

Biowisselkas:

*Bredere vruchtwisseling
voor een
gezondere bodem*

*Willemijn Cuijpers
Leen Janmaat*

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

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

© 2012 Louis Bolk Instituut
Biowisselkas, bredere vruchtwisseling voor een gezondere bodem
Auteurs: Ir. Willemijn Cuijpers, Ing. Leen Janmaat
42 pagina's
Trefwoorden: biologische glastuinbouw, vruchtwisseling, Meloidogyne incognita, Tagetes patula, Capsicum annuum c.v. Snooker
Publicatienummer 2012-007 LbP
Rapport beschikbaar als download via:
www.louisbolck.nl

Voorwoord

Biologisch telen doe je in de grond. Tot dusver is dit het uitgangspunt van biologisch glastuinbouw. Daarom besteden biologische glastuinders veel aandacht aan de bodem, zowel aan bodemvruchtbaarheid als aan bodemgezondheid. Om de bodem te vrijwaren van ongewenste pathogene organismen neemt de tuinder meerdere maatregelen. Eén van die maatregelen is vruchtwisseling. In de praktijk blijkt een vruchtwisseling van 2:1 echter onvoldoende effectief. Binnen de beperkingen van de glastuinbouwpraktijk en de regels is er gezocht naar geforceerde vruchtwisselingsmaatregelen waarbij de gevolgen qua opbrengst en kosten voor de biologische glastuinder zelf acceptabel zijn. Het idee om stroken aan te leggen in de kas is afkomstig van Gert Kögeler die zitting heeft in de productwerkgroep glasgroenten van Bioconnect. De praktische uitvoering van dit idee is in 2008 opgepakt door de gebroeders Verbeek, waaruit de naam Köver systeem is ontsproten. Vanaf 2009 heeft ook Frank de Koning het systeem getest op zijn bedrijf. De effecten en gevolgen van deze preventieve maatregel vormt een oplossingsrichting voor de problemen waarmee de glastuinders worstelen. Aanvullend is kennis verzameld over verschillende gewassen en antagonistische planten in relatie tot de meest voorkomende bodemziekten & -plagen. Zonder medewerking van de glastuinders Frank de Koning, en Leo, Fons en Jac Verbeek had dit praktijkonderzoek geen invulling gekregen. Het rapport wordt daarom opgedragen aan zowel de bron van het idee Gert Kögeler als aan de praktiserende biologische glastuinders.

Biowisselkas vormt echter maar één poot van het bodemgezondheidsonderzoek. De andere poot wordt gevormd door biovitaalkas, waarin aanvullende maatregelen voor ziektewerende bodems zijn onderzocht. Deze twee projecten leveren een bescheiden bijdrage aan het grotere doel: een vruchtbare en gezonde bodem onder de biologische kas waarin gezonde biologische producten kunnen groeien.

Leen Janmaat & Willemijn Cuijpers
April 2012

Inhoud

Samenvatting	7
Summary	9
1 Inleiding	11
2 Achtergrond	13
3 Vraagstelling en onderzoeksdoel	15
4 Materiaal en methode	17
4.1 Bedrijfsgegevens	17
4.2 Proefopzet wisselsysteem	18
4.3 Opbrengstbepaling	21
4.4 Analyse nematodenpopulatie	22
4.5 Bepaling Wortel Knobbels Index (WKI)	22
4.6 Droge stofbepaling antagonistische gewassen	22
4.7 Analyse nutriëntengehalten in de bodem	22
5 Resultaten	23
5.1 Opbrengstcijfers	23
5.2 Bodemgezondheid: nematoden	25
5.3 Plantgezondheid	28
5.4 Antagonistische gewassen	28
5.5 Beschikbaarheid nutriënten	30
6 Conclusies en discussie	33
6.1 Telen op smalle stroken	33
6.2 Antagonistische gewassen	33
6.3 Opbrengst	34
6.4 Wortelknobbelaaltjes	34
6.5 Gezond wortelstelsel	35
6.6 Aanpassingen bemesting	35
7 Aanbevelingen voor verder onderzoek	37
Literatuur	39
Bijlage 1	41
Score-kaart voor bepaling wortelknobbelsindex	41

Samenvatting

In 2009 en 2010 is een praktijkproef uitgevoerd met een alternatief teeltsysteem in de biologische glastuinbouw. Het doel van het alternatieve systeem is het verbeteren van de bodemgezondheid, door verbreding van de vruchtwisseling. Dit moet gebeuren op een manier die economisch rendabel is. In het zogenaamde Köver systeem, worden de plantbedden ondergronds door middel van folie in compartimenten verdeeld. Op de ene helft van het plantbed worden vruchtgroenten geteeld, en op de andere helft van het plantbed kunnen antagonistische gewassen worden geteeld, of kan de grond braak worden gelegd. Paprika blijkt in het systeem veel last te hebben van de antagonistische gewassen, die veel licht wegvangen. Door de rijke grondsoort (locatie Tinte) en hoge temperatuur hebben de antagonistische gewassen (*Tagetes patula* c.v. Single Gold (Ground Control) en *Capsicum annuum* c.v. Snooker) een sterke groei. De opbrengst van de paprika loopt daardoor met 25% terug. Hoewel we in combinatie met braak geen opbrengstdaling hebben gemeten, was er wel veel wegval van stengels. Vervolgonderzoek kan meer duidelijkheid geven of de combinatie paprika en braak echt rendabel is. Tomaat produceert in het systeem in combinatie met braak hetzelfde als in een normale teelt. De aantallen pathogene wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne incognita*) nemen sterk af tijdens een jaar braak. Twee jaar braak heeft echter geen extra effect op de daling van de aaltjespopulatie. Aan het eind van de opvolgende tomatenteelt zijn de aaltjesaantallen echter weer sterk gestegen, dit onafhankelijk van de voorvrucht (paprika of braak). Wel zijn de wortels iets gezonder van tomatenplanten die geteeld zijn nadat de grond braak heeft gelegen. De gezondheidsverbetering is echter te klein om ook in een hogere opbrengst te resulteren. Het systeem vraagt een andere aanpak van de bemesting.

Summary

In 2009 and 2010 a field experiment was conducted with an alternative cultivation system in organic greenhouse production. The aim of the alternative system is to improve soil health, by broadening crop rotation. A precondition is the economic viability of the alternative system. In the so-called Köver system, planting beds are below-ground divided in compartments by means of a plastic sheet. On one half of the planting bed, greenhouse crops are grown, while on the other half antagonistic crops can be grown or the soil can be left fallow. Sweet pepper suffered from the antagonistic crops, which capture a lot of light. The rich soil stimulated the abundant growth of antagonistic crops (*Tagetes patula* c.v. Single Gold (Ground Control) and *Capsicum annuum* c.v. Snooker). This resulted in a production loss of 25% in sweet pepper. Although we didn't measure a decline of production in combination with fallow, many stems of sweet pepper wilted. Future investigation should point out if the combination sweet pepper and fallow is viable. When cultivated in the alternative system, tomato reaches the same level of production as normal. The number of pathogenic root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*) drops sharply during fallow. Two years of fallow had no additional effect on the decline of the nematode population. At the end of the tomato crop, the number of nematodes had increased again, independent from the previous conditions (sweet pepper or fallow). Tomato roots were a little healthier after the fallow period. However, the improvement of plant health was too small to result in higher production levels. The system needs a different fertilization approach.

1 Inleiding

Biowisselkas is een vervolg op het project “De biologische Kringloopkas van de toekomst” dat in 2006 is afgesloten. Dit project gaf richting aan de noodzakelijke ontwikkelingen en innovaties voor de biologische teelt onder glas. Hieruit zijn twee nieuwe bedrijfsconcepten geschetst voor de toekomst (ambitie niveau 2030): de Bioproductiekas en de Biostadskas. Hierin staan het sluiten van kringlopen en efficiëntie-verbetering centraal. De Bioproductiekas is een grootschalige, export-georiënteerde biologische bedrijfsvorm, waarin reststromen uit andere tuinbouwbedrijven of de industrie op efficiënte wijze worden benut. De Biostadskas is een regionaal georiënteerde, agrarische activiteit, die is ingebed in het landschap én de verstedelijkte samenleving. Voor het verwezenlijken van een Bioproductiekas zijn introducties van duurzame technieken noodzakelijk. Centraal hierin staan:

- Beheersing van bodemprocessen;
- Goede alternatieve energiebronnen en opslagsystemen voor fossiele energie;
- Uitwisseling van reststromen, energie en warmte.

In verband met deze gewenste innovaties speelt ook de nationale en Europese regelgeving een rol. Met name de EU verordening kent nauwelijks richtlijnen die direct aansluiten bij de biologische teelt onder glas. Op basis van een knelpunten-analyse en mogelijke oplossingsrichtingen zijn door de projectgroep de volgende ambities geformuleerd:

- Emissies van water en nutriënten zijn nihil;
- Organische reststromen worden 100% herbenut;
- Het systeem is zo weerbaar dat ziekten en plagen goed te beheersen zijn;
- Er wordt na 2020 geen gebruik meer gemaakt van fossiele energiebronnen.

Eén van de ambities is het vergroten van de bodemweerbaarheid. Naar aanleiding hiervan zijn twee onderzoeksprojecten gestart: Biowisselkas en Biovitaalkas. Biowisselkas onderzoekt de praktische mogelijkheden van een innovatief systeem dat kan bijdragen aan een betere bodemgezondheid, het zogenaamde wissel- of Köversysteem. De eerste proeven met dit systeem zijn in 2008 gestart bij de gebroeders Verbeek te Velden en een jaar later bij het bedrijf De Koning in Tinte. Hierbij is bewust gekozen voor bedrijven die op verschillende grondsoorten telen. De ontwikkeling van bodemgebonden plagen (schimmels en aaltjes) verschilt vaak per locatie en bodemsoort. Welke specifieke bodem-eigenschappen hierbij een rol spelen, en hoe je de bodemweerbaarheid kan stimuleren zijn de belangrijkste onderzoeksvragen binnen het project Biovitaalkas. Beide projecten zijn aan elkaar gekoppeld. Dit rapport bevat de resultaten van een tweejarige praktijkproef met het wisselsysteem in Tinte..

2 Achtergrond

Het is voor de biologische glastuinbouw belangrijk om een gezonder productiesysteem te ontwikkelen. De krappe vruchtwisseling en het gebrek aan rustperiodes geeft in intensieve teelten een hoge belasting van de bodem met pathogenen. Niet alleen wortelknobbelaaltjes zoals *Meloidogyne incognita*, maar ook schimmels zoals *Verticillium dahliae* kunnen flink huishouden in de teelt. Ruime vruchtwisseling is in de open teelten *het* biologische antwoord om de populaties van ziekteverwekkers op een laag niveau te houden. Het verruimen van de vruchtwisseling in de teelt onder glas kan perspectief geven op een gezondere bodem, maar bevat ook een aantal haken en ogen. Het inpassen van minder gevoelige en/of antagonistische gewassen of braak 'op de normale manier' heeft direct effect op het saldo. Er zijn echter ook andere manieren denkbaar om toch de vruchtwisseling te verbreden. In 2007 hebben biologische vruchtgroentetelers besproken welke teeltsystemen met een verbrede vruchtwisseling ('wisselteelt') in aanmerking komen voor verdere uitwerking. De opties die hier naar voren kwamen, zijn gerangschikt naar inpasbaarheid binnen het eigen bedrijfssysteem en economische haalbaarheid. Op basis hiervan zijn vier systemen geselecteerd voor vervolgonderzoek (Blom *et al.*, 2008):

- Wisseling binnen één teeltseizoen van braak of een antagonistisch gewas gevolgd door een teelt van vruchtgewassen;
- Wisseling in het seizoen met vruchtgroenten, bladgewassen, en bloemen;
- Afwisseling in de ruimte (op hetzelfde tijdstip) van bedden met braak of antagonistisch gewas en bedden vruchtgroenten, die ook boven het braakliggende bed wordt geleid;
- Afwisseling in de ruimte zoals voorgaande, uitgebreid met verticale schotten (compartimenten) in het plantbed zelf, om verspreiding van schadelijke bodemorganismen te voorkomen.

Het wisselschema moet worden ontworpen op basis van een aantal factoren: de tijdsduur dat een schadelijk organisme in de bodem kan overleven zonder gastheergewas (persistentie), de gevoeligheid van het gewas (waardplantstatus), inpassing in het huidige bedrijfssysteem zonder veel technische aanpassingen (bedrijfssysteem), en een opbrengstderving die niet meer mag zijn dan de derving die ontstaat door schadelijke bodemorganismen (maximaal 20% opbrengst verlies).

Dit verslag is het resultaat van onderzoek naar de vierde variant. Het systeem bestaat uit compartimenten in de bodem, begrensd door stroken plastic folie die evenwijdig aan de plantbedden zijn ingegraven. In de ene helft van het plantbed wordt op intensieve wijze het productiegewas geteeld. De andere helft van het plantbed blijft gedurende de duur van de teelt braak liggen, of wordt met een antagonistisch werkend gewas beplant, om de bodem rust te gunnen en pathogenen terug te dringen. Door het tussenschot van folie kunnen de aaltjes niet migreren van het antagonistische naar het cultuurgewas. Vanaf 2008 werd het Köversysteem experimenteel toegepast in tomaat, paprika en komkommer, op het bedrijf van de gebroeders Verbeek in Velden, op een humusrijke, klei-arme zandgrond (Boonekamp, 2008). Vanaf 2009 is het systeem op een tweede locatie getest: op de zware zavel / lichte kleigrond van het bedrijf van De Koning in Tinte. Dit verslag omvat de proeven op de tweede locatie.

3 Vraagstelling en onderzoeksdoel

Vanwege hoge investeringslasten en daarbij noodzakelijke financiële prestatie van het glastuinbouwbedrijf is intensief gebruik van de bodem noodzakelijk. Dit intensieve gebruik van de bodem, jaarrond teelt & beperkte vruchtwisseling, sluit niet aan bij de principes van de biologische grondgebonden teelt. Om het systeem overeind te houden zijn extra maatregelen en zorg voor de bodem noodzakelijk. Voor het project biowisselkas luidt het doel:

Onderzoeksdoel

Bepaling van de inpasbaarheid van een vruchtwisseling met braak en antagonistische gewassen in de biologische vruchtgroententeelt onder glas.

Hiervoor moeten een aantal vragen beantwoord worden:

- Is het teelttechnisch mogelijk om op smalle stroken te telen met een grotere plantdichtheid?
- Hoe werken antagonistische gewassen teelttechnisch in de praktijk?
- Wat gebeurt er met de opbrengst bij toepassing van het systeem?
- Wat is het effect van antagonistische gewassen of braak op de wortelknobbelaaltjes?
- Wordt het wortelstelsel van de planten gezonder door toepassing van het systeem?
- Welke aanpassingen vraagt het systeem in bemesting?

In de praktijkproef moet een ander teeltsysteem met bredere vruchtwisseling en rustperiodes worden ontwikkeld. Hierbij zal een zekere mate van opbrengstverlies ontstaan. Het gebruik van ruimte en licht is namelijk inefficiënter dan in het normale productiesysteem. Het is de bedoeling dat dit verlies wordt gecompenseerd door een betere bodemgezondheid. In de huidige biologische teelt zijn de eerste jaren op een gezonde bodem het meest productief. Daarna neemt de productie af door een verslechterde bodemgezondheid. Problemen met *Meloidogyne* of *Verticillium* steken makkelijk de kop op. Een productieverlies van 20 procent is daarbij niet ongewoon. Bij grotere verliezen is de teelt niet meer kostendekkend. De doelstelling is om met het wisselsysteem een productie te bereiken die maximaal 8 tot 12 procent lager ligt dan de productie op een 'nieuwe', gezonde bodem.

Direct daarmee verbonden is het streven om de populatie pathogene nematoden terug te brengen tot onder de schadedrempel. Daarbij zijn met name de (warmteminnende) wortelknobbelaaltjes voor de biologische vruchtgroenteteelt relevant, in het bijzonder *Meloidogyne incognita*, en in mindere mate *M. javanica*, *M. arenaria* en *M. hapla*. De doelstelling is om de aaltjespopulatie in de braakliggende of met antagonistische gewassen beplante stroken in één seizoen zover terug te brengen dat er geen schade ontstaat in het volggewas. Gezien de dynamiek van de aaltjespopulatie is het wenselijk om aan het begin van de teelt tot een niveau van minder dan 100 nematoden per 100 cc grond terug te gaan, maar afhankelijk van het bodemtype kunnen lagere beginwaarden noodzakelijk zijn.

4 *Materiaal en methode*

4.1 *Bedrijfsgegevens*

Ligging en grondsoort Het glastuinbouwbedrijf ligt in Tinte in de regio Voorne-Putten (Zuid Holland) op een kalkrijke poldervaaggrond. De bovengrond heeft een lutumgehalte van 12%, een organische stofgehalte van 9,0% en bevat 3,4% koolzure kalk (CaCO_3). Naar onderen toe wordt de grond lichter, en is daarbij sterk opdrachtig. De bedrijfsvoering is sinds 2001 biologisch. Het bedrijf heeft een intensieve rotatie van paprika en tomaat, verdeeld over 3 kassen. De teelten vinden jaarrond plaats, met een teeltwisseling in de maanden december en januari.

Bemesting De voorraadbemesting voor de teelt wordt in de laatste maanden van het voorafgaande jaar gegeven, en daarnaast wordt er afhankelijk van het gewas een aantal keren korrels gestrooid tijdens de teelt. Op de locatie waar de praktijkproef ligt, is de volgende bemesting toegepast:

Voorraad- en bijbemesting paprika:

- 72 ton/ha compost (Van Iersel) (december 2008)
- 1500 kg/ha Agro Biosol (7-1-1) (Sandoz) (december 2008)
- 1000 kg/ha Biovin (2,5-1,5-2,5) (Plant Health Care) (december 2008)
- 2500 kg/ha Monterra Malt (5-1-5) (augustus 2009)

Voorraad- en bijbemesting tomaat:

- 75 ton/ha compost (Van Iersel) (december 2009)
- 1600 kg/ha Agro Biosol (7-1-1) (Sandoz) (december 2009)
- 1000 kg/ha Monterra luzerne (3-1-3) (december 2009)
- 15.625 kg/ha Monterra Malt (5-1-5) (periode april-oktober)

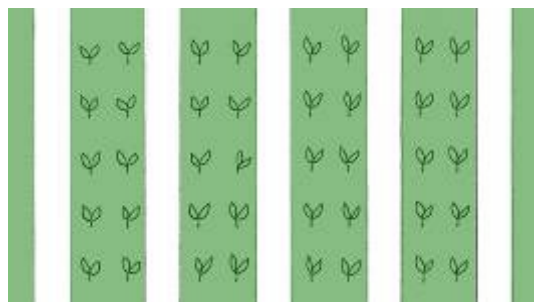
In het wisselsysteem staan er op het gehalveerde plantbed twee keer zoveel planten. De hoeveelheid meststoffen die normaalgesproken over het hele plantbed verdeeld zou worden, is nu over het halve plantbed verdeeld, waarbij het braakgedeelte onbemest is. De totale hoeveelheid meststoffen per hectare blijft dus gelijk aan de normale teelt.

Watergift In het wisselsysteem staan alle druppelaars in de strook met het vruchtgroentegewas en via de regenleiding komt 2/3 van het water op de strook met vruchtgroenten. Hierdoor krijgen de antagonistische gewassen toch voldoende water en droogt het braakgedeelte niet helemaal uit.

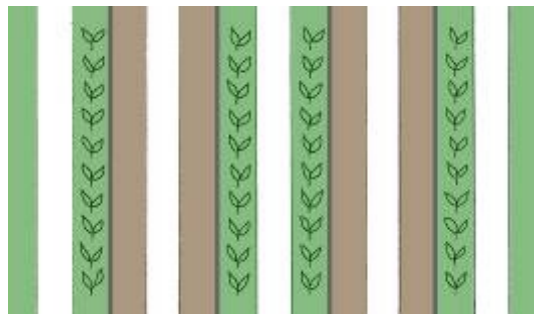
Stomen In deze kas is in het najaar van 2005, voorafgaand aan de tomatenteelt, voor het laatst gestoomd. Na het stomen kreeg de kas te maken met een extreem hoge aaltjesdruk. Daarom is er in de daaropvolgende teelten niet meer gestoomd.

4.2 Proefopzet wisselsysteem

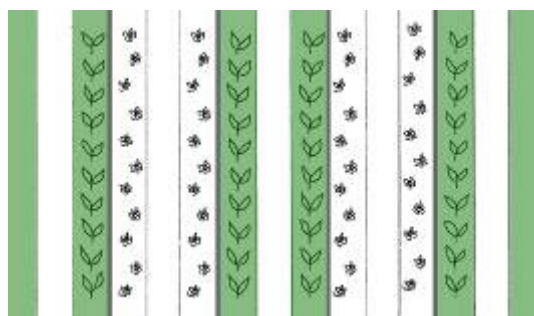
De basis voor het wisselsysteem is aangelegd in twee tralies, met een totaal oppervlak van 16 x 65 meter. De teeltstroken zijn fysiek van elkaar gescheiden door een dik, zwart folie, dat over de hele lengte van het plantbed (65 meter) is ingegraven. Voor het ingraven van de folie is een sleuvenfrees gebruikt. Het folie is tot 40 cm diep ingegraven, en steekt nog 10 cm boven de grond uit. In het plantbed waar de betonpalen van de kas staan, is geen folie ingegraven. Aan weerszijden van een oogstpad staat in één rij het twee keer zo dicht geplante vruchtgroentegewas. In de volgende rij ligt aan weerszijden van het pad een braakliggende strook of een gewas dat antagonistisch werkt tegen aaltjes. De braakstroken zijn afgedekt met geperforeerd wit folie om de onkruidgroei en opslag van tomatenplanten te beperken.



Het normale productiesysteem: plantbedden (groen) afgewisseld met oogstpaden (wit).



Het Köver systeem: in de gehalveerde plantbedden (groen) staat het productiegewas twee keer zo dicht op elkaar. De andere helft van het plantbed is braak (grijs). Tussen het grijze en groene deel is de folie ingegraven.



Variant van het Köver systeem: in plaats van braak is hier een antagonistisch gewas (bijvoorbeeld Tagetes) geplant.

Figuur 4-1: Schematische weergave van het normale productiesysteem (bovenste afbeelding) en twee varianten van het Köversysteem.



Figuur 4-2: Links: combinatie van een antagonistisch gewas (onderstam Snooker) links van het zwarte folie en paprika rechts van het folie. De druppelaars zijn over de folie heengeleid naar de paprikaplanten, de antagonistische gewassen krijgen alleen water met de regenleiding. Rechts: combinatie van paprika en braak (afgedekt met witte folie).

Behandelingen 2009 In 2009 liggen de volgende behandelingen (in drie herhalingen) in de proef:

- Afrikaantje *Tagetes patula* c.v. Single Gold (merknaam: Ground Control) (Sahin) als antagonistisch gewas
- Paprika-onderstam *Capsicum annum* c.v. Snooker (Syngenta), met een hoge plantdichtheid (20x20cm) als antagonistisch gewas. De planten zijn opgekweekt door Grow Group.
- Braak, afgedekt met witte, geperforeerde folie
- Productiegewas gele paprika Derby op onderstam Capital (De Ruiters Seeds). De paprika is geplant op 22 januari in een tweestengelsysteem. De plantafstand in het Köversysteem is gehalveerd tot 40 cm.

Hierbij bestaat één herhaling uit het gemiddelde van twee random gekozen veldjes van elk 10 meter lengte. Daarnaast wordt in het normale productiegewas Derby (in een tralie buiten het proefveld) ook in drie herhalingen de ontwikkeling van de populatie nematoden en de opbrengst gevolgd. Hier is de plantafstand 80 cm.



Figuur 4-3: Links: de dichtgezaaide snoekerplanten worden regelmatig laag bij de grond afgesnoeid. Rechts: pepertje van Snooker onderstam.

Antagonistische gewassen

Tagetes *Tagetes* (Afrikaantje) is vooral werkzaam tegen wortellessieaaltjes (Elberse *et al.*, 2006). Sommige soorten worden ook ingezet tegen wortelknobbelaaltjes. Er is vooral onderzoek gedaan in de buitenteelt. Het gewas ontwikkelt zich traag en is vorstgevoelig; daarom wordt het buiten pas laat gezaaid. In de buitenteelt is een groeiperiode van 100 dagen nodig. De zaaidiepte is 1.5-2 cm, met een zaaidichtheid van 5 kg zaad/ha (400 zaden/gram). De plant houdt van zon. *Tagetes patula* c.v. Single Gold (Ground Control) wordt buiten zo'n 80 cm hoog. In de kas is de hoogte erg afhankelijk van de grondsoort. Voorafgaand aan de teelt kan een vals zaaibed gemaakt worden, om opslag van het vorige gewas te verwijderen (Wanten *et al.*, 2003; Ploeg *et al.*, 1999).

Snooker Uit eerdere studies bleek dat de onderstam Snooker (Syngenta) in potproeven een redelijke weerstand heeft tegen *Meloidogyne incognita* (ras 2). In veldproeven met bodemtemperaturen boven de 32 °C werd de resistentie echter doorbroken (Oka *et al.*, 2004). In de praktijk vermoeden de telers ook dat de populatie *Meloidogyne* terugloopt tijdens de teelt van paprika op Snooker onderstammen. De mogelijk antagonistische paprika variëteit is *Capsicum annum* c.v. Snooker (Syngenta). Normaliter wordt *Snooker* gebruikt als onderstam in de paprikateelt, maar het nadeel is dat hierdoor een gewas met onvoldoende groeikracht ontstaat.



*Figuur 4-4: Hoogopgaand *Tagetes patula* (c.v. *Single Gold* / *Ground Control*) gewas in de kas. Het antagonistisch gewas groeit boven de paprika uit.*

Behandelingen 2010 De behandeling met antagonistische gewassen is in 2010 niet voortgezet. In plaats daarvan is gekozen om naar het effect te kijken van een wisselsysteem met een braakperiode van 1 jaar, en een wisselsysteem met een braakperiode van 2 jaar. In 2010 liggen de volgende 4 behandelingen in de proef:

- Tweejarige braak
- Eén jaar braak (volgend op gele paprika Derby op onderstam Capital (De Ruiter Seeds))
- Kerstomaat Zebrino op onderstam Multifort (De Ruiter Seeds) na één jaar braak
- Kerstomaat Zebrino op onderstam Multifort (De Ruiter Seeds) (volgend op gele paprika Derby op onderstam Capital (De Ruiter Seeds))

Daarnaast wordt in 2010 ook weer het normale productiegewas (Zebrino op onderstam Multifort) gevolgd in een tralie aangrenzend aan de proef.

4.3 Opbrengstbepaling

Paprika Alle metingen aan de opbrengst zijn uitgevoerd vóórdat de paprika's gesorteerd worden. In zowel het normale productiegewas als in het wisselteelt gewas zijn in 1 oogstpad 4 veldjes verloot, waarbij van 20 stengels per veldje de opbrengst is bepaald. Bij paprika is in het wisselteelt systeem een groot verschil tussen de zon- en schaduwzijde van het pad, en ook tussen de stengels die rechtop groeien en de stengels die (geforceerd) schuin groeien, over de braak- of antagonistische strook heen. De laatste 4 weken van de teelt zijn deze varianten (zon/schaduw en rechte/schuine stengel) apart gewogen (in 4 herhalingen). Alle resultaten zijn statistisch geanalyseerd met behulp van een Anova (GenStat Release 11.1; Lawes Agricultural Trust, Rothamsted Experimental Station).

Tomaat Omdat tomatat meerdere keren per week geogost wordt, is ervoor gekozen om van hele rijen de opbrengst te bepalen (in 3 herhalingen per behandeling). De randen zijn niet meegenomen omdat de planten hier “de hoek omgaan”.

4.4 Analyse nematodenpopulatie

Beide jaren is aan het begin en einde van de teelt de grond in alle behandelingen én in het normale productiegewas bemonsterd op nematoden. Hiervoor zijn per veldje met een smalle guts 80 steken genomen tot 10 cm diepte. Van elk mengmonster is 100 cc grond geëxtraheerd voor nematoden analyse. In de spoelfractie zijn de plant-parasitaire aaltjes gedetermineerd, en is het aantal niet-plantparasitaire aaltjes geteld. De grondmonsters zijn 28 dagen geïncubeerd in een mistkamer (‘s Jacob en Van Bezooijen, 1983; Southey, 1986), waardoor levensvatbare eiproppen uitkomen. Zowel in de spoel- als in de incubatie-fractie zijn alle aaltjes geteld, en zijn de plant-parasitaire aaltjes gedetermineerd tot op genus-niveau. Van 4 spoelmonsters zijn 20 parasitaire aaltjes tot op soortniveau gedetermineerd. De overige (niet-parasitaire) aaltjes zijn niet gedetermineerd. De statistische analyse werd uitgevoerd met $\ln(x + 1)$ getransformeerde tellingen van nematoden aantallen en een variantie-analyse (Anova) (GenStat Release 11.1; Lawes Agricultural Trust, Rothamsted Experimental Station).

4.5 Bepaling Wortel Knobbel Index (WKI)

In 2010 is aan het einde van de tomatenteelt de wortelknobbelindex bepaald. In 6 veldjes (per behandeling) zijn 10 tomatenplanten uitgetrokken en is het wortelstelsel visueel beoordeeld op een schaal van 0 tot 10. Voor de betekenis van de scores zie Bijlage 1

4.6 Droge stofbepaling antagonistische gewassen

In 2009 is aan het einde van de teelt het vers- en drooggewicht bepaald van de antagonistische gewassen, voordat deze werden verhakseld en ingefreesd op de betreffende veldjes.

4.7 Analyse nutriëntengehalten in de bodem

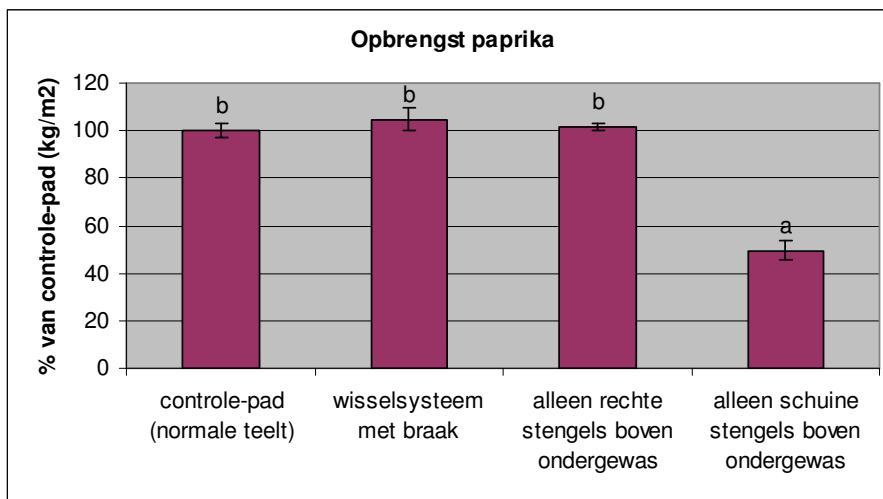
Gedurende de teelt van de vruchtgroenten is om de 4 weken het nutriëntengehalte in de bodem bepaald, zowel in het normale productiegewas als in het wisselteeltsysteem. Hiervoor zijn met een smalle guts 80 steken genomen tot een diepte van 25 cm, afwisselend bij de plant en aan de kant van het pad. De monsters zijn door BLGG Naaldwijk geanalyseerd op hoofd- en sporenelementen. In de braak en antagonistische gewassen is alleen aan het begin en einde van de teelt het nutriëntengehalte bepaald.

5 Resultaten

5.1 Opbrengstcijfers

Paprika 2009 De paprika oogst liep van week 14 t/m 46. Op bedrijfsniveau lag de paprika productie op 84% van de maximaal haalbare productie “op schone grond”. Het bedrijfsgemiddelde was vergelijkbaar met de gemeten productie in de controle (4 veldjes in het normale teeltsysteem). De paprika productie in het wisselsysteem hebben we vergeleken met deze controle (Figuur 5-1).

Omdat van week 16 t/m 42 maar in 3 in plaats van 4 rijen de productie van paprika in het wisselsysteem met braak is gemeten, is hiervoor een correctie toegepast. Als we de opbrengstcijfers corrigeren zien we dat de combinatie Köver-braak geen effect heeft op de opbrengst van paprika. Zodra de teelt van paprika echter gecombineerd wordt met een antagonistisch gewas, wordt de productie sterk verminderd. De paprika is geteeld in een twee-stengelsysteem. De stengel die op de normale manier omhoog kan groeien, heeft geen last van het wisselsysteem en produceert normaal. De stengel die schuin opzij wordt gebogen om over het antagonistische gewas te groeien, komt in de problemen. Er treedt wegval van stengels op, en de opbrengst is nog maar 50% van normaal.

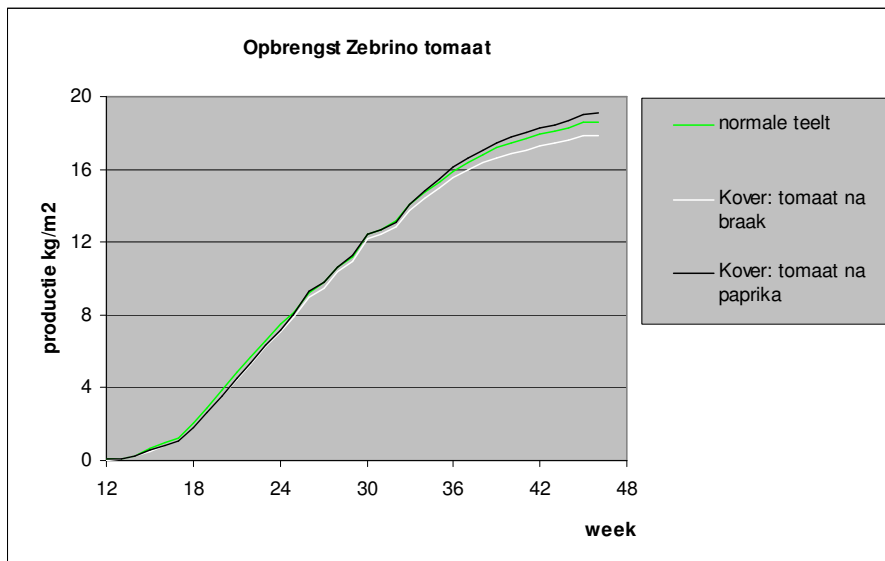


Figuur 5-1: Opbrengst paprika (kg/m²) in het wisselsysteem, als percentage van het controle-. De balkjes geven de standaardfout van het gemiddelde weer, de letters geven significante verschillen tussen de behandelingen weer ($p < 0,05$).

Om de correctie te kunnen toepassen, is in de laatste 4 weken van de teelt (week 43-46) gekeken naar verschillen in productie tussen zon- en schaduwrijen, en tussen rechte en gebogen stengels. Hieruit blijkt dat vooral de gebogen stengels in de schaduw last hebben van de sterk verlaagde opbrengst. Er was statistisch geen verschil zichtbaar tussen de rechte stengels in zon of schaduw, en de gebogen stengels die aan de zonkant van het pad groeiden.

Tomaat 2010 De oogst is het hele seizoen bijgehouden in de verschillende behandelingen, waarbij er per behandeling in 3 herhalingen is gemeten. De verschillen in eindopbrengst van tomaat (Zebrino) tussen de verschillende behandelingen waren *niet* significant:

- 17.9 kg/m² Köver: tomaat na braak
- 18.6 kg/m² normale teelt
- 19.1 kg/m² Köver: tomaat na paprika

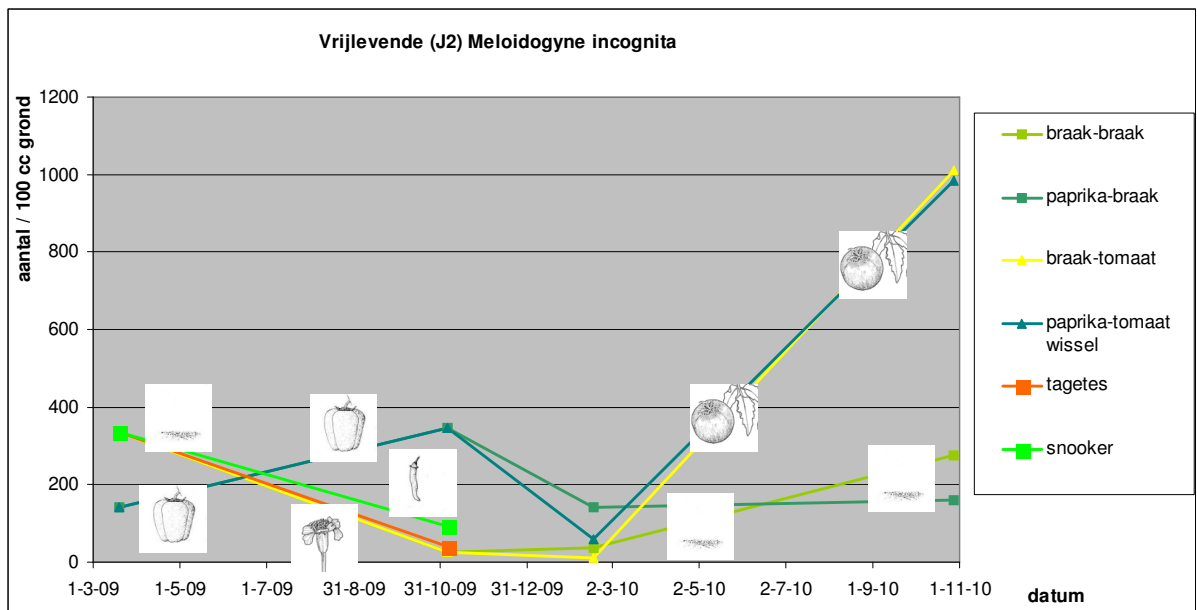


Figuur 5-2: Boven: verloop van de productie van tomaat in de normale teelt en het wisselsysteem (in combinatie met braak). Beneden links: gebogen stengels van paprika over het braakgedeelte. Beneden rechts: Zebrino kerstomaat.



5.2 Bodemgezondheid: nematoden

De bodemgezondheid is veel meer dan de aan- of afwezigheid van plant-pathogene aaltjes, net zoals de menselijke gezondheid veel meer is dan de aan- of afwezigheid van ziekteverwekkende bacteriën of virussen. Om werkelijk de bodemgezondheid te beoordelen, zou gekeken moeten worden naar de weerbaarheid van de bodem onder druk van ziekteverwekkers. Omdat dit onderzoek kostbaar is, is in deze opzet gekozen voor de bemonstering van de aantallen nematoden (plant-pathogene en overige) aan het begin en einde van de teelt. De monsters voor de bepaling van de nematodenpopulatie zijn in de paprikateelt genomen op 19 maart en 5 november, in de tomatenteelt op 16 februari en 28 oktober. De eerste monsters in de teelt zijn genomen terwijl het gewas al in de grond stond. De laatste monsters zijn telkens genomen vlak voor het beëindigen van de teelt.



Figuur 5-3: Verloop van aantallen vrijlevende juvenielen (J2) van *Meloidogyne incognita* gedurende twee jaar in het wisselteeltsysteem.

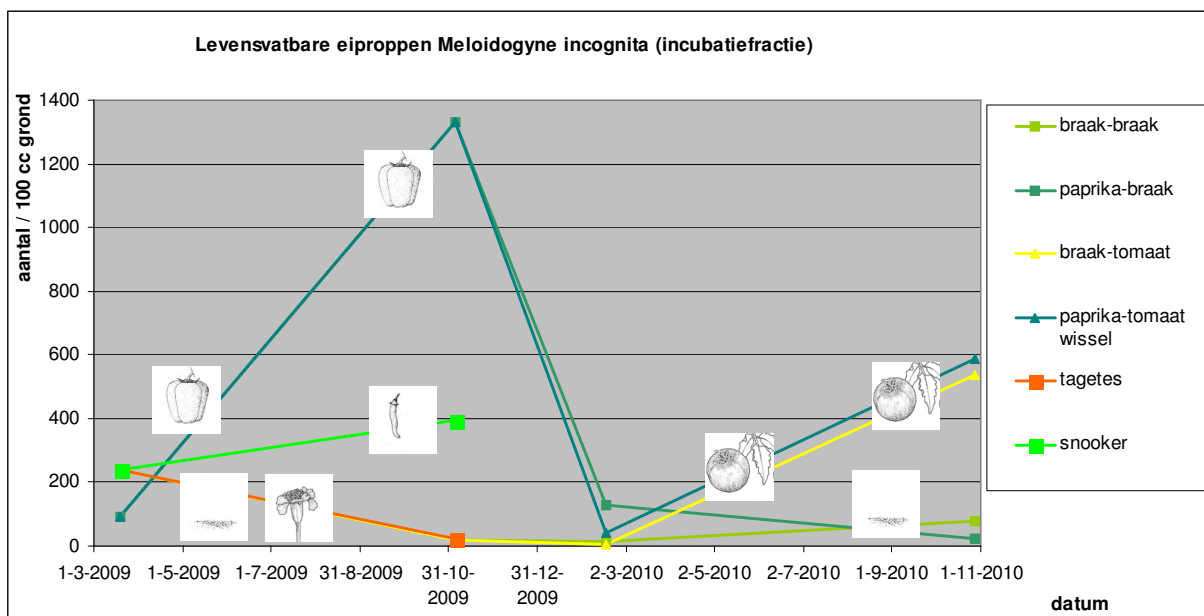
Plant-pathogene aaltjes De pathogene aaltjes die geanalyseerd worden behoren vrijwel zonder uitzondering tot het warmteminnende wortelknobbelaaltjes *Meloidogyne incognita*. In één geïncubeerd monster werden ook 3 eiproppen van *Pratylenchus* aangetroffen. Bij de eerste analyse in de paprikateelt vinden we in de braak significant meer juvenielen (337) en eiproppen (240) van *Meloidogyne* dan in het paprikagewas (141 juvenielen en 91 eiproppen) (aantallen per 100 cc grond). Tijdens de teelt van paprika stijgen de aantallen *Meloidogyne* (347 juvenielen en 1329 eiproppen), terwijl de aantallen *Meloidogyne* gedaald zijn in de 3 andere varianten: Snooker (92 juvenielen en 395 eiproppen), *Tagetes* (42 juvenielen en 23 eiproppen) en braak (27 juvenielen en 20 eiproppen). Het verschil tussen braak en *Tagetes* is niet significant, de andere behandelingen zijn allemaal wel significant verschillend van elkaar.

Tijdens de teeltwisseling tussen paprika en tomaat ligt de grond even braak, en dalen zowel de aantallen juvenielen, als de aantallen levensvatbare eiproppen van *Meloidogyne* in de grond. Wanneer de grond het vorige seizoen braak gelegen heeft, zijn de aantallen vrijlevende *Meloidogyne* in de grond heel laag (10 juvenielen in de 2-jarige braak, en 37 in de tomaat die na de braak geplant

is) (zonder significante verschillen). We zien echter een opvallend verschil wanneer er het vorige seizoen paprika gestaan heeft. In de grond waar in januari 2010 tomaat geplant is, vinden we significant minder juveniele *Meloidogyne* (58), dan wanneer die grond braak is blijven liggen (142). Mogelijk komt dit doordat de juveniele *Meloidogyne* de wortels van de tomatenplanten al 'opgezocht' hebben, waardoor we in de 'bulk' van de grond minder aaltjes meten. Voor de aantallen eiproppen aan het begin van de tomatenteelt maakt het niet uit of er tomaat staat of dat de grond braak ligt: de verschillen zijn hier niet significant (tweejarige braak: 3 eiproppen; tomaat na braak: 13; tomaat na paprika: 40; braak na paprika: 128). Mogelijk heeft hier de aanwezigheid van de tomatenplant wel al geleid tot het uitkomen van eiproppen, waardoor er in de braak juist meer eiproppen aanwezig zijn.

Aan het eind van de tomatenteelt zijn de aantallen *Meloidogyne* in de grond sterk gestegen, zowel de aantallen juvenielen als de eiproppen. Het blijkt dan echter niet uit te maken, of de grond het jaar ervoor braak heeft gelegen (1010 juvenielen en 535 eiproppen) of dat er het voorgaande jaar paprika gestaan heeft (983 juvenielen en 587 eiproppen). Deze verschillen zijn niet significant.

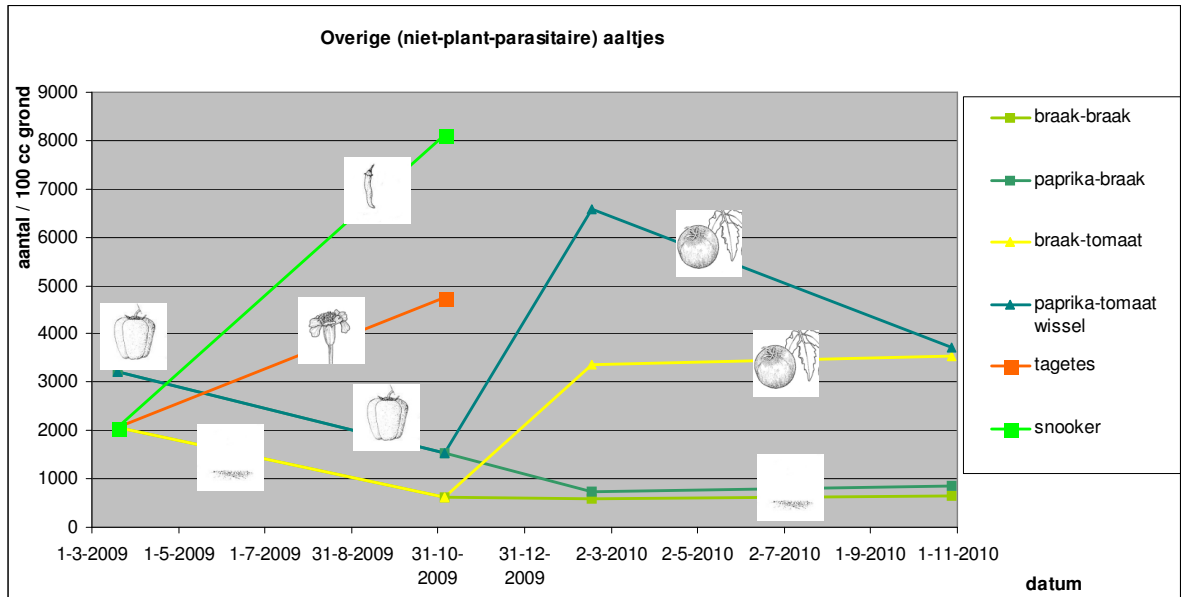
In de braakvarianten zijn de aantallen aaltjes significant lager dan wanneer er tomaat gestaan heeft. Het maakt daarbij echter niet uit of de braak eenjarig is geweest (162 juvenielen en 25 eiproppen) of tweejarig (277 juvenielen en 80 eiproppen). De verschillen in aantallen tussen één en twee jaar braak zijn niet significant.



Figuur 5-4: Verloop van de aantallen levensvatbare eiproppen (de zogenaamde 'incubatiefractie') van *Meloidogyne incognita* in de verschillende wisselteelt behandelingen.

Niet-plant-pathogene aaltjes De niet-plant-pathogene aaltjes zijn niet tot op soortsniveau gedetermineerd. Niet-plant-pathogene aaltjes worden door ecologen vaak ingedeeld naar voedselvoorkeur, omdat zo hun plaats in het bodemvoedselweb duidelijk wordt. Het kunnen bacterie-eters, schimmel-eters, planteneters (de parasitaire aaltjes) of 'top-predatoren' zijn, die juist andere aaltjes eten. Uit eerder onderzoek is gebleken dat in de biologische glastuinbouw de bacterie-etende aaltjes meestal overheersen. Het zijn aaltjes die zich kenmerken door een snelle voortplantingsstrategie, waardoor ze ook snel kunnen reageren op een veranderend voedselaanbod. Als er

bijvoorbeeld organische bemesting of gewasresten worden toegevoegd, treedt er een enorme groei aan bacteriën in de grond op. Als reactie daarop kunnen dan de bacterie-etende aaltjes ook heel snel in aantal groeien.



Figuur 5-5: Verloop van de aantallen niet-plant-parasitaire aaltjes in de wisselteelt behandelingen.

Bij de eerste analyse van nematoden vinden we significant meer niet-plant parasitaire aaltjes in het paprika gewas (3213) dan in de braak (2063). Dit kan direct te maken hebben met de voorraadbemesting die wel aan paprika is gegeven, maar niet op de braak. De bemesting zorgt voor een toename van de bacteriën, en daarmee van de bacterie-etende aaltjes. Tijdens de teelt van paprika daalt het aantal overige aaltjes (1545 aan het einde van de teelt). In de braakstroken is het aantal overige aaltjes dan sterk gedaald (610). Na afloop van de teelt van *Tagetes* (4737) en *Snooker* (8123) zijn de aantallen overige aaltjes sterk gestegen. Dit is waarschijnlijk het gevolg van het feit dat de *Tagetes* en *Snooker* planten een week voor de bemonstering zijn versnipperd en ondergewerkt. De paprikaplanten waren op het moment van bemonsteren nog niet ondergewerkt. Globaal is de hoeveelheid droge stof die is ondergewerkt in het geval van *Snooker* ook twee keer zo groot als de hoeveelheid *Tagetes* die is ondergewerkt. De sterke toename in *Snooker* en *Tagetes* zou dus direct gerelateerd kunnen zijn aan het voedselaanbod voor de bacteriën in de grond.

Eenzelfde patroon zien we in het tweede jaar van de praktijkproef. In het voorjaar van 2010 zijn de laagste aantallen aaltjes te vinden in de veldjes die al 1 jaar braak hebben gelegen, gevolgd door de veldjes die vanaf november 2009 braak liggen. De veldjes met tomaat die bemest zijn na 1 jaar braak in het voorafgaande jaar, hebben dan al weer hoge aantallen niet-pathogene aaltjes (>3000); de hoogste aantallen worden gevonden in de veldjes waar het jaar ervoor een paprika-gewas stond, waarna bemest is en waar in 2010 tomaat geplant is (>6000). Aan het einde van het jaar zijn in de veldjes die 2 of 1 jaar braak gelegen hebben de aantallen teruggelopen tot 640 (2 jaar braak) en 865 (1 jaar braak na paprika), terwijl het aantal overige aaltjes in de veldjes waar tomaat gestaan heeft >3000 is.

5.3 Plantgezondheid

Aan het einde van de tomatenteelt (15 november) is de aantasting van de wortels bepaald, door een visuele beoordeling van de wortels van 42 planten per behandeling (6 herhalingen x 7 planten). De wortelknobbeldindex (WKI) geeft een maat voor de aantasting van de wortels door de wortelknobbelaaltjes. De tomaat die geplant is op de 1-jarige braakstrook had een significant lagere WKI had dan de tomaat die na paprika geplant is:

- WKI 5.6 in het Köversysteem: tomaat na 1 jaar braak
- WKI 6.5 in de normale tomatenteelt (tomaat na paprika)
- WKI 6.5 in het Köversysteem: tomaat na paprika (waarbij parallel velden 2 jaar braak liggen)

Een algemene vuistregel uit de praktijk is dat bij een WKI hoger dan 4, de planten zodanig last hebben van de wortelknobbelaaltjes dat dit een verslechtering van de productie geeft. Een verdere verlaging van de WKI van de tomatenplanten na één jaar braak is dus nodig. Er is geen verschil tussen de aantasting van de tomatenwortels in het normale teeltsysteem, en de aantasting in het Köversysteem waarbij een afwisseling paprika-tomaat wordt gecombineerd met 2 jaar braak. Dit betekent dat de twee keer zo grote plantdichtheid in het Köversysteem, de aantasting van de wortels niet negatief beïnvloedt.



Figuur 5-6: Linksboven: wortels van tomatenplant op grond die 1 jaar braak heeft gelegen in het Köversysteem. Rechtsboven: wortels van tomatenplant op grond waarop het voorgaande jaar paprika is geteeld.

5.4 Antagonistische gewassen

In het eerste jaar van de proef is er met twee antagonistische gewassen gewerkt: *Tagetes* en Snooker. Omdat de resultaten qua aaltjesonderdrukking hetzelfde waren als bij braak, en de paprika veel last ondervond van de gewassen, is in het tweede jaar alleen maar met braak gewerkt.

Tagetes patula In de kas is de *Tagetes* de eerste week van maart (week 10) ingezaaid. Om de opslag van tomatenplanten in het antagonistische gewas te voorkomen, is een vals zaai-bed gemaakt. Dit heeft onvoldoende gewerkt, waarschijnlijk omdat de grond niet vochtig genoeg was. De *Tagetes* is goed tot ontwikkeling gekomen. Hoewel *Tagetes patula* bekend staat als een laag

blijvende variëteit in vergelijking met bijvoorbeeld *Tagetes erecta*, is het gewas in een aantal veldjes hoger dan 2 meter geworden en over het paprika gewas heen gegroeid. Doordat er in de paprika maar één keer per week een oogsthandeling is verricht, was het lastig om de groei onder controle te houden door bijvoorbeeld het afbreken van stengels tijdens de oogsthandeling. De schuine stengels van de paprika die over de *Tagetes* werden heengeleid, zijn hierdoor zeer sterk in hun groei belemmerd. Aan het einde van het seizoen waren hier vrijwel alle paprika stengels uitgevallen. Een gedeelte van de *Tagetes* was aan het einde van de teelt al afgestorven. De *Tagetes* is in week 44 (29/30 oktober) ondergewerkt. Het gewas heeft dan 34 weken gestaan. Er is gemiddeld 11,7 (\pm 6,6) ton/ha vers materiaal ondergewerkt en 3,7 (\pm 2,1) ton/ha droge stof. Hoewel *Tagetes* zich goed ontwikkeld heeft, is de droge stofproductie vrij laag. Dit komt mogelijk doordat het gewas al gedeeltelijk afgestorven is. In de buitenteelt kunnen droge stofopbrengsten van 6 ton/ha behaald worden (Wanten et al., 2003). Door de taaie lange stengels is het gewas op kleine schaal moeilijk te verhakselen en onder te werken.

Onderstam Snooker De onderstam Snooker (*Capsicum annum* c.v. Snooker) is na opkweek uitgeplant met een gemiddelde plantdichtheid van 33 planten per m². Het gewas is tijdens de teelt elke twee weken met een motorzaag afgemaaid om te voorkomen dat de planten over het paprikagewas heengroeiden. Toch hebben ook hier de schuin geleide paprikastengels fors te lijden gehad van het antagonistische gewas. Ook de Snooker onderstammen zijn in week 44 met een houtversnipperaar verhakseld en ondergewerkt met behulp van een smalle frees. In totaal is er op de stroken gemiddeld 39,5 (\pm 7,9) ton/ha aan vers materiaal ondergewerkt, gelijkstaand aan 8,4 (\pm 2,0) ton/ha droge stof.



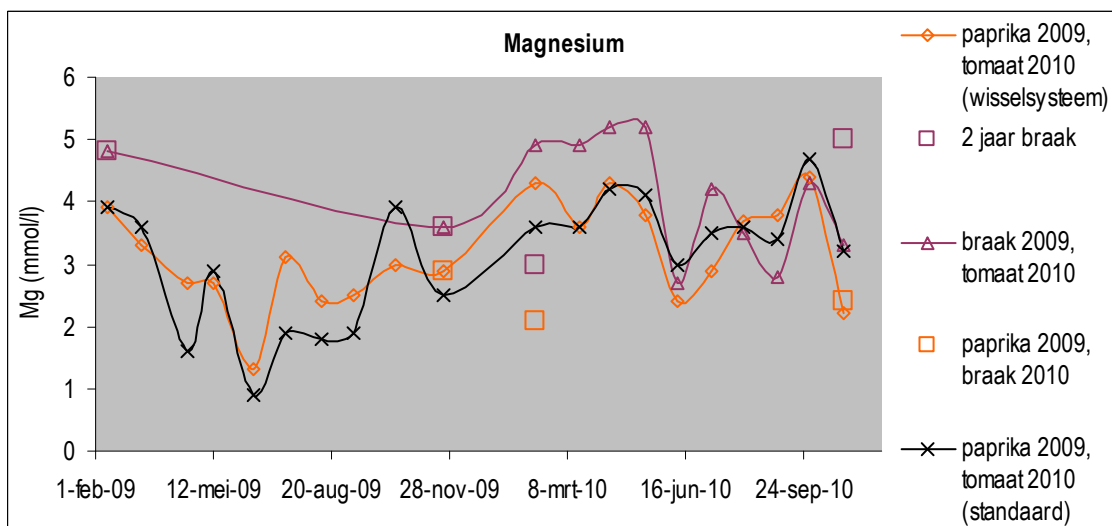
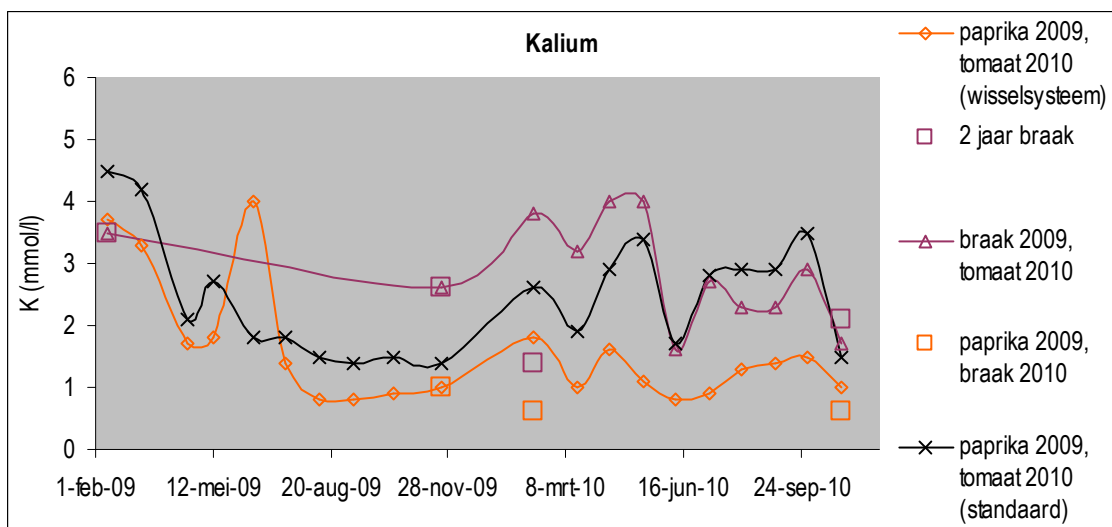
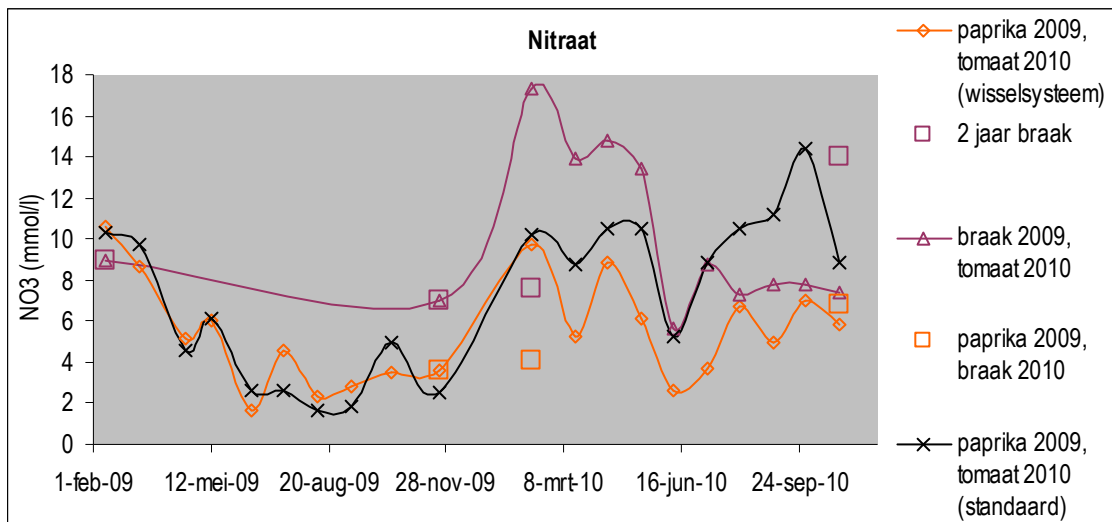
Figuur 5-7: Links: verhakselde gewasresten van Snooker. Rechts: verhakselde gewasresten van Tagetes: de taaie stengels zijn moeilijk te verhakselen en onder te werken.

5.5 Beschikbaarheid nutriënten

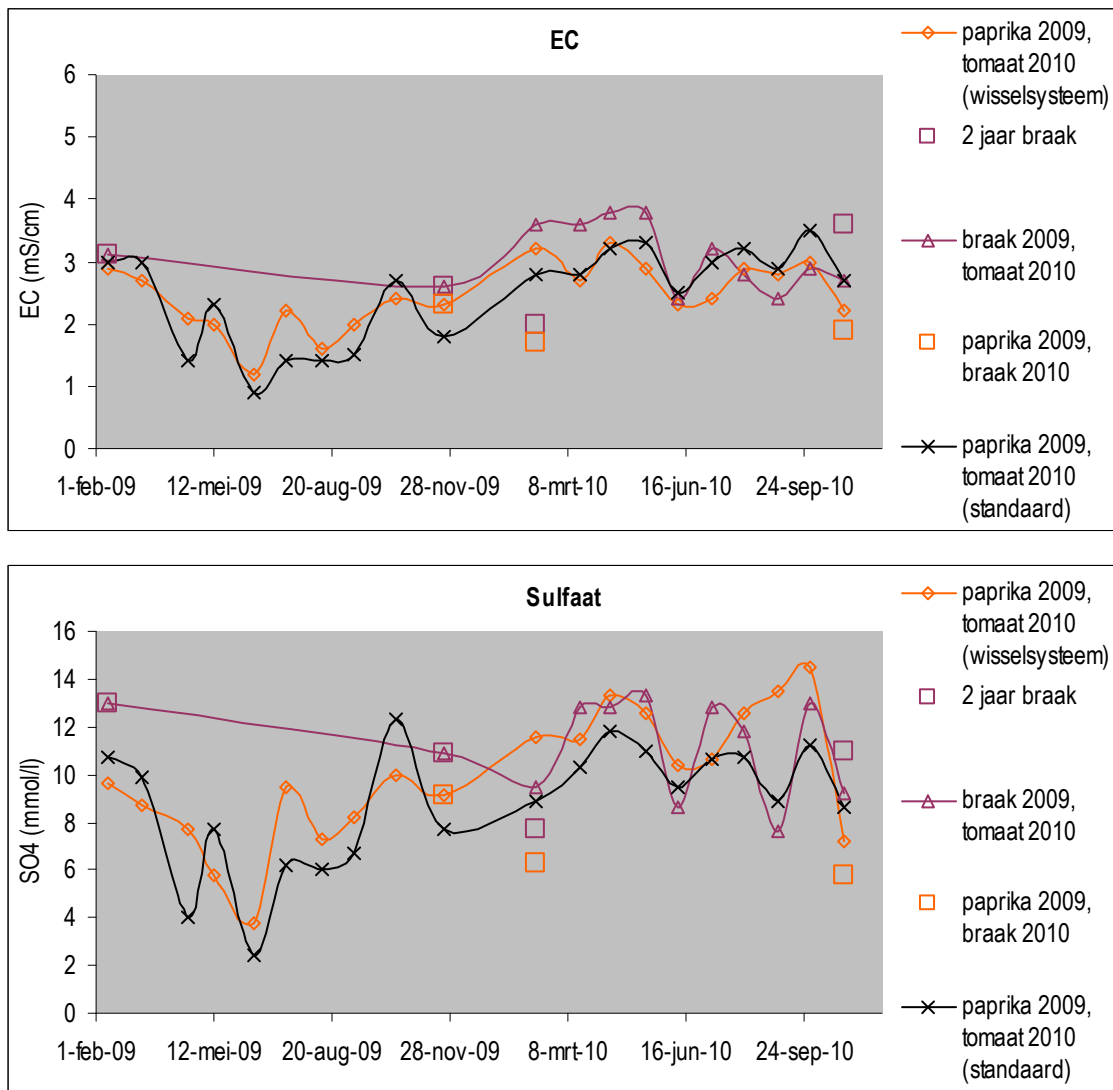
Paprika De eerste meting in februari laat hoge nutriëntengehalten zien voor kalium (4.5 mmol/l) en magnesium (4.8 mmol/l), en zeer hoge gehalten voor nitraat (10.6 mmol/l) en calcium (11.0 mmol/l) (zie Figuur 5-8 en Figuur 5-9). De EC is voor paprika aan de hoge kant (3.1 mS/cm) en ook het sulfaatgehalte is erg hoog (13.0 mmol/l). Gedurende de paprikateelt zakken de gehalten aan nitraat niet onder de 1,7 mmol/l. Daarmee is een verdubbeling van de bijbemesting met stikstof in het wisselsysteem niet nodig. De gehalten aan kalium zijn in het wisselsysteem structureel lager dan in de normale teelt, en zakken vanaf half augustus onder de 1 mmol/liter. In de normale teelt zakken de kalium gehalten niet onder de 1,4 mmol/l. Er is geen aanpassing van de kaliumbemesting in het wisselsysteem gedaan. In het gewas zijn gedurende de hele teelt geen tekorten zichtbaar geweest, behalve in de laatste periode vanaf begin oktober. Het gewas in het wisselsysteem vertoonde toen tekenen van een vochtoverschot en/of een stikstoftekort. In het wisselsysteem is in vergelijking met het normale systeem geen groter kwaliteitsverlies door bijvoorbeeld neusrot opgetreden. De EC daalt naar 1,2 mS/cm rond half juni, en stijgt dan weer tot het einde van de teelt. Het sulfaatgehalte fluctueert sterk, met hoge uitschieters (12,3 mmol/l in oktober). In het algemeen is ook voor de EC en zoutconcentraties het beeld voor de wissel- en de normale paprikateelt vergelijkbaar. In de braak is met name de nitraatconcentratie (7 mmol/l) aan het einde van het jaar veel hoger dan in het productiegewas (2.5 mmol/l in de normale teelt en 3.6 mmol/l in de wisselteelt).

Tomaat na paprika In het tweede jaar van het wisselsysteem, bij de teelt van tomaat, gaan er meer verschuivingen optreden. Waar in het wisselsysteem de tomaat volgt op paprika, liggen de gehalten aan nitraat en kalium aanzienlijk lager dan in de normale teelt. De normale teelt kent zeer hoge gehalten aan nitraat (gemiddeld 9,9 mmol/l, met een piek in september van 14,4 mmol/l). In het wisselsysteem is het gemiddelde van alle nitraatmetingen 6,1 mmol/l. Ook voor kalium liggen de waarden lager in het wisselsysteem, waarbij in de zomer de waarden onder de 1 mmol/l zakken. Calcium, magnesium en de EC verschillen niet merkbaar in de twee systemen. Het sulfaatgehalte is iets hoger in het wisselsysteem (gem. 11,8 mmol/l in het wisselsysteem versus 10,2 mmol/l in de normale teelt), het chloride gehalte is alleen aan het begin van de teelt in het wisselsysteem hoger.

Tomaat na braak Een heel andere ontwikkeling treedt op wanneer de tomatenteelt in het wisselsysteem volgt op braak. De braakpercelen hebben eind november al heel hoge nitraatgehalten, maar in februari zijn de verschillen nog extremer geworden: 17,3 mmol/l nitraat in tomaat volgend op braak, versus 10,2 mmol/l in de normale teelt. Na mei zakt de hoeveelheid nitraat tot onder het niveau van de normale teelt. Gemiddeld is er in deze variant van het wisselsysteem (tomaat na braak) 10,4 mmol/l nitraat aanwezig gedurende het hele jaar. Globaal geldt voor kalium, calcium en magnesium hetzelfde verhaal. De gehalten zijn in het begin van de wisselteelt hoger dan in de normale teelt, en zakken vanaf halverwege het seizoen naar het 'normale' niveau. De EC start in de wisselteelt erg hoog (3,6 mS/cm) vergeleken met de normale teelt (2,8 mS/cm). In de tweede helft van de teelt zakt de EC in de wisselteelt onder de waarden van de normale teelt. De gemiddelde EC is vrijwel gelijk in de drie systemen. Het sulfaatgehalte fluctueert zeer sterk in de tomatenteelt die volgt op braak (gemiddeld 11,2 mmol/l). De chloridegehalten zijn in het begin van het jaar vrijwel gelijk aan de normale tomatenteelt, en zakken daarna iets daaronder.



Figuur 5-8: Gehaltes aan nitraat, kalium, calcium en magnesium in het 1:2 extract (mmol/liter) gedurende de teelt van paprika en tomaat in het wisselsysteem en het standaard productiegewas.



Figuur 5-9: De EC (mS/cm), en het sulfaatgehalte in het 1:2 extract gedurende de teelt van paprika en tomaat in het wisselsysteem en het standaard productiegewas.

6 Conclusies en discussie

Met deze praktijkproef willen we te weten komen of de bodem en de plant gezonder worden door een verruiming van de vruchtwisseling door het wisselkas-systeem. De belangrijkste vragen zijn:

- Is het teelttechnisch mogelijk om op smalle stroken te telen met een grotere plantdichtheid?
- Hoe werken antagonistische gewassen teelttechnisch in de praktijk?
- Wat gebeurt er met de opbrengst bij toepassing van het systeem?
- Wat is het effect van antagonistische gewassen of braak op de wortelknobbelaaltjes?
- Wordt het wortelstelsel van de planten gezonder door toepassing van het systeem?
- Welke aanpassingen vraagt het systeem in bemesting?

Uiteindelijk zouden we ook willen weten of de bodem door toepassing van een bredere vruchtwisseling gezonder wordt. Dat betekent dat de bodem een betere veerkracht krijgt: robuuster wordt. Er kunnen dan wel ziekteverwekkers in de bodem aanwezig zijn, maar de plant heeft er toch minder last van. Deze vraag is echter niet in een kortdurende proef te beantwoorden.

6.1 Telen op smalle stroken

In de praktijkproef in Tinte is gekeken naar de teelt van paprika en tomaat. Het telen van de tomaat op de smalle stroken leverde geen problemen op. De flexibele stengel en de snelle groei van de plant zorgen ervoor dat de tomaat snel boven de aangrenzende (braak)strook kan worden geleid, en dat er geen negatieve effecten zijn op de hoeveelheid licht die de tomaat ontvangt. Ook de gewasverzorging, het bladplukken en het oogsten kan op de normale manier gebeuren. De teelt van paprika was echter wel problematisch. Door de langzame groei en de stugge stengels, is het moeilijk om de tweede stengel te forceren om over de braakstrook of de strook met antagonistische gewassen te groeien. De combinatie met antagonistische gewassen blijkt niet werkbaar. De gewassen groeien over het paprikagewas heen en nemen het licht weg. Daarnaast lijkt ook het buigen van de stengels op zich al het wegvallen van stengels te veroorzaken. Dit maakt ook de combinatie van paprika met braakstroken lastig, hoewel we hier geen productiedaling hebben gemeten.

6.2 Antagonistische gewassen

De *Tagetes* had een goede opkomst na zaaien en kwam makkelijk tot ontwikkeling op de voedselrijke grond. De sterke groei van deze cultivar van *Tagetes* was echter problematisch in combinatie met paprika. De Snooker planten zijn elders opgekweekt en direct geplant. Ondanks regelmatig snoeien van de planten hebben ze teveel licht weggevangen voor de ernaast groeiende paprika. Vanwege de remmende werking op de paprikagroei zijn beide antagonistische gewassen (in geval van een rijkere grondsoort) ongeschikt voor toepassing in een wisselsysteem met paprika.

6.3 Opbrengst

Het wisselsysteem met een combinatie van *antagonistische gewassen* en paprika heeft een sterk negatief effect op de opbrengst. De stengel van de paprika die over het antagonistische gewas moet groeien, geeft nog maar 50% van de opbrengst. De stengel die recht omhoog kan groeien, heeft wel een normale opbrengst. Dit betekent een totaal productieverlies van zeker 25% bij combinatie van paprika met antagonistische gewassen. Hoewel we bij paprika *in combinatie met braak* geen productieverlies gemeten hebben, moeten deze resultaten voorzichtig beoordeeld worden. Ook bij een combinatie met braak leidt het systeem bij paprika tot het wegvallen van de schuin geleide stengels. Hoewel dit door de andere stengel gecompenseerd kan worden, zou het toch tot een productiedaling kunnen leiden. De combinatie paprika-braak zou zeker nog een keer herhaald moeten worden om hier goede conclusies uit te trekken.

Het wisselsysteem bestaande uit een combinatie van tomaat en braak geeft dezelfde opbrengst als een normaal teeltsysteem. In de tomatenteelt kunnen we ook het effect zien van tomaat die volgt op een braakjaar, en tomaat die volgt op de teelt van paprika. Hieruit blijkt dat het braakjaar nog geen positief effect heeft gehad op de opbrengst van tomaat (door een mogelijke daling van de ziektedruk), in vergelijking met een 'normale' vruchtopvolging van paprika en tomaat

6.4 Wortelknobbelaaltjes

Eén jaar braaklegging van de grond kan de aantallen pathogene wortelknobbelaaltjes fors terugbrengen. In de proef op locatie Tinte hebben we *géén effect* gezien van nog een jaar extra braakleggen van de grond. Dit kan komen doordat het systeem niet 'waterdicht' is. In de paden wordt gelopen om te oogsten, waardoor grond met aaltjes of eiproppen uit de aangrenzende paden meegenomen kan worden. Aaltjes kunnen zich ook verplaatsen onder de verticale folie door of langs de randen bij de kaswand en het betonpad. Daarnaast kan het zijn dat door onkruidgroei (in de praktijkproef bijvoorbeeld Klaverzuring, *Oxalis* sp.) of door opslag van tomatenplanten de wortelknobbelaaltjes toch nog kunnen overleven in het braakgedeelte. Onkruidgroei en opslag kunnen in principe voorkomen worden. Er zal echter altijd wat uitwisseling van aaltjes via ondergrond of langs de kasranden zijn. Het systeem zou ook zo robuust moeten zijn, dat een paar 'verdwaalde' aaltjes geen probleem volgen voor de volgende teelt.

Wanneer tomaat wordt geteeld na braak, stijgt het aantal wortelknobbelaaltjes in de bodem net zo sterk als wanneer tomaat geteeld wordt na paprika. De ontwikkeling van de aaltjes tijdens de teelt van tomaat is zo snel, dat ook bij lage beginwaarden er aan het eind van het jaar hoge aantallen in de bodem aanwezig zijn. Eén of twee jaar braak zorgt er niet voor, dat de bodem de ontwikkeling van de aaltjesaantallen kan beperken. Dit zou waarschijnlijk ook alleen mogelijk zijn als braak de aanwezigheid van antagonisten, zoals aaltjes-etende schimmels, zou stimuleren.

6.5 Gezond wortelstelsel

In de proef op locatie Tinte hebben we gezien dat het systeem de potentie heeft om de plantgezondheid te verbeteren. Het wortelstelsel van de tomatenteelt die volgde op één jaar braaklegging van de grond, was gezonder dan het wortelstelsel van een tomatenteelt die volgde op een paprikateelt. Maar na één jaar braak was de plantgezondheid *onvoldoende* verbeterd om ook daadwerkelijk in een hogere productie te resulteren. De planten zouden gezonder kunnen zijn indien direct aan het begin van de teelt de aaltjesaantallen lager zijn. Hierdoor kan het wortelstelsel zich beter ontwikkelen en is het minder gevoelig voor aaltjesaantasting later in het seizoen. Aan het eind van het seizoen zijn weliswaar de aaltjesaantallen gelijk, ongeacht of er braak of paprika stond het vorige seizoen, maar over het hele seizoen gezien zijn de aaltjesaantallen in de grond die een jaar braak gelegen gemiddeld wel lager. Een voorzichtige conclusie is, dat het wisselkas systeem in deze vorm weliswaar de plantgezondheid licht kan verbeteren, maar dat deze verbetering niet sterk genoeg is om het ook terug te zien in het niveau van de productie.

6.6 Aanpassingen bemesting

In het eerste jaar van het wisselsysteem, waarbij paprika geteeld werd, zijn er nog geen duidelijke verschillen zichtbaar in bodemgehalten van nutriënten of zouten. In het tweede jaar, waarin tomaat geteeld werd, worden de verschillen tussen de systemen duidelijk. De varianten 'tomaat na paprika' of 'tomaat na braak' vragen om een andere bemestingsstrategie. Wanneer tomaat na paprika in het wisselsysteem wordt geteeld, is er over de hele teelt gemiddeld 3,8 mmol/l minder nitraat in het bodemvocht aanwezig, wat gelijk staat aan ruim 200 kg stikstof per hectare minder. Op een rijke grondsoort wordt het risico op uitspoeling en denitrificatie hierdoor verkleind. Op een arme grondsoort betekent het dat er op gelet moet worden dat er geen tekorten ontstaan. Voor kalium is de situatie nog directer merkbaar. Zelfs op de rijke grondsoort van de praktijkproef zakten de kaliumgehalten in de zomer tot onder de 1 mmol/l in het wisselsysteem waar tomaat volgt op paprika. Dit betekent dat het kaliumgehalte in dit systeem extra aandacht nodig heeft, zeker wanneer er op een armere grondsoort geteeld wordt.

Tomaat volgend op braak geeft echter een heel ander beeld. Als in het wisselsysteem de tomatenteelt volgt op een braakjaar, kunnen de gehalten aan nitraat aan het begin van de teelt zo extreem hoog worden, dat op rijke grondsoorten de voorraadbemesting voor tomaat achterwege kan blijven, en er heel voorzichtig bijbemest moet worden. Voor andere nutriënten (calcium, kalium, magnesium) geldt globaal hetzelfde verhaal: de gehalten in het bodemvocht zijn hoger in een tomatenteelt volgend op braak. Ook de EC is in het begin van het seizoen hoger. Dit lijkt vooral veroorzaakt door de hogere nitraatgehalten, de sulfaat en chloridegehalten zijn namelijk niet opvallend afwijkend ten opzichte van het normale systeem. Met het beperken van de nitraatgehalten, is waarschijnlijk ook het probleem van een te hoge EC opgelost.

Conclusie: gezonder systeem, maar niet robuust genoeg

We kunnen voorzichtig concluderen dat het wisselkas systeem - in deze vorm - de potentie heeft om de plant- en bodemgezondheid te verbeteren, maar dat het systeem nog steeds niet robuust genoeg is. Er is nog geen sprake van een gezonde plant in een gezonde bodem! Het systeem is voor tomaat technisch goed uitvoerbaar, zonder grote aanpassingen aan het teeltsysteem, en zonder productieverlies. Het systeem is ongeschikt om paprika te combineren met antagonistische gewassen, vanwege de minder flexibele groeivorm van de paprika. Dit kan tot 25% productieverlies leiden. Een herhaling van de proef met paprika in combinatie met braak kan aantonen of het productieniveau dan wel kan worden gehandhaafd. Qua bemestingsstrategie vraagt het wisselsysteem zeker in een tomatenteelt aanpassingen. Tomaat volgend op paprika in het wisselsysteem vraagt op een armere grondsoort zeker meer aandacht voor mogelijk stikstoftekort. Maar ook op een rijkere grondsoort is extra aandacht voor de kaliumvoorziening in een wisselsysteem waarbij tomaat volgt op paprika noodzakelijk. Ook tomaat volgend op een braakjaar vraagt om aanpassingen. Op rijkere gronden is er na een braakjaar zoveel stikstof aanwezig, dat de voorraadbemesting in dat geval achterwege kan blijven, en er voorzichtig bijbemest kan worden.

7 Aanbevelingen voor verder onderzoek

Het is duidelijk dat er forse veranderingen nodig zijn om het bodemsysteem in de biologische glastuinbouw gezonder te maken. Het wisselsysteem in de vorm van het 'Köver' systeem zoals we dat hier getest hebben, biedt een aantal aanknopingspunten om toe te werken naar een gezondere bodem. Vervolgonderzoek kan op een aantal punten nog tot verbetering van het Köver systeem leiden. Het is echter de vraag of er geen radicalere oplossingen nodig zijn om werkelijk tot een gezonde bodem in de biologische glastuinbouw te komen.

- Het systeem is geschikt voor tomaat, maar vervolgonderzoek zal moeten uitwijzen of het ook voor paprika een werkbaar systeem is.
- Het compartimenteren van de grond door middel van plastic stroken is praktisch uitvoerbaar, maar kost veel arbeid. De grondbewerking wordt door de compartimentering bemoeilijkt. Hiervoor kunnen alternatieven worden bedacht.
- Eén of twee jaar braak brengt weliswaar de hoeveelheid aaltjes terug, maar na één jaar tomatenteelt zijn ze weer terug op het oude, hoge niveau. Door bij braak de grond niet te bemesten wordt het bodemsysteem iets minder voedselrijk. Hierdoor kan het voedselweb verschuiven van bacterie-dominant in de richting van schimmel-dominant. De grond is echter ook droger, waardoor de activiteit van het bodemleven terug loopt. In vervolgonderzoek zou gekeken kunnen worden of er andere organische stoftoevoegingen zijn, die verschuivingen in het voedselweb kunnen veroorzaken, zonder de bodem te verrijken. Het is echter de vraag of één of twee jaar braak daadwerkelijk voldoende is om een verschuiving in het bodemleven te veroorzaken, zodat de bodem 'weerbaarder' wordt. Metingen aan andere groepen aaltjes (schimmeleeters, carnivoren) zijn daarvoor noodzakelijk.
- Een andere mogelijkheid is om toch verder te kijken naar het gebruik van laagblijvende antagonistische gewassen. Dit mogen geen waardplanten voor aaltjes zijn, maar ze hoeven ook niet persé antagonistisch te werken. Hun functie is dan vooral door hun wortelstelsel het bodemleven te blijven stimuleren en de grond te beschermen tegen uitdroging.
- De mogelijkheden van het Köver systeem in deze vorm zijn beperkt, maar er zijn dan ook geen drastische veranderingen aan bijvoorbeeld de kasconstructie nodig. Verdere verbreding van de vruchtwisseling is in theorie mogelijk door bijvoorbeeld het idee van de rolkas verder uit te werken. Daarbij kunnen vruchtgroenten ook met vollegrondsgroenten worden gecombineerd, en kan de grond in de winter koud liggen, waardoor warmteminnende aaltjes niet overleven.

Literatuur

Blom, Greet, Leen Janmaat, Erik van Os & Marc Ruijs (2008). **Samen zoeken naar lange termijn oplossingen voor de biologische landbouw**. Rapport 168. Plant Research International, Wageningen, pp. 24.

Boonekamp, G (2008) **Wisselsystemen zetten grondontsmetting op zijn kop**. Groenten en Fruit 44, pp. 26-28.

Bridge, J. en S.L.J. Page (1980). **Estimation of Root-knot Nematode Infestation Levels on Roots Using a Rating Chart**. Tropical Pest Management 26(3), pp. 296-298.

Elberse, Ivonne en Harry Verstegen (2006). **Tagetes nog steeds de beste keus tegen wortellesieaaltjes**. De Boomkwekerij 12, pagina 11.

's Jacob, J.J. en J. van Bezooijen (1983). **A manual for practical work in nematology**. International Agricultural Centre, Wageningen.

Oka, Yuji, Rivka Offenbach en Shimon Pivonia (2004). **Pepper Rootstock Graft Compatibility and Response to Meloidogyne javanica and M. incognita**. Journal of Nematology 36(2), pp. 137-141.

Ploeg, Antoon T. en Paulus C. Maris (1999). **Effect of temperature on suppression of Meloidogyne incognita by Tagetes cultivars**. Journal of Nematology 31(4S): 709-714.

Southey, J.F. (1986). **Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes**. Her Majesty's Stationery Office, London.

Wanten, P, P. Koot en B. Kroonen-Backbier (2003). **Biologische aaltjesbestrijding: Tagetes zaaien of planten?** Ekoland 23(4), pp. 24-25

Bijlage 1

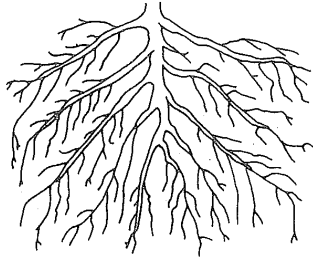
Score-kaart voor bepaling wortelknobbelsindex

De serie afbeeldingen op de volgende pagina vormt een eenvoudig systeem om de wortelknobbelsindex te bepalen, dat is ontwikkeld door Bridge & Page (1980). De kaart is origineel ontworpen voor de beoordeling van *Meloidogyne javanica* op tabak, maar kan ook voor andere *Meloidogyne* soorten gebruikt worden.

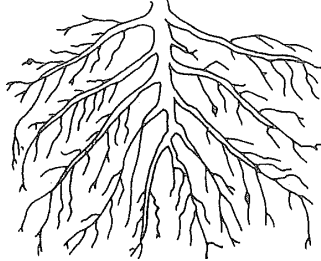
Bridge & Page geven de volgende aanwijzingen voor het gebruik van de kaart:

- Gebruik alleen actief groeiende planten voor de bepaling. Knobbels op verouderende planten worden – vaak door secundaire infecties – afgebroken, waarbij de binnenste vaatbundels achterblijven, die voor schone wortels kunnen worden aangezien;
- De wortels moeten zo snel mogelijk na het uittrekken beoordeeld worden, omdat de knobbels in de zon binnen een paar uur uitdrogen, waarna het onderscheid tussen geïnfecteerde en gezonde wortels veel moeilijker te maken is;
- Het complete wortelstelsel moet worden beoordeeld;
- Gebruik bij voorkeur planten van dezelfde leeftijd voor de beoordeling;
- Wortelknobbels op wortels van jonge planten kunnen worden beoordeeld, maar de voorkeur gaat uit naar volwassen planten in het begin van de vruchtvorming.

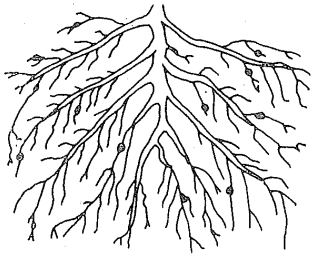
Een score van 0-3 zal de groei van de plant niet sterk beïnvloeden, maar hogere scores van 4-10 kunnen een forse opbrengstreductie veroorzaken.



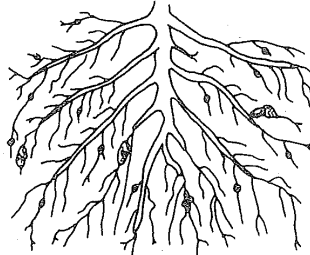
0. Geen knobbels.



1. Weinig & kleine knobbeltjes, moeilijk te vinden



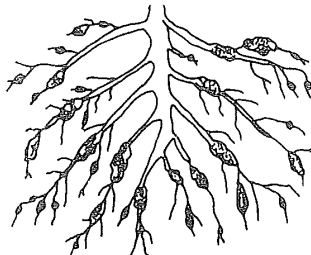
2. Alleen kleine knobbeltjes; duidelijk zichtbaar. De hoofdwortels zijn schoon.



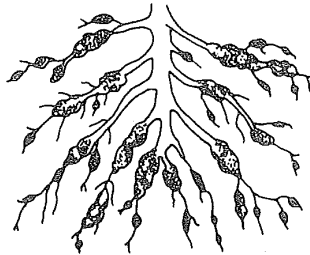
3. Een paar grotere knobbels zichtbaar. De hoofdwortels zijn schoon.



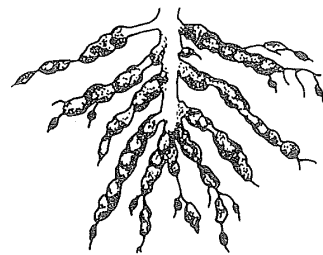
4. Overwegend grotere knobbels zichtbaar. De hoofdwortels zijn schoon.



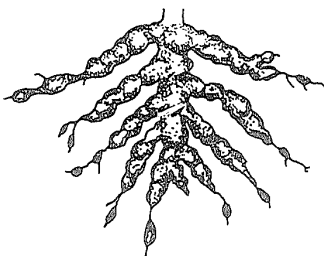
5. Knobbels op 25% van de wortels. Een gedeelte van de hoofdwortels heeft knobbels. Het wortelstelsel is verkleind.



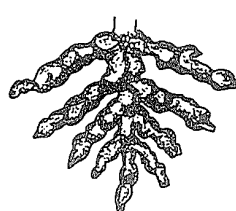
6. Knobbels op 50% van de wortels. Een groot gedeelte van de hoofdwortels heeft knobbels.



7. Knobbels op 75% van de wortels. Het grootste gedeelte van de hoofdwortels heeft knobbels.



8. Knobbels op 90% van de wortels. Alle hoofdwortels hebben knobbels. Weinig schone wortels zichtbaar.



9. Knobbels op 100% van de wortels. De plant is aan het afsterven.



10. Alle wortels hebben knobbels. Er is nauwelijks een wortelstelsel meer. De plant is dood.
