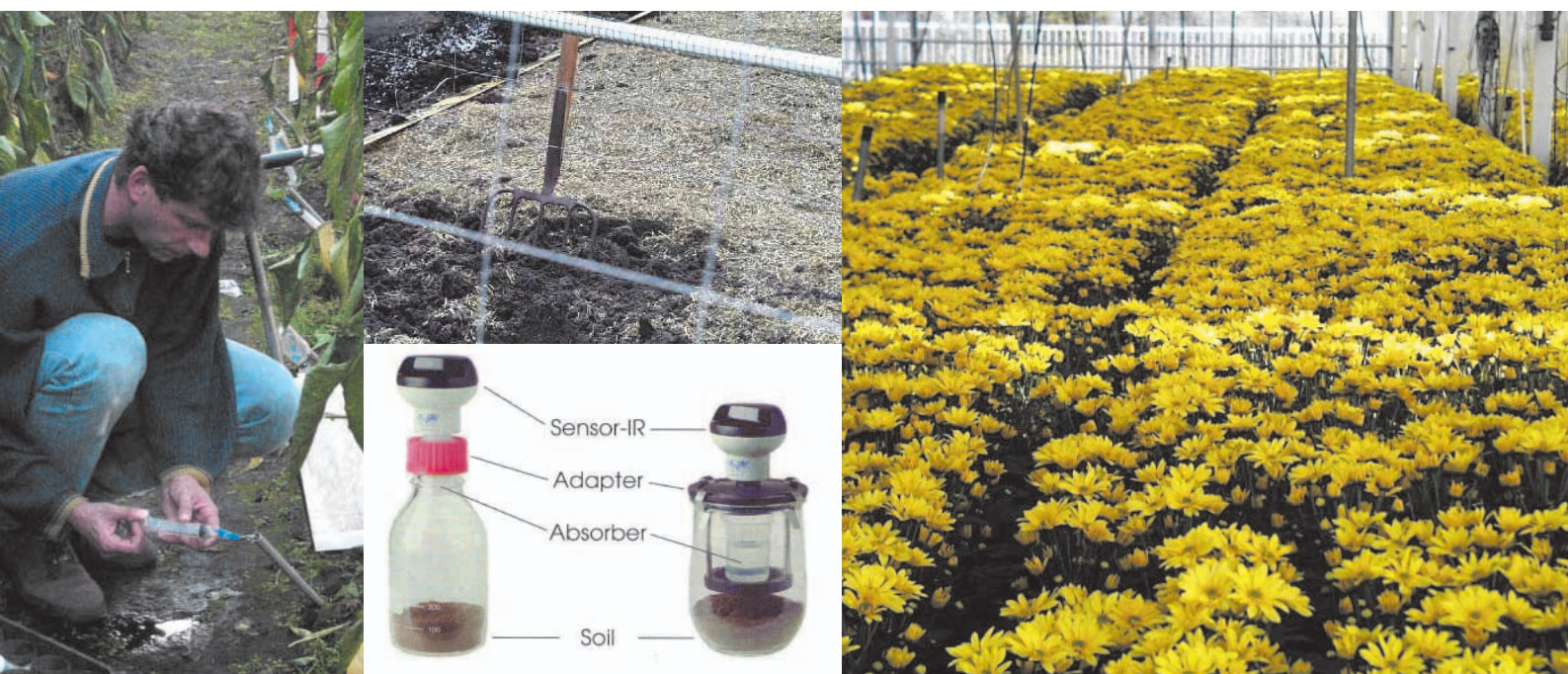


# Organische stofmanagement in Biologische kasteelt

Chrysantenproef 2002

L.F.M. Marcelis, W. Voogt, P.H.B. de Visser, J. Postma, M. Heinen, R. de Werd & G. Straatsma







# Organische stofmanagement in biologische kasteelt

Chrysantenproef 2002

L.F.M. Marcelis, W. Voogt, P.H.B. de Visser, J. Postma, M. Heinen, R. de Werd & G. Straatsma

Plant Research International B.V., Wageningen  
oktober 2003

Rapport 70

© 2003 Wageningen, Plant Research International B.V.

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 Plant Research International B.V.

Exemplaren van dit rapport kunnen bij de (eerste) auteur worden besteld. Bij toezending wordt een factuur toegevoegd; de kosten (incl. verzend- en administratiekosten) bedragen € 50 per exemplaar.

## **Plant Research International B.V.**

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen  
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen  
Tel. : 0317 - 47 70 00  
Fax : 0317 - 41 80 94  
E-mail : [postkamer.pri@wur.nl](mailto:postkamer.pri@wur.nl)  
Internet : <http://www.plant.wageningen-ur.nl>

# Inhoudsopgave

|                                                                            | pagina |
|----------------------------------------------------------------------------|--------|
| Voorwoord                                                                  | 1      |
| Samenvatting                                                               | 3      |
| 1. Inleiding                                                               | 5      |
| 2. Kasproef met chrysant                                                   | 7      |
| 2.1 Inleiding                                                              | 7      |
| 2.2 Materiaal en methoden                                                  | 7      |
| 2.2.1 Teelt                                                                | 7      |
| 2.2.2 Bodem                                                                | 7      |
| 2.2.3 Meststoffen                                                          | 7      |
| 2.2.4 Watergift en bodemvochtigheid                                        | 8      |
| 2.2.5 Waarnemingen                                                         | 9      |
| 2.3 Resultaten                                                             | 9      |
| 2.3.1 Watergeven en verdamping                                             | 9      |
| 2.3.2 Verloop gehalten in de bodem                                         | 10     |
| 2.3.3 Gewas                                                                | 12     |
| 2.3.4 Mineralen gewas                                                      | 14     |
| 2.4 Discussie en conclusies                                                | 17     |
| 3. Experimentele bepaling van mineralisatie en denitrificatie              | 19     |
| 3.1 Inleiding                                                              | 19     |
| 3.2 Experimentele bepaling organische stof afbraak en N-levering           | 19     |
| 3.2.1 Methoden                                                             | 19     |
| 3.2.2 Resultaten                                                           | 20     |
| 3.3 Denitrificatie                                                         | 24     |
| 3.3.1 Inleiding                                                            | 24     |
| 3.3.2 Resultaten                                                           | 24     |
| 4. Berekening van de N-stromen in de kas                                   | 27     |
| 4.1 Inleiding                                                              | 27     |
| 4.2 Karakterisering van de organische stof                                 | 27     |
| 4.2.1 Methode                                                              | 27     |
| 4.2.2 Resultaten                                                           | 28     |
| 4.3 Modelleren afbraak en N-levering onder geconditioneerde omstandigheden | 28     |
| 4.3.1 Methoden                                                             | 28     |
| 4.3.2 Resultaten                                                           | 29     |
| 4.4 N-stromen in kascompartiment                                           | 32     |
| 4.5 Evaluatie mineralisatiemeting en -simulatie                            | 34     |
| 5. Ziektewerendheid                                                        | 35     |
| 5.1 Inleiding                                                              | 35     |
| 5.2 Materiaal en methoden                                                  | 35     |
| 5.3 Resultaten                                                             | 36     |
| 5.4 Discussie en conclusies                                                | 41     |

|                                                                                          | pagina |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 6. Integratie en evaluatie                                                               | 43     |
| 6.1 Integratie                                                                           | 43     |
| 6.2 Evaluatie                                                                            | 44     |
| Referenties                                                                              | 49     |
| Bijlage I. Teeltgegevens Chrysant                                                        | 1 p.   |
| Bijlage II. Bodemgegevens                                                                | 1 p.   |
| Bijlage III. Gegevens over de gebruikte meststoffen                                      | 1 p.   |
| Bijlage IV. Plattegrond met proefvakken kas 402-3 PPO-Naaldwijk                          | 1 p.   |
| Bijlage V. Verloop van K, Na, Mg, SO <sub>4</sub> en P in bodem                          | 1 p.   |
| Bijlage VI. Gemiddelde samenstelling bodemextract                                        | 1 p.   |
| Bijlage VII. Eindgewicht en eindlengte chrysant voor de 4 teelten in 3 kappen            | 2 pp.  |
| Bijlage VIII. Gemiddelde gehalten aan droge stof, K, Na, Ca, Mg en P van de vier teelten | 1 p.   |
| Bijlage IX. Resultaten biotoetsen                                                        | 1 p.   |
| Bijlage X. PCR-DGGE fingerprints                                                         | 1 p.   |

# Voorwoord

Dit onderzoek is uitgevoerd door Plant Research International, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO) en Alterra in het kader van het project 'Organische stof management in biologische kasteelt' van DWK-onderzoeksprogramma 'Systeeminnovatie Biologische gesloten teelten' (400II), gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Dit rapport behandelt het in 2002 en voorjaar 2003 uitgevoerde onderzoek. Over het nog lopende onderzoek wordt in een later stadium gerapporteerd.





## Samenvatting

In de biologische kasteelt wordt de wettelijk maximaal toegestane gift van stikstof uit dierlijke mest, 170 kg N per ha per jaar, ervaren als knelpunt in de bedrijfsvoering. Er is gemiddeld 500-800 kg stikstof per ha per jaar nodig voor opname door het gewas. In dit onderzoek zijn in 2002 experimenten uitgevoerd met verschillende organische meststoffen die mogelijk een geschikt alternatief vormen voor dierlijke mest als stikstofbron. Tevens is onderzocht welke toedieningsmethode de meest efficiënte stikstofwerking kan realiseren. Naast onderzoek naar stikstoflevering is ook de invloed van de toegediende organische meststof op de ziektevering tegen bodemgerelateerde ziekten bepaald.

In de kasproef bleek de stikstofvraag van chrysant iets lager dan verwacht. De gebruikte meststoffen leverden allen voldoende stikstof voor de gewasgroei, met uitzondering van compost, waar een duidelijke groeireductie optrad. De éénmalige voorraadbemesting met luzerne resulteerde bij aanvang van de teelt in hoge N<sub>min</sub>-gehalten in de bodem, waarna een snelle daling volgde. De regelmatige giften van enkele andere meststoffen lieten een veel stabiel patroon zien van de minerale stikstof. De onder laboratoriumomstandigheden bepaalde afbraaksnelheid bleek geschikt om de gemeten veldmineralisatie na te rekenen. De deels gemeten en deels gesimuleerde stikstofstromen in het bodem/plant systeem gaven aan waar de grootste verliezen optraden per behandeling. Het grootste verlies door denitrificatie werd berekend voor luzerne, terwijl bij compost vooral stikstof in de bodem achterblijft. De afbraak varieerde aanzienlijk: van een zeer lage afbraak van schrale compost tot een zeer grote afbraak en stikstoflevering bij luzerne. Het merendeel van de organische stoffen blijkt als meststof een goed alternatief voor dierlijke mest, mits juist gedoseerd en behandeld. Hierbij moet sterk rekening gehouden worden met verliezen door denitrificatie welke vooral optreden na gietbeurten.

Uit de biotoetsen bleek dat de organische meststoffen een beperkte, doch significante invloed hebben op de ziekteverendheid van de bodem. Toevoeging van luzerne en maltaflor veroorzaakten een significant hogere ziektevering van *Phytophthora nicotianae* in tomaat, dan de gebruikte schrale compost. De andere toevoegingen gaven intermediaire waarden. De toediening van luzerne gaf tijdens de eerste teelt de hoogste bodemademhaling en compost en fontana de laagste. Er werd een lineair verband gevonden tussen bodemademhaling en aantal gezonde planten uit de *Phytophthora* biotoets. Met DNA-onderzoek (PCR-DGGE) werd vooral bij luzerne, en bij maltaflor in mindere mate, een sterke stimulering van bepaalde schimmels aangetoond. De samenstelling van de populaties bacteriën, schimmels en actinomyeten werd sterk beïnvloed door de meststofgift, maar het verband met ziekteverendheid heeft verder onderzoek.

Voorlopig kan geconcludeerd worden dat er verschillende perspectievolle alternatieve stikstofbronnen zijn. Na afloop van de nog lopende proeven met enkele andere meststoffen zullen de resultaten benut worden voor het opzetten van een adviesstelsel voor organische bemesting in de biologische kasteelt.



# 1. Inleiding

In de biologische glastuinbouw is het gebruik van organische meststoffen belangrijk voor plantenvoeding en voor wering tegen ziekten en plagen. Een belangrijk knelpunt bij organische bemesting is dat de maximaal toegestane aanvoer van dierlijke mest (170 kg stikstof per ha per jaar) veel geringer is dan de jaarlijkse stikstofopname door het gewas. Daardoor is aanvulling met andere organische meststoffen noodzakelijk. Daarnaast doet zich de vraag voor welke mogelijkheden er zijn om tijdens een teelt bij te bemesten. Naast de bemestingsmogelijkheden zijn er kansen om met het toedienen van organisch materiaal de ziektevering van het bodem/plant systeem te bevorderen. Ter onderbouwing van de juiste strategie voor organische stofmanagement, is een gezamenlijk onderzoek gestart van Plant Research International, PPO-Glastuinbouw, PPO-Paddestoelen en Alterra naar het gebruik van een aantal organische meststoffen in de biologische glasteelt. Het onderzoek bestaat zowel uit een kasproef, een aantal separate kleine experimenten en uit modelberekeningen. De aanpak onderscheidt zich van veel ander onderzoek aan mineralenstromen door de concentratie op al de voor de stikstofdynamiek relevante processen binnen één kas. Hierdoor is het mogelijk alle stikstofstromen en hun samenhang te bepalen en intensieve, gerichte metingen te doen aan onder andere denitrificatie en microbiële samenstelling in de bodem.

Dit rapport behandelt het onderzoek gedurende één jaar naar de gevolgen van de toediening van de volgende meststoffen: luzerne en compost (eenmalige voorraadbemesting), maltaflor en bloedmeel (bemesting verdeeld over 4 giften per jaar), en monterra en fontana (bijmesten tijdens de teelt) bij vier opeenvolgende chrysantenteelten (laatste teelt is maart 2003 geoogst). Het onderzoek wordt momenteel gecontinueerd bij een paprikateelt met enkele andere meststoffenbehandelingen. Hoofdstuk 2 behandelt het onderzoek aan gewas en bodem in de kasproef. Hoofdstuk 3 gaat in op detailonderzoek aan afbraak en N-levering van de gebruikte organische meststoffen en op denitrificatie. Hoofdstuk 4 behandelt de simulatie van mineralisatieprocessen. Hoofdstuk 5 rapporteert over de ziekteverende eigenschappen van de organische stoffen in kasproef en biotoets. Tot slot worden in Hoofdstuk 6 de resultaten uit de voorgaande hoofdstukken geïntegreerd en wordt gediscussieerd over de verdere toepassingen in de gewasteelt van alternatieve N-bronnen gekoppeld aan ziekteverende eigenschappen.



## 2. Kasproef met chrysant

### 2.1 Inleiding

Een aantal organische N-bronnen kan als alternatief gebruikt worden voor dierlijke mest om een afdoende N-voorziening van een biologisch geteeld gewas te realiseren. In onderstaande proef is een keuze gedaan voor een aantal meststoffen op basis van hun beschikbaarheid op de markt, hun gunstige prijsstelling, hun vermoedelijk snelle afbreekbaarheid en hun mogelijk ziekteverwerende eigenschappen.

Een relevante vraag vanuit de praktijk is, in welke mate de nutriënten uit organische stof in bodem en meststof beschikbaar zijn voor gewasopname. Om deze vraag te beantwoorden, is in Naaldwijk een proef opgezet die zoveel mogelijk overeenkomt met de situatie zoals gebruikelijk in de praktijk. Om kennis op te bouwen over de benutting van bij afbraak vrijkomende nutriënten, moet het onderzoek metingen aan de meest relevante nutriëntenstromen bevatten. Het onderzoek naar deze stromen komt gedeeltelijk in dit hoofdstuk, en gedeeltelijk in Hoofdstuk 4 aan bod, waarna in het afsluitende Hoofdstuk 6 alle stromen gezamenlijk besproken worden.

In dit hoofdstuk worden de opzet van de kasproef, de gewasgroei en de nutriëntenopname van chrysant bij toevoeging van een aantal organische (mest)stoffen gerapporteerd.

### 2.2 Materiaal en methoden

#### 2.2.1 Teelt

Het deelproject ‘Onderzoek naar alternatieve N-bronnen’, met chrysant als toetsgewas, werd uitgevoerd in een proefkas waar een aantal onderzoeksprojecten met betrekking tot biologische teelten tegelijkertijd werden uitgevoerd. De kas bestond uit drie plantvakken, waarin de watergift en de korte/ lange dag behandelingen afzonderlijk kon worden gestuurd. Het uitgangspunt was een jaarronde teelt, met snelle teeltopvolging, waarbij de plantdata in de drie plantvakken circa 3 á 4 weken ten opzichte van elkaar zijn verschoven en er zodoende continu drie gewasstadia in de kas aanwezig zijn. Een overzicht van relevante teeltgegevens is opgenomen op Bijlage I. De onderzoeksperiode liep van 4/4/2002 t/m 2/4/2003. In deze periode zijn in alle drie de plantvakken vier teelten uitgevoerd.

#### 2.2.2 Bodem

Een beschrijving van het bodemprofiel en een aantal basisgegevens zijn opgenomen in Bijlage II. Voorafgaande aan de eerste teelt is de grond gespit (circa 30 cm) en zijn de meststoffen (voorraadbemesting) hiermee ingewerkt. Bij de volgende teeltwisselingen is bewust geen grondbewerking toegepast, de grond is alleen aangeharkt om gewasresten te verwijderen. Eventueel toegepaste bemesting voorafgaande aan de volgende teelten is alleen ingeharkt.

#### 2.2.3 Meststoffen

##### Meststofkeuze

Uitgangspunt voor de keuze was de beperking in toegelaten hoeveelheid dierlijke mest (max. 170 kg N ha<sup>-1</sup>). Als alternatief is gezocht naar producten die voldoende N bevatten en in de korte tijd mineraliseren. Verder is gezocht naar producten die geschikt zijn om bij te kunnen bemesten tijdens de teelt.

Dit leidde tot de volgende behandelingen:

- Voorraadbemesting éénmalig
  - Compost
  - Luzerne stro
- Voorraadbemesting voorafgaand aan elke teelt
  - Bloedmeel
  - Maltaflor
- Voorraadbemesting viermaal tijdens elke teelt
  - Monterra
  - Fontana

Gegevens over de meststoffen zijn opgenomen op Bijlage III.

### Strategie

Als uitgangspunt is gekozen voor een strategie met evenwichtsbemesting, met aanvulling van mineralen op momenten dat tekorten zouden kunnen ontstaan. Deze methode is eerder getest en beschreven in Voogt *et al.* (2000). De opname voor N, K en P is vooraf geschat op basis van een totaalproductie over vier teelten. Hiervoor is de regressielijn uit Sonneveld (1998) gebruikt. De productie is geschat op 200 takken van gemiddeld 75 gram (15 kg/m<sup>2</sup>). De behoefte aan N, K en P bedraagt dan respectievelijk 600, 875 en 60 kg ha<sup>-1</sup>.

Bij alle behandelingen werd stalmest gegeven tot aan de wettelijke norm voor dierlijke mest van 170 kg ha<sup>-1</sup>. Vervolgens is de hoeveelheid N aangevuld uit de gekozen meststoffen, zodat bij alle behandelingen in totaal 600 kg ha<sup>-1</sup> is gegeven. Tegelijkertijd is de P en K aanvoer via deze meststoffen berekend. Aanvullend is patentkali gegeven, waarbij dezelfde strategie (bijmesten c.q. voorraadbemesting) is gevolgd als voor de betreffende N-meststof. P is verder niet gecorrigeerd, omdat er voldoende voorraad P in de bodem aanwezig was. Hierdoor zijn er verschillen geweest in de P-aanvoer. Details over de hoeveelheden staan vermeld in Bijlage III. Een plattegrond van de kas is opgenomen in Bijlage IV.

### 2.2.4 Watergift en bodemvochtigheid

Er werd over het gewas berekend via regenleidingen met DAN sprinklers. De frequentie varieerde van eenmaal per 10 dagen midden in de winter, tot driemaal per week in de zomer. De watergift werd afgestemd op de gewasbehoefte. Hiervoor werden berekeningen uit het verdampingsmodel gebruikt (Voogt *et al.*, 2000). Direct na het planten werd een afwijkend patroon gevolgd, na een aangietbeurt van 10 - 15 mm werd enkele dagen gewacht met de volgende gietbeurt, namelijk tot de perspotjes uitgedroogd waren. Hierbij gingen de planten soms slap. Na circa 14 dagen werd consequent het verdampingsmodel gevolgd, tot circa 14 dagen voor de bloei. De laatste 10 dagen voor de bloei werd in het geheel geen water meer gegeven.

Ter controle van de bodemvochtigheid werden tensiometers gebruikt, twee in elke plantvak op diepten van 20 en 40 cm. Ook werden FD sensoren geplaatst om continu het watergehalte en de bodemtemperatuur te registreren in een aantal bodemlagen. De sensoren waren geplaatst op diepten van 10, 20, 40 en 60 cm, op drie plaatsen in vak 1

## 2.2.5 Waarnemingen

### Gewasgroei en ontwikkeling

Gedurende de teelt werd op drie tot vijf momenten de gewaslengte, gewicht en droge stof bepaald van elk vak. Aan het einde van elke teelt in elk plantvak werd van elk proefvak van 100 planten lengte en gewicht bepaald. Van een sub-monster werd het droge-stofpercentage bepaald en later geanalyseerd op hoofd- en spoorelementen, via een totaalanalyse.

### Grondbemonsteringen

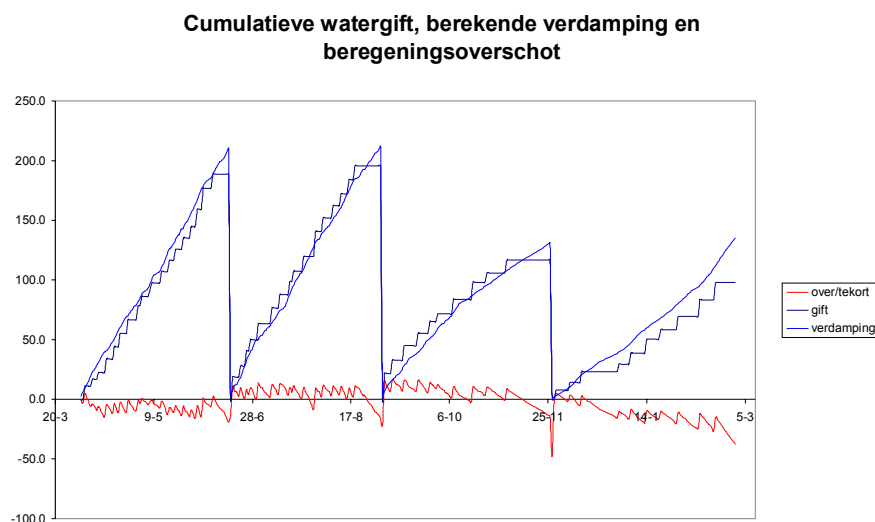
Voor een groot aantal waarnemingen in dit onderzoek moest grond worden bemonsterd. Vanwege de noodzaak tot zo min mogelijk wederzijdse verstoringen, is een bemonsteringspatroon afgesproken waar elk van de deelnemers zich aan moest houden. Elke drie weken werd de laag 0-25 cm bemonsterd. Hiervoor werd een gutsboor van  $\varnothing$  2.5 cm gebruikt. Circa 20 prikken per veld werden gedaan. Eveneens werd de laag 50 - 55 cm om de drie weken bemonsterd, behalve in de beginfase en aan het einde van de onderzoeksperiode. Hiervoor werden alleen de behandelingen bloedmeel, compost, luzerne en maltaflor bemonsterd.

Aanvankelijk werd de 1:2 volume extract met water toegepast. Later is dit vervangen door de 1:2  $\text{CaCl}_2$  extractie, om een beter beeld te krijgen van de  $\text{NH}_4$ . Voor de K geeft deze andere extractie een geringe verhoging in concentratie, voor  $\text{NO}_3^-$  geeft dit geen veranderingen.

## 2.3 Resultaten

### 2.3.1 Watergeven en verdamping

Het verloop van de cumulatieve berekende verdamping en de cumulatieve watergift, en het cumulatieve beregeningsoverschot per teelt is weergegeven in Figuur 2.1.

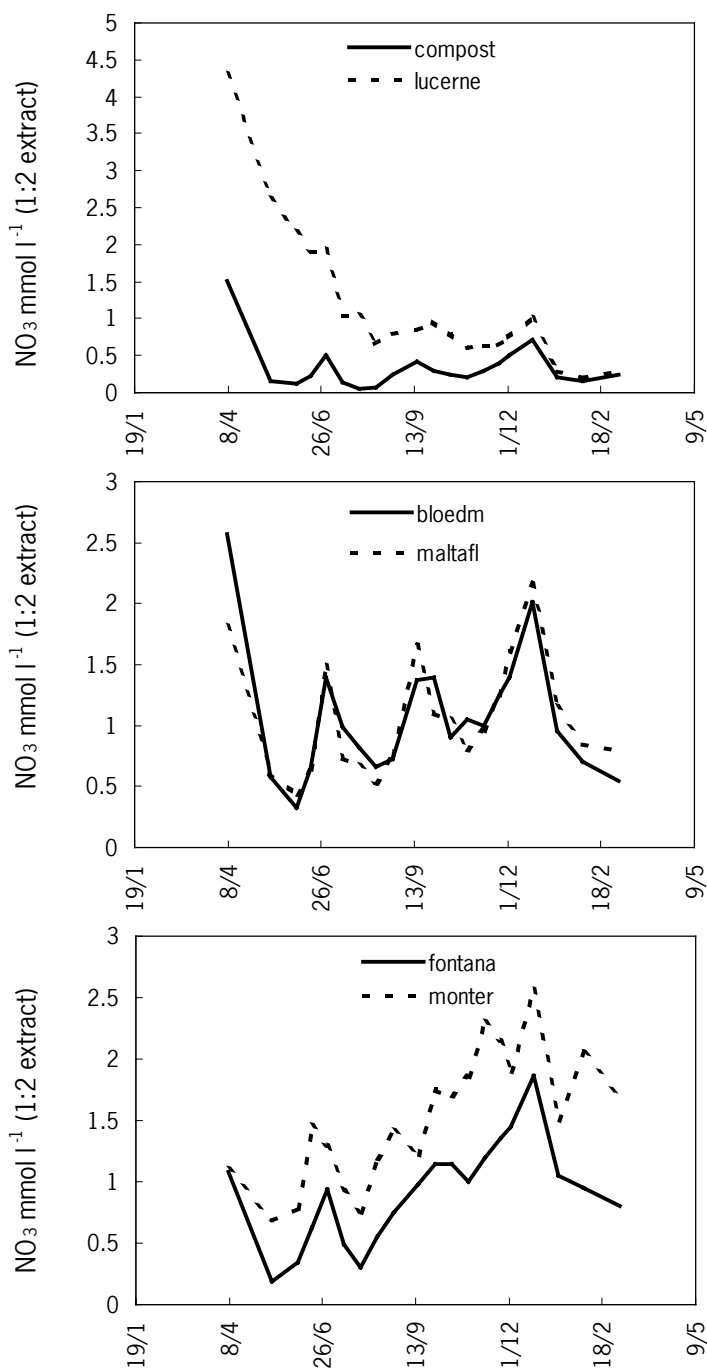


Figuur 2.1. Verloop van de cumulatieve watergift, de cumulatieve verdamping en het beregeningsoverschot (gift - verdamping) in mm van de vier teelten.

Uit de resultaten blijkt dat er gemiddeld gesproken nauwelijks sprake is van een beregeningsoverschot. Alleen in de tweede teelt is er een klein overschot van circa 10 - 15 mm, grotendeels ontstaan bij het begin. Alle teelten eindigen met een beregeningstekort, doordat in de laatste fase van de teelt niet meer is beregend.

### 2.3.2 Verloop gehalten in de bodem

De resultaten van de analyses op  $\text{NO}_3$  in de laag 0-25 zijn weergegeven in Figuur 2.2.



Figuur 2.2. Verloop van de  $\text{NO}_3$ -gehalten in het 1:2 volume extract bij de 6 behandelingen, gegroepeerd naar de toedieningswijze: voorraad eenmalig (lucerne en compost), voorraadbemesting per teelt (bloedmeel en maltaflor) en bijmesten (fontana en monterra).



Uit het verloop van de  $\text{NO}_3$  cijfers blijkt dat er grote verschillen zijn tussen de meststoffen. Het verschil is het grootst tussen luzerne en compost, beiden via voorraadbemesting gegeven. Bij luzerne blijkt er direct na toediening al veel minerale N beschikbaar, bij compost is dit gedurende de gehele teelt laag. Dit patroon is ook bij de overige twee kappen het geval (Bijlage VI). Klaarblijkelijk mineraliseert luzerne zeer snel. Van compost is bekend dat dit langzaam mineraliseert. De piekwaarde aan het begin is mede beïnvloed door de aanvangswaarde. Opvallend is dat de beschikbare hoeveelheid bij luzerne daalt tot een zeer laag niveau in de vierde teelt. Bij compost lijkt er sprake van enige stijging van het gehalte vanaf 1 november, maar dit is slechts van tijdelijke aard.

Bij bloedmeel en maltaflor is het patroon en het niveau vrijwel identiek. Duidelijk zijn de perioden van teeltwisseling te onderscheiden, waarbij het niveau telkens stijgt, om vervolgens, hoogstwaarschijnlijk door opname, snel te dalen. De gehalten variëren rond een stabiel niveau.

Bij fontana en maltaflor is er geen effect zichtbaar van de bijmest momenten, omdat dit frequenter werd gedaan dan de bemonsteringen. Opvallend is dat er, afgezien van de beginwaarde, sprake is van een algehele stijgende trend.

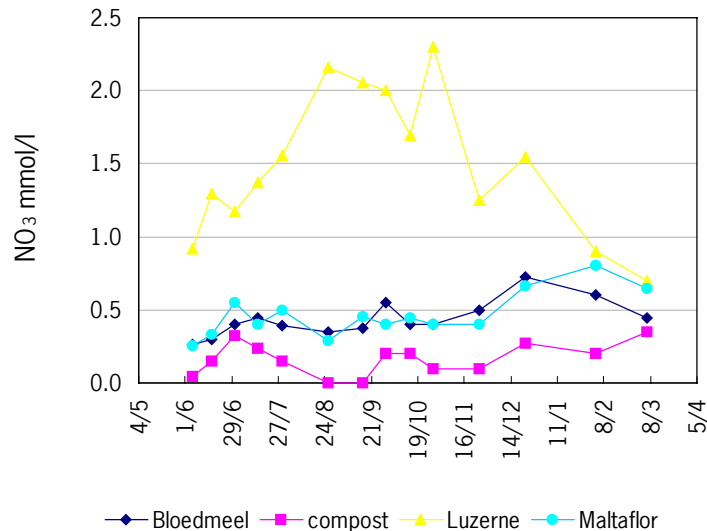
Bij de bijmest behandelingen is het stikstofgehalte bij monterra telkens hoger dan de fontana. Ook bij deze behandelingen is er sprake van een licht stijgende trend. Er is geen duidelijke verklaring voor de licht hogere niveaus van monterra ten opzichte van fontana.

In de monsters werden ook het watergetal en de onderwaterdichtheid bepaald, zodat ook de totale hoeveelheid N kon worden berekend. De gemiddelden, minima en maxima staan vermeld in Tabel 2.1.

*Tabel 2.1. Gemiddelde, maximum en minimum hoeveelheid N-mineraal in de laag 0-25 cm van beide herhalingen in kap 1, gedurende de vier teelten, uitgedrukt in kg ha<sup>-1</sup>.*

| Behandeling | N-min gemiddeld |      | N-min minimum |      | N-min maximum |       |
|-------------|-----------------|------|---------------|------|---------------|-------|
|             | 1               | 2    | 1             | 2    | 1             | 2     |
| Bloedmeel   | 63.2            | 54.3 | 13.5          | 23.2 | 116.8         | 152.2 |
| Compost     | 20.3            | 18.2 | 2.2           | 2.8  | 108.9         | 74.0  |
| Fontana     | 54.6            | 50.2 | 11.7          | 10.4 | 102.3         | 102.2 |
| Luzerne     | 76.5            | 57.7 | 11.1          | 11.1 | 305.0         | 209.7 |
| Maltaflor   | 72.0            | 44.2 | 27.6          | 12.7 | 140.0         | 100.5 |
| Monter      | 90.3            | 76.5 | 37.9          | 33.7 | 152.7         | 130.4 |

Met uitzondering van compost, liggen de gemiddelde niveaus in dezelfde orde van grootte. De verschillen tussen de herhalingen zijn niet onaanzienlijk. Zoals te verwachten is op grond van het verloop van de  $\text{NO}_3$ -gehalten (Figuur 2.2) is de spreiding tussen de hoogste en laagste waarde en tussen de behandelingen zeer groot. Bij compost is de voorraad op zeker moment praktisch op. Bij luzerne is de hoeveelheid maximaal beschikbare N-min zeer ruim.



Figuur 2.3. Verloop van het NO<sub>3</sub>-gehalte in de laag 50 - 55 cm bij 4 behandelingen gedurende de teelt.

Uit Figuur 2.3 blijkt dat in de ondergrond, beneden wortelzone er bij luzerne een opmerkelijk hoog NO<sub>3</sub>-gehalte aanwezig is. Bij de overige behandelingen is dit laag tot zeer laag, maar hierin vertoont zich een licht stijgende tendens.

NH<sub>4</sub> werd gedurende de teelt niet aangetroffen in de grondmonsters. In Bijlage V is het verloop van de gehalten van een aantal andere elementen weergegeven. Wat betreft K blijven de niveaus vrij constant en is er geen noemenswaardig verschil tussen de behandelingen. Opmerkelijk is de stijging in Na door fontana, tot een bedenkelijk hoog niveau. Dit is in overeenstemming met het hoge Na-gehalte in de meststof (Bijlage III). Opmerkelijk is ook de dalende trend in de SO<sub>4</sub> concentraties, bij alle behandelingen. Een verklaring is niet te geven. Gegevens over de EC, Ca en Cl ontbreken, omdat het CaCl<sub>2</sub> extract is toegepast.

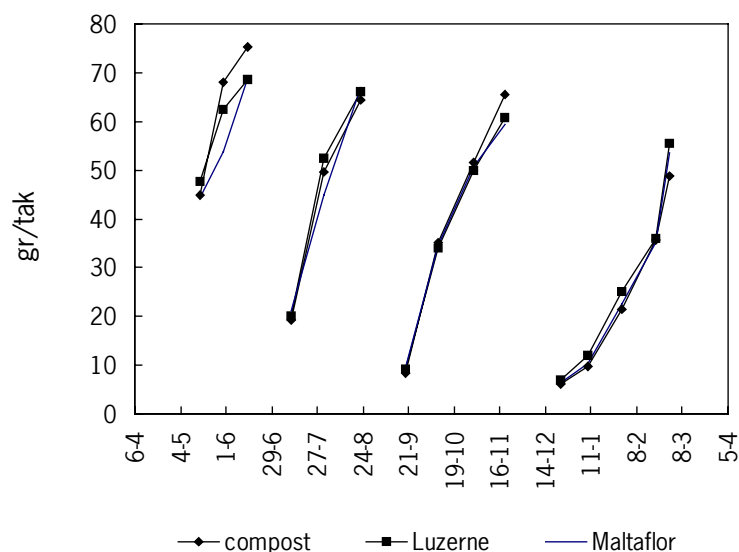
### 2.3.3 Gewas

#### Gewasontwikkeling tijdens de teelt

De groei was in de eerste teelt normaal in kap 1 en 3, bij kap 2 was door een technische storing de korte dag behandeling lange tijd verstoord, zodat bloeiinductie te laat startte. Deze teelt is wel op het geplande tijdstip geoogst, zonder dat de takken in bloei waren, om de teeltcyclus niet te verstoren. In de tweede teelt werd snel zichtbaar dat de compostbehandeling trager groeide, met name in kap 1 en 3. Ook was sprake van enige geelkleuring in het begin. In de derde en vierde teelt waren deze effecten minder uitgesproken, vooral ook omdat de ongelijkheid in alle vakken toenam. De vierde teelt verliep zeer traag in groei, door de start eind november. Bodemziekten kwamen niet van betekenis voor, behoudens enkele planten die uitvielen door pythium.

#### Groeiwaarnemingen

In kap 1 werden elke drie á vier weken waarnemingen gedaan aan de ontwikkeling van lengte en gewicht. In Figuur 2.4 is het verloop van de gemiddelde waarnemingen weergegeven.

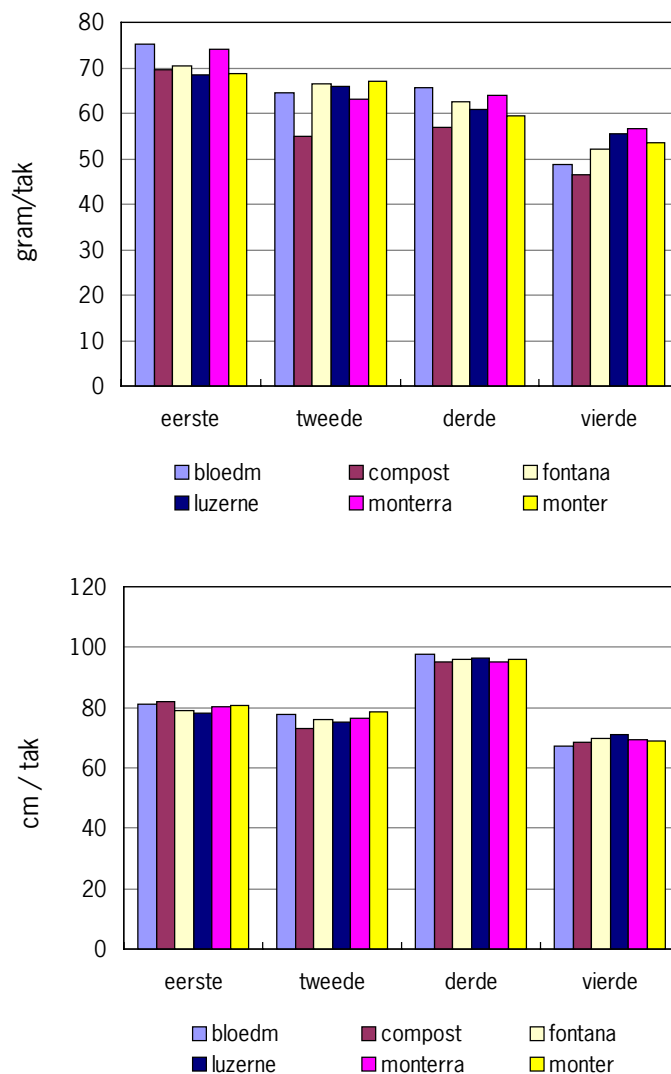


*Figuur 2.4. Ontwikkeling van het takgewicht in g/tak van de vier teelten in kap 1, bij de behandelingen compost, luzerne en monterra.*

De seizoensinvloed is duidelijk zichtbaar door een afname in eindgewicht en ook door vertraging van de groeisnelheid (teelt 4). Compost blijft duidelijk achter in groei in teelt 2 en 3, en dit effect is al vroeg in de teelt zichtbaar.

## Oogst

De resultaten van 4 teelten in de drie kappen zijn weergegeven in Bijlage VII. In Figuur 2.5 is een samenvatting gegeven van de resultaten. De verschillen in lengtegroei zijn gering. In takgewicht zijn er iets grotere verschillen productie. Bij compost is de productie met name in de tweede teelt lager. In de derde teelt is dit nog steeds het geval, maar minder uitgesproken. In de vierde teelt is compost nog steeds de laagste, maar bloedmeel gaf in deze teelt ook een lagere productie. De resultaten van de twee overige kappen komen sterk overeen met kap 1 (zie Bijlage VII).



*Figuur 2.5. Gemiddeld takgewicht (g/tak) en de gemiddelde lengte (cm/tak) van alle behandelingen in de vier teelten in kap 1.*

### 2.3.4 Mineralen gewas

#### Tijdens de teelt

Het gewasmateriaal is tijdens de teelt verzameld en geanalyseerd. Uit Figuur 2.6 blijkt dat het N-gehalte, uitgedrukt in mmol nitraat per kg droge stof, in de plant gedurende de teelt afneemt. Verder valt op dat bij de eerste drie teelten de gehalten bij de compost-behandeling constant lager zijn dan bij de overige behandelingen, die verder onderling nauwelijks verschillen. In de vierde teelt zijn de verschillen tussen de behandelingen gering, echter wel is compost nog steeds het laagst en is in deze teelt ook luzerne laag.

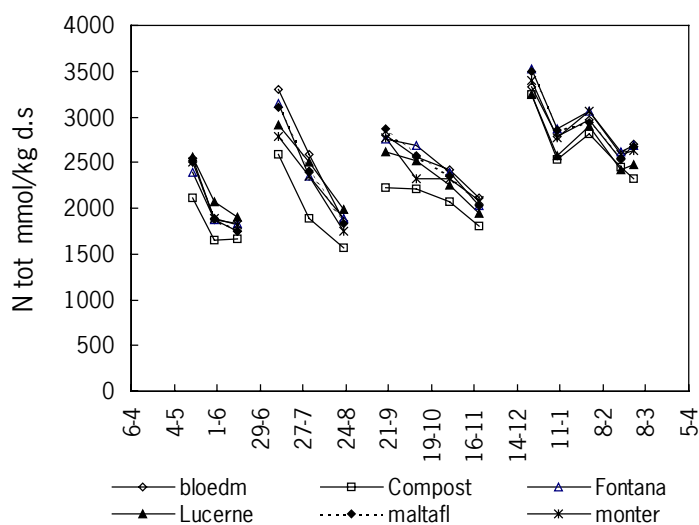
De verschillen tussen de overige elementen in de droge stof zijn gering (Bijlage VIII). De geringere N-gehalten bij compost lijken samen te gaan met een verhoogd gehalte aan droge stof. Opvallend is verder het verhoogde Na-gehalte bij de fontana behandeling.

## Bij oogst

In tegenstelling tot kap 3, zijn bij kap 1 en 2 de gehalten aan stikstof bij de compost behandeling bij de eerste oogst aanzienlijk lager dan bij de rest. Bij de teelten twee en drie is compost telkens de laagste, maar blijkt in kap 3 toch minder afwijkend te zijn dan in kap 1 of 2. In de vierde teelt zijn de verschillen tussen de behandelingen geringer. Opvallend is het lage N-gehalte bij Monterra in de tweede teelt bij kap 2. Hiervoor is geen logische verklaring te geven.

Tabel 2.2. Gemiddelde gehalten aan N van het geoogste product aan het einde van alle vier de teelten.

| Teelt       | 1    |      |      | 2    |      |      | 3    |      |      | 4    |      |      |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Kap         | 1    | 2    | 3    | 1    | 2    | 3    | 1    | 2    | 3    | 1    | 2    | 3    |
| Behandeling |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Bloedmeel   | 1745 | 1889 | 1811 | 1856 | 1837 | 1824 | 2111 | 2166 | 2304 | 2704 | 3168 | 2544 |
| Compost     | 1659 | 1705 | 1820 | 1563 | 1527 | 1902 | 1805 | 1881 | 2247 | 2327 | 2873 | 2372 |
| Fontana     | 1838 | 1987 | 1879 | 1891 | 1834 | 1954 | 2030 | 2138 | 2369 | 2686 | 3302 | 2541 |
| Luzerne     | 1903 | 1934 | 1907 | 1983 | 1709 | 1879 | 1941 | 2036 | 2197 | 2472 | 3242 | 2512 |
| Maltaflor   | 1747 | 1911 | 1831 | 1834 | 1759 | 1903 | 2028 | 1795 | 2277 | 2671 | 3254 | 2707 |
| Monterra    | 1817 | 2003 | 1920 | 1747 | 1524 | 1969 | 2083 | 2088 | 2296 | 2635 | 3526 | 2716 |



Figuur 2.6. Het N-gehalte in de plant ( $\text{mmol kg}^{-1}$  droge stof) gedurende vier teelten in kap 1.

## Gewasopname

Tabel 2.3 geeft de totale opname door het gewas, berekend op basis van de productie aan droge biomassa en de gehalten aan mineralen van vier afzonderlijke teelten en totaal over vier teelten.

Tabel 2.3. Totale opname aan N per teelt en per kap van de zes behandelingen, uitgedrukt in kg ha<sup>-1</sup> jaar.

|                  |            | bloedmeel  | compost    | fontana    | lucerne    | maltaflor  | monterra   |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Kap 1            | teelt 1    | 131        | 116        | 126        | 128        | 131        | 124        |
|                  | teelt 2    | 116        | 91         | 120        | 127        | 116        | 119        |
|                  | teelt 3    | 122        | 95         | 114        | 108        | 117        | 113        |
|                  | teelt 4    | 99         | 85         | 101        | 103        | 113        | 105        |
|                  | <b>som</b> | <b>468</b> | <b>387</b> | <b>461</b> | <b>467</b> | <b>476</b> | <b>462</b> |
| Kap 2            | teelt 1    | 90         | 82         | 97         | 91         | 92         | 93         |
|                  | teelt 2    | 137        | 97         | 132        | 130        | 133        | 123        |
|                  | teelt 3    | 104        | 85         | 101        | 96         | 85         | 102        |
|                  | teelt 4    | 144        | 125        | 155        | 149        | 148        | 165        |
|                  | <b>som</b> | <b>475</b> | <b>389</b> | <b>484</b> | <b>466</b> | <b>457</b> | <b>483</b> |
| Kap 3            | teelt 1    | 133        | 128        | 127        | 129        | 130        | 134        |
|                  | teelt 2    | 116        | 112        | 120        | 113        | 127        | 127        |
|                  | teelt 3    | 75         | 79         | 79         | 68         | 76         | 75         |
|                  | teelt 4    | 169        | 158        | 181        | 143        | 186        | 170        |
|                  | <b>som</b> | <b>493</b> | <b>476</b> | <b>507</b> | <b>454</b> | <b>519</b> | <b>507</b> |
| <b>gemiddeld</b> |            | <b>479</b> | <b>417</b> | <b>484</b> | <b>462</b> | <b>484</b> | <b>484</b> |

Opvallend zijn de verschillen in opname per teelt. Deze worden veroorzaakt door productieve verschillen (vers gewicht, maar vooral ook door het droge-stofpercentage, zie Bijlage VIII). Aangezien de teeltperioden in de drie kappen nogal uiteenliepen zijn de resultaten van de teelten bij vergelijking tussen de kappen nogal uiteenlopend. Bij kap 2 was teelt 1 sterk afwijkend, vanwege het vroegtijdig beëindigen (zie paragraaf 2.3.3).

Bij compost blijft de opname circa 9% achter bij die van de overige behandelingen. Het verschil is bij kap 1 en 2 echter aanzienlijk groter, in kap 3 blijft de opname bij compost veel minder achter. Bij luzerne is er gemiddeld ook een iets lagere opname, dit is juist bij kap 3 het sterkste en is in kap 1 en 2 niet of nauwelijks afwijkend van de overigen.

## N voorraad veranderingen

Aan het begin van de experimenten, en aan het einde van de vierde teelt is in alle drie de kappen de grond bemonsterd en is berekend wat de voorraad minerale N is geweest in de laag 0-25 cm. Aan de hand hiervan is de eventuele voorraadverandering berekend. Het blijkt dat bij maltaflor en monterra in alle drie de kappen van ophoping sprake is. Bij compost en luzerne is er bij alle drie de kappen een daling. Bij de bloedmeel en fontana is het beeld wisselend.

Tabel 2.4. *N min voorraad aan het begin en einde van de proefperiode, en de berekende voorraadvorming (verschil) in kg N ha<sup>-1</sup>.*

|                 |               | Kap 1       | Kap2         | Kap 3        |
|-----------------|---------------|-------------|--------------|--------------|
| <b>Begin</b>    | Behandeling   |             |              |              |
|                 | bloedm        | 29.4        | 16.4         | 79.6         |
|                 | compost       | 29.4        | 16.4         | 79.6         |
|                 | fontana       | 29.4        | 16.4         | 79.6         |
|                 | lucerne       | 29.4        | 16.4         | 79.6         |
|                 | maltafl       | 29.4        | 16.4         | 79.6         |
| <b>Einde</b>    | <u>monter</u> | <u>29.4</u> | <u>16.4</u>  | <u>79.6</u>  |
|                 | bloedm        | 29.8        | 61.9         | 44.9         |
|                 | compost       | 13.7        | 10.7         | 10.5         |
|                 | fontana       | 45.2        | 81.4         | 66.8         |
|                 | lucerne       | 16.7        | 10.5         | 12.4         |
|                 | maltafl       | 40.7        | 75.6         | 33.0         |
| <b>Verschil</b> | <u>monter</u> | <u>87.7</u> | <u>136.7</u> | <u>106.6</u> |
|                 | bloedm        | 0.4         | 45.5         | -34.6        |
|                 | compost       | -15.7       | -5.7         | -69.1        |
|                 | fontana       | 15.8        | 65.0         | -12.8        |
|                 | lucerne       | -12.7       | -5.9         | -67.2        |
|                 | maltafl       | 11.4        | 59.2         | -46.5        |
|                 | monter        | 58.3        | 120.3        | 27.0         |

## 2.4 Discussie en conclusies

Uit de vergelijking tussen gerealiseerde watrigift en berekende verdamping blijkt dat er over het geheel genomen van de onderzoeksperiode sprake is evenwicht. Netto uitspoeling is er dus niet geweest. Evenwel is er periodiek sprake van uitspoeling dan wel opwaarts transport door capillaire opstijging. Mogelijk is hiermee uiteindelijk netto nitraat uitgespoeld. Als we veronderstellen dat het neerwaarts water het gemeten nitraat bevat, en opwaarts water niets, is deze bruto uitspoeling niet verwaarloosbaar. De verliezen bedragen dan 2.5 (compost) tot 36 kg N ha<sup>-1</sup> (lucerne) gedurende de 4 teelten. In vergelijking met de vooraf geschatte productie en opname blijft de actuele opname achter. Vermoedelijk staat dit in relatie tot de groeieigenschappen van de gebruikte cultivar (Discovery), die bekend staat om zijn lage groeisnelheid. Een nutriënten-limitatie kan op grond van de waargenomen nutriëntengehalten uitgesloten worden.

De uniformiteit van de kas liet te wensen over, met name kap 3 week af ten aanzien van de lichtval (veel schaduw werking van de gevel). Daardoor zijn de productieveverschillen tussen de kappen soms aanzienlijk.

Verder moet opgemerkt worden dat de N-voorraad in de bodem bij de start niet uniform was. Met name in kap 3 was er een hoger N-gehalte, hetgeen lang doorwerkte. Mogelijk was er ook een vrij hoge mineralisatie in dat gedeelte van de kas. Om bovengenoemde redenen laten we kap 3 buiten beschouwing bij het opmaken van de mineralenbalans.

De totale gewasproductie viel aanzienlijk lager uit dan waar vooraf mee was geschat: 15 kg m<sup>-2</sup> (zie paragraaf 1.3.2). Uiteindelijk is gemiddeld in kap 1 10.2 - 10.5 kg geoogst (met uitzondering van compost). In kap 2 en 3 was dit respectievelijk 10.5 - 10.7 en 11.8 - 12.3 kg m<sup>-2</sup>. De oorzaak voor de lagere producties dan vooraf ingeschat, is de cultivarkeuze (Discovery). Deze cultivar staat bekend als traag groeiend en minder productief. De hoge productie bij kap 3 is volledig toe te schrijven aan de gunstiger teeltperiode in het winterhalfjaar (teelt 3 en 4), die in een gunstiger tijdstip vielen dan bij kap 1.

Op grond van de actuele oogst van kap 1, zou de opname aan N, P en K respectievelijk circa 420, 70 en 725 kg moeten bedragen. Voor N en K komt dit overeen met de gerealiseerde opname. Dit betekent echter wel dat er een ruime N-hoeveelheid niet is opgenomen van de toegediende meststof.





### 3. Experimentele bepaling van mineralisatie en denitrificatie

#### 3.1 Inleiding

De beschikbaarheid voor plantengroei van stikstof uit organische meststoffen is alleen experimenteel correct vast te stellen. De N-levering kan berekend worden uit de totale stikstofopname door het gewas, zoals beschreven is voor een chrysantengewas in het voorgaande hoofdstuk. De plantopname van stikstof is echter een netto-beschikbaarheid; de totale N-beschikbaarheid kan veel hoger zijn, maar gaat deels verloren, of blijft in de bodem als N-min achter. Om de totale beschikbaarheid te bepalen, zijn mineralisatiemetingen noodzakelijk. Bij de mineralisatie onderscheiden we potentiële en actuele mineralisatie.

De potentiële N-mineralisatie wordt in deze studie gedefinieerd als de hoeveelheid N die vrijkomt bij een temperatuur van 20°C en voldoende vochtvoorziening. Deze potentiële mineralisatie is bepaald via labincubatie (paragraaf 3.2.2).

De actuele mineralisatie is gelijk aan de hoeveelheid N die bij de actuele temperatuur- en vochtcondities in de kasgrond vrijkomt. Deze mineralisatie is bepaald via veldincubatie. De actuele mineralisatie kan nogal wat lager zijn dan potentieel, aangezien droogtestress de afbraak door micro-organismen sterk remt. De gemeten effecten van vocht en temperatuur kunnen gebruikt worden ter validatie van mineralisatiemodellen (zie Hoofdstuk 4).

De vrijgekomen N is niet geheel beschikbaar voor opname door de plant. De belangrijkste bestemmingen zijn, naast plantopname, vastlegging in de grond en verlies door denitrificatie en uitspoeling. In het tijdsbestek van enkel weken bestaat de vastlegging vooral uit N-opname in de weefsels van micro-organismen die betrokken zijn bij de mineralisatie. Deze vastlegging wordt gekwantificeerd in paragraaf 3.2.2, de verliezen door denitrificatie komen in paragraaf 3.3 aan bod, terwijl uitspoelingsverliezen in Hoofdstuk 4 behandeld worden.

#### 3.2 Experimentele bepaling organische stof afbraak en N-levering

##### 3.2.1 Methoden

##### Labincubatie

De mineralisatie van de meststoffen uit de kasproef is bepaald onder geconditioneerde omstandigheden. Hiervoor is een incubatie-experiment verricht met kasgrond uit de bovenste 20 cm grond, optimaal gemengd met steeds 1 meststof in een dosering (zie Tabel 3.1) die in een goede menging resulteerde. Tevens werd grond zonder meststof geïncubeerd. De monsters werden geïncubeerd in het donker, bij optimale vochtcondities (60% van waterhoudend vermogen), bij een temperatuur van 20 °C en een bulkdichtheid van 1.0 (i.e. identiek aan die in de kas).

Koolstofafbraak werd gemeten door opvang van geproduceerde CO<sub>2</sub> in cuvetjes met NaOH-oplossing. Analyse en verversing van de oplossing vond elke 2 weken plaats.

Nmin-levering werd bepaald door oogst van 2 incubatiemonsters per meststof per meetinterval. Monsterring vond plaats na 2, 5 en 12 weken. Analyse vond plaats aan NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub> en totaal oplosbaar N in 0.01M CaCl<sub>2</sub>-extract.

De vastlegging van N in microbiële biomassa werd éénmalig bepaald, aan het einde van de incubatie t.b.v. N-mineralisatie (i.e. na 12 weken). De microbiële biomassa werd bepaald door begassing van bodemonsters ( $n=2$ ) met chloroform gedurende 20 uur, centrifugatie bij 20.000 g en analyse van opgeloste C en N in het centrifugaat. Het verschil in opgeloste C en N tussen niet- en wel-begaste grond wordt toegeschreven aan de celinhoud van gedode micro-organismen (Van Ginkel *et al.*, 1994).

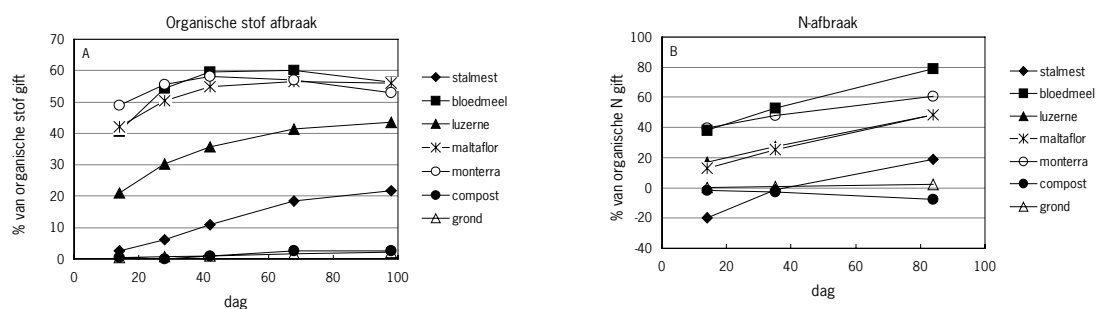
### Veldincubatie

In de kasproef werd de actuele, onder de heersende bodemcondities geleverde N bepaald. Hiervoor werden 6 incubatiebuisjes (lengte 23 cm, diameter 5 cm) per veldje (2 veldjes per meststof) rechtstandig in de bovengrond gedrukt en na 6 weken gemonsterd. De initiële N<sub>min</sub>-concentratie voorafgaand aan elke incubatieperiode werd bepaald aan gepoolde grond van 12 steken met een guts (lengte 20 cm), de geproduceerde N<sub>min</sub> na incubatie aan het poolmonsters van de 6 buizen per veldje (CaCl<sub>2</sub>-extractie). De N<sub>min</sub> productie in de incubatiebuisjes is het netto resultaat van N<sub>min</sub>-ophoping na mineralisatie van organische stof, en de verliezen door (a) immobilisatie in microbiële vastlegging en (b) mogelijke vervluchtiging als N<sub>2</sub>O door denitrificatie van geproduceerd nitraat. De opgehoopte N<sub>min</sub> is een goede maat voor de N die beschikbaar is voor plantengroei.

## 3.2.2 Resultaten

### Afbraak organische stof (labincubatie)

Het tijdsverloop van de CO<sub>2</sub>-productie geeft het verloop van de bodemademhaling aan en daarmee de afbraak van organische stof. De afbraak in de eerste meetperiode is het hoogst bij de meststoffen luzerne, maltaflor, bloedmeel en monterra (Figuur 3.1.a). Luzerne en maltaflor produceerden in de eerste meetperiode meer CO<sub>2</sub> dan in de opvangvloeistof verwerkt kon worden: de productie is een schatting op basis van het buffervermogen van de vloeistof. In de tweede meetperiode is de afbraak overal al aanzienlijk lager, en na 4 weken valt de afbraak sterk terug. Voor stalmest, compost en de grond zelf (niet weergegeven) is de gemeten afbraak in de tijd weinig variabel.



Figuur 3.1. Resultaten incubatie onder geconditioneerde omstandigheden (a) cumulatieve C-afbraak, bepaald via CO<sub>2</sub>-productie uit incubatie-monsters; (b) Cumulatief verloop van de N-mineralisatie.

De bodemorganische stof en de compost breken relatief het langzaamst af, terwijl bloedmeel, maltaflor en monterra voor meer dan de helft zijn afgebroken na 84 dagen incubatie. Na die periode resteert slechts weinig of slecht afbreekbaar materiaal. De afname in cumulatieve C-afbraak na dag 68 bij bloedmeel en monterra is het gevolg van een verminderde afbraak ten opzichte van de controle. Mogelijk is dit het gevolg van een snellere afbraak van bodemmateriaal bij deze meststofbehandelingen

in de eerste 68 dagen ten opzichte van de controle. Het percentage afgebroken organisch materiaal is vermeld in Tabel 3.1.

*Tabel 3.1. Gift, samenstelling en afbraak van organische stof en N-levering per meststof in de lab-incubatie, afgeleid uit productie van CO<sub>2</sub> en N<sub>min</sub> gedurende 84 dagen.*

| Meststof  | Gift   |                                               | Samenstelling            |                    | Afbraak |                        |
|-----------|--------|-----------------------------------------------|--------------------------|--------------------|---------|------------------------|
|           | C-gift | N <sub>tot</sub> -gift<br>kg ha <sup>-1</sup> | Fractie N <sub>org</sub> | C/N <sub>org</sub> | % van C | % van N <sub>org</sub> |
| Grond     | 1230   | 2744                                          | 0.992                    | 23.9               | 1.9     | 2.2                    |
| Compost   | 3500   | 234                                           | 0.948                    | 15.8               | 2.7     | -9.0                   |
| Stalmest  | 1468   | 529                                           | 0.803                    | 17.1               | 20.2    | 19.9                   |
| Luzerne   | 4150   | 991                                           | 0.966                    | 10.2               | 42.5    | 49.7                   |
| Maltaflor | 2760   | 645                                           | 0.876                    | 8.7                | 56.5    | 50.5                   |
| Monterra  | 1387   | 657                                           | 0.973                    | 3.7                | 58.2    | 61.1                   |
| Bloedmeel | 1370   | 658                                           | 0.992                    | 3.5                | 60.0    | 81.8                   |

### Potentiële N-levering (labincubatie)

Door de grote voorraad aan organische N levert de grond een substantiële hoeveelheid minerale N. Indien de gemeten afbraak constant is gedurende het jaar, levert de grond potentieel 262 kg N ha<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup>. In Tabel 3.1 zijn de meststoffen gerangschikt naar afnemend C/N-ratio. De C/N-ratio is gemeten in de meststof alvorens deze werd toegediend. Zowel gemeten C- als N-afbraak nemen eenduidig toe met afnemende C/N-ratio.

De levering van N<sub>min</sub> uit de afgebroken organische meststof houdt globaal gelijke tred met de C-afbraak (Tabel 3.1). Maltaflor levert in vergelijking met de vrijwel even snel afbrekende bloedmeel en monterra relatief weinig N, hetgeen in overeenstemming is met de hogere C/N-ratio van maltaflor.

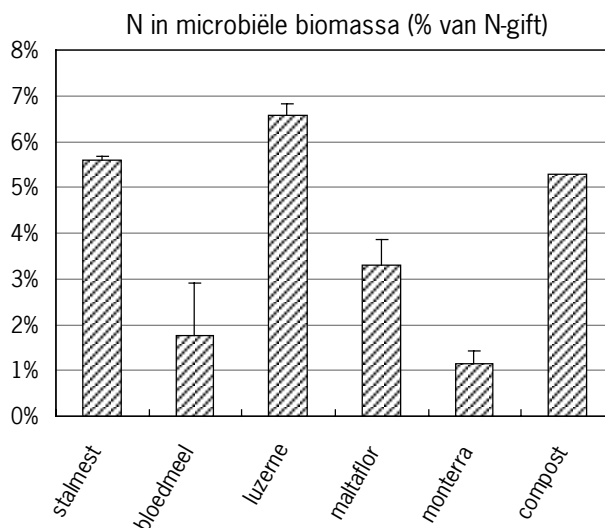
Het verloop van de N-mineralisatie (Figuur 3.1) lijkt vrijwel lineair in de tijd. Onder deze constante condities komt in de eerste weken blijkbaar steeds evenveel N per tijdseenheid vrij. Bij stalmest wordt in de eerste 2 weken geen netto toename van N<sub>min</sub> gemeten. Verwacht mag worden dat in deze periode alle vrijgekomen N (tijdelijk) wordt vastgelegd, waarschijnlijk in microbiële biomassa. De netto N-mineralisatie is echter positief binnen de totale incubatieperiode. Bij compost treedt gedurende de gehele incubatie geen netto N-mineralisatie op: de N uit afgebroken organische stof is niet in minerale vorm aanwezig en waarschijnlijk vastgelegd in de microbiële biomassa.

### N-vastlegging in microbiële biomassa (labincubatie)

De hoeveelheid C en N in de microbiomassa aan het eind van de incubatieperiode van 98 dagen is bepaald door fumigatie met chloroform. De gemiddelde C-hoeveelheid komen overeen met soortgelijk onderzoek in rijkere bodems (Gorissen, pers. comm.: Vance *et al.*, 1987). In de onbehandelde grond is de levende microbiomassa slechts 0.1% van de totale C-voorraad. Door toediening van organische meststoffen neemt de microbiomassa sterk toe. De uitkomsten met betrekking tot de hoeveelheid N na fumigatie zijn minder betrouwbaar door de hoge verdunningen die aan het centrifugaat toegepast moesten worden. Om die reden zijn de N-hoeveelheden berekend via de aanname van een C/N in micro-organismen van 8.

Voor alle meststoffen wordt na fumigatie een microbiomassa van circa 400-500 kg C ha<sup>-1</sup> berekend, met luzerne als uitschieter naar boven (750 kg C). De mestgift bij luzerne was echter circa 30% hoger

dan bij overige meststoffen. De vastlegging van N is uitgerekend als fractie van de gift (Figuur 3.2) en bedraagt gemiddeld minder dan 5%. Afhankelijk van de mineralisatiesnelheid wordt een groot (compost) of een klein (bloedmeel, monterra) gedeelte van de gemineraliseerde N vastgelegd. Aangezien voor compost een netto vastlegging van N is geconstateerd (Tabel 3.1), is een vergelijking mogelijk tussen Tabel 1 en Figuur 3.2: in de incubatie verdwijnt 9% van de gift (21 kg N), terwijl fumigatie op basis van een aangenomen C/N van de microben van 8 een schatting van 12 kg oplevert. De orde van grootte is juist, voor nauwkeuriger schattingen zijn meer herhalingen en verbeterde analyse van vrijkomende N na fumigatie noodzakelijk.



*Figuur 3.2. Hoeveelheid N die is vastgelegd in levende microbiomassa na afloop van de incubatie, en bepaald door fumigatie met chloroform. N is berekend uit de gemeten C-hoeveelheid, met de aanname van een C/N voor micro-organismen van 8.*

### Actuele N-levering (veldincubatie)

Bloedmeel en maltaflor zijn steeds bij aanvang van een nieuwe chrysantenteelt toegediend en laten vooral in de eerste 6 weken van teelt 2 een hoge mineralisatie zien (Tabel 3.2). De lagere waarden voor mineralisatie bij aanvang van teelt 1 ten opzichte van teelt 2 kan het gevolg zijn van maximaal 5°C verschil in bodemtemperatuur tussen de twee teelten.

Luzerne is 1-malig toegediend en levert vooral de eerste 2 perioden veel N. In de 3e periode is er geen N-accumulatie bij luzerne in één van de herhalingen en is de gemiddelde mineralisatie van 2 kg wellicht een onderschatting. Een negatieve accumulatie is gevonden bij compost en monterra, wat wijst op vastlegging van reeds aanwezige minerale N door micro-organismen.

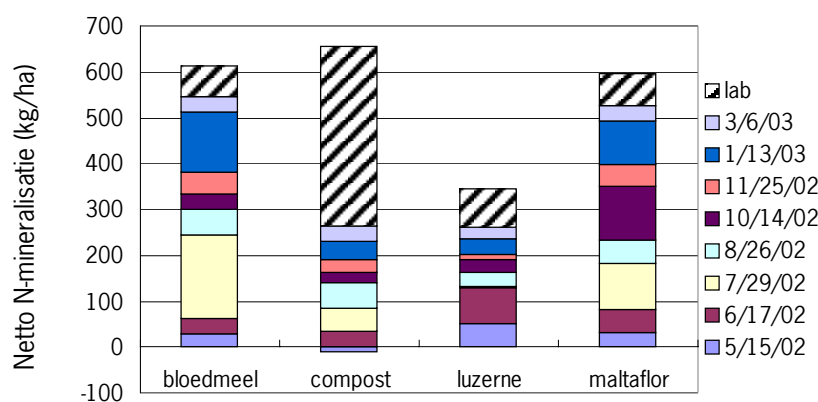
De meetwaarden voor fontana en monterra zijn niet maatgevend voor N-mineralisatie gedurende de gehele 6-weekse periode: deze meststoffen worden frequent in lage dosis gegeven, en de incubatiebuisjes tonen alleen de mineralisatie van zo'n éénmalige gift, naast uiteraard de achtergrondmineralisatie door stalmest en grond.

Tabel 3.2. N-levering (in kg ha<sup>-1</sup> per 6 weken) in de laag 0-20 cm in de grond te Naaldwijk. Start van incubatie en eerste teelt: 8 april 2002.

| Eind interval: | 13 Mei | 17 Jun | 28 Jul | 26 Aug | 14 Okt | 25 Nov | 13 Jan | 6 Mrt | Totaal |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| Teelt          | 1      | 1      | 2      | 2      | 3      | 3      | 4      | 4     |        |
| Behandeling:   |        |        |        |        |        |        |        |       |        |
| Bloedmeel      | 29     | 34     | 182    | 55     | 33     | 48     | 132    | 33    | 546    |
| Compost        | -10    | 34     | 50     | 58     | 20     | 30     | 40     | 31    | 253    |
| Fontana        | 2      | 43     | 58     | 64     | 24     | 46     | 109    | 57    | 404    |
| Luzerne        | 50     | 80     | 2      | 31     | 27     | 13     | 34     | 23    | 260    |
| Maltaflor      | 31     | 50     | 102    | 51     | 117    | 49     | 96     | 33    | 527    |
| Monterra       | -12    | 72     | 28     | 67     | -1     | 50     | 121    | 23    | 347    |

### Vertaling van potentiële naar actuele N-levering

Uit de potentiële N-levering is de actuele N-levering te berekenen, mits de invloed van temperatuur en vochtgehalte in de bodem gekwantificeerd kan worden. Normaliter wordt hiervoor een simulatiemodel gebruikt. Aangezien nog niet alle data met betrekking tot temperatuur en vochtgehalte verwerkt zijn, is hier een schatting gemaakt van de actuele N-levering onder de aanname dat (1) de vochttoestand in de bodem niet limiterend was voor organische stof afbraak en (2) de bodemtemperatuur constant 20°C bedroeg. Het verloop van de N-levering (zie Figuur 3.1.b) werd nagerekend met behulp van een dagelijks vaste afbraakfractie (eerste orde kinetiek), welke geschat werd op 0.000257 (grond), 0.0024 (stalmest), 0.0082 (luzerne, maltaflor), 0.011 (monterra), 0.0195 (bloedmeel) en 0 voor compost. Per veldje werden mineralisatie van grond, stalmest en de aanvullende meststof apart op jaarbasis werd berekend. Deze berekening leverde vrij hoge schattingen van de N-levering op voor alle meststoffen, behalve voor compost waar in de incubatie negatieve N-levering werd waargenomen. De berekende hoge N-levering is een gevolg van de hogere afbraakpercentages voor N dan voor C, vooral bij bloedmeel en luzerne (Tabel 3.1). Dit leidt op jaarbasis tot een onjuiste overschatting bij bloedmeel en luzerne, en een onderschatting bij compost. Om deze reden zijn de N-leveringen berekend uit de gemeten C-afbraak, waarbij de vrijkomende N wordt berekend uit het C/N-quotiënt van de meststof en de gemeten CO<sub>2</sub>-productie. Het verschil tussen de op deze wijze berekende N-levering en de met behulp van buisjes gemeten actuele N-levering in de kasgrond is relatief klein (< 100 kg N ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup>) voor de bloedmeel, compost- en maltaflor-behandeling (Figuur 3.3), maar voor luzerne is de berekende levering veel groter. Dit verschil wordt deels verklaard uit de verliezen via denitrificatie (zie paragraaf 3.3).



Figuur 3.3. Netto N-mineralisatie volgens de veldincubatie, cumulatief over de periode 8/4/02-6/3/03. Het gearceerde vlak bovenop de kolom geeft de potentiële mineralisatie aan bij 20°C en optimale vochtcondities.

### 3.3 Denitrificatie

#### 3.3.1 Inleiding

Denitrificatie is een microbieel proces waarbij nitraat wordt omgezet in het broeikasgas lachgas en in stikstofgas. De meest optimale omstandigheden waarbij hoge denitrificatie plaatsvindt (potentiële denitrificatie,  $D_p$ ) zijn: bij aanwezigheid van gemakkelijk afbreekbare organische stof, bij een hoog nitraatgehalte onder afwezigheid van zuurstof (bijvoorbeeld bij water verzadiging), en bij een hoge temperatuur. Bij niet optimale omstandigheden zal de denitrificatie veel geringer zijn (actuele denitrificatie,  $D_a$ ). In deze sectie wordt alleen het nitraatverlies beschouwd, en niet welk product gevormd wordt.

Denitrificatie is gemeten in ringmonsters (100 cm<sup>3</sup>) volgens de acetyleen-inhibitie-methode (gebaseerd op Tiedje, 1982). Voor  $D_a$  werden de monsters bewaard en gemeten bij de heersende bodemtemperatuur. Voor  $D_p$  werden de monsters eerst verzadigd met een nitraatoplossing met een hoge nitraatconcentratie, en vervolgens werd de meting uitgevoerd bij een referentietemperatuur. Monsters zijn genomen circa één week na start van de eerste drie teelten chrysant, en de metingen zijn zo snel mogelijk na bemonstering uitgevoerd. Bij vier van de zes behandelingen (zie Hoofdstuk 2) zijn op drie tijdstippen (22/4, 1/7, 1/10 2002)  $D_a$  (laag 2-7 cm) en  $D_p$  (lagen 2-7, 15-20, 50-55 cm) gemeten, namelijk bij bloedmeel, luzerne, maltaflor, en compost.

Een veel gebruikte denitrificatie rekenregel is toegepast in deze studie (Heinen, 2003):

$$D_a = D_p f_N f_S f_T = D_p \underbrace{\frac{N}{N + K_s}}_{f_N} \underbrace{\left( \frac{S - w_1}{1 - w_1} \right)^{w_2}}_{f_S} \underbrace{Q_{10}^{0.1(T - T_{ref})}}_{f_T}$$

waarin  $f_N$  een Michaelis-Menten reductiefunctie voor nitraat  $N$ -gehalte (mg kg<sup>-1</sup>) met parameter  $K_s$  (mg kg<sup>-1</sup>),  $f_S$  een machts-reductiefunctie voor verzadigingsgraad  $S$  met parameters  $w_1$  en  $w_2$ , en  $f_T$  een  $Q_{10}$  reductiefunctie voor temperatuur  $T$  (°C) volgens het  $Q_{10}$  concept bij een referentietemperatuur  $T_{ref}$  (°C; bijvoorbeeld 20°C).

De meetresultaten zijn gebruikt om de parameters in de reductiefuncties te optimaliseren. Tevens zijn in aanvullende metingen de parameters gekalibreerd door alle omstandigheden ( $N$ ,  $S$ ,  $T$ ) optimaal te stellen en slechts één van hen te veranderen. Hiervoor is kasgrond gebruikt welke niet was opgenomen in de behandelingen.

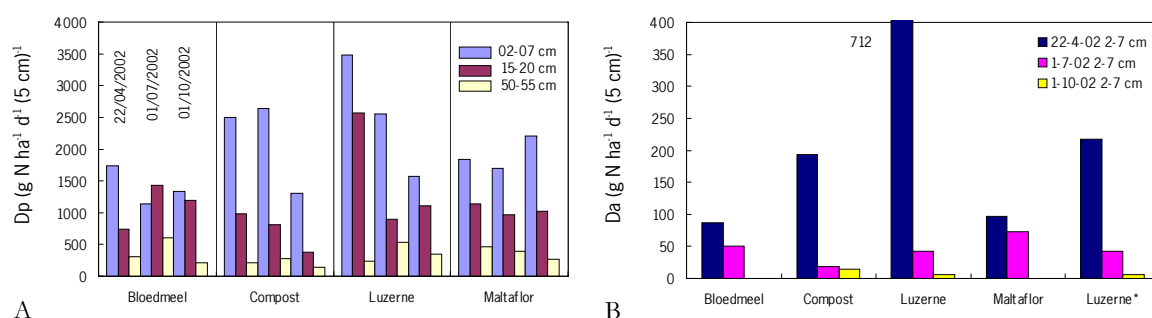
Aan de hand van gedetailleerde metingen van vochtgehalte en bodemtemperatuur (drie dieptes, elk kwartier), van gemeten  $N_{min}$  (=NO<sub>3</sub>-N) gehalten (twee dieptes, tweewekelijks) en van de gemeten  $D_p$  (drie dieptes, drie tijdstippen) is een schatting gemaakt op basis van de genoemde rekenregel van de totale denitrificatie van de vier teelten chrysant bij de vier behandelingen waarvoor  $D_p$  bekend was.

#### 3.3.2 Resultaten

In Figuur 3.4 zijn  $D_p$  en  $D_a$  per behandeling gegeven, steeds uitgedrukt in g N ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> per laagdikte van 5 cm. Luzerne, dat éénmalig aan begin van teelt 1 is toegediend, heeft initieel de hoogste  $D_p$ . Deze neemt af in de tijd. Voor maltaflor, daarentegen, dat regelmatig in de tijd wordt toegediend, blijft  $D_p$  vrij constant in de tijd.  $D_a$  is veel kleiner dan  $D_p$ , over het algemeen minder dan 5%. Daarbij moet in acht worden genomen dat de monsters voor  $D_a$  steeds genomen zijn vlak na een irrigatiebeurt, zodat de grond relatief nat was. Tussen twee irrigatiebeurten in daalt het watergehalte en daarmee  $D_a$ . Voor de eerste meting van  $D_a$  bij luzerne waren twee extreem hoge waarden en twee minder hoge waarden. Mogelijk dat de twee hoge waarden zijn veroorzaakt doordat in de monsters een extreem hoge concen-

tratie aan slecht verdeelde luzerne aanwezig was. In Figuur 3.4b zijn de resultaten voor luzerne tevens gegeven bij achterwege laten van deze twee extreem hoge meetwaarden (luzerne\*).

De parameteroptimalisatie en de parameter calibratie leverden niet identieke schattingen op voor de parameters in de reductiefuncties (Tabel 3.3). Denitrificatie is een zeer ingewikkeld proces, en het gekozen rekenmodel is een sterke vereenvoudiging. In de literatuur worden ook grote verschillen in parameterwaarden aangetroffen. Daarom mag gesteld worden dat, omdat de parameterwaarden qua orde grootte overeenkomen, er toch een redelijke overeenkomst tussen beide methodes bestaat. Wel moet gesteld worden dat de overeenkomst tussen berekende en gemeten denitrificatie niet 100% is. Maar gegeven de complexiteit van het proces mag gesteld worden dat indien de orde grootte overeenkomt, de rekenregel toch gebruikt kan worden om orde groottes van denitrificatie te schatten.



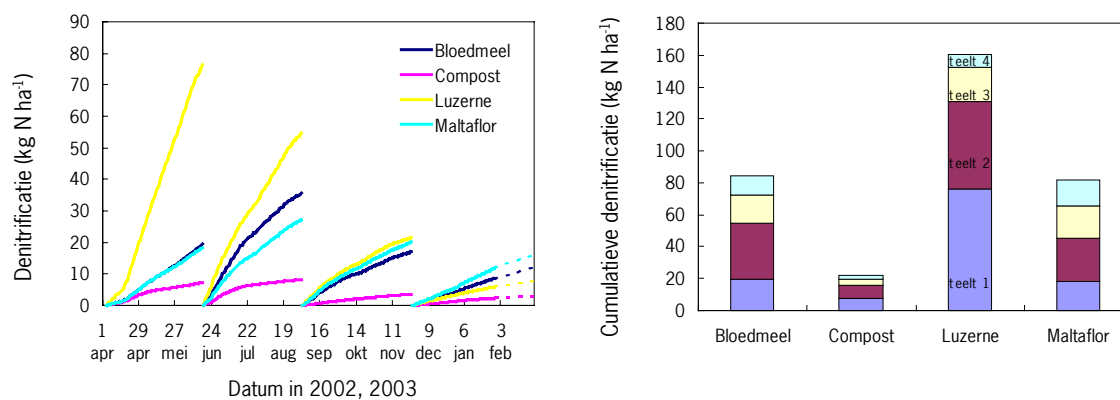
Figuur 3.4. a)  $D_p$  op drie dieptes en b)  $D_a$  op één diepte voor de vier behandelingen en de drie meettijdstippen. De eenheid is g N per ha per dag per laagdikte van 5 cm. Merk op dat de y-as in b) een factor 10 scheelt met die in a).

Tabel 3.3. Schattingen van de parameters  $K_s$  (mg N kg<sup>-1</sup>),  $w_1$ ,  $w_2$  en  $Q_{10}$  uit de reductiefuncties verkregen via parameteroptimalisatie op basis van gemeten  $D_a$  en  $D_p$  en op basis van calibratie onder geconditioneerde omstandigheden.

| Methode                                                 | $K_s$          | $w_1$ | $w_2$ | $Q_{10}$ |
|---------------------------------------------------------|----------------|-------|-------|----------|
| Optimalisatie                                           | 32             | 0.62  | 1.0   | 2.5      |
| Optimalisatie zonder twee extreme $D_a$ luzernemetingen | 73             | 0.46  | 2.1   | 2.5      |
| Calibratie, laag 2-7 cm                                 | 2 <sup>#</sup> | 0.55  | 1.0   | 5.4      |
| Calibratie, laag 50-55 cm                               | 0 <sup>#</sup> | 0.0   | 1.0   | 2.8      |

<sup>#</sup> Metingen onbetrouwbaar.

De schatting van de totale denitrificatie voor de eerste drie teelten, alsmede een schatting inclusief extrapolatie voor de vierde teelt, is gegeven in Figuur 3.5. Luzerne levert de meeste denitrificatie. Compost levert de minste denitrificatie op, circa 10 á 15% van de hoeveelheid bij luzerne. Bloedmeel en maltaflor leveren een denitrificatie op van 40 á 50% van de waarde bij luzerne.



*Figuur 3.5. Schatting van de totale denitrificatie voor de vier behandelingen gedurende de vier teelten: a) verloop in de tijd, en b) cumulatief per teelt per behandeling. De waarden aan het eind van teelt 4 zijn geëxtrapoleerd.*



## 4. Berekening van de N-stromen in de kas

### 4.1 Inleiding

Om alle N-stromen in de actuele kassituatie te kwantificeren zijn berekeningen nodig die gebruik maken van de verschillende gegevens uit de voorgaande hoofdstukken. In dit hoofdstuk worden de uitgebreide meetsets samengevoegd om een indruk te krijgen van de orde van grootte van de N-stromen in de chrysantenproef. Hiervoor wordt gebruikt gemaakt van schattingen, extrapolaties en, voor de onderdelen mineralisatie (paragraaf 4.3) en denitrificatie (paragraaf 3.3), simulatiemodellen. In een volgende onderzoeksfase worden alle N-stromen in een uitgebreid simulatiemodel geïncorporeerd. Voor een wetenschappelijk verantwoord advies ten aanzien van een keuze voor bepaalde alternatieve N-bronnen in de kasteelt, is een model voor water- en nutriëntenstromen nodig om de effecten op gewasgroei en N-verliezen te berekenen. Het gebruik van een simulatiemodel voor N-stromen is meestal onvermijdbaar aangezien nooit alle N-stromen met de benodigde meetfrequentie gemeten kunnen worden. Het model kan alle reeds gemeten N-processen benutten voor calibratie van modelparameters. Een dergelijk model kan echter met die parameterwaarden alleen voor de betreffende kas geldige berekeningen doen. Voor andere kassituaties zal het model opnieuw geparametriseerd moeten worden.

Het gekozen model bestaat uit de volgende functionele onderdelen:

- FUSSIM, voor simulatie van waterstroming, nutriëntentransport (N) en -opname door wortels
- INTKAM, voor simulatie van gewasgroei, en gewenste opname (water, nutriënten)
- MOTOR, voor simulatie van organische stof dynamiek (mineralisatie), en
- DENT, voor berekening van de denitrificatie.

Het model berekent de levering en bestemming van N in bodem en plant, als volgt uitgesplitst:

- I. de N-levering door de mineralisatie van organische stof (zie paragraaf 4.3)
- II. de bestemmingen van N zijn:
  - 1) opname door gewas
  - 2) adsorptie aan bodemdeeltjes
  - 3) vastlegging in organische stof
  - 4) vervluchtiging (ammoniak, denitrificatie)
  - 5) af- en uitspoeling

Momenteel zijn alleen termen I en II.4 (zie paragraaf 3.3) gesimuleerd. De overige N-bestemmingen zijn gemeten (II.1 en II.2 in hoofdstuk 2) of berekend (II.3 en II.5, zie hoofdstuk 4 en 6).

De N-stromen middels denitrificatie en mineralisatie in het kasexperiment worden vergeleken met de gemeten N-opname (zie paragraaf 4.4). Uitgebreidere modelsimulaties worden in een volgend rapport gepresenteerd. Dan pas kan meer inzicht worden verkregen in de levering en bestemmingen van N, zoals boven is toegelicht.

### 4.2 Karakterisering van de organische stof

#### 4.2.1 Methode

Voor aanvang van lab- en kasproeven werd grond uit de bouwvoor (0-25 cm) en ieder van de afzonderlijke meststoffen apart gehouden voor karakterisering.

De C/N-ratio van elke meststof werd bepaald door analyse van C-gehalte en totaal N. Op basis van deze C/N-ratio is elke meststof uitgesplitst in 3 fracties die zich onderscheiden in afbraaksnelheid

(DPM, SPM en RPM, zie paragraaf 4.3.1) via de rekenwijze gebruikt in het model ROTASK (Jongschaap, 1996).

De bodemorganische stof is uitgesplitst naar deeltjesgrootte met behulp van het zeven op de fracties 2 mm en 150  $\mu$ , en naar dichtheid met behulp van het oplossen in Ludox silica gel (dichtheden boven en onder 1.13 g cm<sup>-3</sup>).

## 4.2.2 Resultaten

De fractionering van de kasgrond op deeltjesgrootte en soortelijk gewicht resulteerde in de volgende fractiegrootten (Tabel 4.1).

Tabel 4.1. *Verdeling van bodemorganische stof in fracties (% OS van drooggewicht grond) in de bouwvoor.*

| Grootte     | Dichtheid<br>G cm <sup>-3</sup> | Fractie | Gemiddelde $\pm$ standaardafwijking<br>% OS | Kg C ha <sup>-1</sup><br>(0-25 cm diep) |               |
|-------------|---------------------------------|---------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------|
| Aggregaat   | n.v.t.                          | LOM     | 0.50                                        | $\pm 0.28$                              | } 13118 (LOM) |
| > 150 $\mu$ | < 1.13                          | LOM     | 0.34                                        | $\pm 0.04$                              |               |
| < 150 $\mu$ | < 1.13                          | LOM     | 0                                           |                                         |               |
| < 150 $\mu$ | > 1.13                          | SOM     | 0.84                                        | $\pm 0.01$                              | } 52474 (SOM) |
| > 150 $\mu$ | > 1.13                          | SOM     | 2.69                                        | $\pm 0.06$                              |               |
| Totaal      |                                 |         | 4.37                                        | $\pm 0.37$                              | 65592         |

Mogelijk is de fijne (< 150  $\mu$ ) fractie grotendeels afkomstig van de grove fractie door vergruizing bij het zeven. Voor modellering zijn fijne en grove fractie gemakshalve bijeen gevoegd, en benoemd als LOM (labile organic matter) en SOM (stabiele organic matter) voor respectievelijk lichte (dichtheid < 1.13) en zware (> 1.13) fractie. De grove aggregaten worden ook tot LOM gerekend. Dit betekent dat de organische stof in de kasgrond voor 20% uit LOM (13118 kg C ha<sup>-1</sup>) en voor 80% uit SOM (52474 kg C ha<sup>-1</sup>) bestaat.

## 4.3 Modellering afbraak en N-levering onder geconditioneerde omstandigheden

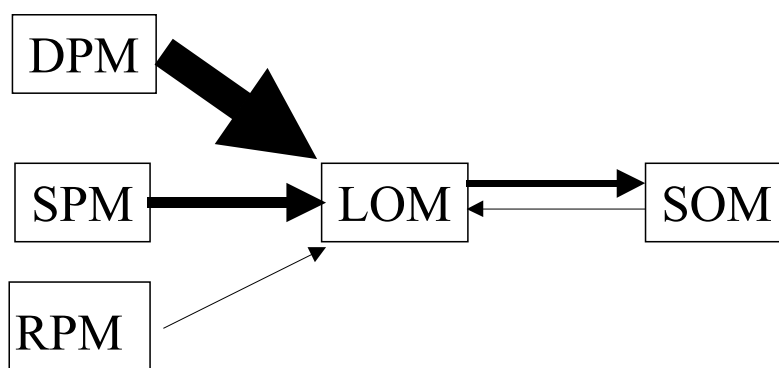
### 4.3.1 Methoden

De gemeten afbraak en Nmin-levering in de lab-incubatie zijn gebruikt om afbraakparameters van 2 simulatiemodellen te ijken. Hieronder volgen de procedures voor de gebruikte modellen.

#### MOTOR

Het model voor simulatie van organische stof dynamiek in de bodem MOTOR (MODular description of the TurnOveR of organic matter (Whitmore *et al.*, 1997) berekent de organische stof afbraak middels organische stof fracties in toegediende meststoffen en bodem. In deze studie is gekozen voor de standaardverdeling van de organische meststof in DPM (decomposable plant material), SPM (structural plant material) en RPM (resistant plant material), evenals voor de standaard opdeling van bodemorganische stof in LOM (labile organic matter) en SOM (stabiele organic matter).

De meststof wordt omgezet in LOM, en vervolgens kunnen LOM en SOM in elkaar transformeren (Fig. 4.1). Omzettingen worden beschreven met een eerste of tweede orde reactie, met behulp van een RC-waarde (reactieconstante) en een efficiëntie, waarbij de verliezen plaats vinden in de vorm van CO<sub>2</sub> (afbraak van C-component) of N<sub>min</sub> (afbraak eiwit). RC en efficiëntie zijn voor C- en N-component in MOTOR identiek, maar inbouw in een nieuwe pool met lager N-gehalte betekent automatisch proportioneel meer N-verlies. De afbraaksnelheden in MOTOR zijn temperatuur- en vochtgehalte-afhankelijk. Tijdens de incubatie zijn echter de temperatuur en vochtgehalte constant gehouden, en kan geen ijking van parameters plaats vinden die deze afhankelijkheden kwantificeren.



Figuur 4.1. De organische stof pools zoals gemodelleerd in MOTOR. De aangewende meststof bestaat uit de fracties DPM, SPM en RPM, die omgezet worden in LOM en vervolgens SOM (zie tekst voor betekenis van deze acronyemen).

## MINIP

Het mineralisatiemodel MINIP (Mineralization of Nitrogen and Phosphorous) berekent voor 1 organische component de afname van de C- en N-hoeveelheid door mineralisatie. Dit 1-pool concept betekent dat (a) de organische stof niet in meerdere fracties onderverdeeld kan worden (dit kan wel door achtereenvolgende berekeningen aan de fracties afzonderlijk) en (b) de bestemming van de vrijgekomen N niet gesimuleerd kan worden. In MINIP is de afbraaksnelheid  $k$  afhankelijk van de 'apparent initial age'  $a$  (Janssen, 1984) volgens de formule:

$$K = -p(a + t)^{-q}$$

waarbij  $p$  en  $q$  voor alle materialen gelijk wordt verondersteld, en  $t$  het aantal jaren na  $a$ . De afbraakkinetiek is niet wezenlijk anders dan bij MOTOR, namelijk een eerste orde afbraak van pool  $Y$  via de functie  $dY/dt = -k * Y$ .

MINIP berekent niet wat er met de vrijgekomen N gebeurt.

## 4.3.2 Resultaten

### MOTOR-simulaties

De grootte van de DPM, SPM en RPM fractie (Tabel 4.2) is berekend aan de hand van de C/N-ratio in de gehele meststof via de rekenwijze gebruikt in ROTASK (Jongschaap, 1996). Op basis van deze poolverdeling en uit eerdere studies betrokken C/N-ratios (DPM: 6, SPM: 150, RPM: 100) zijn de parameters RC (reactieconstante of 'k-waarde' voor afbraakreactie) en reactie-orde (1 of 2, alleen voor DPM) gecalibreerd. Calibratie bestond uit het handmatig wijzigen van parameterwaarden en het vinden

van het kleinste verschil tussen meting en simulatie. Hieronder volgt een beschrijving van de simulatie per meststof, zie Tabel 4.2 voor pool-verdeling en gecalibreerde afbraakparameters.

### *Grond zonder meststof*

Simulatie van C-afbraak en N-levering van de Naaldwijk-grond zonder meststof was uitstekend (zie Figuur 4.2), indien de afbraakconstante voor LOM naar SOM werd verdubbeld naar 0.0005 (dag<sup>-1</sup>). Hierbij is de aanname gemaakt dat de C/N-ratio van LOM en SOM 20 respectievelijk 25 bedragen.

*Tabel 4.2. Resultaten van de calibratie van reactieconstanten (RC), gekozen orde van reactievergelijking, en berekende procentuele verdeling in fracties DPM, SPM en RPM.*

|           | RC_DPM | Orde | RC_SPM  | DPM (%) | SPM (%) | RPM (%) |
|-----------|--------|------|---------|---------|---------|---------|
| Stalmest  | 0.005  | 2    | 0.00049 | 32.2    | 59.0    | 8.8     |
| Bloedmeel | 0.030  | 1    | 0.00049 | 99.5    | 0       | 0.5     |
| Luzerne   | 0.006  | 2    | 0.00493 | 57.0    | 39.4    | 3.6     |
| Maltaflor | 0.0115 | 1    | 0.00493 | 67.6    | 29.7    | 2.7     |
| Monterra  | 0.030  | 1    | 0.00049 | 100     | 0       | 0       |
| Compost   | 0.0005 | 2    | 0.00050 | 37.4    | 55.5    | 7.1     |

### *Bloedmeel*

De beste fit voor de Nmin-productie is verkregen bij een RC-waarde van 0.011 voor DPM, nota bene de default-waarde. De gemeten C/N-ratio (3.5) is als input gebruikt, dit i.t.t. de aanname in MOTOR om voor de DPM-fractie een C/N-ratio van 6 aan te houden. De cumulatieve C-afbraak wordt voor de gehele periode als totaal goed voorspeld (zie Fig. 4.2). De gesimuleerde Nmin-productie is in het begin van de incubatie duidelijk hoger dan de meting, terwijl aan het slot van de incubatie de geaccumuleerde Nmin van meting en simulatie goed overeenkomen.

### *Stalmest*

De organische stof afbraak was goed te fitten door halvering van de RC-waarde van de DPM-pool. De Nmin-levering wordt door MOTOR aan het begin van de incubatie sterk overschat, terwijl na 84 dagen het verschil enigszins is verkleind (Tabel 4.3). De gemeten lage Nmin-gehalten gedurende de eerste 2 weken incubatie kon niet worden gesimuleerd met de default aanwezige pools. Door introductie van een extra pool met microben kon de tijdelijke vastlegging van geproduceerde en reeds aanwezige Nmin correct worden gesimuleerd (niet getoond). Deze tijdelijk vastgelegde Nmin komt in de simulatie weer geleidelijk vrij door turn-over van de microben-pool. Hierdoor komen meting en simulatie van Nmin aan het eind van de incubatie redelijk overeen.

### *Maltaflor*

De C-voorraad aan het eind van de incubatie wordt correct gesimuleerd, maar bij het begin van de incubatie geeft de simulatie een minder snelle afbraak te zien dan de meting. Daarentegen laat de simulatie van N-productie in het begin juist hogere waarden dan de simulatie zien.

### Luzerne

Levert hetzelfde beeld op als maltaflor, maar simulatie en meting komen beter overeen.

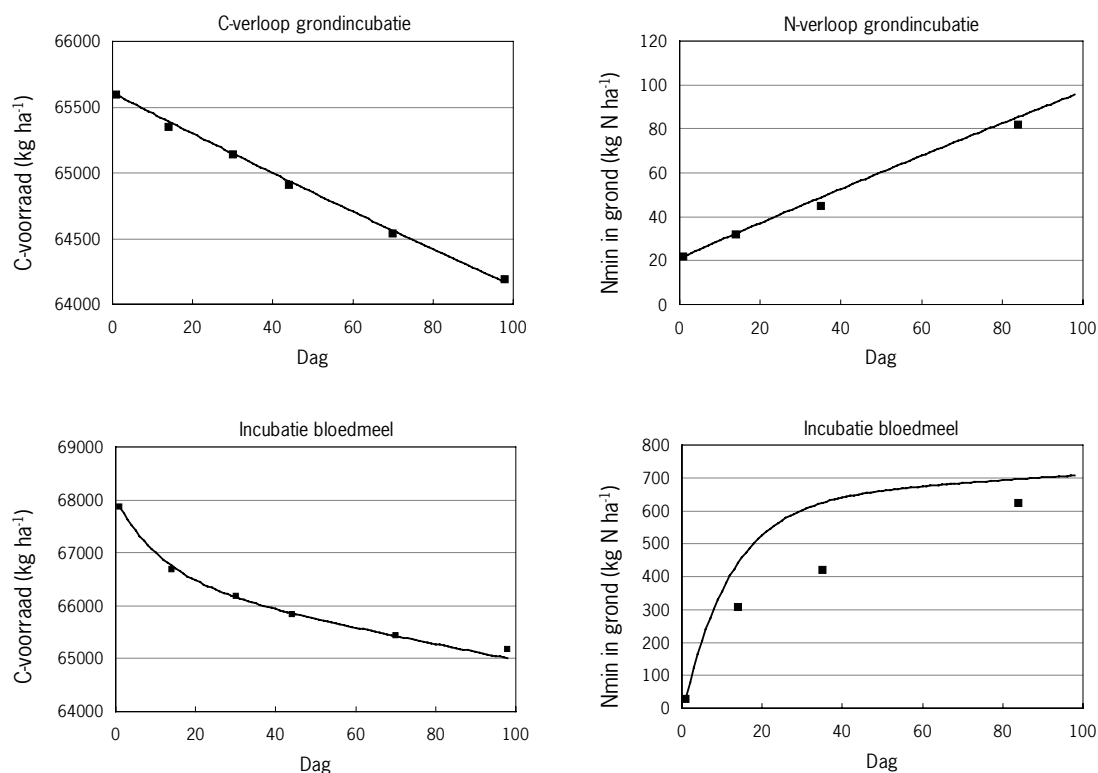
### Monterra

Calibratie geeft een geheel correcte fit.

## MINIP-simulaties

De C-abbraak werd voor alle meststoffen goed gesimuleerd. Dit werd gerealiseerd door het calibreren van de parameter  $a$  (apparent initial age) voor de grond, en een vergelijkbaar werkende dimensieloze parameter in Yang's versie van MINIP voor de meststoffen.

De Nmin-productie werd voor luzerne, bloedmeel en compost goed gesimuleerd, voor monterra en maltaflor te hoog ingeschat, en voor stalmest te laag gesimuleerd. Voor stalmest geldt dat tijdens de metingen waarschijnlijk veel immobilisatie heeft plaats gevonden. Zowel het default MOTOR model als MINIP kunnen dit niet simuleren.

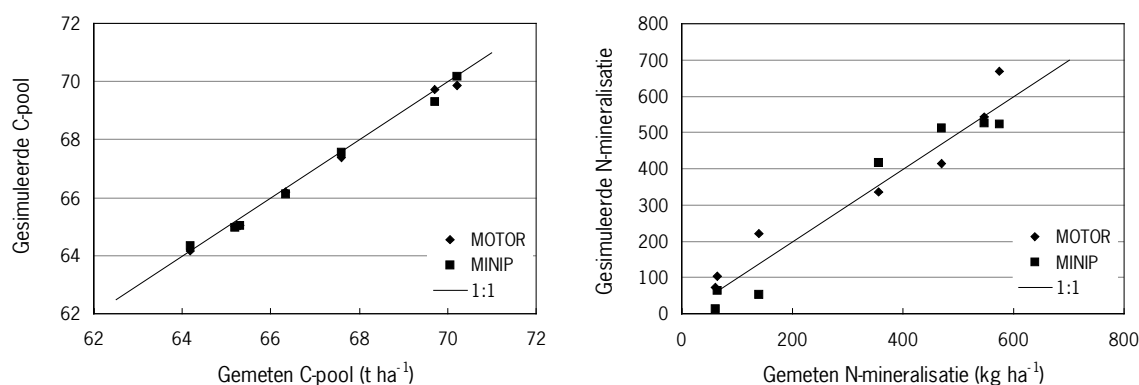


*Figuur 4.2. Verloop C- en Nmin-voorraad gedurende de lab-incubatie bij grond (boven) en grond+bloedmeel (onder). Doorgetrokken lijn: MOTOR-simulatie; blokjes: metingen.*

Tabel 4.3. *Gemeten en gesimuleerde koolstofvoorraad en totale N-levering in bodem + meststof na 84 dagen lab-incubatie (zie ook Figuur 4.3).*

|           | C-pool<br>(kg C ha <sup>-1</sup> ) |       |       | Nmin-productie<br>(kg N ha <sup>-1</sup> per 84 dagen) |       |        |
|-----------|------------------------------------|-------|-------|--------------------------------------------------------|-------|--------|
|           | Meting                             | MOTOR | MINIP | Meting                                                 | MOTOR | MINIP* |
| Grond     | 64187                              | 64166 | 64326 | 60                                                     | 74    | 15     |
| Grond en: |                                    |       |       |                                                        |       |        |
| Stalmest  | 70205                              | 69873 | 70191 | 140                                                    | 222   | 52     |
| Bloedmeel | 65183                              | 65006 | 64985 | 575                                                    | 668   | 522    |
| Luzerne   | 69706                              | 69737 | 69302 | 547                                                    | 542   | 525    |
| Maltaflor | 66335                              | 66181 | 66133 | 356                                                    | 336   | 418    |
| Monterra  | 65309                              | 65046 | 65033 | 470                                                    | 414   | 511    |
| Compost   | 67590                              | 67401 | 67549 | 65                                                     | 104   | 64     |

\* Bij Nmin-productie voor 'meststof en grond' bij MINIP is t.b.v. vergelijking met MOTOR de gemeten grondmineralisatie van 60 kg N-productie gebruikt.



Figuur 4.3. *Vergelijking van gemeten en na calibratie gesimuleerde waarden van C-voorraad (t ha<sup>-1</sup>) en N-mineralisatie (kg ha<sup>-1</sup>) aan het eind van de lab-incubatie (zie ook Tabel 4.3).*

## 4.4 N-stromen in kascompartiment

Op basis van de lab-experimenten is de N-levering berekend van bodem en meststof in de proefveldjes van de chrysantenteelt. Deze berekening bevat enkele aannamen en extrapolaties, en dient om een orde van grootte van N-stromen te bepalen. In een volgende rapportage zal deze N-stromen-berekening worden vervangen door een berekening met een gekoppeld bodem/plant-model (Assinck *et al.*, 2002). De N-mineralisatie van organische stof in grond en meststof is berekend uit de afbraakpercentages voor C, gemeten gedurende de 84 dagen incubatie (Tabel 3.1). Hierbij is aangenomen dat de bodemtemperatuur 20°C was en er geen vochttekort is opgetreden. De jaarmineralisatie is dus niet afgeleid uit de geproduceerde Nmin van de relatief korte incubatieproef, want dat kan een foutieve schatting opleveren doordat onbekend is of die Nmin na een jaar nog in anorganische (en niet in organische) vorm aanwezig is en dus beschikbaar is voor planopname. De levering aan Nmin door grond en stalmest is berekend op 334 kg N (34 kg Nmin uit stalmest, en 75 en 225 kg N-mineralisatie berekend

voor respectievelijk stalmest en bovenste 20 cm grond). De N<sub>min</sub> die met de meststof werd ingebracht is bepaald in de grond bij aanvang van de proef. De data m.b.t. de N-opname door chrysant is afkomstig uit hoofdstuk 2. De denitrificatie is voor 3½ teelt berekend en voor een halve teelt geëxtrapoleerd (zie paragraaf 3.3). De nitraatuitspoeling is gebaseerd op een sommering van de wateruitspoelingen, vermenigvuldigd met de nitraatconcentratie (hoofdstuk 2). Aangezien nitraat niet continue gemeten is, kan dit leiden tot zowel onder- als overschatting van de uitspoeling. Opstijgende fluxen van nitraat zijn niet verrekend, aangezien dan ten onrechte met dezelfde nitraatconcentraties als bij de uitspoeling gerekend wordt, terwijl opstijgend kwelwater waarschijnlijk veel minder nitraat bevat. Vooral in de eerste weken van een teelt is er een groot risico op uitspoeling danwel denitrificatie van nitraat, aangezien de bewortelde zone in de bodem nog zeer klein is (< circa 5 cm).

De N-stromen in Tabel 4.4 betreffen de minerale N; de totale N aanvoer van 600 kg ha<sup>-1</sup> wordt alleen in het geval van luzerne overschreden door de afvoer, hetgeen dan een netto verlies van totaal N in de bodem betekent. Gelet op de productie van N<sub>min</sub> uit mineralisatie van bodemorganische stof en meststof, blijkt dit in de meeste gevallen aan de N-vraag door het gewas voldoen (Tabel 4.4). Een uitzondering hierop is compost, waar de N-beschikbaarheid te laag is door de lage mineralisatie in combinatie met verliezen via denitrificatie. Opvallend is dat de mineralisatie van compost te laag is om aan de gemeten vraag te voldoen. Een langere incubatieproef zou wellicht meer mineralisatie kunnen aantonen. Het balansoverschot aan N<sub>min</sub> in de behandelingen bloedmeel en maltaflor kan mogelijk verklaard worden door een onderschatting van de nitraatuitspoeling. Hiervoor zijn verdere modelberekeningen nodig. De grove schattingen bij monterra en fontana doen vermoeden dat hier een flinke ophoping van N<sub>min</sub> plaats vindt. Voor monterra komt dit ongeveer over een met de gemeten toename aan N<sub>min</sub>-voorraad, voor fontana zal een aanzienlijk deel van de N<sub>min</sub> toch verloren zijn gegaan.

*Tabel 4.4. N<sub>min</sub>-stromen (kg ha<sup>-1</sup> periode<sup>-1</sup>) in de kas van mineralisatie van grond + meststof + meststof-N<sub>min</sub>, verliezen door uitspoeling en denitrificatie, opname door chrysant, en restsom (8 april '02 t/m 6 maart '03)*

|                                 | Bloedmeel  | Compost    | Luzerne    | Maltaflor  | Monterra        | Fontana          |
|---------------------------------|------------|------------|------------|------------|-----------------|------------------|
| Mineralisatie<br>grond+stalmest | 334        | 334        | 334        | 334        | 334             | 334              |
| Meststof N <sub>min</sub>       | 68         | 24         | 192        | 45         | 0               | 0                |
| Meststofmineralisatie           | 212        | 12         | 119        | 218        | 243             | 387 <sup>#</sup> |
| <i>Som In</i>                   | <i>614</i> | <i>346</i> | <i>645</i> | <i>597</i> | <i>589</i>      | <i>721</i>       |
| Uitspoeling                     | 7          | 2          | 36         | 9          | -               | -                |
| Denitrificatie                  | 84         | 22         | 161        | 82         | 50*             | 50*              |
| Opname                          | 468        | 387        | 467        | 476        | 462             | 461              |
| <i>Som Uit</i>                  | <i>559</i> | <i>411</i> | <i>664</i> | <i>567</i> | <i>&gt;512*</i> | <i>&gt;512*</i>  |
| In – Uit                        | 55         | -65        | -19        | 30         | < 77*           | < 209*           |
| Voorraad N <sub>min</sub>       | 1          | -16        | -13        | 11         | 58              | 16               |

<sup>#</sup> Mineralisatie van Fontana is niet gemeten; een snelle en hoge afbraak van 90% is verondersteld.

\* Grove schatting op basis van de metingen van de andere behandelingen.

## 4.5 Evaluatie mineralisatiemeting en -simulatie

### Mineralisatie onder geconditioneerde omstandigheden (lab-incubatie)

De lab-incubatie heeft een goed beeld gegeven van de mineralisatie van zowel langzame (stalmest, compost) als snel afbreekbare (onder andere bloedmeel, maltaflor) organische meststoffen. De calibratie van de afbraakparameters in het mineralisatiemodel MOTOR is in vrijwel alle gevallen geslaagd. Enkele aanpassingen waren nodig: voor immobilisatie bij stalmestafbraak is een extra C-pool nodig voor microorganismen, en voor afbraak van bloedmeel is de C/N-ratio van de snel afbreekbare fractie verlaagd naar 3.5. MINIP wordt gecalibreerd op de gegevens uit de C-afbraakproeven, en simuleert als zodanig de C-afbraak correct. MINIP laat echter in circa 50% van de gevallen een minder goede simulatie van de N-afbraak zien ten opzichte van MOTOR.

Uit de metingen blijkt dat er meststoffen zijn die proportioneel meer (stalmest) of minder N<sub>min</sub> (monterra, maltaflor) genereren dan er aan C wordt afgebroken. Door onderverdeling in sub-pools met verschillend C/N-quotiënt kan MOTOR dit simuleren. Dit is niet mogelijk bij MINIP.

### Veldmineralisatie

Op basis van de mineralisatiemetingen gedurende 11 maanden teelt van chrysant kan gesteld worden dat de door het gewas gevraagde N door luzerne en compost niet in beschikbare vorm geleverd kan worden. Luzerne levert uiteraard meer N dan het gewas vraagt, maar veel hiervan gaat verloren (onder andere door denitrificatie). De gemeten mineralisaties van bloedmeel en maltaflor betekenen een netto N-levering die zeer goed is afgestemd op de N-vraag (ingeschat op 550 kg in de betreffende meetperiode van april '02 tot maart '03). Daarnaast kan een substantieel deel van de N-levering door mineralisatie uit diepere lagen geleverd zijn, aangezien de incubatie zich beperkte tot 0 - 20 cm diepte. Als het inploegen van de meststoffen tot 25 cm plaats vond, zou bij een homogene bouwvoor nog een extra N-levering plaats vinden van circa 25% van de huidige meting.

De totale mineralisatie van fontana en monterra voor de kassituatie kan alleen berekend worden met behulp van een voor die meststoffen gecalibreerd bodemmodel. Reden is dat de giften die binnen de periode vielen niet in de afgesloten incubatiebuisjes terechtkwamen, en de gemeten mineralisatie zich beperkt tot 1 gift alsmede grond en stalmest.



## 5. Ziektewerendheid

### 5.1 Inleiding

Bodemziekten kunnen een belangrijke opbrengstreducerende factor zijn in biologische kasteelten mede omdat geen chemische bestrijdingsmiddelen gebruikt worden, stomen mogelijk nog maar beperkt mogelijk zal zijn in de toekomst en over het algemeen krappe gewasrotaties worden gebruikt. Door verhoging van de ziektewerendheid van de bodem kan het risico op bodemziekten worden verlaagd. Organische (mest)stoffen kunnen zowel een positief, als een negatief effect op de ziektewerendheid van de bodem hebben (Hoitink & Fahy, 1986; Tuitert *et al.*, 1998; Postma *et al.*, 2003). Hierover is echter onvoldoende kennis beschikbaar om in diverse praktijksituaties tot een gerichte en betrouwbare adviezen te komen (Elsas & Postma, in press). Ook het Handboek Mest en Compost (Bokhorst & Ter Berg, 2001) beschrijft enkele voorbeelden waarin de toepassing van mest en compost ziekteonderdrukkend bleken te zijn, maar concrete adviezen (ten aanzien van mestsoort, dosis en toepassingswijze tegen bepaalde pathogenen) worden niet gegeven.

De kwaliteit en hoeveelheid organische stof beïnvloeden de leefomstandigheden van de bodemmicroflora. Dit geldt zowel voor eventueel aanwezige bodempathogenen, als voor hun antagonisten. Daarom is de invloed van de toediening van verschillende typen organische (mest)stoffen op de ziektewerendheid van de bodem bepaald. Hiervoor zijn biotoetsen gebruikt, waarbij de aantasting in een toetsgewas bepaald werd onder geconditioneerde omstandigheden, nadat een bepaald pathogeen aan de grond is toegevoegd. Het ging hierbij om de plant-pathogeen combinaties *Phytophthora nicotianae* – tomaat en *Rhizoctonia solani* – radijs. De geslachten *Phytophthora* en *Rhizoctonia* omvatten diverse economische belangrijke pathogenen van verschillende gewassen. De gekozen plant-pathogeen combinaties zijn belangrijk in kasteelten en er was reeds ervaring met de betreffende biotoetsen aanwezig. Verder is nagegaan of er een verschuiving in de samenstelling van de bodemmicroflora optrad met behulp van een moleculaire techniek, PCR-DGGE, en is activiteit van de bodemmicroflora gemeten aan de hand van de bodemademhaling.

### 5.2 Materiaal en methoden

#### Bemonstering van de bodem

Tijdens de kasproef met chrysanten is de grond bij elke teelt circa 5 dagen na planten met een grondboor bemonsterd tot 25 cm diepte. In totaal werden 3 kappen met elk 4 teelten en 6 behandelingen in 2 herhalingen bemonsterd (= 144 monsters). Met deze monsters werden biotoetsen ingezet in de kas om ziektevering te bepalen. Een deel van de monsters (200 g) werd gekoeld naar Wageningen getransporteerd voor de bepaling van de bodemademhaling. Bovendien werd 10 g grond bij –20 °C ingevroren voor de later uitgevoerde PCR-DGGE analyses.

#### Biotoetsen

Om het effect van de meststoffen te toetsen op de ziektewerendheid van de grond zijn twee biotoetsen gebruikt: *Phytophthora nicotianae* in tomaat en *Rhizoctonia solani* in radijs.

Uit een inventarisatie van de knelpunten in de glastuinbouw (project Biokas), werd in de loop van 2002 duidelijk dat in de biologische vruchtgroenteteelt *Phomopsis sclerotioides*, de veroorzaker van zwartwortelrot bij komkommer, een belangrijk pathogeen is. Een poging om een biotoets met deze schimmel op te zetten heeft geen bruikbaar resultaat opgeleverd.

De opzet van de biotoetsen was grofweg de volgende:

1. *Phytophthora nicotianae* in tomaat (9 zaden/pot),
2. *Rhizoctonia solani* in radijs (9 zaden/pot).

Voor beide biotoetsen werden potten gevuld met 300 ml grond. Bij elke behandeling werden evenveel besmette als onbesmette potten ingezaaid. Naast de bemonsterde grond werd een standaard potgrond (Finn Peat) meegenomen voornamelijk bedoeld als controle van de vitaliteit van de toegevoegde ziekteverwekker. De eerste dagen na zaaien werden de potjes afgedekt met plastic om de kieming te bevorderen. Na 21 dagen incubatie in de kas bij circa 20°C vond de eindbeoordeling plaats aan de hand van het aantal gezonde planten per pot. Op deze manier wordt zowel uitval voor als na opkomst meegenomen.

### Microbiologische karakterisering met PCR-DGGE

Voor de karakterisatie van de microflora is ingevroren grond gebruikt van de 2e teelt in kap 1. Hierbij is sinds enkele jaren in het onderzoek toegepaste techniek gebruikt, nl PCR-DGGE. Deze afkorting staat voor: polymerase chain reaction - denaturing gradient gel electrophoresis. Microbieel DNA is uit de grond geëxtraheerd, gezuiverd en vervolgens zodanig vermeerderd (geamplificeerd door middel van PCR) dat het op een speciale gel (DGGE) gezet kon worden, waarbij de verschillende soorten micro-organismen verschillend migreren. Op deze wijze ontstaat er een bandenpatroon, een zogenaamde 'fingerprint', die representatief is voor de schimmel- of bacteriesoorten die dominant aanwezig zijn in het betreffende grondmonster. Uitgebreide methodebeschrijving is elders gepubliceerd (Postma *et al.*, 2000).

### Microbiologische activiteit in grondmonsters

De bodemademhaling werd gedurende 3 dagen in hermetisch afgesloten flessen met een druksensor gemeten (Sensomat-System van Aqualytic). De CO<sub>2</sub> die ontstaat uit de omzetting van organische stof en zuurstof, wordt weggevangen door een KOH oplossing. De sensor in de dop registreert de hierdoor ontstane onderdruk in de fles. Formule voor omrekening van de gemeten onderdruk naar bodemademhaling is als volgt (Robertz *et al.*, 1999):

$$BA = \Delta p \times M(O_2) \times V_{\text{lucht}} / R \times T \times m_{\text{grond}}$$

waarbij de symbolen de volgende betekenis hebben:

- BA = bodemademhaling (mg O<sub>2</sub> / kg droge grond)
- Δp = gemeten drukverschil (hPa)
- M(O<sub>2</sub>) = molekulgewicht O<sub>2</sub> ; 32000 (mg/mol)
- V<sub>lucht</sub> = vrije gasvolume in de fles
- R = algemene gasconstante; 83144 (L.mbar.mol<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>)
- T = incubatietemperatuur (°K)
- m<sub>grond</sub> = massa droge grond (kg)

## 5.3 Resultaten

### Ziektewerendheid

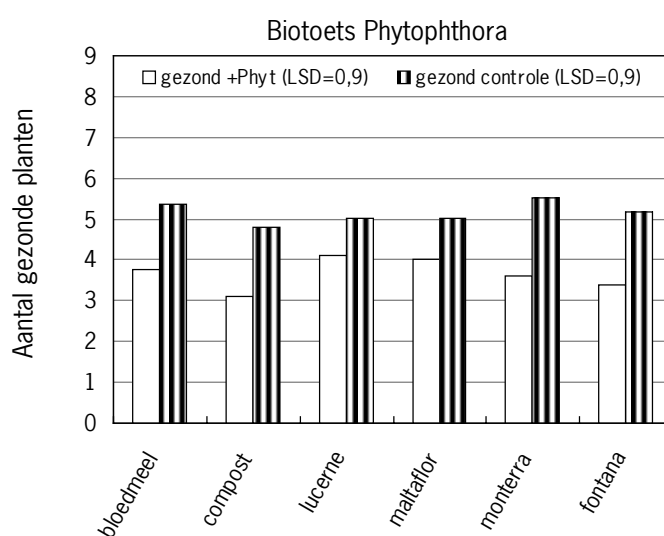
De grondmonsters van de vier opeenvolgende chrysantenteelten zijn met behulp van biotoetsen op ziektewerendheid tegen de bodemschimmel *Phytophthora nicotianae* geanalyseerd. Het aantal gezonde planten in de biotoets verschilde per teelt, o.a. als gevolg van het verschil in opkomst van de zaden. Vooral in teelt 4 was de opkomst erg laag. Dit had echter geen invloed op de onderlinge verschillen tussen de behandelingen; m.a.w. er was geen interactie tussen teelt en behandeling. Daarom zijn de gemiddelden van de vier teelten per behandeling in tabel 5.1 weergegeven. Voor de data per teelt wordt verwezen naar de Bijlage IX.

In de controles zonder pathogeen was het aantal gezonde planten het hoogste in de potgrond. Dit kan tal van oorzaken hebben omdat dit substraat zo compleet anders is dan de grond uit de chrysantenproef. De andere behandelingen verschilden niet significant (Tabel 5.1 en Figuur 5.1). In de behandelingen met toegevoegd pathogeen had wederom potgrond de meeste gezonde planten. Er waren echter ook significante verschillen tussen de andere behandelingen met toegevoegde organische meststoffen. Zo had compost een significant lager aantal gezonde planten dan lucerne en maltaflor, terwijl alle andere toevoegingen intermediaire resultaten lieten zien. Het percentage gezonde planten in de met *Phytophthora* geïnfecteerde grond ten opzichte van de controle zonder pathogeen bleek te variabel, met als gevolg dat er geen significante verschillen aanwezig waren.

Er leek op basis van de eerste serie biotoetsen geen invloed van de behandelingen op ziekteverendheid tegen *Rhizoctonia solani* te zijn. De resultaten waren zodanig variabel, dat besloten werd te stoppen met deze biotoets. Ontwikkeling van een biotoets met de schimmel *Phomopsis sclerotioides* ter vervanging van die met *Rhizoctonia* heeft niet het gewenste resultaat opgeleverd.

Tabel 5.1. Aantal (*n*) en percentage gezonde planten in grond met verschillende organische toevoegingen met en zonder toegevoegd *Phytophthora nicotianae* (*Phyt*) inoculum (9 tomaten zaden per pot).

| Organische-meststof | Behandeling nr. | n gezond controle | n gezond +Phyt | % gezond +Phyt/controle |
|---------------------|-----------------|-------------------|----------------|-------------------------|
| Potgrond            | 0               | 7.85              | 5.71           | 71.7                    |
| Bloedmeel           | 1               | 5.38              | 3.76           | 74.1                    |
| Compost             | 2               | 4.81              | 3.10           | 68.1                    |
| Lucerne             | 3               | 5.02              | 4.12           | 80.4                    |
| Maltaflor           | 4               | 5.03              | 4.01           | 89.2                    |
| Monterra            | 5               | 5.52              | 3.59           | 67.8                    |
| Fontana             | 6               | 5.17              | 3.38           | 71.8                    |
| LSD (0.05)          |                 | 0.87              | 0.89           | ns (21.9)               |

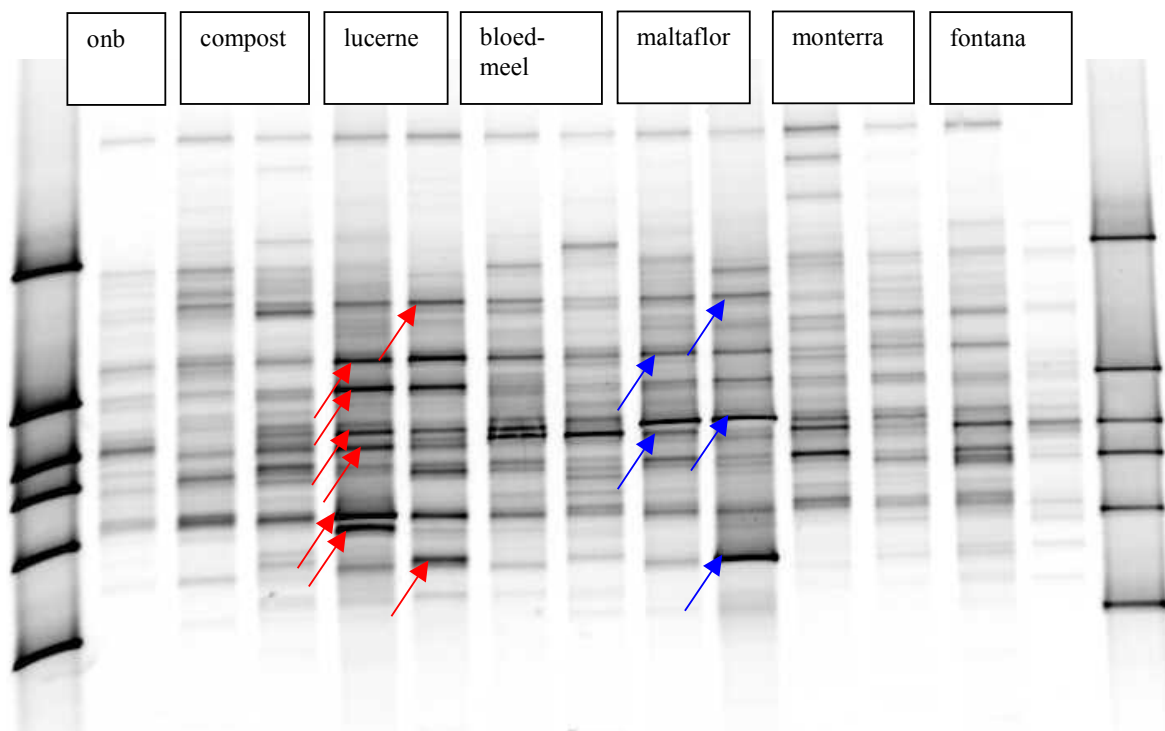


Figuur 5.1. Aantal gezonde planten in grond met verschillende organische toevoegingen met en zonder toegevoegd *Phytophthora nicotianae* (*Phyt*) inoculum (9 tomaten zaden per pot).

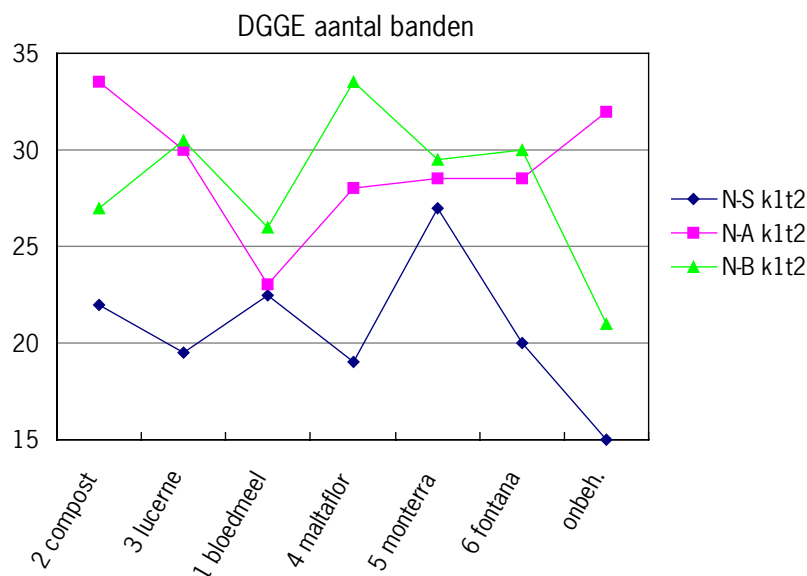
### Microbiologische karakterisering met PCR-DGGE

Toevoeging van organische meststoffen had een zeer sterk effect op de samenstelling van de schimmelpopulatie. In Figuur 5.2 is duidelijk te zien dat het bandenpatroon (fingerprint) verandert door toevoeging van bijvoorbeeld lucerne: diverse schimmels (cq. banden) worden sterk gestimuleerd door de toevoeging van lucerne (rode pijltjes in Figuur 5.2). Ook bij maltaflor worden een aantal schimmels (c.q. banden) sterk gestimuleerd (blauwe pijltjes in Figuur 5.2).

Ook in de samenstelling van de bacterie-populatie en de actinomyceten (subgroep van bacteriën) traden veranderingen op, maar deze zijn minder goed zichtbaar op de foto, omdat het totaal aantal banden meestal hoger is dan bij de schimmelpopulaties (voor foto's zie Bijlage X). Om deze verschillen verder te analyseren, zijn de aantallen banden geteld en in kaart gebracht met een computerprogramma (Gelcompare). De aantallen banden van de verschillende populaties zijn uitgezet in Figuur 5.3. Hieruit blijkt dat vooral maltaflor een hoog aantal bacteriebanden toont.



Figuur 5.2. Fingerprint van de schimmelpopulaties in de bodem na toevoeging van de verschillende organische meststoffen tijdens de 2e teelt in kap 1 (PCR-DGGE methode).

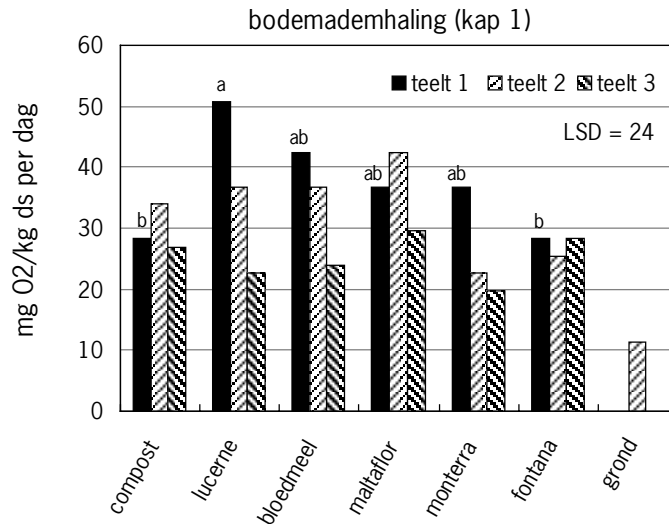


*Figuur 5.3. Aantal banden in de bacterie (N-B), actinomyceten (N-A), en schimmel (N-S) PCR-DGGE patronen in de bodem na toevoeging van de verschillende organische meststoffen tijdens de 2e teelt in kap 1.*

### Microbiologische activiteit in grondmonsters

Bij de eerste bepalingen van de bodemademhaling traden diverse praktische problemen op als gevolg van temperatuursverschillen en slecht sluitende flessen. Na optimalisatie van het protocol bleek de methodiek toch herhaalbare resultaten op te leveren. Wel is het raadzaam om in het vervolg herhaalde metingen uit te voeren per bodemonmonster om de variatie tussen de metingen te verkleinen.

Tijdens de 1e teelt had lucerne de hoogste ademhaling (Figuur 5.4), wat op zich verklaarbaar is, omdat lucerne makkelijk afbreekbaar en in grote hoeveelheid eenmalig toegediend is. De bodemademhaling bij lucerne was significant hoger dan bij compost. De andere behandelingen waren intermediair. Na de eerste teelt liep de ademhaling bij lucerne en sommige andere organische toevoegingen terug, waardoor er tijdens de 2e en 3e teelt geen significante verschillen meer gemeten werden tussen de behandelingen. Wel hadden alle behandelingen een hogere bodemademhaling dan de onbemeste grond in de 2e teelt. In hoeverre dit door toevoeging van de basisbemesting met stalmest komt, of door de verschillende organische materialen is niet duidelijk.



*Figuur 5.4. Microbiële activiteit in de bodem na toevoeging van de verschillende organische meststoffen bepaald door meting van de bodemademhaling ( $LSD_{0.05} = 24$ ).*

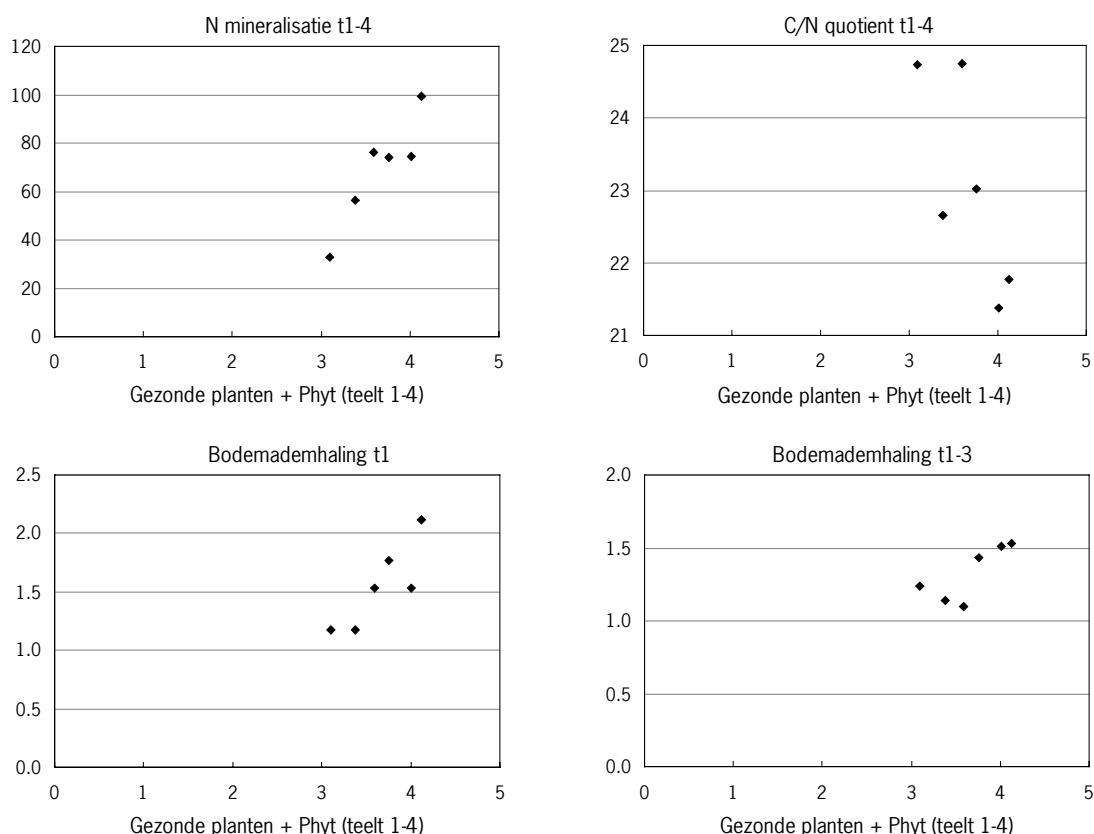
### Correlaties tussen ziekteverendheid en andere bodemfactoren

De verschillende gemeten parameters per veldje correleren relatief gering met elkaar a.g.v. de variatie van de metingen. Daarom is verder gekeken naar correlaties tussen gemiddelde waarden van de parameters: gemiddelden per behandeling en zelfs gemiddelden voor de verschillende teelten.

Aantal gezonde planten na *Phytophthora* besmetting (gemiddeld voor teelt 1 t/m 4) gaf de sterkste correlatie met:

- N mineraal (gemiddeld voor teelt 1 t/m 4): correlatie coëfficiënt = 0.92
- bodemademhaling (teelt 1): correlatie coëfficiënt = 0.85
- bodemademhaling (gemiddeld van teelt 1 t/m 3): correlatie coëfficiënt = 0.78
- C/N quotient (einde experiment): correlatie coëfficiënt = -0.77.

Deze data zijn in onderstaande figuren tegen elkaar uitgezet. Met lineaire regressie blijken de correlaties tussen ziekteverendheid en zowel N mineraal als de bodemademhaling van teelt 1 met een rechte lijn weergegeven te kunnen worden.



Figuur 5.5. Correlatie tussen ziekteverendheid tegen *Phytophthora nicotianae* en enkele bodemfactoren.

## 5.4 Discussie en conclusies

De organische meststoffen bleken een beperkte, doch significante invloed te hebben op de ziekteverendheid van de bodem. Toevoeging van lucerne en maltaflor veroorzaakten een significant hogere ziektevering van *Phytophthora nicotianae* in tomaat, dan de gebruikte compost. Het betrof hier een schrale compost. De andere toevoegingen gaven intermediaire waarden. Met de bestaande proefopzet kon ziektevering na toevoegen van de verschillende organische meststoffen onderling vergeleken worden, maar kon geen vergelijking gemaakt worden tussen deze behandelingen en ziekteverendheid van de grond zonder organische toevoegingen.

Het feit dat de organische meststoffen in deze proefopzet aantoonbare verschillen veroorzaakten, roept vele nieuwe vragen op: 1) hoe is het met ziektevering van andere pathogenen, 2) zijn de effecten extrapolbaar naar andere organische meststoffen, en 3) is de toedieningswijze van belang? In vervolgonderzoek zal hier verder aandacht aan besteed worden.

De bepaling van ziekteverendheid met behulp van biotoetsen is een arbeidsintensieve klus. Bovendien wordt verwacht dat voor verschillende ziektes aparte biotoetsen moeten worden uitgevoerd, omdat ziekteverendheid sterk kan verschillen voor verschillende ziekteverwekkers (Blok *et al.*, 2002; Postma *et al.*, 2003). Het zou daarom een groot voordeel zijn indien bepaalde microbiële karakteristieken, die zonder biotoetsen gemeten kunnen worden, indicatief zijn voor ziektevering. Zowel de bodemademhaling als de microbiële samenstelling werden beïnvloed door de toevoeging van een aantal van de organische meststoffen. De toediening van lucerne gaf tijdens de eerste teelt de hoogste bodemademhaling; compost en fontana de laagste. Bodemademhaling en aantal gezonde planten na toevoeging van *Phytophthora* vertoonden een lineaire relatie. Ook Blok *et al.* (2002) vonden een correlatie tussen bodemademhaling en ziektevering van *Phytophthora cinnamomi* a.g.v. composttoediening. De samenstel-

ling van de microflora, bepaald met PCR-DGGE, toonde tevens bij de meest ziektewerende behandelingen, lucerne en maltaflor, de sterkste stimulering van bepaalde schimmels (sterke toename van bepaalde banden). Ook de aantallen banden in de PCR-DGGE patronen vertoonden interessante verschuivingen. Voordat aangegeven kan worden of er inderdaad een correlatie is tussen deze microbiële karakteristieken en ziektewerendheid, zullen veel meer data verzameld moeten worden. Ook in ander onderzoek zijn aanwijzingen gevonden dat de samenstelling van de microflora correleert met ziektewering tegen bepaalde bodempathogenen (Postma *et al.*, 2000; Van Elsas *et al.*, 2002).



## 6. Integratie en evaluatie

### 6.1 Integratie

#### N-stromen in de kas

Een belangrijk onderzoeksdoel in dit project was de toepassing van alternatieve N-bronnen om aan de gewasvraag van een testgewas naar N te voldoen. Om het lot van de gegeven N te traceren, zijn de meest relevante N-stromen in het kassysteem gemeten danwel berekend.

Aan het eerste doel is in het project voldaan: uit de gewasanalyse blijkt dat er geen N-tekorten zijn opgetreden in het geteelde chrysantengewas, m.u.v. de compostbehandeling. Bij alle behandelingen was de groei en daarmee de N-behoefte van de gebruikte cultivar lager dan verwacht, hetgeen betekende dat een aanzienlijk gedeelte van de gegeven N niet werd opgenomen.

Realisatie van het tweede doel, het kwantificeren van de N-stromen, betekent dat we paden kunnen aangeven, waarlangs de resterende N verdwijnt. Door het kennen van deze N-stromen, kan de interpretatie van de resultaten sterk worden verbeterd. Daarmee kunnen bemestingsstrategieën, gericht op vervanging van dierlijke mest, voor de biologische teeltwijze worden geadviseerd.

Hieronder volgt een kwantificering van de N-stromen, uitgesplitst in:

- Aanvoer: meststof, N-fixatie
- Afvoer: geoogste gewasdelen, uitspoeling, run-off, vervluchtiging
- Voorraad: minerale N, levende biomassa, bodemorganische stof

N-fixatie en run-off zijn te verwaarlozen in de betreffende kas, zodat de balans van aan- en afvoerstromen van N er voor de mestbehandelingen als volgt uit ziet:

Tabel 6.1. *N-balans (kg ha<sup>-1</sup> periode<sup>-1</sup>) in de kas door aanvoer met meststof en afvoer door uitspoeling en denitrificatie, opname door chrysant, en restsom (8 april '02 t/m 6 maart '03) en vastlegging in microbiële biomassa.*

|                      | Bloedmeel | Compost | Luzerne | Maltaflor | Monterra | Fontana |
|----------------------|-----------|---------|---------|-----------|----------|---------|
| <i>Meststof</i> N In | 600       | 600     | 600     | 600       | 600      | 600     |
| Uit: Uitspoeling     | 7         | 2       | 36      | 9         | -        | -       |
| Denitrificatie       | 84        | 22      | 161     | 82        | 50*      | 50*     |
| Opname               | 468       | 387     | 467     | 476       | 462      | 461     |
| <i>Som Uit</i>       | 559       | 411     | 664     | 567       | >512*    | >512*   |
| <i>In – Uit</i>      | 41        | 189     | -64     | 33        | < 78*    | < 78*   |
| Vastlegging          | 17        | 31      | 36      | 21        | 14       | -       |

\* *Grove schatting op basis van de metingen van de andere behandelingen.*

In Tabel 6.1 zijn de metingen uit voorgaande hoofdstukken verwerkt. Het N-overschot bij de meeste behandelingen laat zien dat een deel van de meststof de bodem heeft verrijkt met een voorraad

organische N, of is opgeslagen in levende microbiële biomassa. Deze N kan na omzetting ten goede komen aan volgende teelten. Voor luzerne resulteren de hoge schattingen van de denitrificatie in een negatief balanstotaal.

De balans voor  $N_{min}$  (zie Tabel 4.4 in paragraaf 4.4) geeft in de meeste gevallen ook een verhoging van de voorraad te zien. Alleen voor compost is er voor  $N_{min}$  een negatieve balans op jaarbasis, deze  $N_{min}$  is vastgelegd en is onderdeel van de voorraadverhoging van  $N_{totaal}$  in Tabel 6.1. Daarnaast is bij compost de N-opname hoger dan de N-levering (paragraaf 4.4), dit kan betekenen dat de netto mineralisatie van compost hoger is dan geschat uit de lab-incubatie. Verbeterde levering kan veroorzaakt worden door omwoelen van de bodem en door de stimulerende werking van wortelmateriaal en -exudaten, die in de lab-proef niet zijn meegenomen. Bovendien geldt dat de metingen en berekeningen zijn gebaseerd op een bouwvoor van 25 cm, terwijl uit ander onderzoek blijkt dat de effectieve beworteling van chrysant aan het eind van de teelt wel tot 30 á 35 cm reikt.

### Organische bemesting en ziektevering

Uit het huidige experiment komt luzerne (en in minder mate maltaflor) als de meest veelbelovende meststof naar voren ten aanzien van ziektevering tegen de bodemschimmel *Phytophthora nicotianae*. Hierbij moet wel benadrukt worden dat ziektevering voor één pathogeen doorgaans niet zonder meer is te extrapoleren naar andere pathogenen.

Voor luzerne lijkt te gelden, dat deze organische meststof op het juiste moment in de teelt voldoende nutriënten kan leveren, mits de bemesting wordt gegeven in kleinere porties. Tegelijkertijd blijkt luzerne ook de ziektevering ten aanzien van bepaalde bodempathogenen te verhogen (hoofdstuk 5). Luzerne kan daarmee een belangrijke bijdrage leveren aan de voorkóming van dergelijke ziekten, zonder dat dit conflicteert met de wens van de tuinder voor een snel werkzame organische N-bron.

## 6.2 Evaluatie

### Kasproef

Uit de vergelijking tussen gerealiseerde watergift en berekende verdamping blijkt dat er over het geheel van de onderzoeksperiode sprake is van evenwicht tussen vraag en aanbod. Neerwaarts transport van betekenis van water en stoffen is er dus niet geweest. Door de berekeningswijze (op dagbasis) kunnen mogelijk momenten gemist zijn waar wel een relevante N-hoeveelheid verdwijnt. Op grond van de balansberekeningen in paragraaf 6.1 zou nog extra uitspoelingsverlies bij de meeste meststoffen (behalve luzerne en compost) verwacht kunnen worden. De irrigatiehoeveelheid was goed afgestemd op de vraag, dus reductie van de uitspoeling van N zal in dit systeem meer gezocht moeten worden in vermindering van de  $N_{min}$ -gehalten in de bodem.

Door technische oorzaken (lichtval) was de groei in de kas heterogeen. Met name kap 3 werd hierdoor sterk beïnvloed. Ook waren er verschillen in uitgangssituatie wat betreft het N-min en het organisch stofgehalte van de bodem. Met name in kap 3 bleek dit het geval. Om deze redenen dient kap 3 voor de interpretatie buiten beschouwing te worden gelaten.

De totaalproductie viel aanzienlijk lager uit dan de schatting vooraf (paragraaf 2.3.2). De hoofdoorzaak voor de lagere producties is de keuze van de cultivar ('Discovery'), die bekend staat vanwege zijn productie van goede takken bij afwezigheid van remstoffen, maar ook als traag groeiend. De uiteindelijke nutriëntenopname voor kap 1 bedraagt circa 420 kg N, 70 kg P en 725 kg N per hectare gedurende de totale proefperiode van 334 dagen.

## Opname en verlies van toegediende organische N

Alle meststofbehandelingen laten een vergelijkbare gewasopname van N zien ( $470 \pm 9 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$  voor 2 kappen), maar bij compost is dit 17% minder. De lage afbraaksnelheid van compost en de resulterend lage opname betekent dat de niet verteerde compost zich als slecht afbreekbare N in de bodem heeft opgehoopt. Deze N kan wellicht later beschikbaar komen. Voor al de ander meststoffen geldt dat na een snelle mineralisatie een aanzienlijk deel van de minerale N verdwijnt. Als we aannemen dat de N uit bodemmineralisatie voor 100% wordt opgenomen (i.e. 225 kg N, zie paragraaf 4.4), resteert  $470 - 225 = 245 \text{ kg N}$  opname uit meststofmineralisatie. In de realiteit zal dit wat meer zijn, want ook N uit bodemmineralisatie kan deels verloren gaan. Deze 245 kg N opname is 40% van de 600 kg N-gift, dus 60% is onbenut. Met uitzondering van compost komt circa 300 kg N uit de toegediende meststoffen door  $N_{\text{min}}$  en mineralisatie (zie paragraaf 4.4), oftewel 50% van de gift. Samenvattend is bij de gemiddelde meststof grofweg 50% (300 kg) van de N-gift als  $N_{\text{min}}$  beschikbaar, wordt hiervan 245 kg (40% van gift) opgenomen en 55 kg verloren, en verblijft 50% van de gift nog ongemineraliseerd in de bodem. Die 55 kg 'verdwenen' N is deels in de bodem opgeslagen in microbiële biomassa (enkele procenten van de gift, zie paragraaf 3.2.2. en Figuur 3.2) en hun restproducten na turn over, en deels als daadwerkelijk verlies, door uitspoeling en denitrificatie, uit de bodem verdwenen. Hierbij is gebleken dat bij de jaarlijkse, eenmalige gift van luzerne het verlies vooral bestaat uit denitrificatie. Als de giften in kleinere doses over het jaar gegeven worden, lijkt het verlies door denitrificatie relatief minder, zoals is te zien bij bloedmeel en maltaflor. Desalniettemin is er bij deze behandelingen een overschot aan beschikbare N door een lage plantvraag. Dit N overschot zal dus deels zijn vastgelegd in levende microbiomassa, dode microbiomassa en wortelresten en zo de bodem verrijken, en deels uitspoelen met een ons onbekende hoeveelheid. Samenvattend, door het risico op aanzienlijke verliezen uit het systeem is een goede inschatting noodzakelijk van zowel de plantvraag als de N-beschikbaarheid, ten einde optimale gewasgroei en lage N-verliezen te realiseren.

## Alternatieven voor dierlijke mest

Vrijwel alle meststoffen bleken bruikbaar als alternatieve N-bron voor dierlijke mest. Alleen bij compost is sprake van te weinig beschikbaar N in de tijd. Luzerne gaf snel al veel N vrij, waarbij de hoeveelheid beschikbaar N enige tijd zeer ruim is geweest. Dit is voor de plantenvoeding niet nodig en verhoogt de kans op verliezen via denitrificatie en uitspoeling. Voor voorraadbemesting alleen is luzerne daardoor minder geschikt. In een vervolgprouf wordt getest of de opname-efficiëntie verbetert door luzerne frequent bij te mesten in plaats van éénmalige als voorraad te bemesten. De meststoffen bloedmeel, monterra nitrogen en fontana potassium bleken voldoende N op korte termijn te mineraliseren en zijn wat dat betreft goed bruikbaar om in de teelt bij te bemesten.

Met het aanwenden van alternatieve meststoffen gaat een extra hoeveelheid arbeid gepaard. Met name het frequent bovengronds toedienen en vervolgens inwerken van de meststof is tijdrovend. Schattingen van de benodigde extra arbeid worden in het vervolgonderzoek uitgevoerd.

Voor een evenwichtige boordeling is naast de N-dynamiek ook een beschouwing van de overige mineralen in de meststoffen van belang. De gekozen bemestingen bleken voor K goede resultaten op te leveren. De gehalten in de grondmonsters bleven stabiel en uit de mineralenbalans bleek een hoge efficiëntie voor dit element.

Een punt van zorg is verder de grote aanvoer van Na met Fontana, die o.a. leidde tot een flinke toename van het Na gehalte in de grondanalyses.

Uiteraard zal compost wel kunnen voldoen in een concept waarbij aanvullend meststoffen worden toegediend voor snelle N-levering. Echter, er worden dan betrekkelijk snel grenzen bereikt voor de aanvoer van overige mineralen. Met name het P-overschot vormt dan al gauw een probleem. Weliswaar is de wettelijk toegestane aanvoer voor P  $200 \text{ kg ha}^{-1}$ , de aanvoer na P met compost in combinatie met

de wettelijk toegestane aanvoer van dierlijke mest levert meer P dan het gewas vraagt en biedt zo geen mogelijkheid tot evenwichtsbemesting. Jarenlange toediening van compost of een andere langzaam N-leverende meststof zal geleidelijk de levering van N en P uit de bodem verhogen, maar voor een productiegewas zal daarnaast altijd een aanvulling met snelwerkende meststof nodig zijn.

### Berekening denitrificatie

De denitrificatie is in 2002 op 3 tijdstippen gemeten in de kas, zodat voor schattingen op jaarbasis extrapolatie nodig is. Deze schattingen geven alleen een orde van grootte aan. Voor deze schatting wordt een rekenregel gebruikt, die door de hoge variabiliteit van het gemeten denitrificatieproces moeilijk te calibreren was (paragraaf 3.3.2). Desalniettemin zijn de variaties in parameterwaarden minder groot dan de variatie in water- en nitraatgehalte in de bodem, zodat de rekenregel toch gebruikt kan worden om orde groottes van denitrificatie te schatten.

### Modellering mineralisatie

De getoetste mineralisatiemodellen (MOTOR en MINIP) geven een wisselend resultaat met betrekking tot simulatie van gemeten afbraak van de diverse meststoffen (Hoofdstuk 4). Beiden kunnen voor een specifieke afbraakstudie zodanig worden geparametriseerd dat onder geconditioneerde omstandigheden de simulatie van C-afbraak zeer correct is. Dit geldt niet voor simulatie van de N<sub>min</sub>-productie. Hierbij scoort MOTOR beter doordat de verschillende pools in grootte en eigenschappen gevarieerd kunnen worden, terwijl MINIP slechts één pool kent met identieke afbraaksnelheid van C en N. Aangezien MOTOR tevens de mogelijkheid biedt om een of meer pools te definiëren voor microbiomassa, is dit model het meest geschikt om mineralisatie in samenhang met het bodemleven te berekenen.

### Bodemrespiratie en mineralisatie

Bodemrespiratie wordt gezien als maat voor activiteit van bodemleven, waarbij CO<sub>2</sub> vrijkomt (Hoofdstuk 5). De geproduceerde CO<sub>2</sub> wordt meestal ook gebruikt om de afbraak van organische stof te berekenen (Hoofdstuk 4). De bodemrespiratie, zoals gemeten in teelt 1 (kap 1) in de kas, en potentiële afbraak, gemeten in het lab (Hoofdstuk 4), vertonen enige overeenkomsten: luzerne is redelijk snel afbreekbaar (lab-incubatie) en zal in de eerste teelt veel CO<sub>2</sub> genereren doordat een grote voorraad is bemest. In de eerste teelt zijn waarden voor CO<sub>2</sub> productie tot 13.75 g m<sup>-2</sup> gemeten. Dit is in dezelfde grootte orde als de gewasvraag naar CO<sub>2</sub>: de gesimuleerde CO<sub>2</sub> assimilatie door het chrysantengewas loopt op van circa 4 g voor de stekjes tot 40 g in het bloeistadium (pers. med. P. de Visser). Fontana zal in de eerste teelt nog weinig CO<sub>2</sub> produceren, aangezien dat nog weinig is aangeleverd. Compost heeft een zeer lage afbraaksnelheid en genereert ook weinig CO<sub>2</sub> in de kas. In teelten 2 en 3 is de bodemrespiratie in de kas tussen de behandelingen niet significant verschillend door grote spreiding in de metingen. De compostbehandeling lijkt aldus geen bijzonder lage afbraak te kennen, i.t.t. de verwachting uit de labproef, en dit zou de herkomst van circa 60 kg extra N boven op de balans in Tabel 6.1 kunnen verklaren.

Het algemene beeld is dat de bodemrespiratie daalt over de teelten heen door voorraadvermindering van makkelijk afbreekbare organische stof uit basisbemesting en, voor de behandelingen compost en luzerne, afnemende afbraak van de éénmalige voorraadbemesting.

### Ziektewering

In tegenstelling tot de verwachting, blijkt de behandeling met schrale compost volgens de biotoets niet te wijzen op een verhoogde ziekteverendheid tegen *Phytophthora nicotianae*. Door het samengaan van

ziektewerendheid, bodemademhaling en N-levering (Hoofdstuk 5) kan niet worden uitgesloten dat gezondheid van de kiemplanten in de biotoets correleert met N-beschikbaarheid. Dit zou betekenen dat *Phytophthora*, zijnde een zwaktepathogeen, meer toeslaat bij onvoldoende N-aanbod voor de plant. De combinatie van een minder schrale compost en een hogere dosis organische stof (gift van  $\geq 20\%$ , alleen reëel in containerteelten) resulteerde wél in significante ziektevering (Hoitink & Fahy, 1986; Postma *et al.*, 2003; Blok *et al.*, 2002). Verder met verschillende doses toegevoegde N, kan mogelijk het gecombineerde effect van plantvitaliteit en intensiteit van ziektevering ontwarren.

Bepaling van bodemrespiratie en DNA fingerprinting kunnen als diagnose van de ziekteverendheid een aantrekkelijk alternatief bieden voor de bewerkelijke biotoets. Beide methoden moeten in combinatie uitgevoerd worden, zodat de activiteit van de microflora (via respiratie) gekoppeld kan worden aan hun ecologische rol (identiteit afgeleid uit de DNA-profielen). Een voorbeeld van ziektevering gekoppeld aan verhoogde bodemrespiratie via organische stof suppletie is de cellulose toediening aan grond (stro, papiercellulose), waarbij (soms) de ziektevering wordt verhoogd voor *Rhizoctonia* (Westerdijk & Postma, 2000; Postma & Kok, 2001). Ook voor ziektevering gekoppeld aan de samenstelling van de bodemmicroflora zijn voorbeelden beschreven. Zo bleek de toename van Pseudomonaden met antagonistische eigenschappen als gevolg van meerjarig grasland te correleren met ziektevering tegen *Rhizoctonia* (Garbeva *et al.*, 2003).

Uit een inventarisatie van de knelpunten in de glastuinbouw (project Biokas), werd in de loop van 2002 duidelijk dat in de biologische vruchtgroenteteelt wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* ssp) als een groter probleem worden ervaren dan *Phytophthora* en *Rhizoctonia*. Om deze reden wordt in vervolgonderzoek (ook) een biotoets met wortelknobbelaaltjes meegenomen.

## Conclusies

Samenvattend kan het gebruik van enkele organische meststoffen als alternatief voor dierlijke mest aanbevolen worden. Luzerne is het beste alternatief, gelet op zijn zowel bemestende als ziekteverende werking.



## Referenties

- Assinck, F.B.T., P. de Willigen, P.H.B. de Visser, A. Elings & M. Heinen, 2002.  
Effect van (an)organische mest op de nutriëntenopname door chrysant (intern rapport Alterra).
- Blok, W.J., G.C.M. Coenen, A.S. Pijl & A.J. Termorshuizen, 2002.  
Disease suppression and microbial communities of potting mixes amended with biowaste compost. Proceedings of the International Symposium on Composting and compost utilization, Univ. Ohio, Columbus.
- Bokhorst, J. & C. ter Berg, 2001.  
Handboek Mest en Compost; behandelen, beoordelen en toepassen. Louis Bolk Instituut, LD 8, 292 p.
- Elsas, J.D. van, P. Garbeva & J. Salles, 2002.  
Effects of agronomical measures on the microbial diversity of soils as related to the suppression of soil-borne plant pathogens. *Biodegradation* 13: 29-40.
- Elsas, J.D. van & J. Postma.  
Suppression of soil-borne phytopathogens by compost. In: M. De Bertoldi, Handbook of Compost Sciences and Technology, Elsevier Sciences Ltd. (in press).
- Garbeva, P., J.A. van Veen & J.D. van Elsas, 2003.  
Assessment of the diversity and antagonism against *Rhizoctonia solani* AG3 of *Pseudomonas* species in soil from different agricultural regimes. *FEMS Microbial Ecology* (in press).
- Ginkel, J.H. van, R. Merckx & J.A. van Veen, 1994.  
Microbial biomass method based on soluble carbon in the soil solution. *Soil Biol. Biochem.* 26 (3), 417-419.
- Heinen, M., 2003.  
A simple denitrification model? Literature review, sensitivity analysis, and application. Alterra-rapport 690, Alterra, Wageningen, 131 p.
- Hoitink, H.A.J. & P.C. Fahy, 1986.  
Basis for the control of soilborne plant pathogens with composts. *Ann. Rev. Phytopathol.* 24: 93-114.
- Jansen, 1984.  
A simple method for calculating decomposition and accumulation of 'young' soil organic matter. *Plant and Soil* 76, 297-304.
- Jongschaap, R.E.E., 1996.  
ROTASIM 1.0 – A dynamic simulation model for continuous cropping and tillage systems. AB-rapport 70, Haren, NL.
- Postma, J. & H. Kok, 2001.  
Effect of compost application on the soil microflora. Seminar Applying compost - benefits and needs, 22-23 november, Brussel, Book of Abstracts.
- Postma, J., M. Montanari & P.H.J.F. van den Boogert, 2003.  
Microbial enrichment to enhance the disease suppressive activity of compost. *European Journal of Soil Biology* (in press).
- Postma J., M.J.E.I.M. Willemsen-de Klein & J.D. van Elsas, 2000.  
Effect of the indigenous microflora on the development of root and crown rot caused by *Pythium aphanidermatum* in cucumber grown on rockwool. *Phytopathology* 90: 125-133.
- Robertz, M., T. Muckenheim, S. Eckl & L. Webb, 1999.  
Kostengünstige Labormethode zur Bestimmung der mikrobiellen Bodenatmung nach DIN 19737. *Wasser & Boden* 51: 48-53.
- Sonneveld, C., 1997.  
Mineralenopname bij teelten onder glas. Intern verslag 81. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, Naaldwijk.

Tiedje, J.M., 1982.

Denitrification, *in* Methods of Soil Analysis part 2, pp.1011-1026, ASA-SSSA, Madison, WI.

Tuitert, G., M. Szczech & G.J. Bollen, 1998.

Suppression of *Rhizoctonia solani* in potting mixtures amended with compost made from organic household waste. Phytopathology 88: 764-773.

Vance, E.D., P.C. Brooks & D.S. Jenkinson, 1987.

An extraction method for measuring soil microbial biomass C. Soil Biol. Biochem. 19, 703-707.

Voogt, W. & E. Klein-Buitendijk, 1999.

Mineralenbalansen grondteelten; bedrijven met biologische teeltwijze. Rapport nr 179.

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, Naaldwijk.

Voogt, W., 1999.

Water and mineral balances of organically grown vegetables under glass. Acta Hort. 506, 51-57.

Voogt, W., J.A. Kipp, R. de Graaf & L. Spaans, 2000.

A fertigation model for glasshouse crops grown in soil. Acta Hort, 537, ISHS 2000, 495-502.

Westerdijk, C.E. & J. Postma, 2000.

Rhizoctonia (zwartpoten) in bloemkool. Projectrapport PAV-PRI, nov. 2000.

Whitmore, A.P., H. Klein Gunnewiek, G.J. Crocker, J. Klír, M. Körschens & P.R. Poulton, 1997.

Modelling the turnover of carbon in soil using the Verberne/MOTOR model.

Geoderma 81: 137-151.

Yang, H.S., 1996.

Modelling organic matter mineralization and exploring options for organic matter management in arabic farming in Northern China. PhD thesis, WUR.



## Bijlage I.

### Teeltgegevens Chrysant

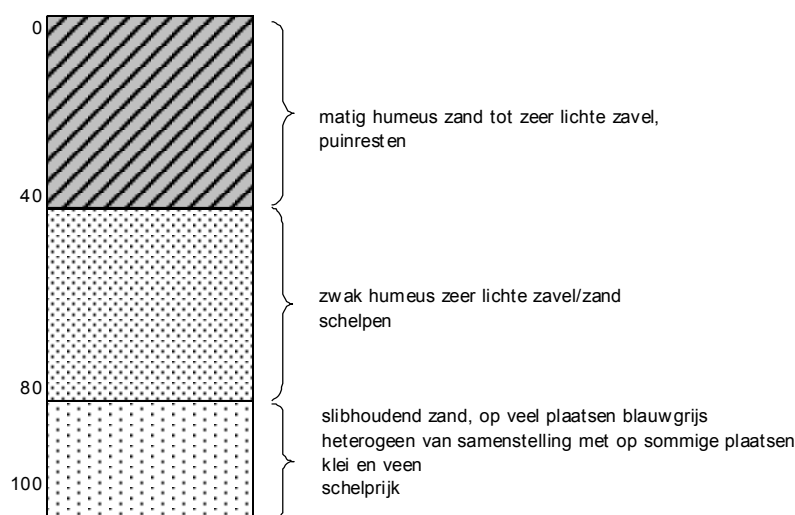
| Kap 1<br>Teelt | Plantdatum | Oogstdatum | Cultivar  | Plantdichtheid<br>pl/m2 |
|----------------|------------|------------|-----------|-------------------------|
| 1              | 4-4-02     | 13-6-02    | Discovery | 47,2                    |
| 2              | 18-6-02    | 23-8-02    | Discovery | 47,2                    |
| 3              | 3-9-02     | 19-11-02   | Discovery | 43,8                    |
| 4              | 27-11-02   | 28-2-03    | Arusha    | 38                      |
| Kap 2          | 23-4-02    | 27-6-02    | Discovery | 47,2                    |
|                | 2-7-02     | 12-9-02    | Discovery | 47,2                    |
|                | 18-9-02    | 28-11-02   | Discovery | 40,5                    |
|                | 11-12-02   | 13-3-03    | Arusha    | 38                      |
| Kap 3          | 14-5-02    | 23-7-03    | Discovery | 47,2                    |
|                | 25-7-02    | 7-10-02    | Discovery | 47,2                    |
|                | 10-10-02   | 2-1-03     | Discovery | 40,5                    |
|                | 9-1-03     | 2-4-03     | Arusha    | 43,8                    |



## Bijlage II.

### Bodemgegevens

Bodemprofiel kas 402-3 PPO Naaldwijk.



Basisbepalingen van de grond bij aanvang het vorige project in 1996 gaven de volgende resultaten:

| Laag  | Org. stof<br>% | Lutum<br>% | pH-KCL | CaCO <sub>3</sub><br>% | P-AL |
|-------|----------------|------------|--------|------------------------|------|
| 0-25  | 1.8            | 6.0        | 7.3    | 0.9                    | 126  |
| 25-50 | 1.6            | 6.3        | 7.3    | 0.9                    | 122  |
| 50-75 | 1.2            | 6.0        | 7.3    | 0.4                    | 106  |

Bepalingen in het najaar van 2001 gaven deze resultaten:

| Laag  | Org. stof<br>% | Dichtheid<br>kg/dm <sub>3</sub> |
|-------|----------------|---------------------------------|
| 0-10  | 4.4            | 0.890                           |
| 10-20 | 2.9            | 0.975                           |
| 20-30 | 2.6            | 1.025                           |
| 30-40 | 2.4            | 1.125                           |
| 40-50 | 2.4            | 1.240                           |
| 50-60 | 1.3            | 1.385                           |
| 60-70 | 1              | -                               |
| 70-80 | 0.8            | -                               |

De grond wordt geclassificeerd als een vlakvaaggrond.

#### Grondwater

De kas is voorzien van een dubbeldrainagesysteem. Het eerste net bevindt zich op 80 cm, het tweede op 95 cm diepte. Beiden zijn aangesloten op een voor beide systemen gescheiden hoofddrainage. Beide systemen zijn aangesloten op een centrale afvoerput, met onderbemaling. Het bovenste net wordt uitsluitend gebruikt voor het stomen, waarbij afzuiging plaatsvindt door onderdruk te realiseren op de verzamelpuut. De grondwaterspiegel is zeer constant, fluctuaties beperken zich tot slechts enkele cm.



## Bijlage III.

### Gegevens over de gebruikte meststoffen

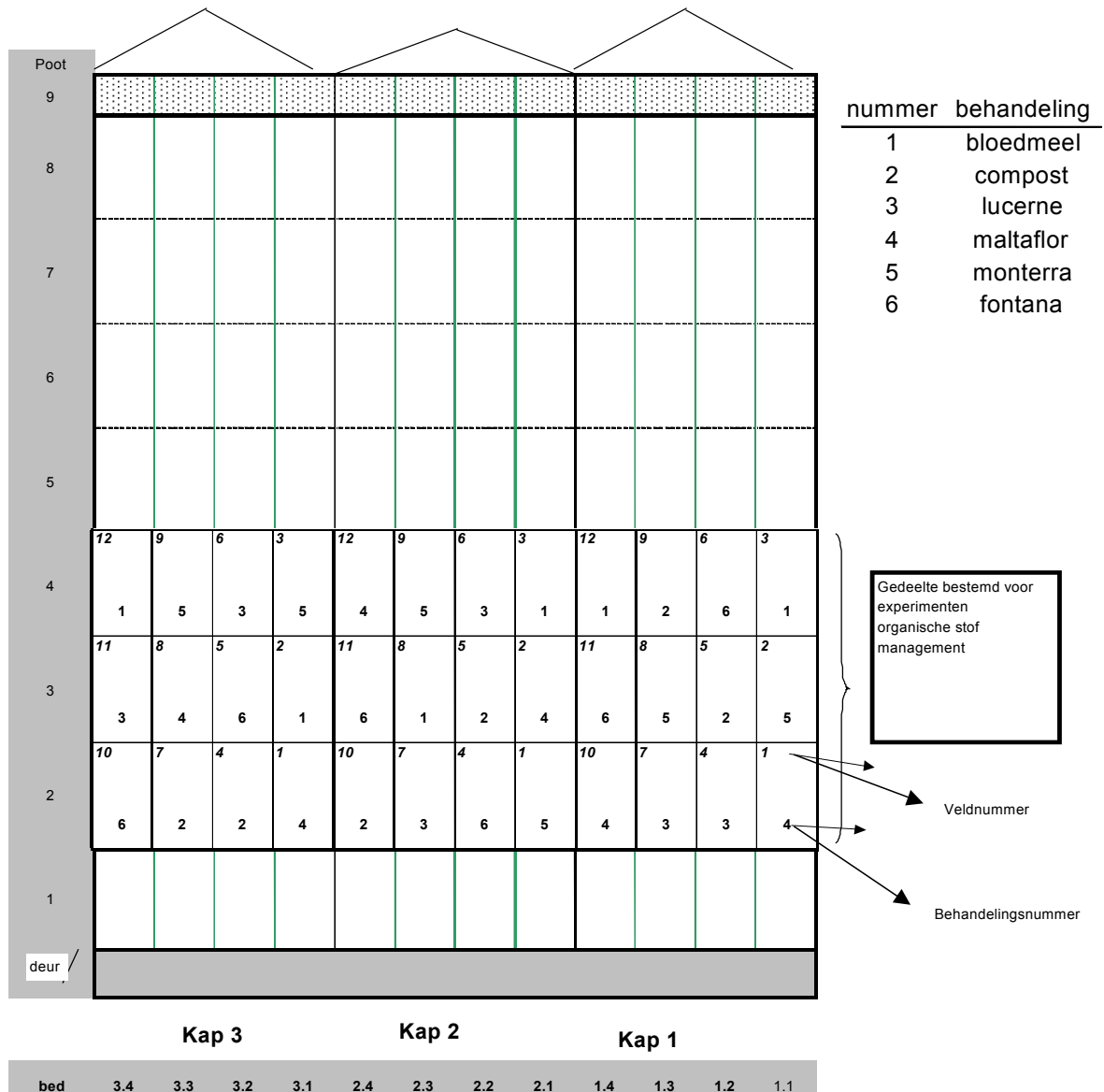
| Meststof    | Herkomst | Type                 | % d.s. | % o.s. | Gehalte in droge stof |        |        | Gehalte in vers materiaal |        |        |
|-------------|----------|----------------------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|---------------------------|--------|--------|
|             |          |                      |        |        | N g/kg                | K g/kg | P g/kg | N g/kg                    | K g/kg | P g/kg |
| Stalmest    | V/d Valk | Verteerde rundermest | 40,0%  | 55%    | 24,5                  | 18,5   | 8,7    | 9,80                      | 7,40   | 3,47   |
| Compost     | Elzinga  | Groencompost         | 59%    | 17%    | 6,6                   | 3,9    | 0,9    | 3,91                      | 2,31   | 0,55   |
| Fontana     | Memon    | Potassium            | 63%    | 60%    | 59,0                  | 99,2   | 5,4    | 37,19                     | 62,49  | 3,40   |
| Lucernestro | Hartog   |                      | 93%    | 86%    | 44,6                  | 24,9   | 4,3    | 41,29                     | 23,03  | 3,99   |
| Maltaflor   | Memon    | Monterra malt        | 95%    | 82%    | 56,4                  | 40,1   | 6,0    | 53,43                     | 38,03  | 5,70   |
| Bloedmeel   | DCM      |                      | 95%    | 84%    | 151,2                 | 5,9    | 3,8    | 143,61                    | 5,65   | 3,59   |
| Monterra    | Memon    | Nitrogen plus        | 94%    | 98%    | 144,3                 | 3,9    | 2,4    | 136,18                    | 3,69   | 2,22   |

| Meststof    | Analyse<br>mmol/kg |      |       |       |       |       |       |     |     |     | umol/kg |      |         |       |
|-------------|--------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|---------|------|---------|-------|
|             | K                  | Na   | Ca    | Mg    | P-tot | N-tot | Fe    | Mn  | Zn  | B   | Cu      | Mo   | C-tot % | C/N   |
| Stalmest    | 473                | 60,4 | 352,2 | 402,5 | 280   | 1750  | 72,8  | 4,7 | 2,2 | 3   | 745     | 50   | 33,71   | 13,76 |
| Compost     | 100                | 10   | 241,1 | 140,6 | 30    | 472   | 108,5 | 4,5 | 1,2 | 2,5 | 314     | 10   | 9,9     | 14,98 |
| Fontana     | 2537               | 1258 | 111,6 | 50,7  | 174   | 4216  | 10    | 1,7 | 0,2 | 2   | 329     | 0    | 38,4    | 6,51  |
| Lucernestro | 636                | 40,4 | 464,5 | 90,9  | 139   | 3185  | 12,7  | 0,8 | 0,4 | 4,8 | 247     | 20   | 44      | 9,87  |
| Maltaflor   | 1026               | 251  | 271,5 | 110,6 | 194   | 4026  | 13,1  | 1,5 | 1,7 | 0,5 | 357     | 10   | 39,7    | 7,04  |
| Bloedmeel   | 152                | 152  | 182   | 51    | 122   | 10798 | 69,8  | 0,5 | 1   | 1,6 | 354     | <10  | 56,4    | 3,73  |
| Monterra    | 100                | 40   | 80    | 30    | 76    | 10304 | 4,1   | 0,3 | 1,6 | 0,5 | 273     | < 10 | 52,7    | 3,65  |



## Bijlage IV.

### Plattegrond met proefvakken kas 402-3 PPO-Naaldwijk



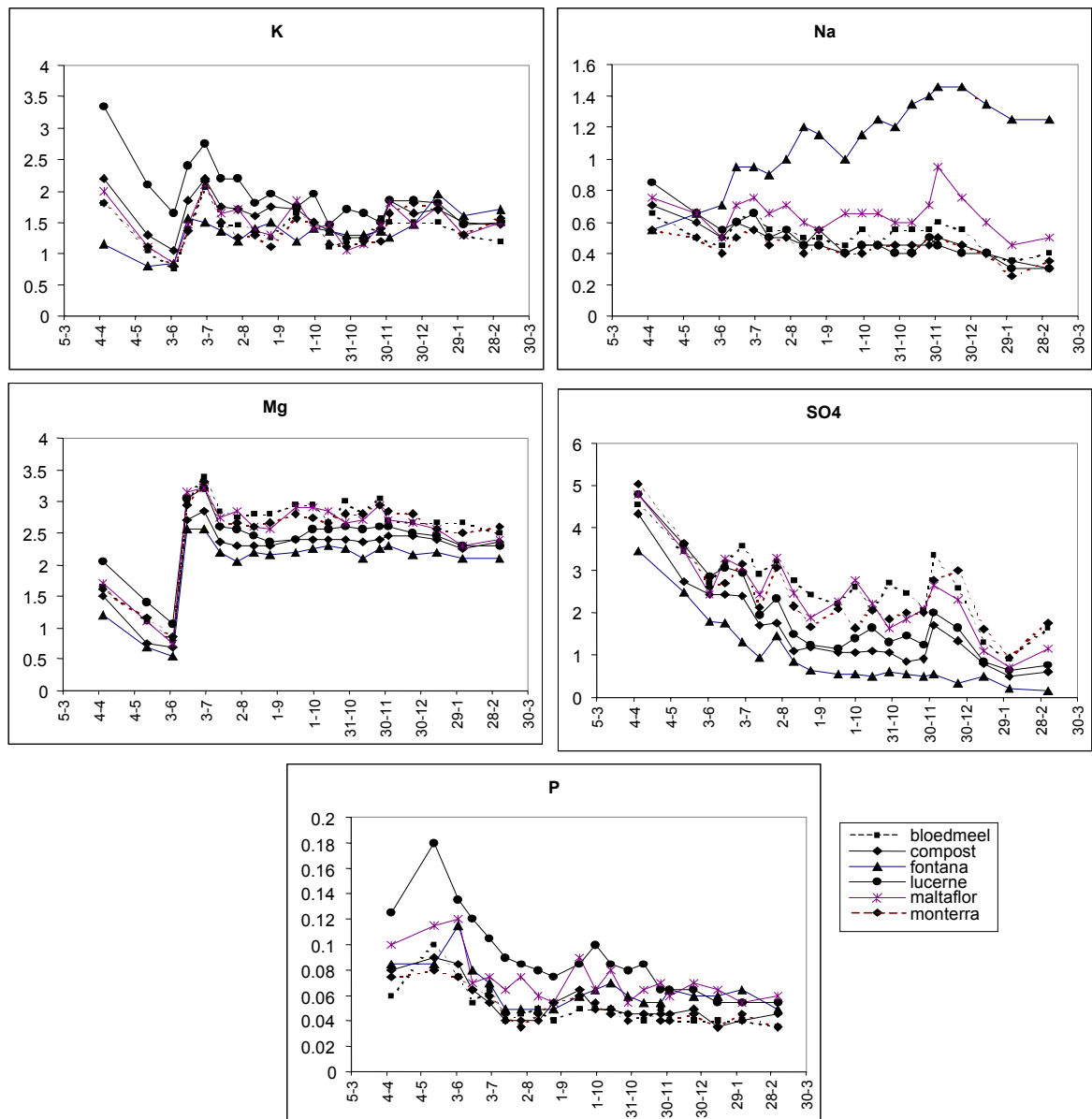




## Bijlage V.

### Verloop van K, Na, Mg, SO<sub>4</sub> en P in bodem

Verloop K, Na, Mg, SO<sub>4</sub> en P concentraties in het 1:2 extract (laag 0-25 cm) van alle behandelingen (kap 1).





## Bijlage VI.

### Gemiddelde samenstelling bodemextract

Gemiddelde bodemvochtsamenstelling van de teelt onder 3 kappen en 2 herhalingen binnen een kap in de laag 0-25 cm, in mmol l<sup>-1</sup> in het 1:2 CaCl<sub>2</sub> extract.

| KAP             |           | 1   |     | 2   |     | 3   |     |
|-----------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Herhaling       |           | 1   | 2   | 1   | 2   | 1   | 2   |
| NH <sub>4</sub> | bloedmeel | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
|                 | compost   | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
|                 | fontana   | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
|                 | luzerne   | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
|                 | maltaflor | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
|                 | monterra  | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| NO <sub>3</sub> | bloedmeel | 1.2 | 1.0 | 1.3 | 0.8 | 1.0 | 1.8 |
|                 | compost   | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.8 | 0.7 |
|                 | fontana   | 0.9 | 0.9 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.6 |
|                 | luzerne   | 1.3 | 1.0 | 1.1 | 1.0 | 1.2 | 2.2 |
|                 | maltaflor | 1.3 | 0.8 | 1.1 | 1.0 | 1.2 | 1.2 |
|                 | monterra  | 1.7 | 1.4 | 1.7 | 1.6 | 1.6 | 2.1 |
| K               | bloedmeel | 1.5 | 1.3 | 1.8 | 1.1 | 2.0 | 2.3 |
|                 | compost   | 1.8 | 1.4 | 1.5 | 1.1 | 2.8 | 2.5 |
|                 | fontana   | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.1 | 2.3 | 2.3 |
|                 | luzerne   | 2.0 | 1.9 | 1.8 | 1.4 | 2.3 | 2.5 |
|                 | maltaflor | 1.6 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 2.1 | 2.3 |
|                 | monterra  | 1.4 | 1.4 | 1.5 | 1.3 | 1.7 | 2.4 |
| Na              | bloedmeel | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.7 |
|                 | compost   | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.6 |
|                 | fontana   | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.5 |
|                 | luzerne   | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.8 |
|                 | maltaflor | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.6 |
|                 | monterra  | 0.5 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.5 | 0.5 |
| Mg              | bloedmeel | 2.7 | 2.5 | 2.4 | 2.1 | 3.0 | 3.4 |
|                 | compost   | 2.3 | 2.1 | 2.2 | 2.2 | 3.0 | 2.8 |
|                 | fontana   | 1.9 | 2.1 | 2.1 | 1.9 | 2.4 | 2.8 |
|                 | luzerne   | 2.5 | 2.3 | 2.3 | 2.3 | 2.7 | 3.3 |
|                 | maltaflor | 2.6 | 2.4 | 2.2 | 2.3 | 3.2 | 2.9 |
|                 | monterra  | 2.7 | 2.4 | 2.6 | 2.3 | 2.9 | 3.1 |

## VI - 2

| KAP             |           | 1   |     | 2   |     | 3   |     |
|-----------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Herhaling       |           | 1   | 2   | 1   | 2   | 1   | 2   |
| SO <sub>4</sub> | bloedmeel | 3.3 | 2.0 | 2.2 | 1.6 | 3.8 | 4.3 |
|                 | compost   | 1.7 | 1.4 | 1.5 | 1.9 | 3.6 | 2.8 |
|                 | fontana   | 0.9 | 1.1 | 0.9 | 1.0 | 1.6 | 3.1 |
|                 | luzerne   | 2.0 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 2.9 | 4.4 |
|                 | maltaflor | 2.9 | 1.9 | 1.8 | 2.4 | 4.1 | 3.3 |
|                 | monterra  | 2.8 | 2.0 | 2.3 | 1.8 | 3.1 | 3.5 |
| P               | bloedmeel | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.1 |
|                 | compost   | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
|                 | fontana   | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
|                 | luzerne   | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.1 |
|                 | maltaflor | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
|                 | monterra  | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.1 |
| pH-KCl          | bloedmeel | 6.9 | 6.9 | 6.9 | 6.9 | 6.8 | 6.9 |
|                 | compost   | 7.0 | 7.0 | 6.9 | 6.8 | 6.8 | 6.9 |
|                 | fontana   | 6.9 | 6.9 | 6.8 | 6.9 | 6.9 | 6.9 |
|                 | luzerne   | 6.9 | 6.9 | 6.9 | 6.8 | 6.9 | 6.9 |
|                 | maltaflor | 6.9 | 6.9 | 6.9 | 6.9 | 6.8 | 6.8 |
|                 | monterra  | 6.9 | 6.9 | 6.8 | 6.9 | 6.9 | 6.8 |

## Bijlage VII.

### Eindgewicht en eindlengte chrysant voor de 4 teelten in 3 kappen

Tabel a.

| kap | teelt | behand    | Gegevens |          |          |             | vers    |         |         |            |
|-----|-------|-----------|----------|----------|----------|-------------|---------|---------|---------|------------|
|     |       |           | leng     | min leng | max leng | st dev leng | gewicht | min gew | max gew | st dev gew |
| 1   | 1e    | bloedmeel | 81.1     | 78.0     | 84.0     | 1.8         | 75.4    | 59.5    | 95.5    | 9.7        |
| 1   | 1e    | compost   | 82.0     | 79.0     | 85.0     | 1.8         | 69.6    | 55.5    | 91.5    | 10.3       |
| 1   | 1e    | fontana   | 79.2     | 75.5     | 82.5     | 2.0         | 70.3    | 53.5    | 88.0    | 9.4        |
| 1   | 1e    | lucerne   | 78.2     | 75.0     | 80.5     | 1.6         | 68.5    | 46.5    | 90.5    | 11.1       |
| 1   | 1e    | maltaflor | 80.4     | 77.0     | 84.5     | 1.9         | 74.2    | 51.5    | 104.5   | 12.2       |
| 1   | 1e    | monterra  | 80.5     | 78.0     | 83.0     | 1.5         | 68.8    | 48.0    | 88.5    | 9.6        |
| 2   | 1e    | bloedmeel | 68.4     | 65.0     | 71.5     | 1.6         | 48.6    | 38.0    | 64.5    | 7.1        |
| 2   | 1e    | compost   | 68.7     | 66.0     | 71.0     | 1.5         | 46.5    | 33.5    | 59.5    | 7.5        |
| 2   | 1e    | fontana   | 67.0     | 64.5     | 70.0     | 1.6         | 49.5    | 38.5    | 69.0    | 7.3        |
| 2   | 1e    | lucerne   | 65.7     | 64.0     | 69.0     | 1.3         | 48.2    | 37.0    | 63.5    | 7.1        |
| 2   | 1e    | maltaflor | 68.3     | 65.5     | 72.0     | 1.9         | 48.4    | 36.0    | 62.5    | 6.7        |
| 2   | 1e    | monterra  | 67.3     | 65.0     | 70.5     | 1.7         | 46.5    | 35.0    | 59.5    | 7.2        |
| 3   | 1e    | bloedmeel | 84.8     | 81.5     | 88.5     | 1.9         | 73.1    | 52.0    | 89.5    | 10.0       |
| 3   | 1e    | compost   | 85.0     | 82.0     | 89.0     | 1.8         | 70.8    | 48.5    | 87.0    | 10.8       |
| 3   | 1e    | fontana   | 82.0     | 78.5     | 86.5     | 2.2         | 67.7    | 48.5    | 92.0    | 10.9       |
| 3   | 1e    | lucerne   | 80.9     | 75.5     | 85.0     | 2.2         | 65.9    | 42.5    | 85.5    | 11.2       |
| 3   | 1e    | maltaflor | 84.8     | 82.0     | 87.5     | 1.5         | 70.3    | 52.5    | 87.0    | 10.0       |
| 3   | 1e    | monterra  | 83.9     | 80.5     | 86.5     | 1.7         | 69.4    | 54.5    | 89.0    | 8.4        |
| 1   | 2e    | bloedmeel | 77.7     | 69.0     | 80.0     | 2.6         | 64.4    | 43.5    | 79.5    | 9.9        |
| 1   | 2e    | compost   | 73.2     | 70.0     | 77.0     | 1.8         | 55.0    | 42.5    | 71.0    | 7.6        |
| 1   | 2e    | fontana   | 75.9     | 72.0     | 79.5     | 2.1         | 66.5    | 49.5    | 82.5    | 9.3        |
| 1   | 2e    | lucerne   | 75.4     | 72.0     | 80.0     | 2.1         | 65.9    | 53.0    | 86.5    | 10.1       |
| 1   | 2e    | maltaflor | 76.7     | 73.5     | 82.0     | 1.9         | 63.2    | 48.0    | 79.0    | 9.7        |
| 1   | 2e    | monterra  | 78.6     | 76.0     | 81.5     | 1.6         | 67.0    | 47.0    | 82.5    | 8.8        |
| 2   | 2e    | bloedmeel | 85.5     | 75.0     | 90.0     | 3.20        | 73.9    | 50.5    | 100.5   | 13.8       |
| 2   | 2e    | compost   | 80.1     | 77.5     | 83.5     | 1.75        | 59.9    | 45.0    | 75.5    | 9.8        |
| 2   | 2e    | fontana   | 81.7     | 78.5     | 87.5     | 2.27        | 72.7    | 43.5    | 97.0    | 12.8       |
| 2   | 2e    | lucerne   | 82.5     | 79.5     | 85.5     | 1.54        | 76.6    | 54.0    | 109.0   | 13.6       |
| 2   | 2e    | maltaflor | 84.7     | 81.0     | 88.5     | 2.18        | 75.0    | 51.0    | 106.0   | 14.0       |
| 2   | 2e    | monterra  | 84.1     | 80.5     | 87.0     | 1.55        | 78.3    | 49.0    | 111.5   | 15.6       |
| 3   | 2e    | bloedmeel | 85.7     | 82.5     | 89.5     | 1.8         | 67.5    | 51.5    | 83.5    | 7.8        |
| 3   | 2e    | compost   | 84.7     | 80.5     | 88.0     | 1.7         | 62.7    | 50.0    | 83.0    | 7.9        |
| 3   | 2e    | fontana   | 84.0     | 80.5     | 88.0     | 2.1         | 63.9    | 51.0    | 85.0    | 9.8        |
| 3   | 2e    | lucerne   | 84.3     | 81.5     | 87.0     | 1.5         | 63.3    | 48.0    | 82.0    | 9.0        |
| 3   | 2e    | maltaflor | 86.2     | 82.5     | 89.5     | 1.8         | 70.2    | 49.5    | 91.0    | 11.3       |
| 3   | 2e    | monterra  | 87.1     | 83.5     | 89.5     | 1.9         | 67.9    | 47.0    | 84.5    | 10.0       |

Tabel b.

| kap | teelt | behand    | Gegevens |          |          |             | vers    |         |         |            |
|-----|-------|-----------|----------|----------|----------|-------------|---------|---------|---------|------------|
|     |       |           | leng     | min leng | max leng | st dev leng | gewicht | min gew | max gew | st dev gew |
| 1   | 3e    | bloedmeel | 97.4     | 94.5     | 103.5    | 2.4         | 65.5    | 45.5    | 82.5    | 9.3        |
| 1   | 3e    | compost   | 95.3     | 92.0     | 100.0    | 2.3         | 56.9    | 44.0    | 76.5    | 8.2        |
| 1   | 3e    | fontana   | 95.9     | 91.5     | 100.0    | 2.5         | 62.6    | 50.5    | 78.0    | 8.2        |
| 1   | 3e    | lucerne   | 96.3     | 92.0     | 101.0    | 2.6         | 60.9    | 40.0    | 74.5    | 8.3        |
| 1   | 3e    | maltaflor | 95.2     | 90.5     | 100.0    | 2.5         | 63.8    | 46.5    | 83.0    | 9.4        |
| 1   | 3e    | monterra  | 96.1     | 92.5     | 100.0    | 2.0         | 59.5    | 46.5    | 71.0    | 6.8        |
| 2   | 3e    | bloedmeel | 92.8     | 89.5     | 97.0     | 2.2         | 59.2    | 47.5    | 70.5    | 7.2        |
| 2   | 3e    | compost   | 90.7     | 86.0     | 94.5     | 2.3         | 53.2    | 39.0    | 64.0    | 6.6        |
| 2   | 3e    | fontana   | 91.5     | 88.0     | 94.0     | 1.9         | 60.2    | 48.0    | 77.5    | 7.9        |
| 2   | 3e    | lucerne   | 90.4     | 83.5     | 94.0     | 2.3         | 58.3    | 46.5    | 75.0    | 7.2        |
| 2   | 3e    | maltaflor | 93.0     | 89.0     | 96.5     | 1.8         | 58.4    | 45.0    | 77.0    | 7.8        |
| 2   | 3e    | monterra  | 92.8     | 89.0     | 95.5     | 1.7         | 59.0    | 45.5    | 72.5    | 7.5        |
| 3   | 3e    | bloedmeel | 78.4     | 74.0     | 82.5     | 2.2         | 48.1    | 32.5    | 61.5    | 6.7        |
| 3   | 3e    | compost   | 80.0     | 74.5     | 85.5     | 3.0         | 50.8    | 42.5    | 61.0    | 5.3        |
| 3   | 3e    | fontana   | 79.8     | 74.5     | 83.5     | 2.4         | 50.1    | 42.0    | 63.0    | 5.8        |
| 3   | 3e    | lucerne   | 76.8     | 70.5     | 81.0     | 2.8         | 45.7    | 35.0    | 61.5    | 7.0        |
| 3   | 3e    | maltaflor | 79.0     | 73.5     | 84.0     | 3.1         | 49.0    | 38.0    | 59.5    | 6.5        |
| 3   | 3e    | monterra  | 78.6     | 74.5     | 81.5     | 2.3         | 48.0    | 39.5    | 56.5    | 5.7        |
| 1   | 4e    | bloedmeel | 67.3     | 62.5     | 72.5     | 2.3         | 48.8    | 39.5    | 60.5    | 5.3        |
| 1   | 4e    | compost   | 68.5     | 63.0     | 72.5     | 2.1         | 46.6    | 39.0    | 56.0    | 5.1        |
| 1   | 4e    | fontana   | 69.8     | 65.5     | 73.5     | 1.9         | 52.1    | 40.5    | 71.5    | 7.3        |
| 1   | 4e    | lucerne   | 70.8     | 68.0     | 74.5     | 2.0         | 55.5    | 45.5    | 66.0    | 5.7        |
| 1   | 4e    | maltaflor | 69.5     | 63.0     | 74.0     | 2.4         | 56.5    | 41.0    | 71.5    | 9.0        |
| 1   | 4e    | monterra  | 68.9     | 65.0     | 72.5     | 2.1         | 53.5    | 41.0    | 64.5    | 6.4        |
| 2   | 4e    | bloedmeel | 77.9     | 74.5     | 82.0     | 2.1         | 58.0    | 45.5    | 73.5    | 7.6        |
| 2   | 4e    | compost   | 77.9     | 73.0     | 82.0     | 2.4         | 53.3    | 37.0    | 67.5    | 8.9        |
| 2   | 4e    | fontana   | 78.4     | 74.0     | 80.5     | 1.9         | 59.4    | 41.0    | 80.0    | 10.1       |
| 2   | 4e    | lucerne   | 77.6     | 75.0     | 81.0     | 1.6         | 57.8    | 45.0    | 69.5    | 7.4        |
| 2   | 4e    | maltaflor | 76.7     | 73.0     | 80.5     | 1.9         | 56.9    | 43.0    | 71.0    | 7.4        |
| 2   | 4e    | monterra  | 78.3     | 73.5     | 83.0     | 2.1         | 58.7    | 43.0    | 74.5    | 8.1        |
| 3   | 4e    | bloedmeel | 89.1     | 83.5     | 91.5     | 2.1         | 76.1    | 55.5    | 103.5   | 13.4       |
| 3   | 4e    | compost   | 92.0     | 86.0     | 97.5     | 2.4         | 73.5    | 51.5    | 104.5   | 13.4       |
| 3   | 4e    | fontana   | 90.3     | 86.0     | 94.5     | 2.5         | 83.6    | 60.0    | 108.5   | 13.9       |
| 3   | 4e    | lucerne   | 88.3     | 85.0     | 92.5     | 2.1         | 63.5    | 49.0    | 84.5    | 9.8        |
| 3   | 4e    | maltaflor | 91.4     | 87.5     | 96.5     | 2.0         | 78.5    | 57.5    | 101.5   | 11.4       |
| 3   | 4e    | monterra  | 90.1     | 87.5     | 92.5     | 1.6         | 70.8    | 51.5    | 88.0    | 10.7       |

## Bijlage VIII.

### Gemiddelde gehalten aan droge stof, K, Na, Ca, Mg en P van de vier teelten

| Kap         | [Alle categorieën] |       |      |      |      |
|-------------|--------------------|-------|------|------|------|
| Veld        | [Alle categorieën] |       |      |      |      |
| Gegevens    | Behandeling        | Teelt |      |      |      |
|             |                    | 1     | 2    | 3    | 4    |
| % droge st. | bloedmeel          | 12.9  | 11.8 | 10.6 | 10.5 |
|             | compost            | 13.1  | 12.3 | 10.9 | 10.6 |
|             | fontana            | 12.5  | 11.6 | 10.3 | 10.1 |
|             | luzerne            | 12.8  | 11.7 | 10.5 | 10.2 |
|             | maltaflor          | 13.0  | 11.9 | 10.7 | 10.3 |
|             | monterra           | 12.9  | 12.0 | 10.7 | 10.5 |
| K           | bloedmeel          | 1338  | 1490 | 1606 | 1572 |
|             | compost            | 1334  | 1426 | 1581 | 1529 |
|             | fontana            | 1385  | 1559 | 1656 | 1603 |
|             | luzerne            | 1340  | 1516 | 1620 | 1554 |
|             | maltaflor          | 1324  | 1496 | 1572 | 1578 |
|             | monterra           | 1354  | 1462 | 1593 | 1581 |
| P           | bloedmeel          | 119   | 120  | 126  | 130  |
|             | compost            | 119   | 123  | 131  | 125  |
|             | fontana            | 125   | 126  | 136  | 139  |
|             | luzerne            | 121   | 125  | 132  | 131  |
|             | maltaflor          | 120   | 124  | 130  | 134  |
|             | monterra           | 119   | 117  | 125  | 129  |
| Na          | bloedmeel          | 14    | 8    | 14   | 52   |
|             | compost            | 15    | 7    | 14   | 49   |
|             | fontana            | 24    | 19   | 40   | 118  |
|             | luzerne            | 14    | 8    | 13   | 51   |
|             | maltaflor          | 14    | 9    | 16   | 59   |
|             | monterra           | 15    | 9    | 14   | 46   |
| Ca          | bloedmeel          | 221   | 209  | 251  | 288  |
|             | compost            | 217   | 212  | 252  | 289  |
|             | fontana            | 223   | 215  | 253  | 284  |
|             | luzerne            | 221   | 214  | 250  | 296  |
|             | maltaflor          | 219   | 212  | 249  | 288  |
|             | monterra           | 224   | 209  | 249  | 296  |
| Mg          | bloedmeel          | 89    | 86   | 97   | 112  |
|             | compost            | 83    | 72   | 87   | 106  |
|             | fontana            | 86    | 85   | 91   | 104  |
|             | luzerne            | 95    | 77   | 87   | 107  |
|             | maltaflor          | 88    | 86   | 94   | 108  |
|             | monterra           | 86    | 82   | 94   | 111  |

Gehalte drogestof (DS) in % van versgewicht, nutriënten in mmol kg<sup>-1</sup> DS.





## Bijlage IX.

### Resultaten biotoetsen

*Biotoets Phytophthora - tomaat*

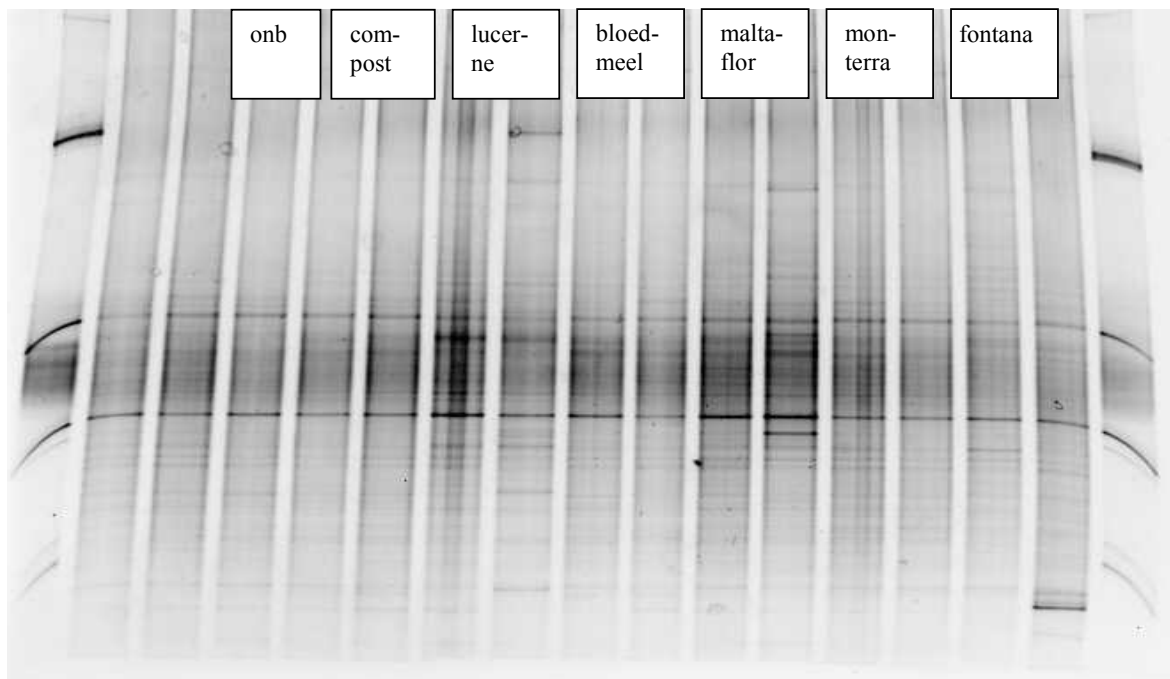
| <b>gezond controle</b>         |          |           |         |         |           |          |         |         |
|--------------------------------|----------|-----------|---------|---------|-----------|----------|---------|---------|
|                                | potgrond | bloedmeel | compost | lucerne | maltaflor | monterra | fontana | gemidd. |
| Teelt 1                        | 8.8      | 5.4       | 6.1     | 6.4     | 4.4       | 6.2      | 5.8     | 6.2     |
| Teelt 2                        | 8.2      | 5.4       | 4.9     | 5.2     | 5.4       | 5.6      | 5.3     | 5.7     |
| Teelt 3                        | 7.0      | 6.7       | 5.4     | 5.0     | 6.1       | 6.0      | 5.8     | 6.0     |
| Teelt 4                        | 7.4      | 4.1       | 2.8     | 3.5     | 4.2       | 4.4      | 3.8     | 4.3     |
| Gemidd.                        | 7.8      | 5.4       | 4.8     | 5.0     | 5.0       | 5.5      | 5.2     |         |
| <b>gezond +Phyt</b>            |          |           |         |         |           |          |         |         |
|                                | potgrond | bloedmeel | compost | lucerne | maltaflor | monterra | fontana | gemidd. |
| Teelt 1                        | 6.3      | 3.4       | 3.0     | 5.3     | 3.7       | 3.0      | 3.3     | 4.0     |
| Teelt 2                        | 7.4      | 4.9       | 3.3     | 5.4     | 4.4       | 4.2      | 4.4     | 4.9     |
| Teelt 3                        | 5.0      | 3.5       | 4.0     | 3.8     | 4.4       | 4.0      | 3.6     | 4.0     |
| Teelt 4                        | 4.2      | 3.1       | 2.1     | 2.0     | 3.5       | 3.2      | 2.1     | 2.9     |
| Gemidd.                        | 5.7      | 3.8       | 3.1     | 4.1     | 4.0       | 3.6      | 3.4     |         |
| <b>% gezond +Phyt/controle</b> |          |           |         |         |           |          |         |         |
|                                | potgrond | bloedmeel | compost | lucerne | maltaflor | monterra | fontana | gemidd. |
| Teelt 1                        | 72.2     | 68.6      | 48.9    | 82.7    | 117.9     | 49.4     | 79.4    | 74.2    |
| Teelt 2                        | 90.1     | 95.9      | 68.6    | 101.2   | 83.4      | 74.7     | 82.9    | 85.3    |
| Teelt 3                        | 68.4     | 51.5      | 77.6    | 76.0    | 70.1      | 62.7     | 62.8    | 67.0    |
| Teelt 4                        | 56.1     | 80.3      | 77.1    | 61.6    | 85.2      | 84.7     | 62.1    | 72.4    |
| Gemidd.                        | 71.7     | 74.1      | 68.1    | 80.4    | 89.2      | 67.8     | 71.8    |         |



## Bijlage X.

### PCR-DGGE fingerprints

Fingerprint van de bacteriepopulaties in de bodem na toevoeging van de verschillende organische meststoffen tijdens de 2e teelt in kap 1 (PCR-DGGE methode).



Fingerprint van de actinomycetenpopulaties in de bodem na toevoeging van de verschillende organische meststoffen tijdens de 2e teelt in kap 1 (PCR-DGGE methode).

