel is om de graanteelt te vervangen door een zomerteelt Tagetes is op basis van de resultaten van dit onderzoek niet vast te stellen. Het gemiddelde besmettingsniveau Pp voorafgaand aan de zomergerst of Tagetes teelt lag in deze proef op circa 500 Pp aaltjes per 100 ml grond, een dichtheid die algemeen in de Veenkoloniën voorkomt. Op percelen met een hogere Pp besmetting dan in deze proef is waarschijnlijk een nog positiever effect van Tagetes te verwachten. Bij percelen met een (zeer) lage Pp besmetting zal het Tagetes effect op de aardappelopbrengst gering zijn en wanneer er alleen wordt gekeken naar de meeropbrengst van de aardappelen is de teelt van Tagetes op dergelijke percelen naar alle waarschijnlijkheid niet meer rendabel. Omdat het optimale zaaitijdstip van Tagetes tussen half mei en half juli ligt is er naast bestrijding van het wortelziekteaaltje nog de mogelijkheid om in het voorjaar andere maatregelen uit te voeren om de bodemkwaliteit te verbeteren. Het Tagetesjaar kan dan worden gebruikt als een BOOST-jaar; een jaar om te investeren in verbeteren van de bodemkwaliteit. Structuurproblemen kunnen worden aangepakt door, onder optimale omstandigheden, een diepe grondbewerking uit te voeren of drainage buizen te leggen. Door de late zaai van Tagetes kan in het voorjaar aardappelopslag effectief worden bestrijden. Ook is het mogelijk om in de periode voorafgaand aan de Tagetesteelt aardappelen als vanggewas te telen (40 dagen teelt). Door de teelt van het vanggewas kan de besmetting met aardappelcysteaaaltjes met minimaal 80% worden gereduceerd. Door, voorafgaand aan een zomerteelt Tagetes, extra maatregelen uit te voeren om de bodemkwaliteit en daarmee de gewasopbrengsten te verbeteren wordt het inzetten van Tagetes voor de bestrijding van Pp eerder rendabel. Over de duurwerking van de Tagetes kan na 4 jaar nog geen uitspraak gedaan worden. Dit kan met meer onderzoeksjaren beantwoord worden.

4.3 Compostaanvoer

Over de proefjaren 2014-2017 heeft de toevoeging van compost nog niet tot een economische meerwaarde geleid (verlies van 72 euro/ha). Gemiddeld over de gewassen was de opbrengst niet hoger, alleen suikerbiet gaf een hogere veldopbrengst en suikeropbrengst van 3%. Compost gaf een lagere zomergerstopbrengst (niet significant) en een lager volgerst% en meer doorval en een hoger eiwitgehalte. Dit komt mogelijk doordat de compost bij de zomergerst leidt tot een lagere stikstofbeschikbaarheid voor het gewas. Vanaf 2017 hebben we daarom besloten geen compost voor zomergerst toe te passen maar de gift voor de zomergerst te verdelen en toe te voegen aan de andere gewassen in de rotatie.

Bodemkwaliteit is niet gemeten in het compostobject, maar resultaten uit het Combi-object suggereren dat indicatoren voor bodemkwaliteit die direct gelinkt zijn aan compost en gewasgroei in deze proefjaren niet zijn veranderd. In de metingen zagen we geen verhoging in het organische stofgehalte, maar analyse-technisch bezien kan dat ook niet. Een betere stikstofvoorziening dankzij compost lijkt binnen dit tijdvak van vier jaar eveneens niet het geval gezien de vergelijkbare opbrengsten. Meer metingen naar bodemkwaliteit zullen in de toekomst uitgevoerd moeten worden om een beter inzicht te krijgen in het volledige effect van compost op de bodemkwaliteit in de Veenkoloniën. Aanvullende metingen gericht op lange termijn (opbrengst)effecten en weerbaarheid zoals, bodemleven, watervasthoudend vermogen en bodemstructuur kunnen extra inzicht verschaffen.

4.4 Ca/Mg balans volgens de BCSR-methode

Over de proefjaren 2014-2017 heeft Ca/Mg bemesting volgens de BCSR-methode wel tot een hogere veldopbrengst bij beide aardappelrassen geleid en een hogere zetmeelopbrengst bij Festien maar (nog) niet tot economische meerwaarde geleid (verlies van 195 euro/ha). Beide aardappelen hadden een lager zetmeelgehalte en onderwatergewicht, wat mogelijk veroorzaakt door de hoge kaliaanvoer als onderdeel van de maatregel. Een hoge kaliaanvoer verlaagt het onderwatergewicht en het

zetmeelgehalte. Op basis van de resultaten is besloten om de kaliaanvoer in deze maatregel te verlagen om te kijken of de verhoogde veldopbrengsten van aardappelen ook tot meer zetmeel kunnen leiden. De opbrengst van suikerbiet en zomergerst was niet gevoelig voor de aangepaste bemesting. Wel waren de zomergerstkorrels kleiner (meer doorval, minder volgerst) en hadden ze een hoger eiwitgehalte. Dit zagen we ook bij het compostobject maar een verklaring ontbreekt voor dit verschil voor dit object.

De BCSR-methode heeft tot doel door kationen in de juiste verhoudingen in de bodem te hebben zodat de chemische, fysische en biologische bodemkwaliteit en daarmee plantgroei toeneemt. Een BCSR met 68% Ca, 12% Mg en 5% K wordt als ideaal gezien. De bezetting van Magnesium aan de CEC is gestegen van 6 naar 11% bij de objecten Ca/Mg en Combi terwijl de bezetting van Calcium aan de CEC onveranderd is. De optimale bezetting van Calcium en Magnesium aan de CEC van 68% Ca en 12% Mg konden in dit experiment in vier jaar niet behaald worden. Door de relatief lage (streef-)pH van veenkoloniale gronden is er meer H⁺ aan het uitwisselcomplex waardoor er geen ruimte is voor meer calcium en magnesium. De BCSR-norm is 10% H⁺ aan de CEC terwijl in de Soiltech analyses 30% voor object Standaard en 23 voor object Combi gemeten werd. De BCSR-methode wordt in de literatuur betwist (Kopittke 2007) en lijkt ook in de Veenkoloniën niet tot een hogere (financiële) opbrengst te leiden.

Er zijn verder geen metingen aan de bodemkwaliteit gedaan in het Ca/Mg object. Om de effecten van de Ca/Mg bemesting op de biologische, chemische en fysische bodemkwaliteit goed in kaart te brengen, zijn meer metingen nodig. Het benodigde budget hiervoor was tot nu toe echter niet beschikbaar. Het is nog onduidelijk wat de plantsapmetingen in geoogst product zeggen over de effecten van de maatregel op de gewasgroei.

4.5 Steenmeel

De toevoeging van steenmeel heeft na vijf jaar niet tot hogere opbrengsten geleid. Vanwege de hoge kosten van deze toevoeging is gebruik van steenmeel economisch gezien niet rendabel. Ook wanneer na vier jaar wel een economisch effect optreedt is de maatregel vanwege de hoge investeringskosten voor agrarische ondernemers onaantrekkelijk. De toevoeging van steenmeel in deze proef is daarom stopgezet in 2018. Opbrengstmetingen zullen wel uitgevoerd blijven worden om mogelijke lange termijn (door)werking in kaart te brengen.

Steenmeel bevat mineralen en sporenelementen en zou de bodem verbeteren door het optimaliseren van processen die leiden tot een betere bodemkwaliteit. Veranderingen in bodemkwaliteit zijn echter niet in kaart gebracht specifiek voor het object Steenmeel, het is daarom onbekend of de toevoeging van steenmeel invloed heeft op de bodemkwaliteit. Gezien het uitblijvende effect op de opbrengsten, is dit niet verwacht. Echter, ook dit kan een langere termijn nodig hebben. Bij hogere opbrengsten in de toekomst, als gevolg van doorwerking, is het raadzaam om een analyse op de bodemkwaliteit uit te voeren.

4.6 Combinatie van alle maatregelen

Object Combi bevat een combinatie van alle maatregelen waarin in de loop van de jaren wel de kalibemesting is teruggebracht wegens negatieve effecten op het onderwatergewicht bij zetmeelaardappel. Dit object had gemiddeld een 12% hogere veldopbrengst waarbij opbrengsten van aardappelen en suikerbiet hoger waren dan in de Standaard-spitten. Zomergerst is niet geteeld in object Combi vanwege de Tagetes. Er was in object Combi geen effect van grondbewerking zichtbaar. Ook de marktbaar opbrengsten waren in object Combi hoger dan Standaard Spitten. 6,3% voor Seresta, 10,9% voor Festien en 4,6% voor suikerbiet. Het effect van object Combi lijkt voor aardappelen vergelijkbaar met object Tagetes. Andere maatregelen zoals Ca/Mg of grondbewerking lijken hiermee geen extra opbrengstwinst op te leveren. Wel kan de opbrengstwinst in ton zetmeel negatief beïnvloed zijn door de hoge kaliaanvoer in object Combi. De kaliaanvoer is in de afgelopen jaren al gereduceerd. Voor suikerbiet is er wel een combinatie-effect waar te nemen omdat de

afzonderlijke maatregelen geen significant effect hebben op de opbrengst en object Combi wel. De maatregelen van de objecten Compost en Ca/Mg lijken het meest effect, mogelijk door een grotere stijging van de pH met beide maatregelen. Object Combi is economisch niet rendabel als alle kosten van de maatregelen worden meegenomen, vooral door de hoge kosten voor steenmeel.

Object Combi had een lagere indringingsweerstand dan Spitten-Standaard wat geheel geweten wordt aan de grondbewerking (zie paragraaf 4.1). Er is geen opbouwend effect van de grondbewerking of andere maatregelen op de bodemdichtheid geconstateerd.

De bemestingen met compost, calcium en magnesiummeststoffen en steenmeel hebben effect gehad op de chemische bodemkwaliteit. De pH en de CEC-bezetting zijn in de afgelopen jaren gestegen. Er is geen stijging van het organisch stofgehalte waargenomen. Dit was ook niet te verwachten gezien de grote variatie en gemiddeld hoge niveau in organische stofgehalten, de meeton nauwkeurigheid in de analyse en de relatief kleine te verwachten stijging van dit gehalte. Ook is er geen stijging van de CEC waargenomen terwijl die met aanvoer van steenmeel en compost verwacht was. De kali- en magnesiumvoorraad in de bodem zijn door de hoge kali- en magnesiumbemesting flink toegenomen in de bodem. Dit is zowel zichtbaar in de K-PAE als in het K-getal. De calciumvoorraad neemt ook toe al is dit alleen in het laatste jaar significant hoger.

De afname van het wortelstelselaaltjes met de teelt van *Tagetes* in object Combi is vergelijkbaar met die in object *Tagetes*. Er zijn geen andere verschillen in dynamiek van nematodenvermeerdering en -afname tussen de verschillende objecten.

We kunnen geen onderscheid maken door welke maatregelen de veranderingen in bodemkwaliteit worden veroorzaakt omdat metingen in veel van de individuele objecten grotendeels ontbreken.

4.7 Organische stofbalans

De vier gepresenteerde benaderingen van de organische stofbalans zijn gebaseerd op verschillen in afbraaksnelheid (benadering 2 NKG en benadering 3 afhankelijkheid van beginniveau) of van aandeel inerte organische stof (benadering 4). Vermindering van afbraak door NKG en aandeel inerte organische stof zijn onderdeel van rekenmodel Ndicea (Burgt et al 2006) dat op deze dataset ingezet zou kunnen worden. Andere benaderingswijzen zijn momenteel in onderzoek (Hanegraaf et al., 2019). In deze tussenrapportage komt een benadering met een pool inerte organische stof als perspectiefvol naar voren; dit wijst dus in de richting van benadering 4.

De gemeten waarden bodemorganische stof in 2014 – 2018 laten geen ontwikkeling in de tijd zien en laten geen verschillen tussen de objecten zien. Dit is op zich geen verrassing: een periode van vier jaar is te kort om, gegeven de meeton nauwkeurigheid van de standaard bodem organische stof bepaling van Eurofins, tot betrouwbaar gemeten verschillen gedurende de jaren of ten gevolge van behandeling te kunnen komen. Een onderbouwing van deze bewering loopt als volgt:

- Meetnauwkeurigheid organische C (vanaf 1,0 %): +/- 5%. Meetwaarden altijd in 1 decimaal uitgeleverd (bron: mondelinge mededeling Kars Brolsma, Eurofins Agro)
- Gemeten C-gehalte organische stof is 61%. Dan resulteert 11% organische stof in 6,7% organisch koolstof.
- Gegeven de onnauwkeurigheid van 5% tweezijdig moet het verschil tussen metingen dus minimaal 10% zijn
- 10% van 6,7 = 0,67% C overeenkomend met 1,01% organische stof.
- 1,1% organische stof komt bij 25 cm diepte en 1,14 kg/l soortelijk gewicht overeen met 31350 kg organische stof.
- Het grootste berekende verschil in

-
- Tabel 14 is 4953 kg extra afvoer per jaar. Cumulatief over vier jaar is dat 19314 kg. Dit getal is kleiner dan 31350 en dus zou zo'n verschil niet betrouwbaar meetbaar zijn.

Het verschil in kg organische stof is waarschijnlijk dus te klein om in deze korte tijd gemeten te kunnen worden. In kilogrammen uitgedrukt gaat het echter mogelijk om grote getallen. Hetzelfde geldt, mutatis mutandis, voor de meetbaarheid van N-totaal en de daaruit berekende hoeveelheid N-totaal in kg per hectare. Bij een organische stof verlies van maximaal 4953 kg per hectare per jaar, een C-gehalte van 0,61 en een C/N-verhouding van 22,6 zou het gaan om maximaal 135 kg N/ha/jaar die in balans-termen niet zichtbaar zou worden. Dat is een heel grote hoeveelheid. Bij object Standaard met een verlies van 549 kg per jaar zou het kunnen gaan om 15 kg N/ha/jaar die nergens geregistreerd wordt, behalve misschien deels in uitspoelingsmetingen.

Of voor N-totaal en andere bodembepalingen eenzelfde meetonnauwkeurigheid van +/- 5% aangehouden moet worden is niet nagegaan. Dat zou wel gedaan kunnen worden om op voorhand meer zicht te krijgen op minimaal te realiseren verschillen in proeven.

4.8 Nutriëntenbalansen

De balansen zijn opgesteld 'aan de poort': wat er gecontroleerd is aangevoerd en afgevoerd. Depositie zit er niet in. De stikstofdepositie bedraagt rond 25 kg/ha/jaar. Dat is substantieel (rond 15%) ten opzichte van de aanvoer van werkzame stikstof Nwz die varieert van 163 tot 182 kg. De SO₃ depositie wordt geschat op 15 kg/ha/jaar (Schils 2016). Ten opzichte van de gecontroleerde aanvoer van SO₃ is dat relatief nog veel groter (25%) dan in het geval van stikstof. In alle objecten is er bij SO₃ sprake van een minstens twee keer zo hoge aanvoer als afvoer. Een andere bron van nutriënten kan bestaan uit de bodem zelf. Er kan ingeteerd worden op bodemvruchtbaarheid, bij voorbeeld door netto afname van de organische stof (zie paragraaf 4.7). Dat is in deze balans niet meegenomen.

Voor stikstof is er sprake van een goede balans tussen aanvoer en afvoer, gemeten op basis van de werkzame stikstof. Daarbij is geen rekening gehouden met de aanvoer via depositie (25 kg/ha jaar⁻¹). Ook is er geen rekening gehouden met eventuele verandering van het bodemorganische stofgehalte en het bodem stikstofgehalte. Daarover meer in paragraaf 4.9.

Uitgaande van Standaard is er in termen van balans tussen aanvoer en afvoer ruimte voor extra aanvoer van P, K en Mg. Object Tagetes lijkt in de mineralenbalans veel op Standaard. De andere objecten leiden allen tot een sterke stijging van de aanvoer van P, K, Mg en soms Na bij nagenoeg gelijkblijvende afvoer. Dit resulteert in hoge overschotten. Bij de objecten Compost en Combi is bovendien sprake van een complete omkering van de P-balans ten opzichte van Standaard: van een tekort van -20 kg P₂O₅/ha/jaar naar een overschot 43 respectievelijk 57 kg P₂O₅/ha/jaar. Als tijdelijke maatregel, bij voorbeeld om de bodemvoorraad aan te vullen of de balans tussen nutriënten aan te passen (BCSR-methode) is dat te rechtvaardigen; als blijvende bemestingsstrategie echter niet.

De verschillen in de nutriëntenbalansen tussen de varianten NKG en Spitten zijn zeer gering en zijn voor de meeste nutriënten en de meeste objecten kleiner dan 4 kg/ha/jaar. Er zijn twee uitzonderingen:

- De stikstofoverschotten, zowel N totaal als Nwz, zijn bij object Tagetes in geval van NKG 8 kg/ha/jaar lager dan bij Spitten. De bemesting bij Spitten en NKG is identiek, dus het ligt aan de combinatie van opbrengst en stikstof-concentratie in het product. De opbrengstverschillen zijn gering, dus zou het aan de concentratie van N in het product moeten liggen. Dat is ook zo: als bij object Tagetes de gemeten N-concentraties van NKG gemiddeld worden en die van Spitten ook, dan resulteert dat erin dat NKG 0,12 kg N per ton versproduct méér heeft dan Spitten. Er lijkt dus sprake van een interactie tussen grondbewerking en N-concentratie in het product in het geval van object Tagetes. Dit is echter niet statistisch onderbouwd.
- Als tweede uitzondering is het K₂O-overschot bij object Combi in geval van Spitten 12 kg/ha/jaar lager dan bij NKG. Aangezien de bemesting bij Spitten en NKG identiek was ligt het aan de afvoer, dus de combinatie van opbrengst en K₂O-concentratie in het product die bij Spitten dus hoger was dan bij NKG. De opbrengstverschillen zijn gering, dus zou het aan de concentratie van K₂O in het

product moeten liggen. Dat is ook zo: als bij object Combi de gemeten K_2O -concentraties van NKG gemiddeld worden en die van Spitten ook, dan resulteert dat erin dat bij Spitten de inhoud 0,24 kg K_2O per ton versproduct hoger ligt dan bij NKG. Er lijkt dus sprake van een zekere interactie tussen K_2O -opname en grondbewerking in het object Combi. Dit is niet statistisch onderbouwd. Bij de combinatie Tagetes-N en de combinatie Combi- K_2O wordt een interactie geconstateerd die toegeschreven zou kunnen worden aan verschillen in nutriëntenconcentraties. Zou dat algemener het geval kunnen zijn, maar verscholen raken door de verschillen in opbrengst? Om dit te verkennen zijn alle concentratie van N, P_2O_5 en K_2O voor Spitten en NKG separaat gemiddeld (data niet getoond). De richting is identiek maar de uitkomst veel kleiner dan bij genoemde object-nutriëntcombinaties. NKG resulteert in gemiddeld 0,06 kg N per kg versproduct méér dan Spitten. Voor K_2O is het omgekeerd: Spitten resulteert in 0,07 kg K_2O per kg versproduct méér dan NKG. Voor P_2O_5 is geen effect gezien, voor de andere nutriënten is de berekening niet gemaakt. De verschillen zijn zeer klein en dit alles is niet statistisch onderbouwd.

4.9 Stikstofvoorraden in de bodem en stikstofuitspoeling

Door de zeer grote spreiding binnen de meetgegevens zijn er maar weinig relaties blootgelegd wat betreft de samenhang tussen de objecten enerzijds en stikstofverliezen en grondwaterbelasting anderzijds. Het wel aangetoonde effect is dat van de percelen met perceel 70-4 als uitzondering: laag niveau nitraat in het grondwater bij een hoog organische stofgehalte en een hoge grondwaterstand. De invloed van deze twee componenten kan niet eenvoudig uit elkaar worden gehaald. Van organische stof mag enige invloed verwacht worden op de uitspoeling van nitraat, maar erg groot kan die niet zijn. Vergroting van de CEC speelt voor nitraat vrijwel geen rol. Een groter watervasthoudend vermogen heeft invloed op de waterdynamiek maar als de bodem in het najaar eenmaal op veldcapaciteit is spoelt regenwater hoe dan ook door, onafhankelijk van het organische stofgehalte. Kijkend naar de gemeten relaties tussen organische stof en nitraatgehalte van het grondwater met een gemiddelde waarde $R^2 = 0,12$ is er nauwelijks sprake van een verband. Voor de relatie met de grondwaterstand, met $R^2 = 0,40$ ligt dat anders. De relatie is sterker, en er is een goede verklaring voor. Bij een hogere grondwaterstand is er sprake van een situatie onder de bouwvoor van enerzijds voldoende vocht, en anderzijds voldoende bodemleven en afbraak van organische stof, resulterend in denitrificatie. Deze stikstof gaat verloren voor het bedrijf maar vormt geen belasting voor het grondwater. Bij een diepe grondwaterstand is de zogenaamde 'uitspoelingsfractie' (Fraters et al. 2012) veel hoger door de veel geringere afbraak van nitraat gedurende het traject van uitspoeling naar het grondwater. Wat verder nog een rol kan spelen in het afwezig lijken van duidelijke relaties is de grote spreiding van het organische stofgehalte. Gemiddeld over de percelen is er een groot verschil, maar binnen de percelen zijn de verschillen ook erg groot, variërend van 6,0 tot 20,6% op het niveau van de objecten. Het zou kunnen dat het organische stofeffect deels de gewaseffecten overschaduwde.

De stikstofverliezen per hectare zijn berekend op 59 kg per jaar. Dat moet als minimum worden beschouwd. Ook in dit geval zal vermoedelijk sprake zijn van verliezen door denitrificatie onder de bouwvoor, maar dat kan op basis van dit cijfermateriaal niet geschat worden. Datzelfde geldt voor denitrificatie in de bouwvoor en bewortelbare zone. Het is geen gevoelige grond voor denitrificatie, maar afwezig zal die niet zijn.

4.10 Algemene discussie

In het experiment Bodemkwaliteit Veenkoloniën zijn een vijftal maatregelen en één combinatie van de vijf maatregelen getest op hun effecten op opbrengst en bodemkwaliteit. Het blijkt dat alleen het vervangen van zomergerst door Tagetes en de niet-kerende grondbewerking effectieve maatregelen zijn qua fysieke en financiële opbrengst, al is deze voor niet-kerende grondbewerking beperkt. Toepassing van compost en de Ca/Mg-bemestingsstrategie geeft wel een opbrengstverhoging maar de kosten zijn hoger dan de baten. Toepassing van steenmeel heeft geen effect op de opbrengst laten

zien. Het object met de combinatie van maatregelen leidt tot de hoogste opbrengsten maar ook dit object is niet financieel rendabel.

De effecten op de bodemkwaliteit zijn in de afgelopen jaren maar beperkt in kaart gebracht via chemisch grondonderzoek en metingen van indringingsweerstand in Spitten-Standaard en NKG-Combi. Daarnaast zijn ook profielkuilbeoordelingen gedaan maar deze zijn in deze analyse niet meegenomen. Het is dringend gewenst om de integrale startmeting van bodemkwaliteit te herhalen. Mogelijk gaat dit in 2020 gebeuren, hoewel dan ook waarschijnlijk maar een klein deel van de objecten en percelen gemeten kan worden. Hiermee kan een integrale beoordeling van de bodemkwaliteit van de verschillende maatregelen voor verschillende doelen uitgevoerd worden.

Het verbeteren van bodemkwaliteit is een lange termijn proces. Daarom is na 4 tot 5 jaar uitvoering van de proef ook nog niet te verwachten dat op alle punten resultaat zichtbaar is. De proef wordt in ieder geval tot 2020 voortgezet, al zou verlenging tot 2021 wenselijk zijn om een tweede gehele vruchtwisselingsperiode van 4 jaar af te kunnen ronden.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

In een veenkoloniale vruchtwisseling met zetmeelaardappelen, suikerbiet en zomergerst leidde de volgende maatregelen na 4 tot 5 jaar toepassing tot de volgende resultaten wat betreft opbrengst en bodemkwaliteit:

- Toepassing van NKG in plaats van Spitten leidde tot een hogere opbrengst in aardappel (Festien) en een lagere indringingsweerstand.
- Vervanging van zomergerst door Tagetes leidde tot een sterke reductie van de besmetting met het wortellesieaaltje en een fors hogere aardappelopbrengst die de meerkosten van de Tagetes en het wegvallen van de zomergerstteelt financieel ruim compenseerde.
- Toepassing van compost leidde tot een hogere suikerbietopbrengst maar had geen effect in andere gewassen.
- Toepassing van de bemestingsstrategie volgens BCSR met focus op verhoudingen in Ca/Mg leidde tot hogere opbrengsten in aardappel. De kosten van de maatregel waren echter hoger dan de baten. De Ca/Mg verhouding verschoof grotendeels naar de gewenste relatieve verhouding. De absolute bezetting van het uitwisselingscomplex wordt echter niet bereikt door een relatieve lage pH.
- Toepassing van steenmeel had geen effect op de opbrengst. De kosten waren hoog en daarmee is de maatregel niet kosteneffectief.
- Een combinatie van alle maatregelen leidde tot de hoogste opbrengst. De effecten zijn in de aardappelteelt echter vooral toe te wijzen aan de toepassing van Tagetes. Het is onduidelijk welke maatregelen effect hebben gehad in de suikerbieten. De bodemkwaliteit is veranderd door de grote toepassing van steenmeel, compost en calcium- en magnesiummeststoffen (pH, CEC-bezetting, K, Mg), de toepassing van NKG (indringingsweerstand) en Tagetes (niveau wortellesieaaltje)

In de periode van onderzoek zijn beperkt bodemmetingen uitgevoerd waardoor het effect op de bodemkwaliteit nog niet integraal vastgesteld kan worden. Wel is vastgesteld dat slechts één van de vier percelen voldoet aan de kwaliteitseisen voor grondwater wat betreft nitraatlast, en dat dat zeer waarschijnlijk komt door de hoge grondwaterstand.

Op basis van de opgestelde nutriëntenbalansen wordt duidelijk dat verschillende maatregelen leiden tot sterke overschotten aan Ca, K en Mg. Als tijdelijke maatregel voor correctie van de bodemkwaliteit is dat verdedigbaar, maar niet als blijvende bemestingsstrategie. Voor compost is op basis van deze onderzoeksresultaten niet vast te stellen of het (uiteindelijk) leidt tot een betere bodemkwaliteit of dat het (ook) kan leiden tot (uiteindelijk) versterkte uitspoeling.

5.2 Aanbevelingen

Op basis van de gepresenteerde resultaten en conclusies doen we hierbij de volgende aanbevelingen:

- De Tagetesmaatregel kan goed toegepast worden in de praktijk eventueel in combinatie met een BOOST-jaar waarin ook andere bodemverbeterende maatregelen getroffen kunnen worden als structuurverbetering, aanleg drainage, bestrijding aardappelopslag, aardappelcystenaaltjes en/of wortelonkruiden. Hiermee wordt de maatregel nog mee rendabel.
- Met een vervolg van het project kan in de analyses ook gekeken worden naar trends over jaren in plaats van gemiddeldes over (alle) jaren.
- Om effecten van maatregelen te duiden zijn meer metingen nodig:
 - Herhaling van de Tnul meting op brede bodemkwaliteit met zo mogelijk ook aanvulling in metingen in andere objecten dan Standaard-Spitten en Combi-NKG
 - Meer metingen om de beoogde effecten daadwerkelijk vast te stellen en hiermee een antwoord te geven op de gestelde onderzoeksvragen (zie paragraaf 1.2). Ook hier gaat

het om metingen in de andere objecten dan Standaard-Spitten en Combi-NKG.
Bijvoorbeeld om ook de indringingsweerstand in de objecten Standaard-NKG en Combi-spitten te meten.

- Fysische metingen aan bijvoorbeeld watervasthoudend vermogen en bodemstructuur zijn ook gewenst om verschillen door grondbewerking maar ook bemesting (compost, Ca/Mg, steenmeel) in kaart te brengen.
- Veel resultaten worden verklaard door bemesting, dit lijkt niet een optimaal resultaat. Gekeken moet worden of het effect van bemesting gekwantificeerd kan worden en of voor de toekomst de bemestingsstrategieën aangepast moeten worden.
- Voortzetting tot tenminste 2021 van de proef is gewenst om zo een volgende rotatie ook afgerond te hebben.

Literatuur

Albrecht, W.A. (1975 – 2011 (Charles Walters Ed.)). Albrecht's Foundation Concepts Volume 1. 515 pp.

Burgt, G.J.H.M. van der, G.J.M Oomen, A.S.J. Habets and W.A.H. Rossing (2006). The NDICEA model, a tool to improve nitrogen use efficiency in cropping systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 74: 275-294

Fraters, D., T.C. van Leeuwen, A. Hooijboer, M.W. Hoogeveen, L.J.M. Boumans, J.W. Reijs (2012). De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven. RIVM Rapport 680716006/2012, 34 pp.

Hack-ten Broeke, M.J.D., W.A. de Boer, J.M.J. Dekkers, W.J.M. de Groot & E.J. Jansen, 1993. Stikstofemissies naar het grondwater van geïntegreerde en gangbare bedrijfssystemen in de akkerbouw op de proefbedrijven Borgerswold en Vredepeel. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 287.1.

Hanegraaf, M., W. van Geel, W. van de Berg, en J. de Haan (2019). Afbraaksnelheid bodem organische stof. Wageningen UR, rapport WPR-801, 28 pp.

Kopittke, P. M., & Menzies, N. W. (2007). A review of the use of the basic cation saturation ratio and the "ideal" soil. *Soil Science Society of America Journal*, 71(2), 259-265.

Lesschen, J.P., Heesmans, H., Mol-Dijkstra, J., Doorn, A. van, Varkaik, E., Wyngaert, I. van den, en Kuikman, P. (2012). Mogelijkheden voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw en natuur. Wageningen UR, Alterra-rapport 2396, ISSN 1566-7197, 62 pp.

Schils, R. (2016). 30 vragen en antwoorden over zwavel. Wageningen UR / Alterra, 66 pp.

Smit, A.L., J.J. de Haan & K.B. Zwart 2005. Kan de akkerbouw en groenteteelt op zandgrond voldoen aan de nitraatnorm? Resultaten Experimenteel Onderzoek op de Kernbedrijven Vredepeel en Meterik. Telen met toekomst publicatie nr. OV0502. Plant Research International. Wageningen.

Visser, J.H.M., P. van Asperen en J. de Haan (2015). Bodemkwaliteit Veenkoloniën, vaststellen van de kwaliteit van de percelen, Metingen van fysische, chemische en (micro)biologische bodemparameters. Interne rapportage PPO nr.3750267500

Wadman, W.P en S. de Haan (1997). Decomposition of organic matter from 36 soils in a long-term pot experiment. *Plant and Soil* volume 189, p. 289–301

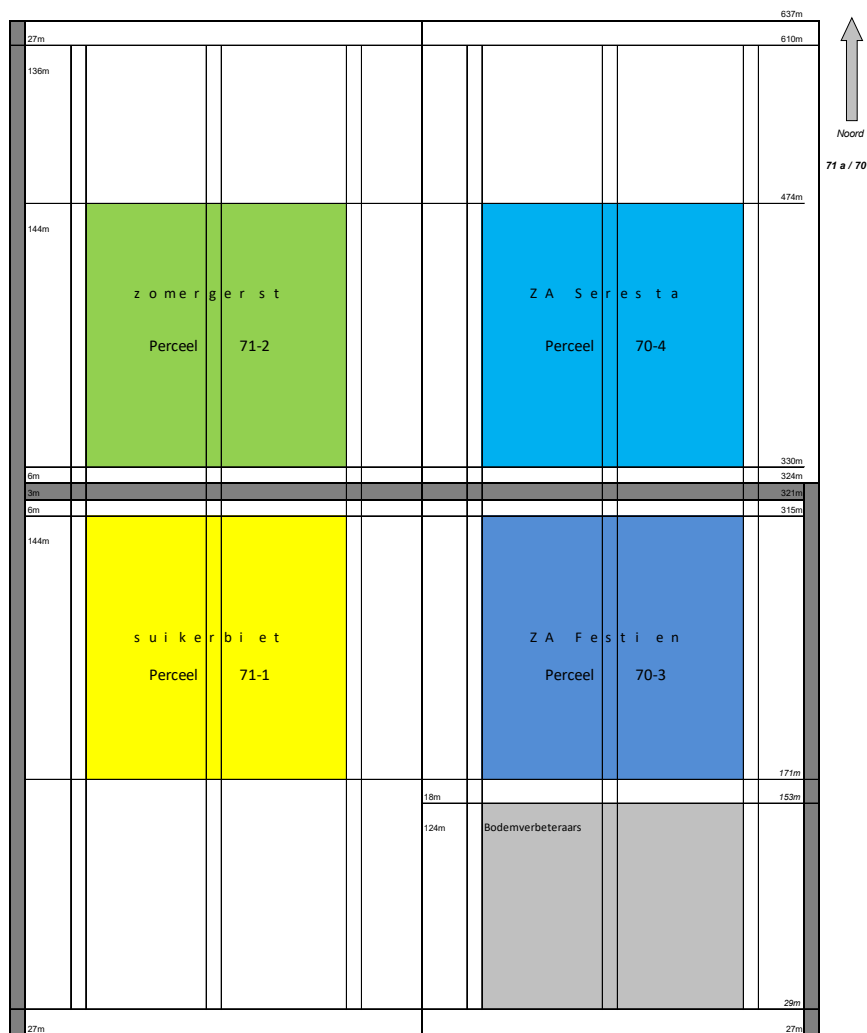
Zwart, K., A. Kikkert, A. Wolfs, A. Termorshuizen, en G.J. van der Burgt (2013). De organische stofbalans met de te verwachten stikstoflevering per teeltrotatie. HLB, Wijster, 17 pp.

Zwart, K., A. Kikkert, A. Wolfs, A. Termorshuizen, en G.J. van der Burgt (2013). 10 vragen en antwoorden over organische stof. HLB, Wijster, 8 pp.

Zwart, K.B., J.J.H. van den Akker, D.W. Bussink, M.J.O.M. de Haas, R.Y. van der Weide, J.G.M. Paauw, W. Saathoff, D. Goense en A.J. Doornbos (2011). Waterkwaliteit bij de wortel aangepakt. WUR Alterra rapport 2177, 93 pp.

Bijlage 1 Overzicht percelen en gewasrotatie

Overzicht percelen en gewasrotatie in 2013



Perceel	Gewas/Jaar				
	2013	2014	2015	2016	2017
70-3	Festien	SB	Seresta	ZG	Festien
70-4	Seresta	ZG	Festien	SB	Seresta
71-1	SB	Seresta	ZG	Festien	SB
71-2	ZG	Festien	SB	Seresta	ZG

Geel-gearceerd zijn de jaren na een Tagetesteel voor de objecten Tagetes en Combi

Bijlage 2 Proefveldschema perceel 71-1



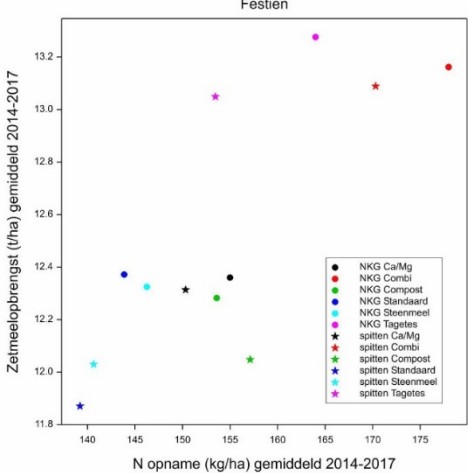
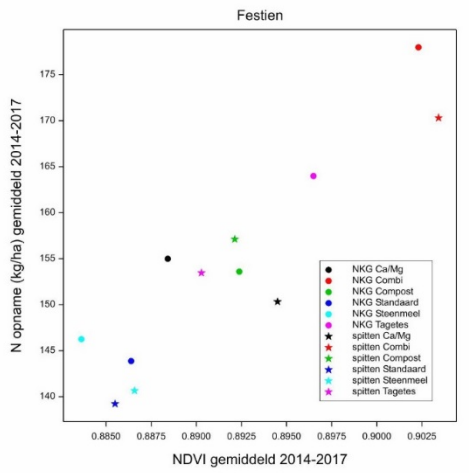
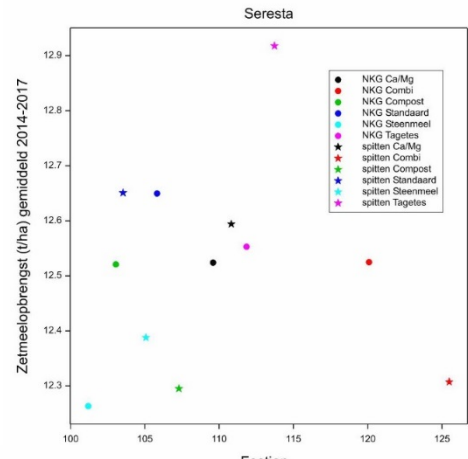
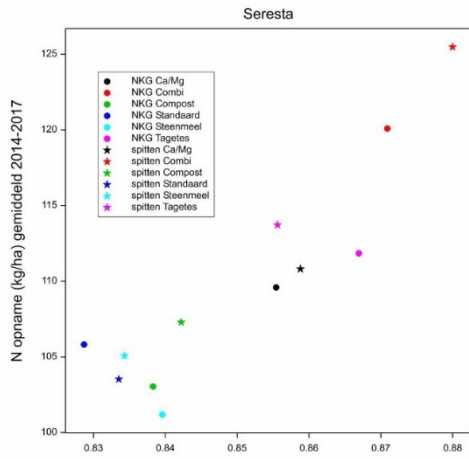
Bijlage 3 Gewasgroei

Bodembedekking (NDVI) en N opname door middel van Cropscan metingen

Cropscan NDVI en N opname (kg/ha) in de jaren 2014-2017 (significante verschillen t.o.v. Standaard-Spitten in oranje)

Festien		2014		2015		2016		2017	
		16 juli	12/Sep	12/Aug	18/Sep	26 juli	31/Aug	4 juli	4/Sep
NDVI	Standaard-sp	0.91 abc	0.79 a	0.92 abc	0.88 def	0.91 a	0.90 ab	0.90 ab	0.90 ab
	Tagetes-sp	0.90 a	0.82 ab	0.92 abc	0.88 cde	0.91 a	0.90 ab	0.91 de	0.90 ab
	Compost-sp	0.90 abc	0.82 ab	0.92 abc	0.87 abcd	0.91 a	0.90 ab	0.91 de	0.91 ab
	Ca/mg-sp	0.91 abc	0.84 ab	0.92 bc	0.88 cdef	0.91 a	0.90 ab	0.91 cde	0.90 ab
	Steenmeel-sp	0.91 bc	0.79 a	0.91 a	0.87 abcd	0.91 a	0.90 a	0.90 a	0.89 a
	Combi-sp	0.91 abc	0.87 b	0.92 abc	0.88 def	0.91 a	0.91 b	0.91 e	0.92 b
	Combi-nkg	0.91 bc	0.87 b	0.92 abc	0.89 ef	0.91 a	0.91 b	0.91 cde	0.91 ab
N opname	Standaard-sp	291 ab	62 a	214 abc	83 a	192 a	82 ab	99 abcd	91 ab
	Tagetes-sp	290 ab	88 ab	224 bc	143 bcd	190 a	82 ab	111 cd	100 abc
	Compost-sp	279 a	86 ab	237 c	122 abc	186 a	98 abc	105 abcd	146 d
	Ca/mg-sp	294 ab	90 ab	213 abc	147 bcd	186 a	92 abc	99 abcd	82 a
	Steenmeel-sp	294 ab	63 a	210 abc	97 ab	187 a	75 a	102 abcd	98 abc
	Combi-sp	311 ab	115 b	215 abc	158 cd	192 a	122 cd	116 d	134 cd
	Combi-nkg	335 b	90 ab	191 ab	261 f	201 a	135 d	103 abcd	107 abc
Seresta		2014		2015		2016		2017	
		26/Aug	12/Aug	18/Sep	26/Jul	31/Aug	4/Jul	28/Aug	4/Sep
NDVI	Standaard-sp	0.78 abc	0.91 a	0.80 abc	0.92 bcd	0.78 ab	0.91 c	0.86 a	0.69 a
	Tagetes-sp	0.77 abc	0.91 a	0.83 bc	0.92 bcd	0.75 ab	0.91 c	0.84 a	0.78 abc
	Compost-sp	0.73 ab	0.91 a	0.80 abc	0.92 cd	0.85 b	0.91 c	0.87 a	0.73 ab
	Ca/mg-sp	0.84 c	0.91 a	0.82 bc	0.92 d	0.85 b	0.91 c	0.87 a	0.78 abc
	Steenmeel-sp	0.71 a	0.91 a	0.77 ab	0.92 bcd	0.78 ab	0.91 abc	0.87 a	0.73 ab
	Combi-sp	0.83 bc	0.91 a	0.74 a	0.93 d	0.81 ab	0.91 c	0.87 a	0.84 bc
	Combi-nkg	0.78 abc	0.91 a	0.82 bc	0.92 ab	0.78 ab	0.91 bc	0.86 a	0.88 c
N opname	Standaard-sp	64 a	242 a	61 ab	186 cd	50 a	123 ab	65 a	27 a
	Tagetes-sp	63 a	247 ab	70 ab	188 d	49 a	129 b	59 a	38 ab
	Compost-sp	54 a	249 ab	61 ab	192 d	76 a	120 ab	70 a	33 ab
	Ca/mg-sp	94 a	247 ab	69 ab	175 bcd	74 a	119 ab	65 a	42 ab
	Steenmeel-sp	53 a	245 ab	53 ab	182 cd	46 a	121 ab	69 a	32 ab
	Combi-sp	89 a	267 bc	45 a	197 d	52 a	121 ab	68 a	48 ab
	Combi-nkg	82 a	278 c	82 b	177 cd	59 a	123 ab	71 a	76 c

- In de eerste meting van 2017 is de NDVI van Festien bij bijna alle objecten hoger dan het Standaard object, uitgezonderd van het object Steenmeel. Bij Seresta zien we dit niet. De grondbedekking van Festien lijkt dus achter te blijven in standaard, wat duidt op een betere gewasgroei in de andere objecten.
- De NDVI is voor beide rassen op 1 moment hoger voor de beide Combi varianten, voor Festien is dit de tweede meting van 2014 en voor Seresta is dit de laatste meting van 2017.
- N opname is bij Festien op elke tweede meting van elk jaar significant hoger voor Combi-Spitten en in 2015 en 2016 ook voor Combi-NKG. Een hogere N opname wordt ook enkele keren gemeten bij de tweede meting van Festien in andere objecten, namelijk Tagetes en Ca/Mg (2015) en Compost (2017). Bij Seresta is de N opname verhoogd voor de beide Combi varianten in augustus 2015 en voor de Combi-NKG in september 2017.
- In de loop der jaren lukt het ons beter het moment van de Cropscan meting beter aan te laten sluiten bij de visuele verschillen in het gewas. In alle jaren zien we wel in meer of mindere mate dat de objecten Tagetes en Combi langer groen blijven. Dat komt doordat het populatieniveau van de Pp tot ca 0 is teruggebracht en door de stapeling van nutriënten (alleen bij Combi). Dat is lang niet altijd terug te zien in de cropscan metingen



Bijlage 4 Aaltjes

Besmetting Meloidogyne en Trichodoridae op perceel 70-3. Aantal nematoden per 100 ml grond gemeten in maart voorafgaand aan de teelt.

Object	2013 Festien		2014 suikerbiet		2015 Seresta		2016 Gerst of Tagetes		2017 Festien	
	melo	tricho	melo	tricho	melo	tricho	melo	tricho	melo	tricho
NKG_Co	2 a	4 a	4 a	7 a	8 a	4 a	9 a	6 a	0 a	17 a
Spit_St	4 a	8 a	13 a	16 a	3 a	4 a	7 a	11 a	5 b	57 a
F pr.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.05	n.s.

Besmetting Meloidogyne en Trichodoridae op perceel 70-4. Aantal nematoden per 100 ml grond gemeten in maart voorafgaand aan de teelt.

Object	2013 Seresta		2014 Gerst of Tagetes		2015 Festien		2016 suikerbiet		2017 Seresta	
	melo	tricho	melo	tricho	melo	tricho	melo	tricho	melo	tricho
NKG_Co	1 a	6 a	2 a	13 b	0 a	1 a	0 a	3 a	0 a	2 a
NKG_St			1 a	3 ab	0 a	3 a	0 a	2 a		
NKG_Tag			1 a	1 a	0 a	4 a	0 a	2 a		
Spit_St	0 a	3 a	0 a	3 ab	0 a	4 a	0 a	3 a	0 a	2 a
Spit_Tag			0 a	3 ab	1 a	1 a	0 a	4 a		
F pr.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Besmetting Meloidogyne en Trichodoridae op perceel 71-1. Aantal nematoden per 100 ml grond gemeten in maart voorafgaand aan de teelt.

object	2013 Suikerbiet		2014 Seresta		2015 Gerst of Tagetes		2016 Festien		2017 suikerbiet	
	melo	tricho	melo	tricho	melo	tricho	melo	tricho	melo	tricho
NKG_Co	1 a	13 a	0 a	4 a	0 a	2 a	0 a	2 a	0 a	1 a
Spit_St	2 a	2 a	0 a	1 a	0 a	3 a	1 a	0 a	0 a	1 a
F pr.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Besmetting Meloidogyne en Trichodoridae op perceel 71-2. Aantal nematoden per 100 ml grond gemeten in maart voorafgaand aan de teelt.

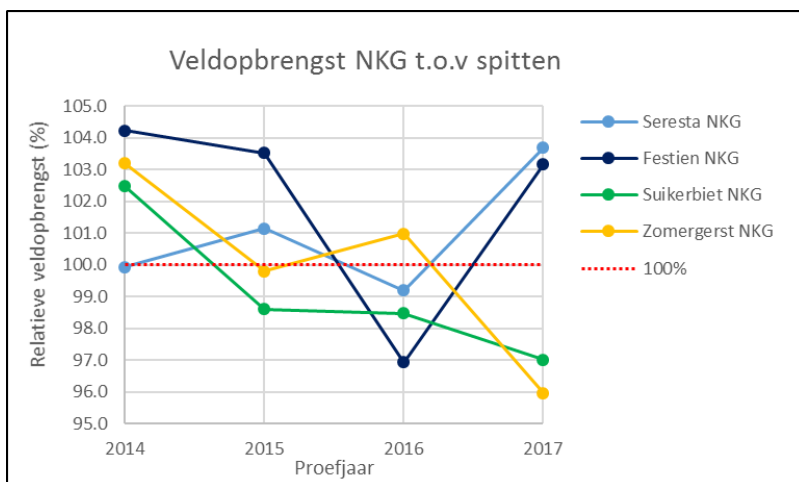
Object	2013 Gerst of Tagetes		2014 Festien		2015 suikerbiet		2016 Seresta		2017 Gerst of Tagetes	
	melo	tricho	melo	tricho	melo	tricho	melo	tricho	melo	tricho
NKG_Co		16 a		5 a	1 a	4 a	0 a	15 b	1 ab	4 a
NKG_St				8 a	1 a	13 a	2 a	17 b	2 ab	24 b
NKG_Tag				14 a	0 a	25 a	1 a	12 b	0 a	17 ab
Spit_St		16 a		19 a	0 a	10 a	0 a	15 b	1 ab	13 ab
Spit_Tag				13 a	1 a	5 a	1 a	1 a	13 b	12 ab
F pr.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.05	n.s.	n.s.

Bijlage 5 Indringingsweerstand

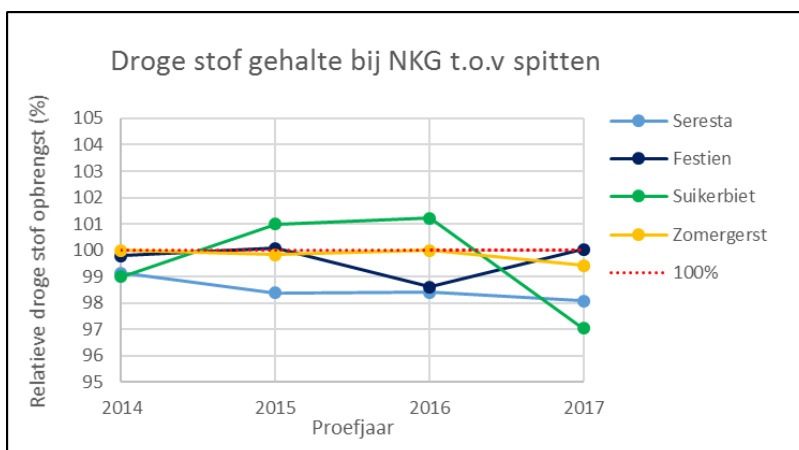
Bepalingen van de indringingsweerstand op de percelen tijdens verschillende meetmomenten

Perceel	Grondbewerking	Object	27-6-2013	26-3-2014	5 en 16-6-2014	23-3-2015	21-6-2015	31-3-2016	6-6-2016	22-3-2017
70-3	Spitten	Standaard		X	X	X	X	X	X	X
70-3	Spitten	Combi			X		X			
70-3	NKG	Standaard			X		X			
70-3	NKG	Combi		X	X	X	X	X	X	X
70-4	Spitten	Standaard		X	X	X	X	X	X	X
70-4	Spitten	Combi			X		X			
70-4	NKG	Standaard			X		X			
70-4	NKG	Combi		X	X	X	X	X	X	X
71-1	Spitten	Standaard	X	X	X	X	X	X	X	X
71-1	Spitten	Combi			X		X			
71-1	NKG	Standaard			X		X			
71-1	NKG	Combi	X	X	X	X	X	X	X	X
71-2	Spitten	Standaard	X	X	X	X	X	X	X	X
71-2	Spitten	Combi			X		X			
71-2	NKG	Standaard			X		X			
71-2	NKG	Combi	X	X	X	X	X	X	X	X

Bijlage 6 Veldopbrengst en droge stofopbrengst NKG t.o.v. spitten



Relatieve veldopbrengst met NKG t.o.v. spitten over de jaren 2014-2017



Relatieve droge stofopbrengst met NKG t.o.v. spitten over de jaren 2014-2017

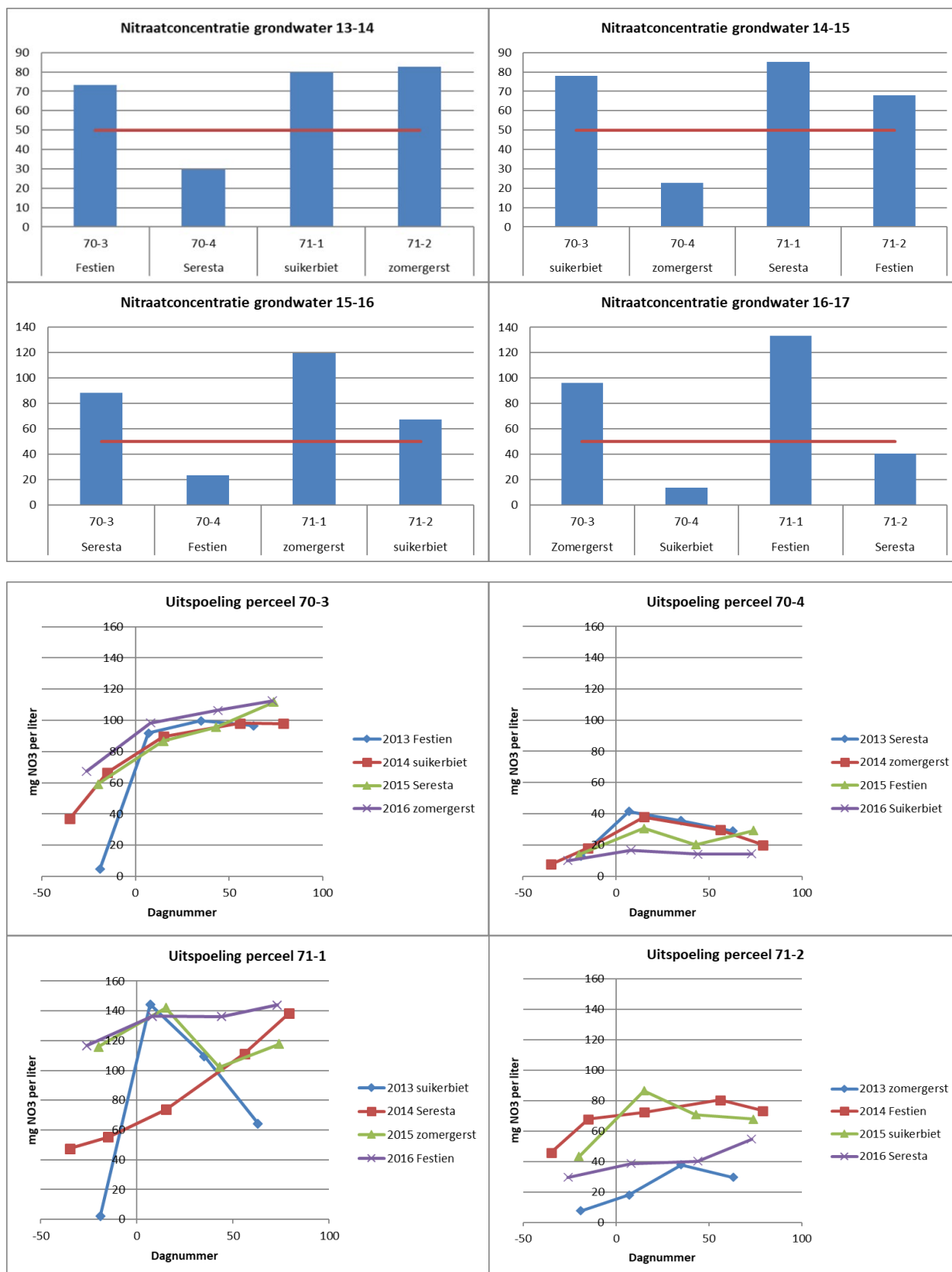
Bijlage 7 Nutriënteninhoud NKG t.o.v. spitten

N totaal	Festien		Seresta	
	(g/kg/DS)	(kg/ha)	(g/kg/DS)	(kg/ha)
Standaard-sp	13.3 a	199.4 a	14.1 a	231.1 ab
Standaard-nkg	13.5 a	209.8 ab	13.9 a	225.0 a
Tagetes-sp	13.4 a	226.4 cdef	13.9 a	233.5 ab
Tagetes-nkg	13.5 a	226.9 def	14.5 a	252.3 b
Compost-sp	13.5 a	203.9 ab	14.0 a	234.5 ab
Compost-nkg	13.3 a	205.5 ab	14.1 a	224.2 a
Ca/mg-sp	13.6 a	215.9 bcd	13.6 a	231.8 ab
Ca/mg-nkg	13.4 a	217.3 bcde	13.6 a	227.8 a
Steenmeel-sp	13.4 a	204.7 ab	14.4 a	231.6 ab
Steenmeel-nkg	13.7 a	211.9 abc	13.7 a	227.4 a
Combi-sp	13.4 a	228.4 ef	13.8 a	242.9 ab
Combi-nkg	13.6 a	238.8 f	13.9 a	239.6 ab
	Suikerbiet		Zomergerst	
	(g/kg/DS)	(kg/ha)	(g/kg/DS)	(kg/ha)
Standaard-sp	4.6 ab	105.8 a	17.6 ab	109.8 abc
Standaard-nkg	4.7 ab	104.9 a	18.0 b	112.9 c
Tagetes-sp	4.7 ab	108.6 ab		
Tagetes-nkg	4.8 ab	109.1 abc		
Compost-sp	4.8 ab	112.6 abc	17.7 ab	108.8 abc
Compost-nkg	4.8 ab	108.9 abc	17.7 ab	107.0 a
Ca/mg-sp	4.7 ab	109.8 abc	17.8 ab	112.4 abc
Ca/mg-nkg	4.5 a	107.3 a	18.1 b	112.6 bc
Steenmeel-sp	4.7 ab	109.2 abc	17.3 a	107.4 ab
Steenmeel-nkg	4.6 ab	103.3 a	17.7 ab	111.1 abc
Combi-sp	4.9 ab	117.8 c		
Combi-nkg	4.9 b	117.2 bc		

P	Festien		Seresta	
	(g/kg/DS)	(kg/ha)	(g/kg/DS)	(kg/ha)
Standaard-sp	2.1 ab	30.9 a	2.1 c	33.5 abc
Standaard-nkg	2.0 a	31.6 a	2.1 cd	34.1 abc
Tagetes-sp	2.4 c	40.4 b	2.1 c	34.3 abc
Tagetes-nkg	2.4 cd	40.4 bc	2.2 d	39.1 d
Compost-sp	2.2 b	32.8 a	2.1 c	34.2 abc
Compost-nkg	2.1 ab	32.0 a	2.1 cd	33.7 abc
Ca/mg-sp	2.1 ab	33.2 a	1.9 ab	32.1 ab
Ca/mg-nkg	2.0 a	33.0 a	1.9 a	31.4 a
Steenmeel-sp	2.1 ab	31.3 a	2.0 abc	32.5 abc
Steenmeel-nkg	2.1 ab	32.2 a	2.0 abc	32.7 abc
Combi-sp	2.5 d	43.1 c	2.0 abc	35.7 cd
Combi-nkg	2.4 cd	41.9 bc	2.0 bc	35.4 bc
	Suikerbiet		Zomergerst	
	(g/kg/DS)	(kg/ha)	(g/kg/DS)	(kg/ha)
Standaard-sp	1.4 abc	31.8 a	4.0 abc	24.8 a
Standaard-nkg	1.4 abc	31.2 a	4.0 bc	24.9 a
Tagetes-sp	1.4 ab	31.8 a		
Tagetes-nkg	1.4 a	30.7 a		
Compost-sp	1.4 abc	33.2 ab	4.0 c	24.4 a
Compost-nkg	1.4 bc	33.0 ab	4.0 c	24.1 a
Ca/mg-sp	1.4 ab	31.8 a	3.9 abc	24.9 a
Ca/mg-nkg	1.3 a	31.4 a	3.9 ab	24.4 a
Steenmeel-sp	1.4 ab	31.2 a	3.9 a	23.9 a
Steenmeel-nkg	1.4 ab	31.1 a	3.9 abc	24.5 a
Combi-sp	1.4 abc	33.0 ab		
Combi-nkg	1.5 c	35.2 b		

K	Festien		Seresta	
	(g/kg/DS)	(kg/ha)	(g/kg/DS)	(kg/ha)
Standaard-sp	16.3 a	244.6 a	17.0 bcde	277.9 abc
Standaard-nkg	16.4 a	253.6 a	16.7 bcde	272.1 ab
Tagetes-sp	17.8 ab	299.5 bcd	16.6 bcd	278.4 abc
Tagetes-nkg	18.0 abc	301.8 cd	16.1 abc	281.0 bc
Compost-sp	17.8 ab	269.1 ab	16.6 bcd	276.0 ab
Compost-nkg	17.6 ab	272.9 abc	15.8 ab	252.6 a
Ca/mg-sp	19.1 bcd	301.5 cd	17.7 de	300.2 cd
Ca/mg-nkg	19.8 d	318.5 de	17.1 cde	285.9 bc
Steenmeel-sp	17.1 a	260.3 a	16.2 bc	261.4 ab
Steenmeel-nkg	17.2 a	263.3 a	15.0 a	252.0 a
Combi-sp	20.7 d	349.4 e	17.9 e	316.9 d
Combi-nkg	19.7 cd	340.4 e	17.6 de	303.9 cd
	Suikerbiet		Zomergerst	
	(g/kg/DS)	(kg/ha)	(g/kg/DS)	(kg/ha)
Standaard-sp	5.9 a	136.2 a	5.5 a	33.8 a
Standaard-nkg	6.0 a	134.8 a	5.4 a	33.8 a
Tagetes-sp	6.2 ab	143.0 a		
Tagetes-nkg	6.4 abcd	146.2 ab		
Compost-sp	6.0 a	142.0 a	5.4 a	32.6 a
Compost-nkg	6.2 abc	142.2 a	5.4 a	32.1 a
Ca/mg-sp	6.8 de	157.2 b	5.4 a	33.7 a
Ca/mg-nkg	6.7 cde	158.3 bc	5.4 a	33.3 a
Steenmeel-sp	6.1 ab	141.3 a	5.4 a	33.1 a
Steenmeel-nkg	6.3 abcd	141.4 a	5.4 a	33.5 a
Combi-sp	7.2 e	171.3 c		
Combi-nkg	6.7 bcde	159.2 bc		

Bijlage 8 Nitraatconcentratie grondwater per seizoen, per perceel, per gewas



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



Correspondentie adres voor dit rapport:
Wageningen University & Research | Open
Teelten
Edelhertweg 1
Postbus 430
8200 AK Lelystad
T (+31)320 29 11 11
www.wur.nl/openteelten

Rapport WPR-831

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research 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, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen University & Research 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.
