



Effecten van nutriënten op ziekten, plagen en hun bestrijders

Een onderzoek naar het effect van stikstofconcentraties in de voedingsoplossing op groei en productie en de effecten op ziekten en plagen, in paprika, gerbera, chrysant en komkommer

Tommaso Barbagli, Marco Hofman, Marjolein Kruidhof, Kirsten Leiss,
Caroline van der Salm, Wim Voogt, Corien Voorburg



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Referaat

In substraat systemen worden de nutriënten uitsluitend aangevoerd via fertigatie, waarvoor een gewasspecifiek voedingsrecept wordt gebruikt. Nieuwe inzichten geven aan dat de stikstofgehalten in de plant effect kan hebben op de weerbaarheid tegen, of de aantrekkelijkheid voor ziekten en plagen. De standaardvoedingsoplossingen, zijn qua stikstof (nitraat en ammonium) dermate ruim opgesteld dat er ruimte is om dit te verlagen. In dit project is de plantweerbaarheid van paprika, gerbera, komkommer en Chrysant getest tegen Botrytis, meeldauw, trips en bladluizen onder afnemende stikstofconcentraties in het gietwater. Het blijkt dat de NO_3^- concentratie veilig met 47% kan worden verlaagd voor er een negatief effect is op de productie. Een vermindering van de stikstofgift draagt in veel gevallen (m.u.v. Botrytis) bij aan een grotere weerbaarheid tegen ziekten en plagen en verminderde plaagdruk.

Abstract

In substrate systems, nutrients are supplied exclusively through fertigation, using a crop-specific nutrient recipe. New insights suggest that nitrogen levels in the plant can affect its resistance or attractiveness for, diseases and pests. The standard nutrient solutions are formulated with relatively high levels of nitrogen (nitrate and ammonium), leaving room for reduction. In this project, the resistance of bell pepper, gerbera, cucumber and Chrysanthemum to Botrytis, powdery mildew, thrips, and aphids was tested under decreasing nitrogen concentrations in the irrigation water. It was found that the NO_3^- concentration can be safely reduced by up to 47% before any negative effect on production occurs. In many cases (except for Botrytis), a reduction in nitrogen supply contributes to increased resistance against diseases and pests and leads to reduced pest pressure.

Rapportgegevens

Rapport WPR-1458

Projectnummer: 3742306200

DOI: <https://doi.org/10.18174/700233>

Dit project/onderzoek is mogelijk gemaakt door de bijdrage van Topsector Tuinbouw & Uitgangsmaterialen, Stichting Kennis In Je Kas (KIJK), Glastuinbouw Nederland, Chrysant NL, Landelijke commissie Paprika, Gewascoöperatie Gerbera, Gewascoöperatie Komkommer, Normec Groen Agro Control, Van Iperen, Koppert, Gerdi Consult en Kairos en uitgevoerd door Wageningen University & Research, Glastuinbouw op de onderzoeksfaciliteiten aan de Violierenweg 1, Bleiswijk.



Disclaimer

© 2025 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Businessunit Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, wur.nl/plant-research

Kamer van Koophandel-nr.: 09098104 | BTW-nr.: NL 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen

Adresgegevens

Wageningen University & Research, Businessunit Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Postbus 644, 6700 AP Wageningen

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

Droevendaalsesteeg 1, 6708 PB Wageningen

T +31 (0)317 48 56 06

T +31 (0)317 48 60 01

wur.nl/glastuinbouw

wur.nl/glastuinbouw

Inhoud

Samenvatting		5
1	Introductie	7
1.1	Achtergrond	7
1.1.1	Effecten van voeding op ziekten en plagen	7
1.1.2	Voedingsoplossingen in de teelt	8
1.2	Doel en hypothese	9
1.3	Aanpak	9
2	Materiaal en methoden	10
2.1	Teelten	10
2.2	Proefopzet en teeltomstandigheden	10
2.3	Behandelingen voeding	11
2.4	Experimenteel ontwerp en metingen	12
2.5	Behandelingen en toetsing plagen en biologische bestrijders	15
2.5.1	Gerbera I	15
2.5.2	Gerbera II	16
2.5.3	Paprika	18
2.5.4	Komkommer I	19
2.5.5	Komkommer II	20
2.5.6	Chrysant I	22
2.5.7	Chrysant II	24
2.6	Behandelingen en toetsing ziekten	25
3	Resultaten	26
3.1	Nutriënten	26
3.2	Productie	27
3.2.1	Paprika	27
3.2.2	Gerbera	29
3.2.3	Komkommer	31
3.2.4	Chrysant	32
3.3	Nutriëntenopname en gewasanalyses	34
3.3.1	Stikstof	34
3.3.2	Chloride en sulfaat	37
3.3.3	Silicium	39
3.4	Plagen en biologische bestrijders	40
3.4.1	Gerbera	40
3.4.2	Paprika	42
3.4.3	Komkommer	43
3.4.4	Chrysant	46
3.5	Ziekten	49
3.5.1	Gerbera	49
3.5.2	Paprika	52
3.5.3	Komkommer	52
3.5.4	Chrysant	57
4	Discussie	60
5	Conclusies	64
Literatuur		65

Bijlage 1	Analyseresultaten: Paprika A	68
Bijlage 2	Analyseresultaten: Paprika B	69
Bijlage 3	Analyseresultaten: Gerbera I A	70
Bijlage 4	Analyseresultaten: Gerbera I B	71
Bijlage 5	Analyseresultaten: Gerbera II A	72
Bijlage 6	Analyseresultaten: Gerbera II B	73
Bijlage 7	Analyseresultaten: Komkommer I A	74
Bijlage 8	Analyseresultaten: Komkommer 1 B	75
Bijlage 9	Analyseresultaten: Komkommer II A	76
Bijlage 10	Analyseresultaten: Komkommer II B	77
Bijlage 11	Analyseresultaten voeding: Chrysant I A	78
Bijlage 12	Analyseresultaten voeding: Chrysant I B	79
Bijlage 13	Analyseresultaten voeding: Chrysant II A	80
Bijlage 14	Analyseresultaten: Chrysant II B	81
Bijlage 15	Gewasanalyses overige nutriënten	82

Samenvatting

De glastuinbouw moet minder afhankelijk worden van chemische gewasbeschermingsmiddelen. Om die reden is het verhogen van de weerbaarheid en veerkracht van gewassen door gebruik van natuurlijke processen belangrijk. Plantenvoeding is een belangrijk onderdeel van deze processen. Zo is uit onderzoeksliteratuur bekend dat het aanbod van bepaalde nutriënten bijdraagt aan de weerstand tegen ziekten en plagen. In substraatsystemen worden de nutriënten aangevoerd via fertigatie of soms door bladvoeding, waarvoor een gewas specifiek voedingsrecept wordt gebruikt. De standaardvoedingsoplossingen, zijn qua stikstof (nitraat en ammonium) dermate ruim opgesteld dat er ruimte is om dit te verlagen. In dit project is de plantweerbaarheid van paprika, gerbera, komkommer en chrysant tegen een aantal ziekten en plagen onderzocht waaronder Botrytis, meeldauw, trips, wittevlug en bladluizen getest onder afnemende stikstofconcentraties in het gietwater.

In deze studie werden bij vier gewassen: paprika, komkommer, gerbera en chrysant, in individuele experimenten, telkens vijf verschillende niveaus van NO_3^- concentraties in de voedingsoplossing toegepast en werden de effecten op groei en productie onderzocht. Via parallelle toetsen aan de planten in deze behandelingen is het effect op een aantal schimmelziekten en een aantal plaaginsecten onderzocht. De geteste NO_3^- concentraties liepen uiteen van 100% tot ca 15% van de standaard concentraties, zoals beschreven in Bemestings Advies Basis (BAB), die constant werden gehouden door wekelijkse analyse en aanpassing van de gift. Bij een aantal proeven, komkommer en gerbera is ook het effect van de concentratie silicium (Si) bestudeerd (0 en 1.5 mmol l⁻¹).

Het blijkt dat de NO_3^- concentratie strek verlaagd kan worden zonder dat er negatief effect is op de productie. Bij paprika is een verlaging van het streefniveau met 40%, tot 11.4 mmol/l NO_3^- mogelijk. Bij gerbera kan dit met 60% verlaagd, tot 7.6 mmol/l, bij komkommer met 25%, tot 15.0 mmol/l en bij chrysant eveneens met 60% tot 6.0 mmol/l. Verlaging van het stikstof aanbod in de voeding leidde tot een verlaging van de N gehalten in de vegetatieve delen (bladeren, complete planten) maar nauwelijks toe en daling in de gehalten in vruchten (paprika) en bloemen (gerbera). Toediening van Si, in de in deze proef gebruikte vorm, had geen effect op de groei of productie.

De effecten van stikstofgift op plagen liepen uiteen en waren afhankelijk van de plaag en het gewas. Voor bladluizen leidde een verlaging van de N-niveaus, in alle geteste gewassen (komkommer, chrysant en paprika), tot een tragere ontwikkeling. Verlaging van de N gift is dus voor luis een mogelijke strategie om de populatie ontwikkeling te vertragen. Bij trips zijn de resultaten gewas specifiek. In gerbera was sprake van een afname van trips bij lagere N niveaus en ook bij komkommer was er een (niet significante) trend naar minder effecten bij lagere N niveaus. Bij Chrysant was er geen effect van stikstof en bij paprika namen de effecten van trips toe bij een lagere N gift. We vonden geen effecten op wittevlug, maar dit is alleen getest in gerbera.

Verlaging van stikstof laat in alle getoetste gewassen zien dat meeldauwinfectie verminderd kan worden. Verlaging van de stikstofgift leidt echter in alle getoetste gewassen, behalve chrysant, tot een verhoging van de Botrytis infectie. Wel lijkt een applicatie van jasmonzuur deze effecten te compenseren in komkommer en Chrysant. Het verhogen van de silicium contractie, met de in deze poef gebruikte vorm, lijkt geen gevolgen te hebben voor meeldauw of Botrytis infectie.

Concluderend kan gesteld worden dat het verlagen van de stikstofconcentraties geen negatieve effecten heeft op de groei en in veel gevallen (m.u.v. Botrytis) bijdraagt aan een groter weerbaarheid tegen ziekten en plagen en verminderde plaagdruk.

1 Introductie

1.1 Achtergrond

1.1.1 Effecten van voeding op ziekten en plagen

De glastuinbouw moet minder afhankelijk worden van chemische gewasbeschermingsmiddelen. Om deze reden is het vergroten van de weerbaarheid van gewassen door het gebruik van natuurlijke processen belangrijk. Plantenvoeding is een belangrijk onderdeel van deze processen. Zo is het een bekend gegeven in de vakliteratuur dat plantenvoeding effect kan hebben op de vatbaarheid voor aantasting door schimmelziekten en plagen. In eerder onderzoek is ook gebleken dat N-voeding een effect had op Botrytis en meeldauw (bijv. Hofland-Zijlstra et al. 2016) en ook op bacteriële ziekten bij phalaenopsis (Ludeking et al. 2011). In de internationale literatuur wordt vermeld dat vermindering van nutriënten (N, P en K) resulteerde in een vermindering van plagen, zonder negatieve effecten op de productie en kwaliteit van gewassen (Bentz et al. 1995, Schuch et al. 1998, Chow et al. 2009, Chen et al. 2010, Chow et al. 2012, Chen et al. 2014). Van met name stikstof is bekend dat het een belangrijk effect heeft op de ontwikkeling van ziekteverwekkers en plagen (Mattson 1980, Petitt et al. 1994, Bentz et al. 1995, Brodbeck et al. 2001, Fagan et al. 2002, Chen et al. 2010, Veromann et al. 2013, Han et al. 2014, Bogaert et al. 2017, Islam et al. 2017). Hoe stikstof de ontwikkeling van ziekteverwekkers en plagen beïnvloedt, hangt echter af van de levensstijl van de plaag of ziekteverwekker in kwestie. Voor ziekteverwekkers leidt een vermindering van de N-bemesting over het algemeen tot een vermindering van de gevoeligheid voor biotrofe ziekteverwekkers. Aan de andere kant kan een lagere N-toevoer de gevoeligheid voor necrotrofe pathogenen juist verhogen (Gupta et al. 2017; Fagard et al. 2014). Biotrofe ziekteverwekkers hebben levende planten nodig voor hun voeding. Ze zijn afhankelijk van de voedingsstoffen van intacte plantencellen en zorgen ervoor dat hun waardplant levensvatbaar blijft. Necrotrofe pathogenen daarentegen voeden zich met dode plantencellen, die voor of tijdens de infectie worden gedood. De celwanden worden afgebroken door enzymen om de voedingsstoffen in de cellen beschikbaar te maken voor de ziekteverwekker. In beide gevallen gebruiken de ziekteverwekkers de voedingsstoffen uit de plant, met name suikers en aminozuren, voor hun eigen ontwikkeling. Om deze effecten goed te kunnen interpreteren, is een grondige kennis van de mechanismen die hierbij een rol spelen vereist. Hierover is weinig kennis beschikbaar en de complexiteit van dit onderwerp is erg hoog. Niet alleen vanuit het oogpunt van voedingsstoffen, maar ook omdat er allerlei verschillende soorten ziekteverwekkers en plagen bij betrokken zijn. Zo hangt het effect van bemesting niet alleen af van de hoeveelheid voedingsstoffen die de plant aangeboden krijgt en opneemt, maar ook van de vorm waarin de voedingsstoffen worden aangeboden en opgeslagen (Bentz et al. 1995, Mollema en Cole 1996, Brodbeck et al. 2001). Het effect van een verminderde concentratie van voedingsstoffen op ziekten en plagen is het resultaat van een aantal complexe chemische en fysiologische veranderingen die in de plant zullen plaatsvinden. Grofweg zijn deze onder te verdelen in twee categorieën. Ten eerste kan een vermindering van de toevoer van voedingsstoffen de voedingswaarde van het gewas voor ziekten en plagen veranderen. Ten tweede kan een vermindering van de toevoer van voedingsstoffen een verandering in de weerbaarheid van planten teweegbrengen. Dit laatste kan veranderingen in chemische en fysische afweermechanismen in de plant met zich meebrengen, die ofwel onmiddellijk aanwezig zijn of pas worden geïnduceerd na een aanval van een ziekte of plaag. Voor tomaten is bijvoorbeeld aangetoond dat een beperking van de N-aanvoer gepaard ging met een verlaging van de N-concentratie in het plantenweefsel (Adamowicz en Le Bot 2008), waardoor de voedingswaarde voor plantenplagen afneemt. Een laag gehalte aan voedingsstoffen in de plant kan leiden tot een verzwakte afweer van de plant (Snoeijs et al. 2000). Andere studies toonden aan dat de concentraties van constitutieve antilichamen zoals fenolzuren en flavonoiden juist toenamen wanneer de N-toevoer beperkt was (Fritz et al. 2006, Le Bot et al. 2009, Larbat et al. 2012a, Larbat et al. 2012b, Larbat et al. 2014). De manier waarop de toevoer van N van invloed is op het inschakelen van de afweermechanismen na een aanval van een ziekte of plaag (geïnduceerde afweer) is complex en hangt af van de immuunroute.

Voor tabaksplanten is bijvoorbeeld aangetoond dat een beperking van de N-toevoer verhinderde dat de plant bepaalde antilichamen induceerde na een aanval van ongedierte (d.w.z. "trypsineremmer" en nicotine), terwijl de inductie van vluchtige terpenen niet werd belemmerd (Lou en Baldwin 2004). Dietrich et al. (2004) toonden ook aan dat een lage N-toevoer de inductie van immuunenzymen verminderde en de werking van chemische elicitors verminderde. Een betere kennis van deze mechanismen is daarom ook belangrijk met het oog op de verdere integratie van bemesting met andere weerbaarheidsverhogende maatregelen.

Over het algemeen wordt aangenomen dat er een afweging is tussen groei en afweer bij planten (Walters en Heil, 2007). Pathogeeninfectie activeert niet alleen afweergenen van planten, maar ook genen voor stikstofmetabolisme (Tavernier et al. 2007), waardoor meer stikstofmetabolisme-gerelateerde genen worden gereguleerd als reactie op nectrofe infectie dan biotrofe pathogenen (Fargard et al. 2014). Dit suggereert dat de meeste van de waargenomen genreacties op infectie te maken hebben met celdood en/of plantafweer.

Het is bekend dat de metabole routes van stoffen zoals fytoalexinen en fenolen, evenals salicylzuur, het signaalhormoon met betrekking tot infectie met biotrofe pathogenen, zijn afgeleid van het aminozuur fenylalanine. Stikstof speelt dus een belangrijke rol in zowel de constitutieve als de geïnduceerde afweer van planten. Over het algemeen is er een grotere behoefte aan stikstof in de vegetatieve groeifase, waarin de plant een groter aandeel jong plantenweefsel heeft. Jong plantenweefsel lijkt vatbaarder te zijn voor pathogene infectie dan oud weefsel (Dordas 2008). Dit kan komen doordat de opgenomen stikstof voornamelijk wordt gebruikt voor groei, waardoor de aanmaak van antilichamen (bijv. fenolen) en de aanmaak van lignine voor sterke celwanden afneemt (referentie in Gupta et al. 2017). Daarbij is het ook van belang welke vorm van stikstof wordt toegediend. Nitraat verhoogt de afweer van planten door de overgevoelige immuunrespons van planten en de vorming van polyamine-antilichamen te verhogen, terwijl ammonium de vorming van γ -aminoboterzuur (GABA) bevordert dat door ziekteverwekkers als voedsel kan worden gebruikt (Mur et al. 2016).

Niet alleen plagen zelf, maar ook hun biologische bestrijders kunnen worden beïnvloed door de toevoer van voedingsstoffen naar het gewas (Bentz et al. 1996, Hosseini et al. 2010, Abdala-Roberts en Mooney 2013, Veromann et al. 2013, Aqueel et al. 2015, Han et al. 2015, Mace and Mills 2016, Vollhardt et al. 2019). Effecten van voedingsstoffen op de ontwikkelingssnelheid, de voortplantingssnelheid, de grootte van plaagorganismen, de voedingswaarde van plaagorganismen en de verspreiding van plagen in het gewas kunnen allemaal een effect hebben op de effectiviteit van biologische bestrijdingsmiddelen. Naast ongedierte voeden veel biologische bestrijders zich ook rechtstreeks met plantaardig voedsel, zoals nectar en stuifmeel, en in het geval van roofwantsen van de familie Miridae (bijv. *Macrolophys pygmaeus*) zelfs met plantensap. Het is bekend dat bemesting de samenstelling van nectar en stuifmeel kan beïnvloeden (Ceulemans et al. 2017, David et al. 2019). Hierdoor is er ook een direct verband tussen de voedingsstatus van de plant en deze biologische bestrijdingsmiddelen.

Naast de invloed van N spelen ook andere voedingsstoffen een rol bij de afweer van de plant tegen ziekten en plagen, en de interactie met biologische bestrijdingsmiddelen. De literatuur over deze effecten is meer gefragmenteerd dan de literatuur over de invloed van N op de gezondheid van gewassen.

1.1.2 Voedingsoplossingen in de teelt

De nutriëntenvoorziening wordt in de gangbare praktijk bepaald door twee factoren. Enerzijds is dit de samenstelling van de voedingsoplossing, die de onderlinge verhoudingen bepaalt¹, en anderzijds door de EC, die de concentraties (en daarmee de totale hoeveelheid) van de voedingsstoffen bepaalt. De EC is een belangrijke factor voor telers voor teeltbeheersing. Er worden daardoor veel hogere EC waarden gehanteerd dan noodzakelijk is voor de voeding van het gewas (Sonneveld en Voogt; 2009). Dit instrument wordt voornamelijk gebruikt voor vruchtgroenten om een goede vruchtkwaliteit te bereiken. Een tweede reden is dat in de standaardvoedingsoplossing (StvO) de noodzakelijke concentraties aan kationen (K^+ , Ca^{2+} en Mg^{2+}) moet worden gecompenseerd door een evenredige concentratie aan anionen. De concentraties aan sulfaat (SO_4^{2-}) en fosfaat ($H_2PO_4^-$) zijn daartoe vastgesteld op de optimale hoeveelheden, daarom wordt vooral NO_3^- gebruikt om de ionensom van kat- en anionen gelijk te maken. Omdat er verhoudingsgewijs een hogere totaal som aan kationen nodig is dan anionen, heeft dit tot gevolg dat er verhoudingsgewijs een overaanbod aan NO_3^- in de voeding zit. Kortom, de huidige bemestingspraktijk kent dus een breed tot zeer breed overaanbod aan stikstof. Aangezien de toepassing van hergebruik van drainagewater niet leidt tot lozing van nutriënten is er dus geen negatief effect op het milieu (van der Salm et al. 2020). De EC is een cruciale teeltfactor, telers zullen niet bereid zijn concessies te doen aan de streefwaarden.

¹ Dit is vastgelegd in de standaardvoedingsoplossing (StvO), met voor elk gewas een specifieke samenstelling.

Er zijn echter aanwijzingen dat het niet nodig is om ook de daaraan gepaarde hoge concentraties NO_3^- te doseren. Onderzoek met tomaat en roos, waar NO_3^- gedeeltelijk werd vervangen door Cl, toonden aan dat – met dezelfde EC – de NO_3^- aanzienlijk kan worden verminderd zonder verlies van groei of productie (Voogt and Bar Yosef, 2019; Voogt en Sonneveld; 2004, Voogt et al; 2006). Dit wordt in de praktijk al toegepast bij tomaat en gerbera, maar de huidige toegepaste NO_3^- -concentraties liggen nog ver van de kritische ondergrens. Er liggen daarom kansen om de NO_3^- concentratie verder te verlagen met als doel de weerbaarheid te vergroten. De consequentie is echter dat het verlagen van één voedings-ion nooit kan zonder veranderingen van andere ionen. Een voedingsoplossing is immers opgebouwd uit meststoffen (zouten), verlaging (of verhoging) van een kation (of anion) zal evenredig moeten worden gecompenseerd door verhoging, resp. verlaging van een ander kation, resp. anion. Aanpassing aan een verminderde voedingsstof is daarom altijd een compromis. Omdat vanuit teeltmanagement de EC (= totale som van kat- of anionen) constant wordt gehouden, zal een reductie van NO_3^- betekenen dat andere anionen moeten worden verhoogd.

1.2 Doel en hypothese

Het project draagt bij aan de ontwikkeling van weerbare teeltsystemen tegen ziekten en plagen in de glastuinbouw. Het draagt ook bij aan het verminderen van de uitstoot van voedingsstoffen.

Het project is opgedeeld in vijf werkpakketten:

- **WP1:** Kennisinventarisatie - evaluatie in de vorm van een literatuurstudie en de kennisinteractie op het gebied van bemesting en ziekten/plagen (Rapport Mouden et al. 2022, WPR 1139)
- **WP2:** Proof of principle stikstof en andere nutriënten (dit rapport)
- **WP3:** Opschalingsproeven op plaaginsecten en op natuurlijke vijanden (Harinck et al. 2025)
- **WP4:** Opschalingsproeven met plantpathogene schimmels (Harinck et al. 2025)
- **WP5:** Implementatieresultaten (Harinck et al. 2025)

1.3 Aanpak

In deze studie werden bij vier gewassen: paprika, komkommer, gerbera en chrysant, in individuele experimenten, telkens vijf verschillende niveaus van NO_3^- concentraties in de voedingsoplossing toegepast en werden de effecten op groei en productie onderzocht. Via parallelle toetsen aan de planten in deze behandelingen is het effect op een aantal schimmelziekten en een aantal plaaginsecten onderzocht. De geteste NO_3^- concentraties liepen uiteen van 100% tot ca 15% van de standaard concentraties, zoals beschreven in BemestingsAdviesBasis (BAB) (De Kreij et al. 2004), die constant werden gehouden door wekelijkse analyse en aanpassing van de gift. Bij een aantal proeven, komkommer en gerbera is ook het effect van de concentratie silicium (Si) bestudeerd (0 en 1.5 mmol l⁻¹). Bij gerbera, komkommer en chrysant zijn twee experimenten gedaan (hierna telkens genummerd I en II), bij paprika een.

2 Materiaal en methoden

2.1 Teelten

De proeven werden uitgevoerd door Wageningen University & Research, Business Unit Glastuinbouw aan de Violierenweg 1, Bleiswijk. Het experimentele gedeelte liep van maart 2021 tot en met april 2023. Achtereenvolgens werden paprika en gerbera I (gelijktijdig) geteeld, gevolgd door komkommer I, chrysant I, gerbera II, komkommer II en tenslotte chrysant II. Details over de individuele teelten zie tabel 2.1

Tabel 2.1 Overzicht van de diverse teelten, start en einddatum, ras en teeltmedium.

Teelt	Start	Einde	Ras	Plantdichtheid Pl/m ²	teeltmedium
Gerbera I	23-03-21	1-07-21	'Kimsey'	5.6	5 L emmer steenwolcubes
Gerbera II	7-04-22	1-07-22	'Kimsey'	5.6	6 L emmer steenwolcubes
Paprika	20-03-21	1-07-21	'Mazurka'	3.16	steenwolmatten 1*0.75*0.2 m
Komkommer I	18-08-21	16-11-21	'High Power'	2.8	steenwolmatten 1*0.75*0.2 m
Komkommer II	30-08-22	11-11-22	'High Power'	2.8	steenwolmatten 1*0.75*0.2 m
Chrysant I	10-01-22	1-04-22	'Baltica'		Librabakken, fijne perliet (1.0*0.15*0.2 m)
Chrysant II	15-12-22	15-02-22	'Baltica'		Librabakken, fijne perliet (1.0*0.15*0.2 m)

2.2 Proefopzet en teeltomstandigheden

De proeven werd uitgevoerd in de helft van een kasafdeling (type Venlo (12 m * 9.60 m), van 120 m². In de kas waren containers (bakken) van HDPE, afmeting 1.02*0.64*0.55 (netto inhoud 270 liter) geplaatst, voorzien van een deksel (figuur 2.1). In de kas waren in totaal 70 bakken geplaatst, in zeven rijen, met elk 11.8 m lengte, met 0.16 m tussenruimte. Bovenop de deksels werden styropor platen geplaatst, waarop steenwolmatten (paprika, komkommer), de plantcontainers met 'Grocubes' (Grodan)(gerbera) of de librabakken met fijne perliet (chrysant) werden geplaatst. Elke bak had een waterpompje (Eden 130G), met druppelaars, 2 druppelaars per plant, aangestuurd door de klimaatcomputer. Startcondities voor irrigatie: een vast aantal irrigatiemomenten per dag (variabel per seizoen) en extra momenten op basis van de stralingssom, met als doel een drainpercentage van 50%. Het drainwater vanuit het toegepaste teeltmedium (per gewas verschillend) kwam retour in dezelfde bak, zodoende was er per bak een gesloten voedingscircuit. Elke bak was tegelijkertijd een experimentele eenheid (proefvak). De oppervlak van een proefvak was: lengte 1.28 m (bak 1.02 + 0.16) * 1.6 m werkende breedte = 1.89 m²/vak. Voor het entomologische onderzoek, werden kooien geplaatst (figuur 2.2). Het type kooi was afhankelijk van het gewas en de proef (zie onderdeel 2.5). Het kasklimaat: temperatuur, CO₂-concentratie en relatieve vochtigheid tijdens het experiment werden ingesteld conform de gangbare praktijk voor de betreffende teelten.



Figuur 2.1 Containers(bakken) met deksel, pompje met druppelsysteem en overzicht van plaatsing van de bakken in de kasafdeling.

Biologische bestrijding werd ingezet op basis van de waarnemingen tijdens het scouten. Waar nodig werd eventueel chemisch ingegrepen. De inzet werd zo uitgevoerd, dat dit de rest van de proefopzet niet stoorde.



Figuur 2.2 Experimentele opstelling, jonge paprikaplanten en opstelling gaaskooien.

2.3 Behandelingen voeding

In dit onderzoek werden vijf concentraties stikstof vergeleken. Als referentie werd bij de experimenten de streefwaarde voor de NO_3^- concentratie van de Bemestings Advies Basis (van den Bos et al. 2004) genomen, en in een aantal trappen verlaagd tot een niveau van ca 10 – 15% hiervan. Bij de tweede proeven bij gerbera en komkommer zijn de NO_3^- concentraties aangepast op basis van de resultaten van de eerste proef. Bovendien is bij deze gewassen in het tweede experiment ook Si opgenomen als proeffactor. Een overzicht van alle behandelingen van alle experimenten is opgenomen in tabel 2.2.

Als referentie EC, voor de berekening van de recepten was bij alle behandelingen 2.5 mS cm^{-1} . Om de vijf voedingsoplossingen te kunnen realiseren, is de verlaagde NO_3^- in de behandelingen gecorrigeerd door een proportionele verhoging van de SO_4 en Cl (tabel 2.2). Voor de overige voedingselementen zijn de streefwaarden voor het betreffende gewas gehanteerd. De actuele EC en pH was per gewas verschillend, rekening houdend met de eisen per gewas en het seizoen.

Tabel 2.2 Overzicht van de NO_3^- en Si concentraties in de zeven individuele proeven. De waarden zijn in mmol l^{-1} en gelden als streefcijfers in de circulerende voedingsoplossing, bij een standaard EC van 2.5 mS cm^{-1} .

Beh.	Paprika NO_3	Gerbera I NO_3	Gerbera II NO_3 Si	Komkommer I NO_3	Komkommer II NO_3 Si	Chrysant I NO_3	Chrysant II NO_3 Si
N1	19	19	10	20	20	15	15
N2	10	8	7	14	12	10	10
N3	6	5	5	8	6	6	6
N4	4	3	3	4	4	3	3
N5	2	1.8		2		1.5	
Si 1			10	1.5	20	1.0	15 1.5
Si 2					20	2.0	

2.4 Experimenteel ontwerp en metingen

In totaal waren 70 experimentele eenheden / individuele bakken beschikbaar voor de experimenten. Voor de zeven uitgevoerde experimenten is de opzet telkens wat aangepast naar de specifieke gewassituatie en onderzoeksvragen (tabel 2.3). Omdat er drie hoofd- onderzoeksvragen waren, namelijk, wat is het effect van de voedingsconcentratie op resp. a) groei en productie, b) insectenpopulatie en c) schimmels, en de effecten sterke – ongewenste- interactie zouden vertonen, zijn de experimentele eenheden verdeeld over drie groepen bakken, zodat in feite drie experimenten in één proefopstelling zijn uitgevoerd. In een groep werden de waarnemingen gedaan op gewasgroei en ontwikkeling en werd de productie gemonitord. In een tweede groep werden de specifieke handelingen gedaan en waarnemingen uitgevoerd aan insecten (zie beschrijving in paragraaf 2.5) en in een derde groep werden de handelingen gedaan en waarnemingen uitgevoerd voor de effecten op schimmels (zie beschrijving in paragraaf 2.6). In elk van de groepen waren er minimaal drie experimentele eenheden, die als herhaling dienden. Om dit geheel in te passen in het beschikbare aantal bakken, is maatwerk toegepast en is het aantal herhalingen niet bij alle behandelingen gelijk geweest, zie tabel 2.3.

Oogstwaarnemingen

Voor de meting van de productie is na elke oogst (paprika wekelijks, gerbera driemaal per week, komkommer tweemaal per week, chrysant eenmalig) het aantal vruchten of bloemen en het totale gewicht per bak geregistreerd. Aan het einde van elk experiment werden individuele planten per bak aan de basis van de stengel afgesneden en gewogen.

Gewasanalyses

Bij alle experimenten zijn gewasmonsters genomen voor analyse op nutriënten via de droge stofmethode (dm) en/of via de plantsapmethode (pm). In alle gevallen zijn monsters voor dm genomen aan het einde van de experimentele periode, voor pm zijn bij een aantal experimenten ook monsters tijdens de teeltperiode genomen. Bij paprika zijn complete planten (exclusief vruchten) aan het einde van de proef en vruchten bemonsterd (dm) en jong volgroeid blad halverwege het experiment (pm). Bij gerbera I zijn voor dm jong volgroeid blad en bloemen (scherm + steel), twee weken voor einde van de proef bemonsterd en ook jong volgroeid blad voor pm. Bij paprika en gerbera 1 is de bemonstering voor dm in drie herhalingen gedaan (elk gepoold van meerdere bakken) en voor pm in enkelvoud (gepoold, alle bakken). Bij gerbera 2 zijn jonge volgroeide bladeren twee weken voor einde proef bemonsterd, voor dm en pm beiden in enkelvoud aan gepoolde monsters van alle bakken. Bij komkommer 1 en 2 zijn jonge volgroeide bladeren bemonsterd aan het einde van het experiment en bij komkommer 2 ook oude bladeren, in enkelvoud (dm).

Voor pm zijn jonge volgroeide bladeren vanaf vier weken na de start, wekelijks bemonsterd, bij komkommer 1 en 2 op resp. drie en vier data. Bij chrysant zijn in beide experimenten de complete planten aan het einde van de proef bemonsterd (dm). Voor pm zijn bij beide experimenten vanaf vier weken na de start op een aantal tijdstippen monsters genomen van jong volgroeid blad.

Voor de droge stof methode zijn monsters van plantaardig materiaal zijn per behandeling gepoold en na droging op 80 °C en na bepaling van het gehalte droge stof, naar het laboratorium van Groen Agro Control (GAC) gestuurd voor analyse op nutriënten. Ook zijn een aantal keren monsters van verse bladeren naar GAC gestuurd voor plantsapanalyse (alle behandelingen) en aminozuuranalyse (alleen N1 en N4). Elke twee weken werden watermonsters verzameld, een gepoold monster van elke behandeling. Nutriëntencorrecties werden uitgevoerd om de juiste concentraties en verhoudingen tussen voedingsstoffen te realiseren, als beoogd voor de behandelingen. Elke tussenliggende week zijn de EC, de pH gemeten en de NO₃ concentraties bepaald met respectievelijk een Cleangrow sensor en LacquatwinNO₃ (Horiba) sensor. De pH in de bakken werd gecorrigeerd bij waarden < 5 of boven de 6,3 met respectievelijk KOH of H₂SO₄. De hoeveelheden toegediend water en meststoffen werden geregistreerd.

Groei en ontwikkeling van de gewassen werd wekelijks gemonitord om visuele effecten op groei, bladkleur of andere afwijkingen vast te leggen, ook zijn regelmatig foto's gemaakt om de status van het gewas vast te leggen.

Uit de oogstwaarnemingen is de cumulatieve opbrengst bepaald per oppervlakte-eenheid (zie 2.2) (kg/m²) of aantallen vruchten (paprika en komkommer) of bloemen (gerbera) per m² en de gemiddelde vruchtgrootte (paprika, komkommer; g/vrucht) of bloemgewichten (gerbera, chrysant; g/bloem of tak). Aan de hand van de eindwaarneming van volgroeide planten (onderscheid tussen stengel plus bladeren en groene vruchten) is de totale plantaardige verse biomassa (kg/m²) berekend en via het drogestofgehalte (stengel+bladeren+vruchten) is de totale droge biomassa per oppervlakte-eenheid (kg dw/m²) berekend. Met de nutriëntenconcentratie van elk orgaan (mmol/kg) werd de gemiddelde totale opname van nutriënten per oppervlakte-eenheid (mmol/m²) berekend. Via de aanvoer aan water en de resterende hoeveelheid aan het einde is de wateropname berekend (L/m²). De stikstofbalans is berekend met (1) de droge stof en met de (2) depletie methode. Voor methode 1: de opname van nutriënten (mmol/m²) wordt berekend door de droge biomassa (kg dw/m²) te vermenigvuldigen met de geanalyseerde nutriëntenconcentratie (mmol/kg dw) van elk van de geoogste vruchten en van de planten (stengel en bladeren). Methode 2: de opname van nutriënten is berekend als het verschil tussen de input = aanvoer meststoffen (volume * concentratie individuele geconcentreerde oplossingen) en het restant in de bakken (volume bak dag start * concentratie dag start en volume bak dag einde * concentraties dag einde). Het verschil in hoeveelheid nutriënten in het substraat bij de start en aan het einde is hierbij als verwaarloosbaar beschouwd.

Daarnaast is de wekelijkse opname geschat uit de tweewekelijkse analyses en de toevoegingen van meststoffen: het verschil tussen de input (volume box dag 1 * concentratie dag 1) en de output (volume box dag 14 * concentraties dag 14). Het residu, dat in het substraat aanwezig is, werd in dit geval beschouwd als constant en van gelijke concentratie als de meetwaarde in de bak.

Tabel 2.3 Overzicht van het aantal individuele bakken c.q. herhalingen, toegepast bij de afzonderlijke experimenten, waarbij elke bak een experimentele eenheid is, met als proeffactor de het N niveau: (N1 – N5) of Si (Si 1 of Si 2) gecombineerd met het doel: bestemd voor groei en productiewaarnemingen of voor waarneming insecten (Ento) of schimmels (Phyto, SA Salicylzuur, JA = jasmonzuur, F = Fusarium).

Experiment	Groei/productie	Ento	Phyto			Totaal
			SA	JA	F	
Paprika						
N1	3	3	2	2		10
N2	3	2				5
N3	3	2				5
N4	3	3	2	2		10
N5	3	2				5
Totaal bakken						35
Gerbera I						
N1	3	3	2	2		10
N2	3	2				5
N3	3	2				5
N4	3	3	2	2		10
N5	3	2				5
Totaal bakken						35
Gerbera II						
N1	3	6	3	3		15
N2	3	6	3			12
N3	3	6	3			12
N4	3	6	3	3		15
Si 1	3	6	3	3		15
Totaal bakken						69
Komkommer I						
N1	5	4	4	4		17
N2	5	4				9
N3	5	4				9
N4	5	4	4	4		17
N5	5	4				9
Totaal bakken						61
Komkommer II						
N1	3	5	3	3		14
N2	3	5				8
N3	4	5				9
N4	3	5	3			11
Si 1	3	5	3	3		14
Si 2	3	5	3	3		14
Totaal bakken						70
Chrysant I						
N 1	5	4		5	2	16
N 2	5	4			3	12
N 3	5	4			3	12
N 4	5	4		4	3	16
N 5	5	4			3	12
Totaal bakken						68
Chrysant II						
N1	3	3		3		9
N2	3	3				6
N3	3	3				6
N4	3	3		3		9
Si 1	3	3		3		9
Totaal bakken						39

2.5 Behandelingen en toetsing plagen en biologische bestrijders

Het effect van de verschillende N trappen op bepaalde insecten is getest, hieronder vallen plagen en natuurlijke vijanden. Er is onderscheid gemaakt tussen plagen die voeden op celinhoud (plantweefsel) of floeemsap. Voor de verschillende gewassen is het effect op Californische trips getest, een plaag insect die zich voedt op celinhoud van plantweefsel. Daarnaast is gekeken naar het effect op insecten die voeden op floeemsap, zoals bladluizen en witte vlieg. Ook is in een gerbera en chrysant proef het effect op Turkse motrupsen bekeken. Als biologische bestrijders is het effect op roofmijten en Aphidoletes bepaald. Per proef zal worden beschreven wat precies is getoetst.

2.5.1 Gerbera I

Bladtoets Californische trips

Voor deze toets zijn 90 planten gebruikt, welke niet in een kooi stonden, gevoed met de vijf verschillende N-trappen. Voor iedere N-trap 18 planten. Nadat de planten zeven weken de voeding met de verschillende N-trappen hadden gehad, is per plant 1 jong volgroeid blad geoogst. Per blad is één pons met de hand gescheurd en deze is in cups geplaatst op water agar. Vervolgens zijn per ponsje 5 vrouwelijke volwassen tripsen (*Frankliniella occidentalis*) geïntroduceerd, afkomstig uit eigen kweek. De bakjes zijn afgedekt met een gaasdeksel en weggezet bij 20 °C (zie figuur 2.3C). Zeven dagen na inzet van de volwassen trips, zijn de adulten onder de binoculair geteld en verwijderd, van overleden of vermiste adulten is een aantekening gemaakt. Daarnaast zijn de trips nimfen geteld en verwijderd. Het tellen en verwijderen van de nimfen is herhaald op dag 10 en op dag 13. Het aantal nakomelingen is als maat genomen om het effect van de van N-bemesting op *F. occidentalis* op gerbera te bepalen.

Clipkooi toets witte vlieg

Voor deze toets zijn 48 planten gebruikt, welke in vouwkooien (40x40x60cm) stonden (zie figuur 2.3A). Voor behandelingen N1 en N4 zijn 12 planten per N-niveau ingezet, voor behandelingen N2, N3 en N5 zijn 8 planten per N-niveau ingezet.

Nadat de planten 86 dagen voeding hadden gekregen met de verschillende N-niveaus, zijn op de planten in de kooien een clipkooi (5.5 cm diameter) geplaatst op een blad van gemiddelde leeftijd (zie figuur 2.3B). In iedere clipkooi zijn 15 volwassen kaswittevliegen, afkomstig uit de eigen kweek, geïntroduceerd. Na 4 dagen zijn de bladeren met clipkooi van de plant verwijderd en zijn de eieren op het blad onder de binoculair geteld. Ook is het geslacht van alle wittevlieg bepaald en is onderscheid gemaakt tussen aantal levende en dode wittevlieg op het einde van de proef. Deze gegevens zijn gebruikt om het aantal nakomelingen per levend witte vlieg vrouwtje te bepalen.

Predatie & eilegtoets *A. swirskii* op wittevlieg eitjes in de aan- en afwezigheid van stuifmeel

Amblyseius swirskii roofmijten voeden zich met wittevlieg eitjes. Om het effect van N-voeding op *Amblyseius swirskii* te bepalen in het gewas gerbera zijn voor deze proef bladponsjes met kaswittevlieg eitjes genomen. Hiervoor zijn een deel van de planten gebruikt, die zijn gebruikt in de "clipkooi toets witte vlieg":

6 gerberaplanten, geteeld met N-niveau N1 en 12 planten, geteeld met N-niveau N4. Twaalf weken na het inzetten van de stikstoftrap zijn clipkooien (5.5 cm diameter) geplaatst op een blad van gemiddelde leeftijd en per clipkooi zijn 15 volwassen kaswittevlieg geïntroduceerd. De kaswittevlieg is opgegroeid op blad eerder teruggewonnen uit de kooien met het corresponderende N-niveau. De bladeren met clipkooi zijn na 4 dagen geoogst en de clipkooien met kaswittevlieg verwijderd. Vervolgens zijn 24 ponsen gesneden, voor zowel stikstofniveau N1 als N4, met voldoende wittevlieg eitjes. De ponsen varieerden tussen 0,5 en 1.0 cm² in oppervlakte en zijn geplaatst in cups (25 ml, 4 cm diameter) in een dun waterlaagje.

Amblyseius swirskii roofmijten (Koppert) zijn gesynchroniseerd en 12 dagen oude mijten zijn geïntroduceerd op de bladponsen, 1 vrouwelijke roofmijt per ponsje. Op de helft van de bladponsen is een penceelpuntje met stuifmeel toegevoegd, afkomstig van paprikaplanten die zijn geteeld op hetzelfde stikstofniveau (N1 en N4). Hiermee kon worden bepaald of het stuifmeel invloed had op het aantal opgegeten kaswittevlieg eieren en aantal gelegde roofmijt eieren. De cups zijn afgesloten met een gaasdeksel en tellingen zijn verricht onder de binoculair, 24 en 48 uur na inzet. Het aantal leeggezogen kaswittevlieg eitjes en het aantal gelegde roofmijteitjes zijn geteld.



Figuur 2.3 Foto impressie van de uitvoering van de proeven in Gerbera I. A. Experimentele opstelling met gerbera planten, gebruikt voor de proeven met plagen, in kleine kooien. B. Clip kooien waarin toetsen met witte vlieg zijn uitgevoerd. C. Bladtoets met californische trips in cups.

2.5.2 Gerbera II

Bladtoets Californische trips:

In deze biotoets is de bladschade veroorzaakt door de trips bepaald. Planten zijn gebruikt, welke niet in een kooi stonden, die voeding kregen met de vier verschillende N-niveaus en de Si-behandeling. Voor iedere behandeling waren 6 herhalingen ingezet. Nadat de planten vier weken de voeding met de verschillende N/Si-behandelingen hadden gehad, is per herhaling een jong volgroeid blad geoogst. Van ieder blad zijn met de hand 3 ponsen gescheurd, en deze zijn in cups geplaatst op water agar (zie figuur 2.4A). Vervolgens zijn per ponsje 7 vrouwelijke adulte tripsen (*Frankliniella occidentalis*) geïntroduceerd, afkomstig uit eigen kweek. De bakjes zijn afgedekt met een gaasdeksel en weggezet bij 20 °C. Zeven dagen na inzet van de volwassen trips, zijn de bladponsen verwijderd van de agar en is met behulp van millimeter papier, per pons het schade oppervlak opgemeten in mm² (zie figuur 2.4B en C). Daarnaast zijn de levende adulte tripsen per bakje nageteld, zodat de schade per adult kon worden bepaald.

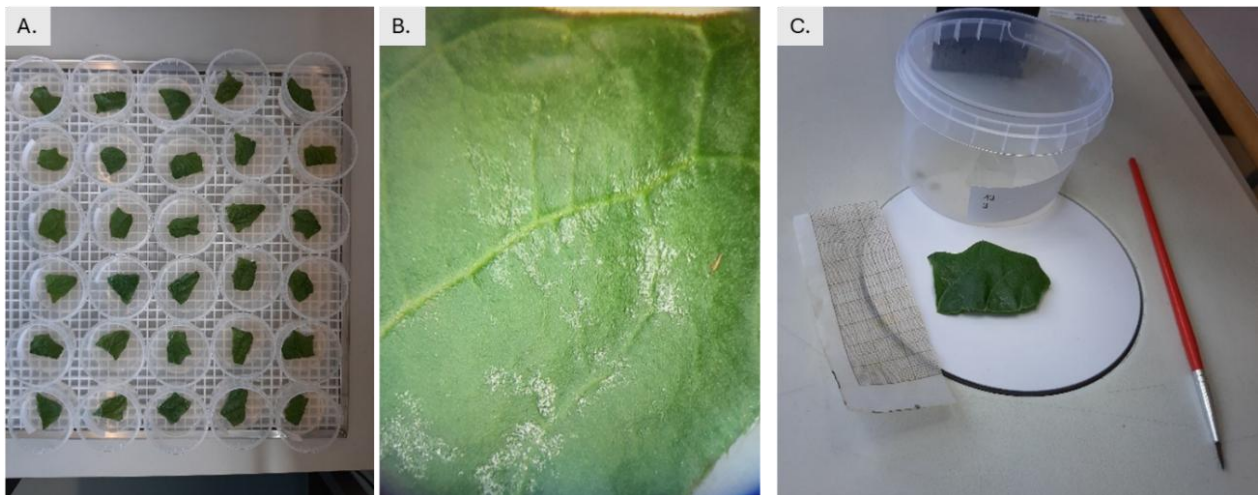
Kooiproef witte vlieg:

Per voedingsbak is een grote kooi geplaatst waarin 2 gerberaplanten stonden voor de proef met kaswittevlies. Nadat de planten zeven weken de voeding met de verschillende N/Si-behandelingen hadden gehad, is kaswittevlies geïntroduceerd in de kooien (zie figuur 2.5A). Kaswittevlies was afkomstig van de WUR kweek op tomaat. De kaswittevlies is gesynchroniseerd door gedurende 48 uur witte vlieg poppen te laten uitkomen in een kooi met een gerberaplant. Per proefkooi zijn 100 adulte wittevlies geïntroduceerd. Om het effect van de N- en Si-behandelingen op de kaswittevlies populatie te bepalen is het aantal wittevlies per kooi geteld. Zes weken na de introductie, is per kooi een vangplaat opgehangen en deze is gedurende 1 week 4 maal verwisseld. Het aantal witte vliegen op de vangkaarten is geteld (zie figuur 2.5B en C).

Vervolgens zijn de resterende adulten gevangen met een zuigapparaat en is het aantal resterende witte vlieg adulten bepaald. Per kooi zijn de aantallen op de 4 vangkaarten en het aantal gevangen witte vliegen bij elkaar opgeteld. Per voedingsbehandeling is het gemiddelde aantal wittevlieg in de kooien berekend.

Kooiproef Turkse mot:

Twaalf weken na plaatsing van de gerbera planten in de proefkas zijn rupsen van Turkse mot geïntroduceerd op planten in kleine kooien. Op het moment dat de introductie van rupsen zou plaatsvinden, was het erg warm weer, waardoor de temperatuur in de kas zeer hoog was. Daarom zijn per behandeling bladeren verzameld in een plastic bakje en hierin zijn net uitgekomen rupsen en eitjes geïntroduceerd. De plastic bakjes zijn bij 20 °C geplaatst. Na 48 uur zijn de bladeren met L1 larven in de kooien geplaatst met de planten van dezelfde behandeling. Per behandeling zijn zes kooien ingezet met 10 tot 12 L1 rupsen per kooi. Na 18 dagen zijn de rupsen verzameld en individueel gewogen op een microweegschaal (zie figuur 2.6). Het gewicht van de rups is als maat genomen voor de ontwikkeling van de rups.



Figuur 2.4 Foto-impressie van de bladtoets Californische trips binnen de proef Gerbera II, waarin bladschade is bepaald. A. Bladpensen op water agar. B. Schade op Gerbera bladpensen veroorzaakt door voeden trips. C. Opmeten van de trips voedingsschade oppervlakte met behulp van millimeter papier.



Figuur 2.5 Foto-impressie van kooiproef witte vlieg de binnen de proef Gerbera II, waarin populatieopbouw is bepaald. A. kooi met daarin twee gerbera planten waarin kaswittevlieg wordt geïntroduceerd. B. gele vangkaart in de kooien met witte vlieg. C. Tellen van wittevlieg op vangkaart uit een proefkooi m.b.v. een colony counter.



Figuur 2.6 Links is de terug plaatsing van Gerberablاد uit een plastic bakje in een proefkooi weergegeven, rechts het bepalen van het gewicht per rups op een micro weegschaal.

2.5.3 Paprika

Bladtoets Californische trips

Voor deze toets zijn 90 planten gebruikt, welke niet in een kooi stonden, gevoed met de vijf verschillende N-niveaus. Voor iedere N-niveau 18 planten. Nadat de planten tien weken de voeding met de verschillende N-niveaus hadden gehad, is per plant 1 blad geoogst. Per blad is één pons met de hand gescheurd en deze is in cups geplaatst op water agar. Vervolgens zijn per ponsje 5 vrouwelijke volwassen tripsen (*Frankliniella occidentalis*) geïntroduceerd, afkomstig uit eigen kweek. De bakjes zijn afgedekt met een gaasdekseltje en weggezet bij 20 °C. Zeven dagen na inzet van de volwassen trips, zijn de adulten en nimfen onder de binoculair geteld en verwijderd. In de cups is een beetje stuifmeel (TYPHA pollen) toegevoegd, zodat de overgebleven nimfen zeker waar te nemen zijn bij de eindtelling (13 dagen na inzet trips). Tijdens de eindtelling zijn alle nimfen geteld. Het aantal nakomelingen is als maat genomen om het effect van de van N-bemesting op *F. occidentalis* op paprika te bepalen.

Kooiproef bladluis (*Myzid persicae*)

In deze proef zijn de effecten van de verschillende N-trappen op bladluis van de soort *Myzus persicae* bepaald. Hiervoor zijn paprika planten geplaatst in vouwkooien (60x60x180cm), 1 paprikaplant per kooi (zie figuur 2.7). Voor N1 en N4 zijn 6 planten per N-niveau ingezet, voor N2, N3, en N5 zijn 4 planten per N-niveau ingezet. Per plant worden twee takken aangehouden, die groeien naar de top van de kooi. Negen weken na de start van de N-trappen vond de eerste introductie met bladluizen plaats. Hierbij zijn op de helft van de planten, 20 bladluizen (*M. persicae*) per plant geïntroduceerd: 10 bladluizen per tak, vlak onder de top. De bladluizen waren 24 tot 48 uur oud ten tijde van introductie. De tweede introductie, in de andere helft van de kooien, vond 1 week later plaats, dus 10 weken na de start van de stikstoftrappen. Om het effect van de N-trappen op bladluis te bepalen is zowel het aantal als het gewicht van de volwassen bladluizen gemeten. Drie weken na introductie zijn de waarnemingen verricht. Per plant zijn het aantal bladluizen op de twee takken geteld. Hiervoor is een destructieve meting uitgevoerd: de takken zijn in stukken geknipt en geteld op het lab. Daarnaast zijn per tak 2x20 volwassen luizen geselecteerd en met een microweegschaal gewogen.



Figuur 2.7 Paprika planten in kooi, voor de proef met bladluizen.

2.5.4 Komkommer I

Bladtoets californische trips

Voor deze proef zijn komkommerplanten zonder kooi gebruikt. Komkommerplanten geteeld met voeding met de 5 verschillende N-niveaus zijn gebruikt: Voor N2, N3 en N5 zijn 25 planten per N-niveau ingezet, voor N1 zijn 30 planten ingezet en voor N4 zijn 29 planten ingezet.

Nadat de planten 30 dagen de voeding met de verschillende N-trappen hadden gehad, is per plant 1 blad geoogst. Per blad is een pons genomen met een metalen snijring (9 cm diameter) en deze zijn in cups geplaatst op water agar. Per bakje zijn 5 vrouwelijke adulte trips (*Frankliniella occidentalis*) geïntroduceerd. De bakjes zijn afgedekt met een gaasdekseltje en weggezet bij 20 °C. Zes dagen na inzet van de volwassen trips, zijn de adulten onder de binoculair geteld en verwijderd, van overleden of vermiste adulten is een aantekening gemaakt. Na de eerste telling, is een beetje stuifmeel toegevoegd, zodat de overgebleven nimfen zeker waar te nemen zijn bij de eindtelling (10 dagen na inzet trips). Tijdens de eindtelling zijn alle nimfen geteld onder de binoculair. Het aantal nakomelingen is als maat genomen om het effect van de van N-bemesting op *F. occidentalis* op komkommer te bepalen.

Bladtoets katoenluis (*Aphis gossypii*)

Per N-niveau zijn 4 komkommer planten in een grote cilindervormige hangende kooi geplaatst, zodat deze vrij bleven van plagen (zie figuur 2.8A). De planten groeien in 1 stam naar de top van de kooi, waarna deze opsplijt in 2 takken.

Nadat de planten 9 weken de voeding met de verschillende N-trappen hadden gehad, is per plant 1 blad geoogst van de bovenste helft van de stam. Per blad zijn 10 ponsen genomen met een metalen snijring (4 cm diameter) en deze zijn in cups geplaatst op water agar.

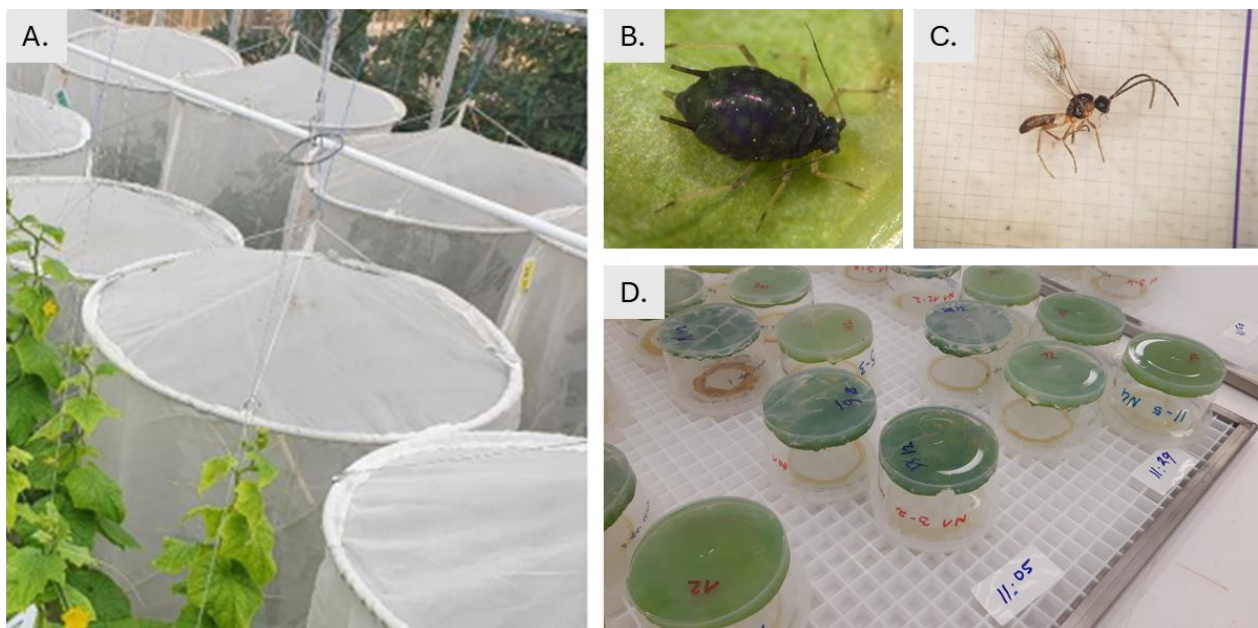
Per cupje is een volwassen katoenluis geïntroduceerd. Deze katoenluis is afkomstig van een populatie die twee weken werd gehouden op komkommer planten geteeld met de corresponderende N-trap en welke vervolgens is gesynchroniseerd op bladeren van dezelfde N-trap. De volwassen katoenluis was 7 dagen oud op moment van introductie en begon net met produceren van de eerste nakomelingen (zie figuur 2.8B). Cupjes zijn weggezet bij 20 °C en na 3 dagen zijn de nakomelingen geteld onder de binoculair. Daarnaast is het effect van de N-trap op het gemiddelde gewicht van volwassen katoenluis bepaald. Hiervoor zijn de getelde nakomelingen doorgezet in een nieuw cupje met een nieuwe bladpons. Deze bladpons was afkomstig uit de corresponderende kooi, blad van de bovenste helft van de stam. Deze cups zijn weggezet bij 20 °C voor 4 dagen, zodat de nimfen konden ontwikkelen tot volwassen katoenluizen. Per kooi zijn random 2x20 katoenluizen geselecteerd en gewogen op een micro weegschaal.

Bladtoets sluipwespen (*Aphidius colemani*):

Sluipwespen parasiteren katoenluizen. Het effect van de verschillende N-niveaus op de ontwikkelingstijd en grootte van de sluipwesp is onderzocht in deze proef, door N-niveaus N1 en N4 te vergelijken. Dezelfde komkommer planten zijn gebruikt als in de proef "bladtoets katoenluis". Nadat de planten 10 weken de voeding met de verschillende N-trappen hadden gehad, is per plant 1 blad geoogst (blad 13 of 14 vanaf de basis omhoog geteld). Per blad zijn 6 ponsen genomen met een metalen ring (9 cm diameter) en deze zijn in cups geplaatst op water agar. Per bakje zijn 4 volwassen katoenluizen geïntroduceerd, welke opgegroeid zijn op plantmateriaal geteeld met hetzelfde N-niveau. Cupjes zijn afgesloten met een gaasdeksel en weggezet bij 25 °C in een Snijder klimaatkast. Na 24 uur zijn de volwassen katoenluizen verwijderd, zodat alleen het nageslacht overblijft, waarna de cupjes zijn weggezet bij 15 °C voor 2 dagen. Vervolgens zijn bladluizen verwijderd uit de cupjes, zodat er 12 katoenluizen van het eerste en tweede nimfen stadium per cupje over bleven.

De sluipwespen *Aphidius colemani* (Koppert) werden geleverd als poppen, deze zijn uitgezet in kooitjes in een snijder klimaatkast bij 20 °C en waren na 6 dagen uitgekomen. De uitgekomen sluipwespen zijn ingezet in de cups. Per cupje, waarin 12 katoenluizen van het eerste en tweede nimfen stadium aanwezig waren, is één sluipwesp geïntroduceerd en de cupjes zijn weggezet bij 20 °C.

Na 2 uur zijn de sluipwespen verwijderd uit de cups en de cupjes zijn weggezet bij 20 °C. De bladluizen zijn vervolgens gevolgd en de ontwikkelingstijd van de sluipwespen is bepaald door te monitoren wanneer de bladluizen veranderd zijn in mummies en wanneer de mummies uitgekomen zijn. De uitgekomen sluipwespen zijn afgedood door ze in te vriezen voor latere observatie. Om de grootte van de sluipwespen te bepalen, is een preparaat gemaakt van iedere tibia van de linker achterpoot van de wespen. Deze is onder de binoculair met een microliniaal opgemeten. Zie ook figuur 2.8C en D.



Figuur 2.8 Foto impressie van de uitvoering van de proeven in Komkommer I. A. Experimentele opstelling met komkommer planten in grote kooien. B. katoenluis in een cupje tijdens de bladtoets. C. Een sluipwesp gezien door de binoculair. D. De proef met sluipwespen in de cups.

2.5.5 Komkommer II

Bladtoets californische trips:

Voor deze proef zijn komkommerplanten zonder kooi gebruikt. Komkommerplanten geteeld met voeding met de verschillende N/Si-niveaus zijn gebruikt: Voor N1(Ref), N2, N4, S1 en S2 zijn 18 planten (verdeeld over drie herhalingen) gebruikt, voor de N3 behandeling zijn 24 planten (verdeeld over 4 herhalingen) gebruikt. Nadat de planten 5 weken de voeding met de verschillende N/Si-niveaus hadden gehad, is per plant 1 blad geoogst. Per blad is een pons genomen met een metalen snijring (9 cm diameter) en deze zijn in cups geplaatst op water agar. Per bakje zijn 5 vrouwelijke trips adulten (*Frankliniella occidentalis*) geïntroduceerd.

De bakjes zijn afgedekt met een gaasdekseltje en weggezet bij 20 °C (zie figuur 2.9). Zeven dagen na inzet van de volwassen trips, zijn de bladpansen verwijderd van de agar en is met behulp van millimeter papier, per pons het schade oppervlak opgemeten in mm².

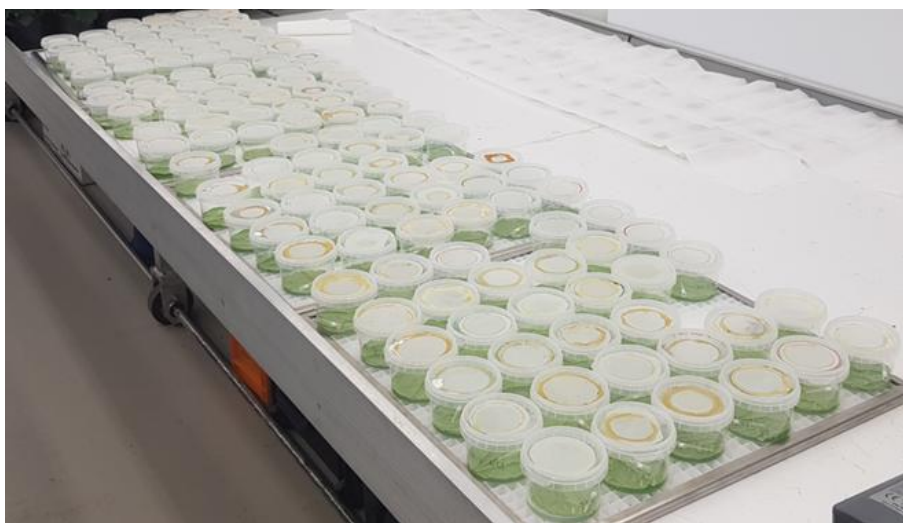
Kooiproef katoenluis (*aphis gossypii*):

De proef met katoenluis is uitgevoerd op grote kooien in de kas, met in elke kooi 1 komkommerplant op steenwol. In totaal is deze proef in 30 kooien uitgevoerd, 5 kooien per behandeling (N1, N2, N3, N4, Si1, Si2).

Naast de grote plant, is 2½ week na start van de proef een kleine kooi geplaatst, waarin een tweede komkommerplant gezaaid werd, welke dezelfde voedings-behandeling kreeg als de grote plant.

Nadat de "grote planten" 23 dagen de voeding met de verschillende N/Si-niveaus hadden gehad, zijn katoenluizen van 24-48 uur oud geïntroduceerd in de kooi. Katoenluizen waren afkomstig uit de WUR kweek op komkommer. Per kooi zijn 18 luizen uitgezet gelijkmatig verdeeld over de eerste 2 jong volgroeide bladeren onder de top. Twee weken na de introductie zijn de katoenluispopulaties waargenomen door een destructieve telling uit te voeren. Het gemiddeld aantal bladluizen per plant per behandeling is bepaald (zie figuur 2.10).

Tijdens deze waarneming zijn per plant random 7 adulte bladluizen geselecteerd en deze zijn overgezet op de komkommerplant in de kleine kooi die geplaatst was naast de plant in de grote kooi. De adulten zijn geïntroduceerd op de eerste 2 bladeren boven de kiembladen. Na 72 uur is een destructieve telling uitgevoerd en zijn de planten geobserveerd onder de binoculair om zowel het aantal adulten als nakomelingen te tellen. Met deze gegevens is het gemiddeld aantal nakomelingen per adult berekend (zie figuur 2.11).



Figuur 2.9 Foto-impressie van de bladtoets met Californische trips tijdens de proef komkommer II.



Figuur 2.10 Foto-impressie van de grote kooien met een komkommerplant waarop de populatieopbouw van katoenluis is getest.



Figuur 2.11 Foto-impressie van de kleine komkommerplant, in een kleine kooi naast de grote plant, waarop het aantal nakomelingen van de katoenluis is bepaald.

2.5.6 Chrysant I

Bladtoets californische trips:

Voor deze proef zijn de planten, geteeld met de 5 verschillende N-niveaus gebruikt. Voor deze proef waren planten op 4 voedingsbakken per N-niveau beschikbaar (zie figuur 2.12A).

Nadat de planten 4 weken de voeding met de verschillende N-trappen hadden gehad, zijn per voedingsbak 3 jong volgroeide bladeren geoogst. De planten waren in het vegetatieve stadium. De bladeren zijn in cups geplaatst op water agar (zie figuur 2.12B). Per bakje zijn 5 vrouwelijke trips adulten (*Frankliniella occidentalis*) geïntroduceerd. De bakjes zijn afgedekt met een gaasdekseltje en weggezet bij 20 °C (zie figuur 2.12C). Zeven dagen na inzet van de volwassen trips, zijn de adulten onder de binoculair geteld en verwijderd, van overleden of vermiste adulten is een aantekening gemaakt.

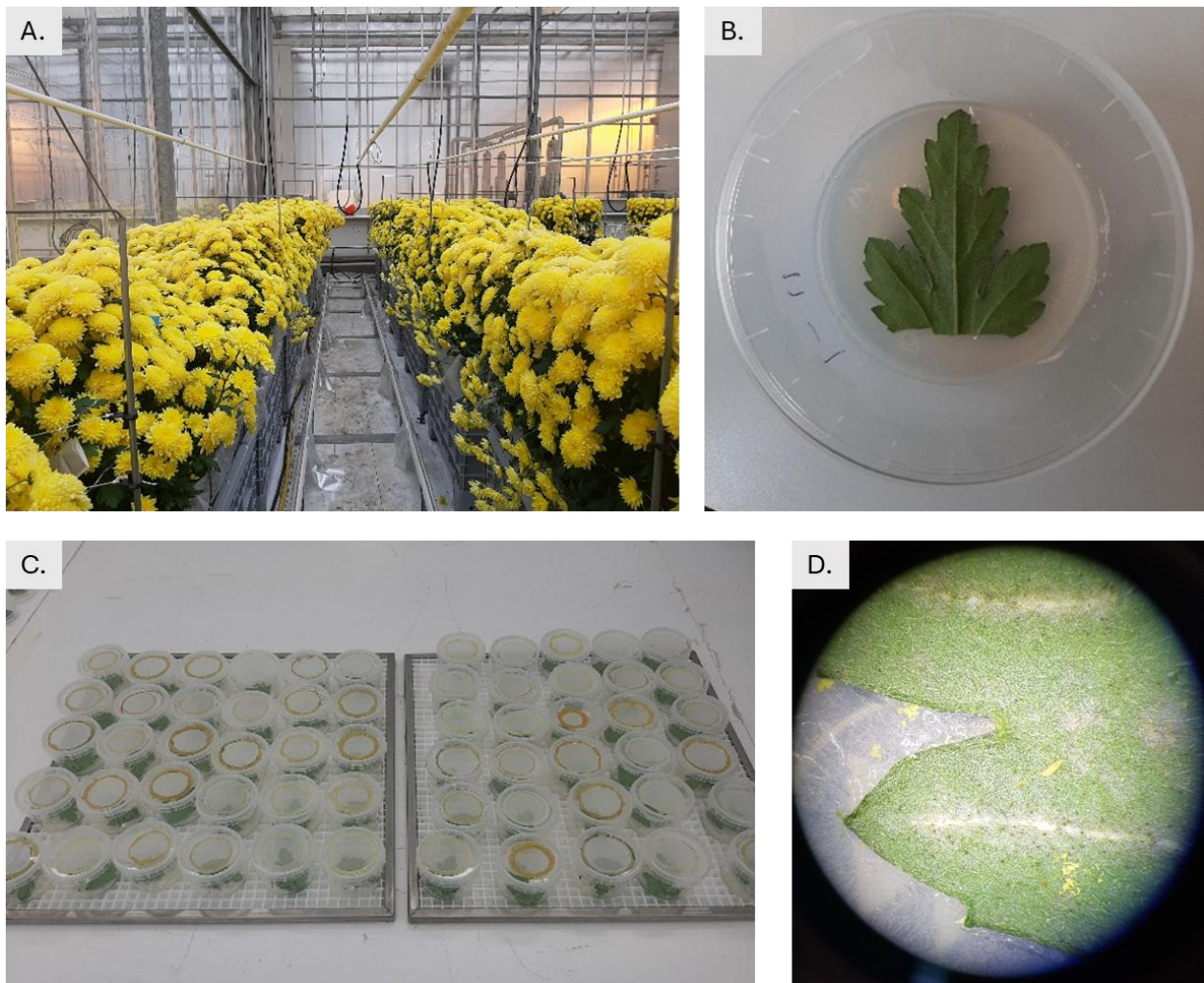
Na de eerste telling, is een beetje stuifmeel toegevoegd, zodat de overgebleven nimfen zeker waar te nemen zijn bij de eindtelling (16 dagen na inzet trips). Tijdens de eindtelling zijn alle nimfen geteld onder de binoculair (zie figuur 2.12D). Het aantal nakomelingen is als maat genomen om het effect van de van N-bemesting op *F. occidentalis* op chrysant te bepalen.

Populatie ontwikkeling katoenluis (*Aphis gossypii*):

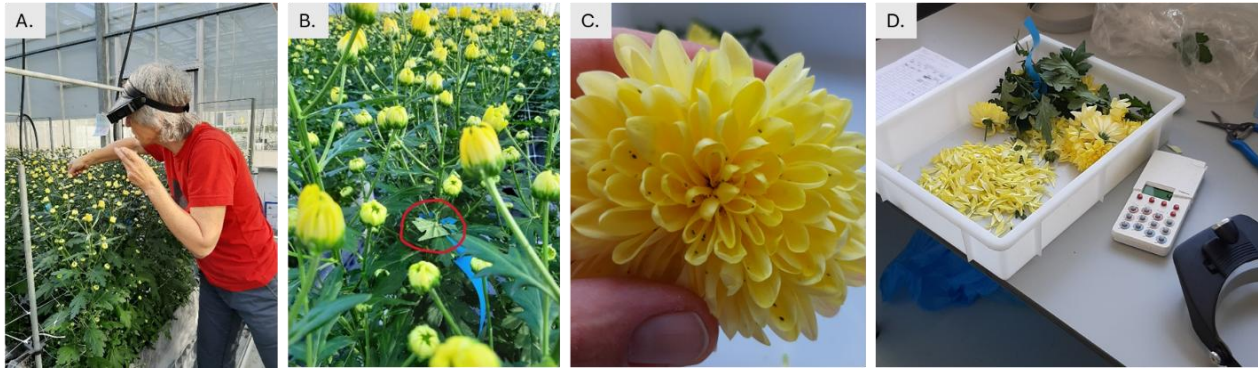
Om het effect van het N-niveau op de populatie-ontwikkeling van katoenluis te bepalen zijn 7 weken na de start van de proef, planten geïnoculeerd met katoenluis. Op dit moment begonnen de bloemknoppen net open te gaan, generatieve stadium (figuur 2.13A en B). De katoenluizen waren afkomstig van een WUR kweek op komkommer die 1 maand voor inzet van de proef over is gezet op chrysantenblad op water agar. Katoenluizen van 72-96 uur oud werden geïntroduceerd net onder de bloemknoppen op 3 planten per voedingsbak: 2 planten met elk 20 katoenluizen en 1 plant met 10 katoenluizen.

Een maand na introductie van de katoenluis zijn:

- het totaal aantal katoenluizen in de bloemen van elke uitzetplant geteld, zie figuur 2.13D
- het aantal katoenluizen in 10 hoofdbloemen van de buurplanten van de uitzetplanten geteld (zie figuur 2.13C). Voor deze tweede telling zijn de volgende categorieën gemaakt: Geen bladluis; $1 \leq 10$ bladluizen/bloem; $11 \leq 50$ bladluizen/bloem; $51 \leq 100$ bladluizen/bloem; > 100 bladluizen/bloem. Vervolgens is het percentage bloemen in elke categorie berekend.



Figuur 2.12 Foto impressie van de bladtoets Californische trips in proef Chrysant I. A. Overzicht van de kas, de chrysanten planten staan op de voedingsbakken, van waaruit ze voeding met verschillende N-niveaus krijgen. B. Chrysantenblad op water agar, voor de bladtoets. C. Bakjes van de biotoets gerandomiseerd weggezet. D. Trips nimf op bladpons met een beetje stuifmeel, gezien door de binoculair.



Figuur 2.13 Foto impressie van de proef met katoenluis binnen proef Chrysant I. A. Introductie van katoenluis in de chrysanten op de proefbakken, bloemen gaan bijna open. B. Voor de introductie is een bladpans met katoenluis vlak onder de bovenste bloemknoppen geplaatst. C. Katoenluis in een hoofdbloem van een "buurplant" van een uitzetplant. D. Bloemen van uitzetplant worden zorgvuldig uitgeplozen en de bladluizen geteld.

2.5.7 Chrysant II

Kooiproef Turkse mot

In deze proef is het effect van de verschillende voedingsbehandelingen op de ontwikkeling van Turkse mot rupsen getest. Zes weken na plaatsing van de stekken in de proefkas zijn rupsen van Turkse mot geïntroduceerd op planten, de planten waren per bak geplaatst in kooien (zie figuur 2.14). Rupsen gebruikt in de proef waren afkomstig van de WUR kweek. L1 rupsen zijn geïntroduceerd op volgroeide bladeren vlak onder de toppen van de planten, 15 rupsen werden verspreid per voedingsbak, 3 voedingsbakken per behandeling. Na 19 dagen zijn de rupsen terug verzameld, het aantal overlevende rupsen is geteld en deze zijn individueel gewogen op een microweegschaal (zie figuur 2.6). Het gewicht van de rups is als maat genomen voor de ontwikkeling van de rups.

Om te bepalen wat het effect van de voedingsbehandelingen in chrysant op Turkse mot is, is per behandeling het gemiddelde percentage overlevende rupsen berekend en is het gemiddelde gewicht van deze rupsen bepaald.



Figuur 2.14 Foto impressie van de proef met Turkse mot binnen proef Chrysant II. De planten waren per bak in kooien geplaatst, waarin de rupsen geïntroduceerd werden.

2.6 Behandelingen en toetsing ziekten

De verschillende gewassen hebben naast de hiervoor beschreven N trappen ook een behandeling gekregen met planthormonen. Hiervoor zijn de planten van een hoge (N1) en een lage nitraat concentratie (N4) eenmalig met 1 mmol/l jasmonzuur of 4 mmol/l salicylzuur behandeld. Voor het schema van behandelingen zie tabel 2.3.

De mogelijke effecten van de verschillende N- trappen en van de inductie met plantenhormonen op ziekten is onderzocht aan de hand van biotoetsen. Met deze biotoetsen kan de weerbaarheid tegen ziekten en plagen worden vastgesteld. Hiervoor zijn echte meeldauw, als een obligaat biotrofe schimmel die een levende gastheer nodig heeft, en Botrytis, als een necrotrofe schimmel die op gewond en dood weefsel kan groeien, gekozen. Een week na de behandeling met plantenhormonen zijn de bio-toetsen uitgevoerd. Voor de bio-toetsen is het eerste volgroeide blad bemonsterd, waarbij bladponsjes van een diameter van 5 cm zijn genomen. De ponsjes zijn in petrischalen met een bodemlaag van 1% wateragar gelegd om de ponsjes vers te houden. Vervolgens zijn de ponsjes elk met een concentratie van 10^5 sporen/ml meeldauw (*Podosphaera xanthii*) of 10^6 sporen/ml Botrytis (*Botrytis cinerea*) geïnoculeerd. De petrischalen met de ponsjes zijn in een klimaatkamer bewaard bij 20 °C en 60% RV. Zes dagen na inoculatie is de Botrytis schade, als diameter verbruining, met behulp van een schuifmaat gemeten. De meeldauw infectie is 10 dagen na inoculatie gemeten door het aantal meeldauw plekken te tellen. Data zijn door ANOVA met N-trappen of hormoonbehandelingen als factoren geanalyseerd.

Voor "Gerbera I" zijn in de vegetatieve fase (eerste bloemknoppen, 26 april 2021) en in de generatieve fase (18 mei 2021) bio-toetsen met bladponsjes uitgevoerd om de effecten van de verschillende N- trappen en de inductie met plantenhormonen op ziekten te onderzoeken. Hiervoor zijn echte meeldauw en Botrytis gebruikt.

Voor een tweede proef met Gerbera (Gerbera II) zijn tijdens de vegetatieve fase (07 juni 2022) en de generatieve fase (13 juli 2022) bio-toetsen met bladponsjes uitgevoerd om de effecten van de verschillende N- en Si -trappen en de inductie met plantenhormonen op ziekten te onderzoeken. Hiervoor zijn echte meeldauw en Botrytis gebruikt.

Voor "paprika" zijn alleen tijdens de generatieve fase (22 juni 2021) bio-toetsen met bladponsjes uitgevoerd om de effecten van de verschillende N- trappen en de inductie met plantenhormonen op ziekten te onderzoeken. Deze keuze is gemaakt omdat de paprika planten relatief laat in de kas gezet zijn en al aan het begin van de teelt bloemen vertoonden. Hiervoor zijn echte meeldauw en Botrytis gebruikt.

Voor "komkommer I" zijn tijdens de vegetatieve fase (14 september 2021) en de generatieve fase (02 November 2021) bio-toetsen met bladponsjes uitgevoerd om de effecten van de verschillende N- trappen en inductie met plantenhormonen op ziekten te onderzoeken. Hiervoor zijn echte meeldauw en Botrytis gebruikt.

Voor een tweede proef met Komkommer (Komkommer II) zijn tijdens de vegetatieve fase (04 Oktober 2022) en de generatieve fase (11 November 2022) bio-toetsen met bladponsjes uitgevoerd om de effecten van de verschillende N- en Si -trappen en de inductie met plantenhormonen op ziekten te onderzoeken. Hiervoor zijn echte meeldauw en Botrytis gebruikt. Tegen het einde van de proef is een spontane meeldauwinfectie in de kas opgetreden. Hiervan is de infectie als percentage meeldauw bedekking van drie op elkaar volgende jonge bladders gemeten. Teven is van drie bladders de celwanddikte gemeten aan de hand van een microscopische dwarsdoorsnede van een blad.

Bij Chrysant zijn alleen tijdens de vegetatieve fase (07 juni 2022) bio-toetsen met bladponsjes uitgevoerd om de effecten van de verschillende N- en Si -trappen en de inductie met plantenhormonen op ziekten te onderzoeken. Omdat geen meeldauw op chrysant optreedt is hier alleen Botrytis gebruikt.

Voor een tweede proef met Chrysant (Chrysant II) zijn tijdens de vegetatieve fase (20 November 2022) en de generatieve fase (22 februari 2023) bio-toetsen met bladponsjes uitgevoerd om de effecten van de verschillende N- en Si -trappen en de inductie met plantenhormonen op ziekten te onderzoeken. Omdat geen meeldauw op chrysant optreedt is hier alleen Botrytis gebruikt.

3 Resultaten

3.1 Nutriënten

Een overzicht van alle analyseresultaten van EC, pH, hoofd- en spoorelementen van alle zeven experimenten is opgenomen in de bijlagen 1 t/m 7. Bij gerbera II, Komkommer II en Chrysant II is ook de Si concentratie opgenomen, waarvoor Mo is weggelaten in de overzichten.

De gemiddelde EC en pH over de hele teelt waren niet noemenswaardig verschillend tussen de behandelingen over de gehele periode bij alle experimenten (tabel 3.1, bijlage 1-7). Uiteraard zijn er overall verschillen in EC-niveau tussen de experimenten vanwege de eisen per gewas. De NO_3^- concentraties konden goed worden gehandhaafd op de beoogde niveaus van de individuele behandelingen (tabel 3.2; bijlage 1-7). NB, de N niveaus van de verschillende behandelingen bij de afzonderlijke experimenten waren niet hetzelfde, zie tabel 2.2.

Uiteraard waren de concentraties aan SO_4 en Cl die ter compensatie waren gebruikt evenredig hoger met de verlaagde NO_3 concentraties (tabel 3.3; bijlage 1-7). De concentraties van de overige hoofdelementen, inclusief Na en de spoorelementen vertoonden fluctuaties, maar deze konden over het algemeen redelijk tot goed gehandhaafd worden op de voor deze elementen geldende streefwaarden. Wel bleek er sprake van lichte uitputting aan K en analoog daaraan wat accumulatie van Ca en Mg bij de paprika en gerbera proeven, de waarden bleven echter binnen de minimale en maximale grenswaarden (bijlage 1-7). Bij de paprika proef was een tendens van uitputting van de P-concentratie. Dit werd grotendeels veroorzaakt door de oplopende pH waarde. (P is dan minder oplosbaar, maar nog wel beschikbaar).

De irrigatie was gericht op het realiseren van hoge irrigatievolumes, overall werd gemiddelde drainpercentage tussen 50 en 70% gerealiseerd.

Tabel 3.1 Gemiddelde EC (dS m^{-1} en pH waarden van de circulerende voedingsoplossing bij de verschillende behandelingen bij de experimenten).

Gewas	EC						pH							
							Behandeling							
	N1	N2	N3	N4	N5	Si1	Si2	N1	N2	N3	N4	N5	Si1	Si2
Paprika	2.6	2.6	2.6	2.5	2.4			5.9	5.8	5.9	5.4	5.2		
Gerbera 1	2.2	2.2	2.3	2.1	2.1			5.8	5.8	5.6	5.4	5.2		
Gerbera 2	2.3	2.3	2.3	2.3		2.3		5.7	5.4	5.6	5.2		5.8	
Komkommer 1	2.8	2.8	2.8	2.8	2.9			5.4	4.8	5.1	5.1	4.9		
Komkommer 2	3.4	3.3	3.3	3.3		3.5	3.7	5.7	5.6	5.5	5.4		5.5	5.4
Chrysant 1	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9			6.3	6.2	6.1	6.2	5.8		
Chrysant 2	2.1	2.2	2.1	2.1		2.1		5.9	6.0	6.1	6.1		6.2	

Tabel 3.2 Gemiddelde, minimum en maximum NO_3 concentraties van de circulerende voedingsoplossing bij de verschillende behandelingen bij de experimenten.

Gewas	Behandeling														
	N1			N2			N3			N4			N5		
	Gem	Max	Min	Gem	Max	Min	Gem	Max	Min	Gem	Max	Min	Gem	Max	Min
Paprika	17.8	21.6	15.5	10.3	14.4	7.0	6.4	10.2	2.2	2.8	7.2	0.9	2.1	5.4	1.0
Gerbera 1	15.1	19.6	11.4	9.3	13.1	2.7	7.4	12.5	3.6	3.3	9.8	1.2	2.0	5.4	1.3
Gerbera 2	9.1	10.7	6.3	6.4	7.2	4.7	4.4	5.2	2.2	2.8	3.5	1.2			
Komkommer 1	17.5	18.9	15.7	12.7	13.8	10.8	7.2	8.5	5.7	3.4	5.6	2.0	1.9	2.5	1.0
Komkommer 2	24.4	26.9	22.6	14.0	15.1	13.0	6.8	8.0	5.7	4.2	5.3	2.8			
Chrysant 1	12.8	13.7	12.3	9.5	10.0	8.7	6.1	7.6	4.1	3.8	5.7	1.8	1.3	2.0	0.3
Chrysant 2	15.5	16.3	14.0	10.6	11.2	9.8	6.5	7.3	5.1	3.2	3.9	2.6			

Tabel 3.3 Gemiddelde, minimum en maximum van SO_4 en Cl concentraties van de circulerende voedingsoplossing bij de verschillende behandelingen bij de experimenten.

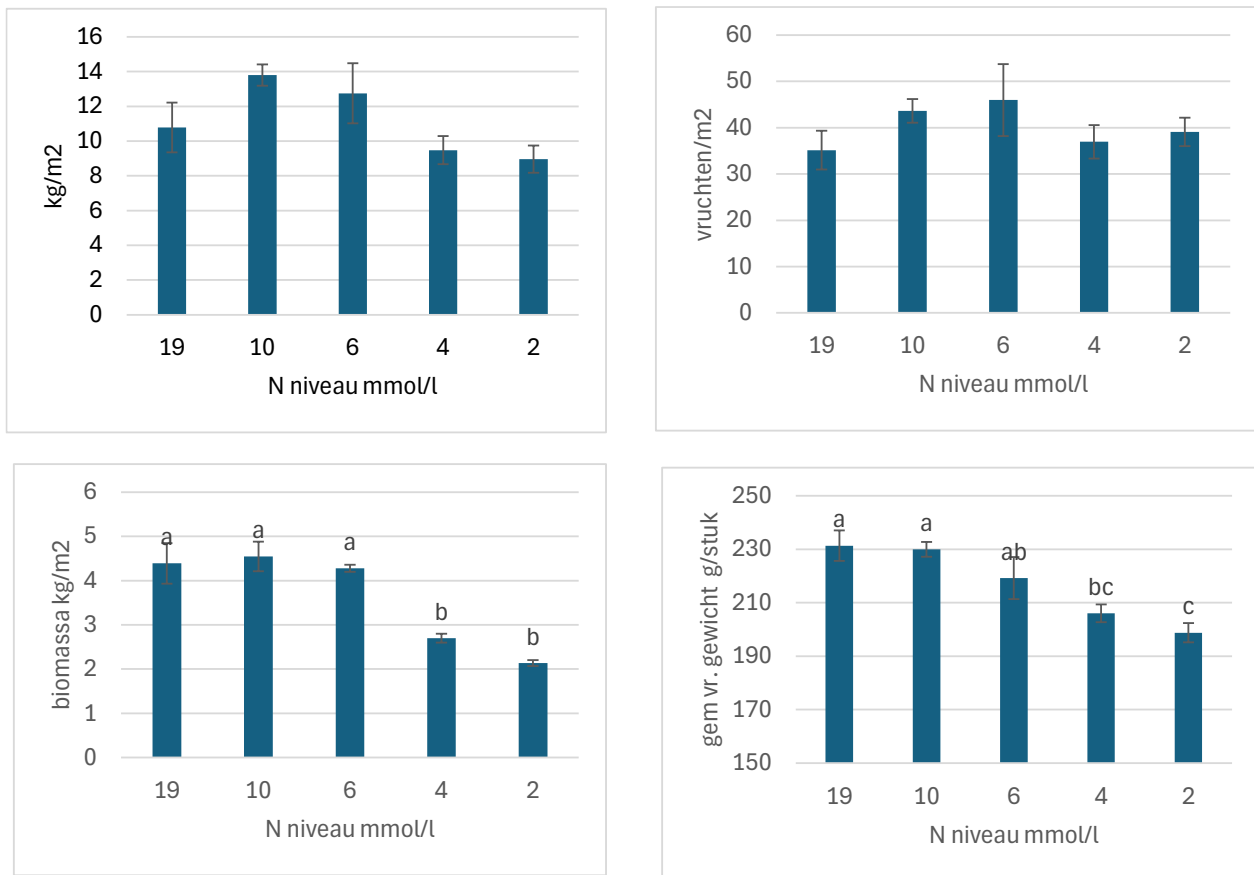
Gewas	Behandelingen									
	SO_4					Cl				
	N1	N2	N3	N4	N5	N1	N2	N3	N4	N5
Paprika	2.4	3.6	4.5	5.2	5.2	0.4	6.3	9.2	11.1	11.1
Gerbera 1	1.7	3.8	4.4	4.8	4.7	0.8	3.4	5.0	7.7	8.7
Gerbera 2	4.3	5.1	6.0	6.0		4.1	5.2	6.1	7.4	
Komkommer 1	3.2	4.8	8.0	9.4	8.9	1.1	4.0	6.2	8.7	10.8
Komkommer 2	3.2	5.0	8.0	8.8		0.4	6.5	9.5	11.0	
Chrysant 1	1.2	1.6	2.6	3.2	3.6	0.3	3.2	5.3	6.6	8.9
Chrysant 2	1.1	2.1	3.2	3.8		0.2	4.1	6.2	7.9	

3.2 Productie

3.2.1 Paprika

De vruchtproductie was lager bij de behandelingen met de lage nitraatconcentraties (N4 en N5). Ook de standaard (N1) was wat lager in productie dan die bij N2 en N3 (figuur 3.1), echter, bij nadere analyse blijkt dit veroorzaakt te zijn door een lager aantal vruchten bij twee van de drie herhalingen. Het gemiddeld vruchtgewicht blijkt echter niet beïnvloed te zijn. De lagere totale productie bij N1 is daarom wellicht veroorzaakt door een slechtere vruchtzetting bij deze twee herhalingen. Het valt namelijk ook op dat het aantal vruchten bij N4 en N5 minder sterk is beïnvloed dan het gemiddeld vruchtgewicht; er is immers een vrijwel lineaire afname in gemiddeld vruchtgewicht met het dalende N-niveau (figuur 3.1). Er waren geen effecten zichtbaar op kwaliteitskenmerken van de vruchten zoals neusrot, krimpscheuren, staartjes of knopen.

De gemeten totale biomassa van de vegetatieve massa was ook significant lager in N4 en N5 (figuur 3.2). Het gemiddelde drogestofgehalte (DM) van zowel de vegetatieve biomassa als de vruchten leek niet te worden beïnvloed door de behandeling. Alleen N3 had een wat lage DM in de biomassa van planten. Het waterverbruik was in N4 en N5 ook aanzienlijk lager dan gemiddeld bij N1 – N3.



Figuur 3.1 De gemiddelde totaal productie in kg/m², aantal vruchten/m², de totale biomassa aan vegetatieve massa in kg/m² en het gemiddeld vruchtgewicht in grammen/stuk, van de vijf N-niveaus van het experiment met paprika. De error-bar geeft de standaarddeviatie over de drie herhalingen. Kolommen met gelijke letter verschillen niet significant van elkaar (ANOVA met LSD test; aantal vr/m² en kg/m² verschilden de resultaten niet significant).

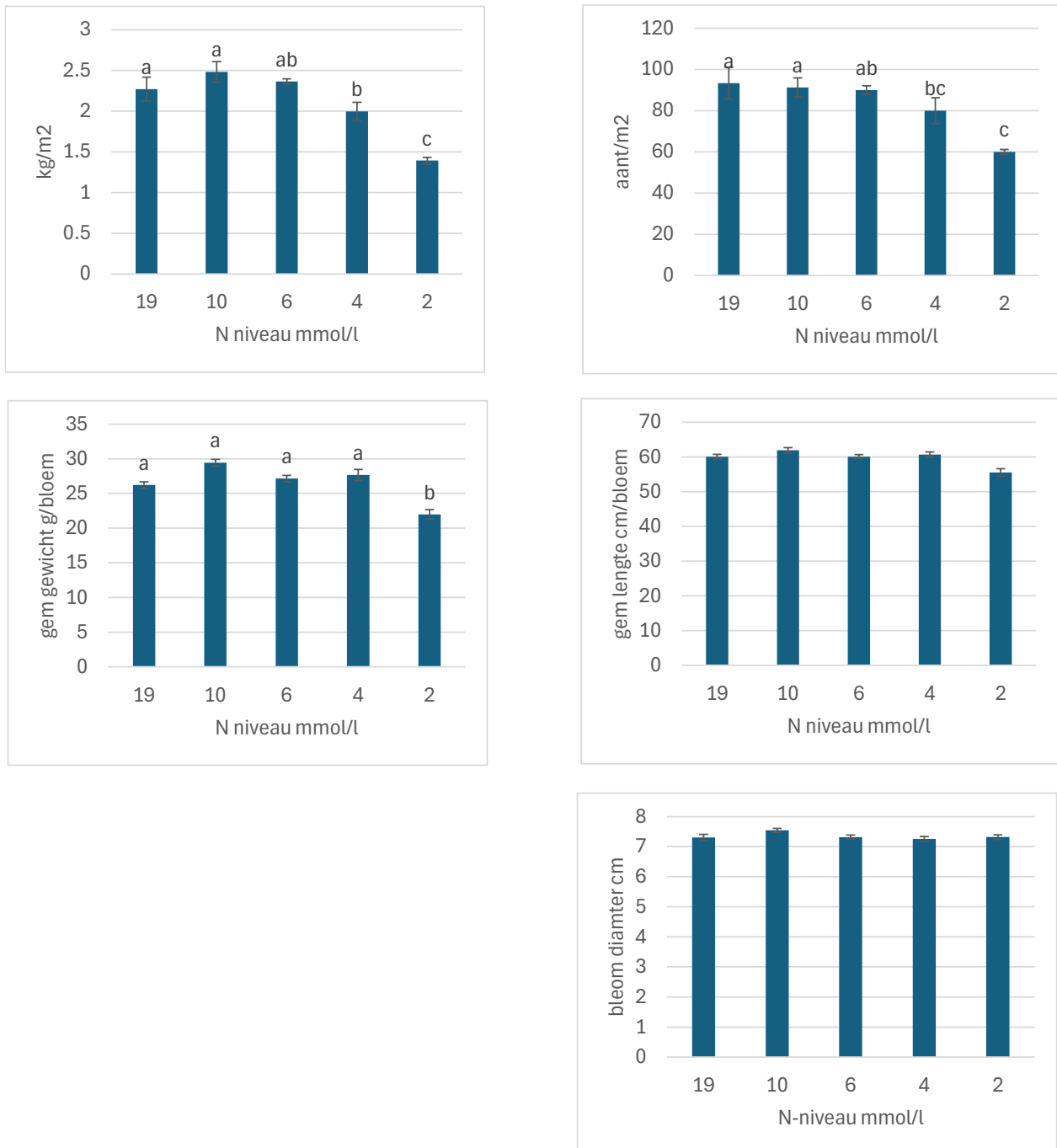


Figuur 3.2 De totale vegetatieve biomassa (scheutshoei, blad, en plant einde proef) in kg/m² van de vijf N-niveaus (links) en een beeld van de planten aan het einde van de referentie (N1) links (19 mmolNO₃/L) en het laagste N-niveau (N5, 2 mmolNO₃/L).

Statistische analyse: De ANOVA test (single factor) op kg/m² productie gaf een p-value van 0.14 en voor het aantal vruchten/m² was de p-value 0.65 zodat deze twee resultaten geen significante verschillen geven tussen de behandelingen. (Bij beide waarden was er een grote restvariantie, door de grote verschillen tussen de herhalingen). Voor het vruchtgewicht was de P-waarde 0.013, de verschillen zijn dus significant. De LSD test gaf aan dat de vruchtgewichten van N4 en N5 betrouwbaar lager waren dan van N1 en N2 en die van N3 wel betrouwbaar lager was dan N1 en N2, maar niet verschilde van N4 en N5.

3.2.2 Gerbera

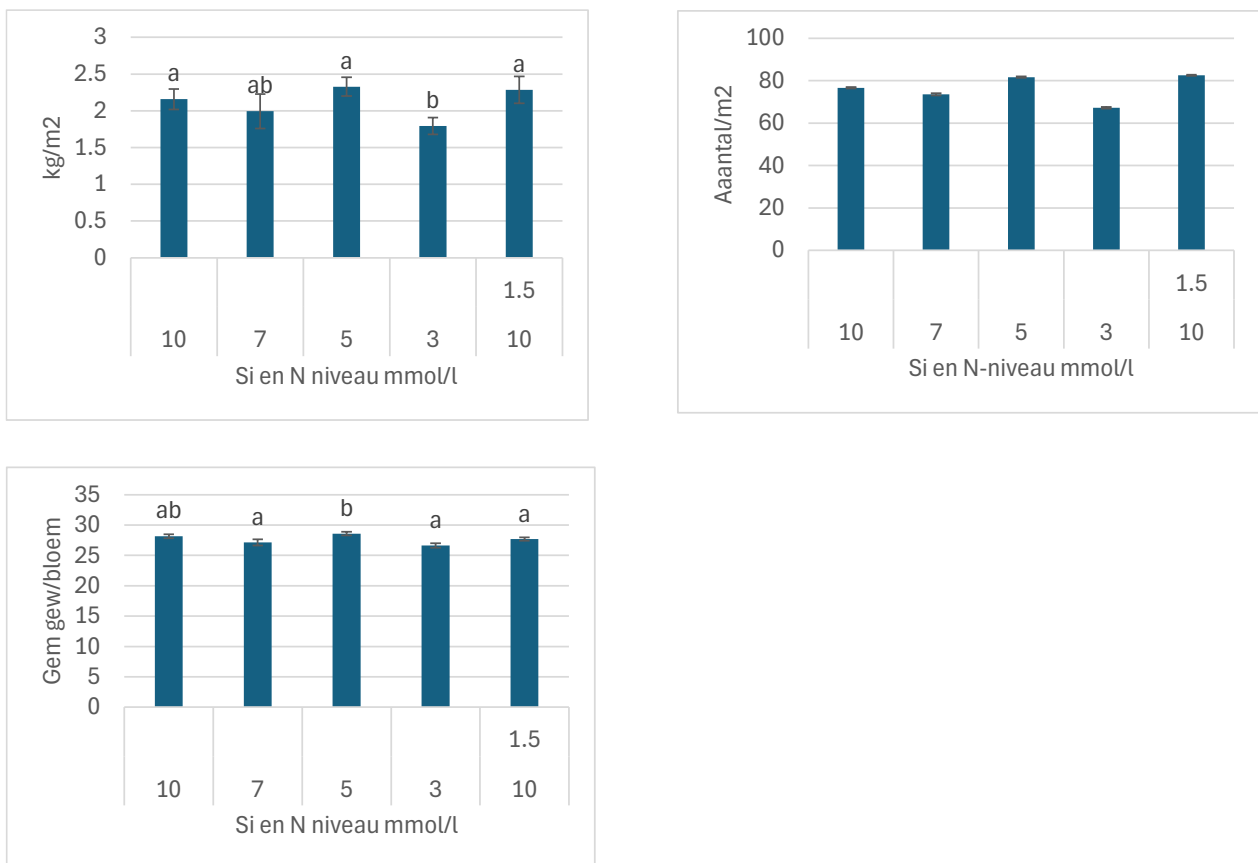
Bij experiment **Gerbera I** blijkt er een sterke afname in productie door verlaging van de N-concentraties, dit treedt op vanaf het niveau van 4 mmol/l (figuur 3.3). Zowel het aantal bloemen als de gemiddelde gewichten zijn bij 2 mmol NO_3/l fors lager dan de standaard N1, bij 4 mmol NO_3/l lijken de bloemgewichten niet beïnvloed. Dit leidt bij 2 mmol NO_3/l tot forse verlaging van de totale productie (kg/m²) ten opzichte van de standaard N1. De bloemlengte is alleen bij 2 mmol NO_3/l lager. Het effect van het N-niveau op de bloemdiameter is echter niet duidelijk beïnvloed door de behandelingen.



Figuur 3.3 De gemiddelde totaal productie in kg/m², aantal bloemen/m², gemiddeld bloemgewicht in grammen/stuk, gemiddelde bloemlengte in cm/bloem en de gemiddelde bloemdiameter in cm/bloem, van de vijf N-niveaus bij Gerbera I. De error-bar geeft de standaarddeviatie over de drie herhalingen. Kolommen met gelijke letter verschillen niet significant van elkaar (ANOVA met LSD test); bij bloemlengte en bloemdiameter verschilden de resultaten niet significant.

Statistische analyse: De ANOVA test (single factor): De totaalproductie in kg/m², het aantal/m² en gem gewicht g/bloem gaven significante verschillen, met een P-waarde van resp. <0.01, 0.04 en 0.015. De LSD test resulteerde erin dat bij het aantal/m² N4 en N5 betrouwbaar lager waren dan N1, N2 en dat N5 ook betrouwbaar lager was dan N3. Het gemiddeld bloemgewicht was alleen bij N5 significant lager dan alle overige behandelingen. De totaalproductie (kg/m²) was bij N4 en N5 betrouwbaar lager waren dan N1, N2 en bij N5 ook betrouwbaar lager dan N3.

Bij **Gerbera II** zijn de verschillen in productie veel minder uitgesproken dan bij Gerbera I. Het aantal bloemen neemt niet duidelijk af met een afnemende N-concentratie, alleen bij 3 mmol/l (N4) lijkt het wat lager uit te komen. Het gemiddeld gewicht is nauwelijks verschillend, maar is bij N3 (5 mmol/l) wat hoger. De totaalproductie komt bij 3 mmol/l wat lager uit (figuur 3.4). Er waren geen verschillen in bloemlengte tussen de behandelingen (data niet weergegeven). Dosering van Si gaf ook geen verschil in groei of productie.

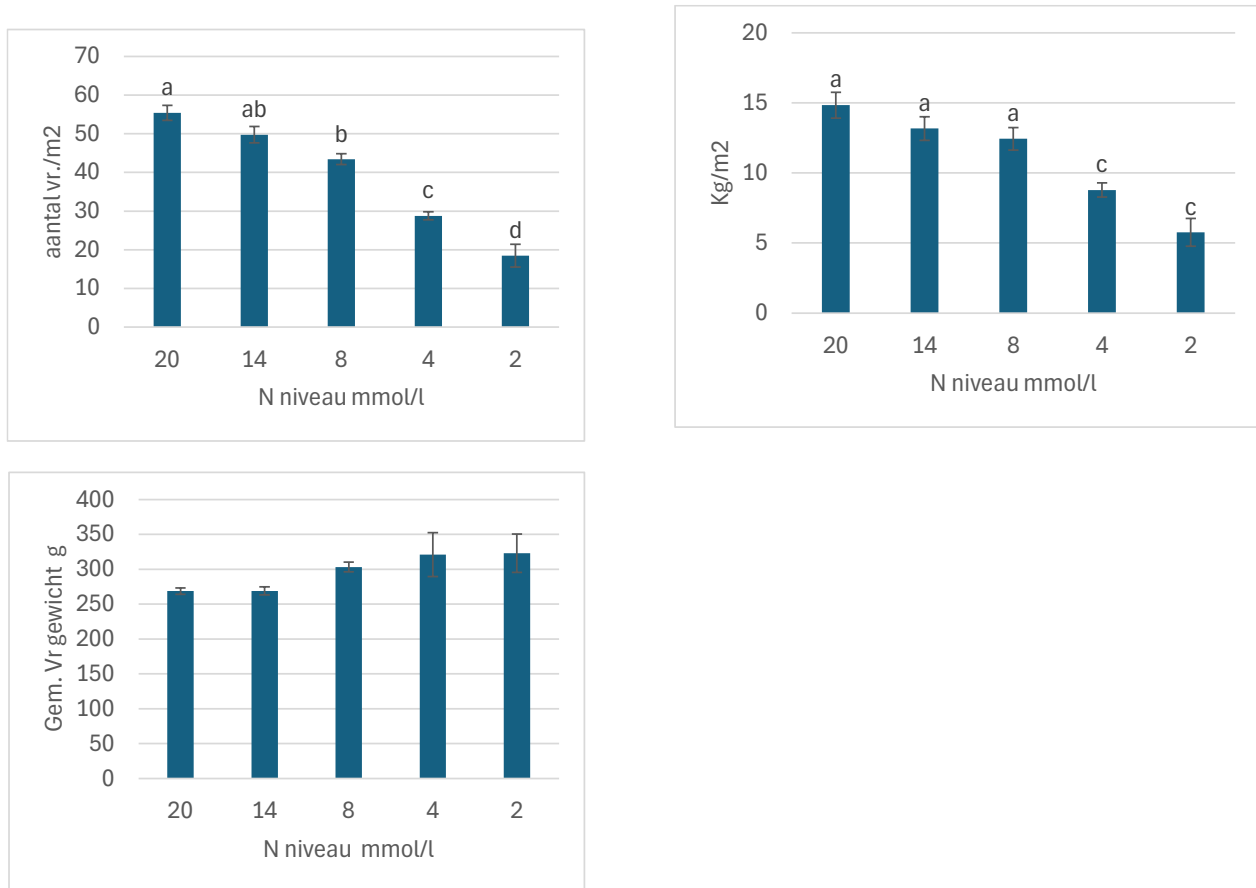


Figuur 3.4 De gemiddelde totaal productie in kg/m², aantal bloemen/m², gemiddeld bloemgewicht in grammen/stuk, van de vijf N-niveaus en de Si behandeling van Gerbera II. De error-bar geeft de standaarddeviatie over de drie herhalingen. Kolommen met gelijke letter verschillen niet significant van elkaar (ANOVA met LSD test); bij het aantal bloemen/m² verschilden de resultaten niet significant.

Statistische analyse: De ANOVA test (single factor): De totaalproductie (kg/m²), en het gem gewicht (g/bloem) gaven significante verschillen, met een P-waarde van resp. <0.03 en 0.05; de verschillen in aantal (aantal/m²) waren niet significant (P = 0.11). De LSD test gaf aan dat het bloemgewicht bij 5 mmol/m² (N3) betrouwbaar hoger was dan N2, N4 en Si. De totaalproductie (kg/m²) was bij 3 mmol N/l (N4) N5 betrouwbaar lager dan N1, N3 en Si.

3.2.3 Komkommer

Bij **komkommer 1** was er een sterk effect van de N-concentratie op de productie (figuur 3.5). Het aantal vruchten/m² daalde sterk met het dalen van de N concentratie, echter het gemiddeld vruchtgewicht nam daarentegen juist iets toe. Niettemin nam de totaalproductie (kg/m²) sterk af.



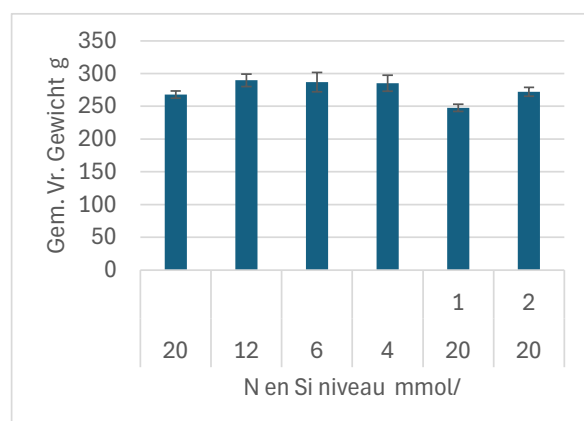
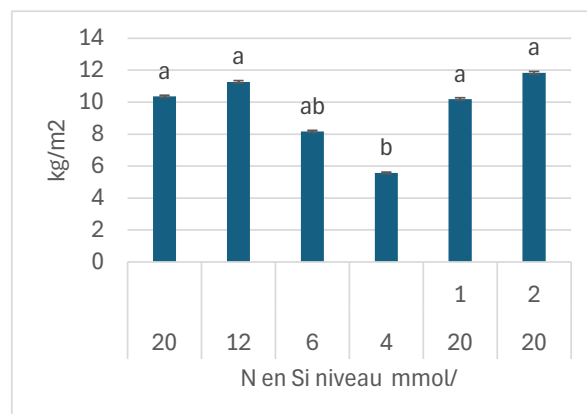
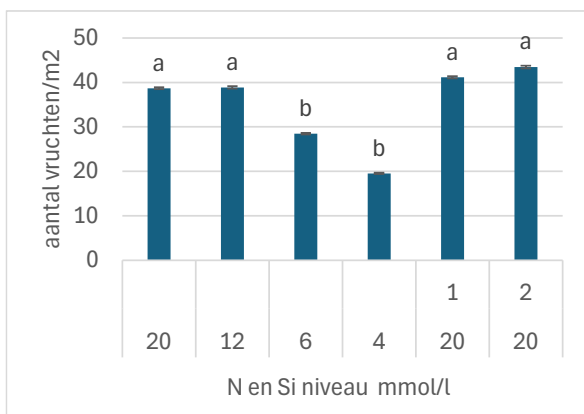
Figuur 3.5 De gemiddelde totaal productie in kg/m², aantal vruchten/m², gemiddeld vruchtgewicht in grammen/stuk, van de vijf N-niveaus bij komkommer I. De error-bar geeft de standaarddeviatie over de drie herhalingen. Kolommen met gelijke letter verschillen niet significant van elkaar (ANOVA met LSD test); bij het gemiddeld vruchtgewicht verschilden de resultaten niet significant.

Statistische analyse: De ANOVA test (single factor): De totaalproductie (kg/m²), en het aantal/m² gaven significante verschillen, met een P-waarde van <0.01; de verschillen in gem. vruchtgewicht waren niet significant (P = 0.27). De LSD test gaf aan dat het aantal/m² bij alle behandeling significant van elkaar verschilden, behalve tussen N1 en N2 en tussen N2 en N3. Bij de totaalproductie was het verschil tussen enerzijds N1, N2, N3 en N4 en N5 anderzijds significant.

Bij **Komkommer II** was er eveneens een sterk effect van het N-niveau op de productie. Zowel het aantal vruchten/m² als de totaalproductie in kg/m² was lager bij afnemend N (vanaf 6 mmol/l), terwijl het gemiddeld vruchtgewicht niet duidelijk verschillend was (figuur 3.6). De beide behandelingen met Si hadden geen effect op de productie.

Een opvallend verschijnsel was het optreden van de zogenaamde waslaag op de vruchten. Dit was een "zwart-wit" effect, en trad alleen op bij de Si-behandelingen.

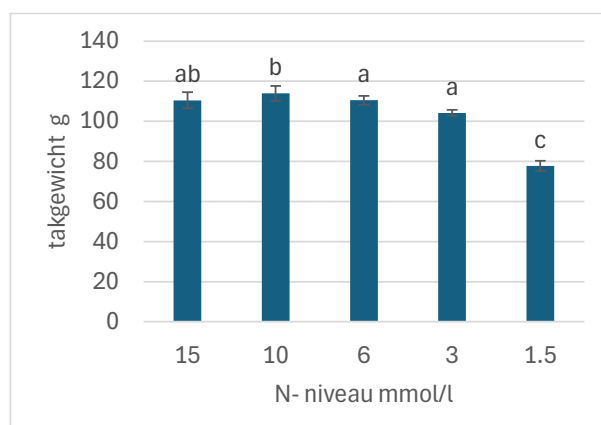
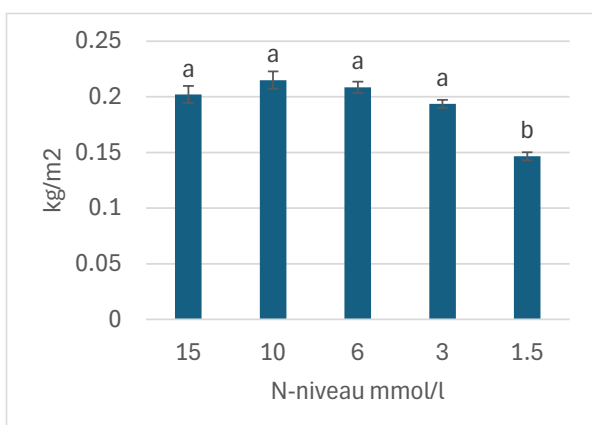
Statistische analyse: De ANOVA test (single factor): De totaalproductie (kg/m²), en het aantal/m² gaven significante verschillen, met een P-waarde van resp. 0.02 en <0.01; de verschillen in gem. vruchtgewicht waren niet significant (P = 0.9). De LSD test gaf aan dat het aantal/m² bij N3 en N4 significant lager waren dan de andere behandelingen, bij de totaalproductie (kg/m²) was N4 significant lager dan alle behandelingen, behalve het verschil met N3.



Figuur 3.6 De gemiddelde totaal productie in kg/m², aantal vruchten/m², gemiddeld vruchtgewicht in grammen/stuk, van de vijf N-niveaus en twee Si behandelingen bij komkommer II. De error-bar geeft de standaarddeviatie over de drie herhalingen. Kolommen met gelijke letter verschillen niet significant van elkaar (ANOVA met LSD test).

3.2.4 Chrysant

Bij **chrysant I** was er een sterke reductie in totaalproductie, door een aanzienlijk lager takgewicht bij het laagste N-niveau (1.5 mmol/l) (figuur 3.7). Bij het een na laagste N-niveau was het gewicht ook wat lager dan die bij de hogere N-niveaus. Tussen de eerste drie N-behandelingen waren de verschillen gering.

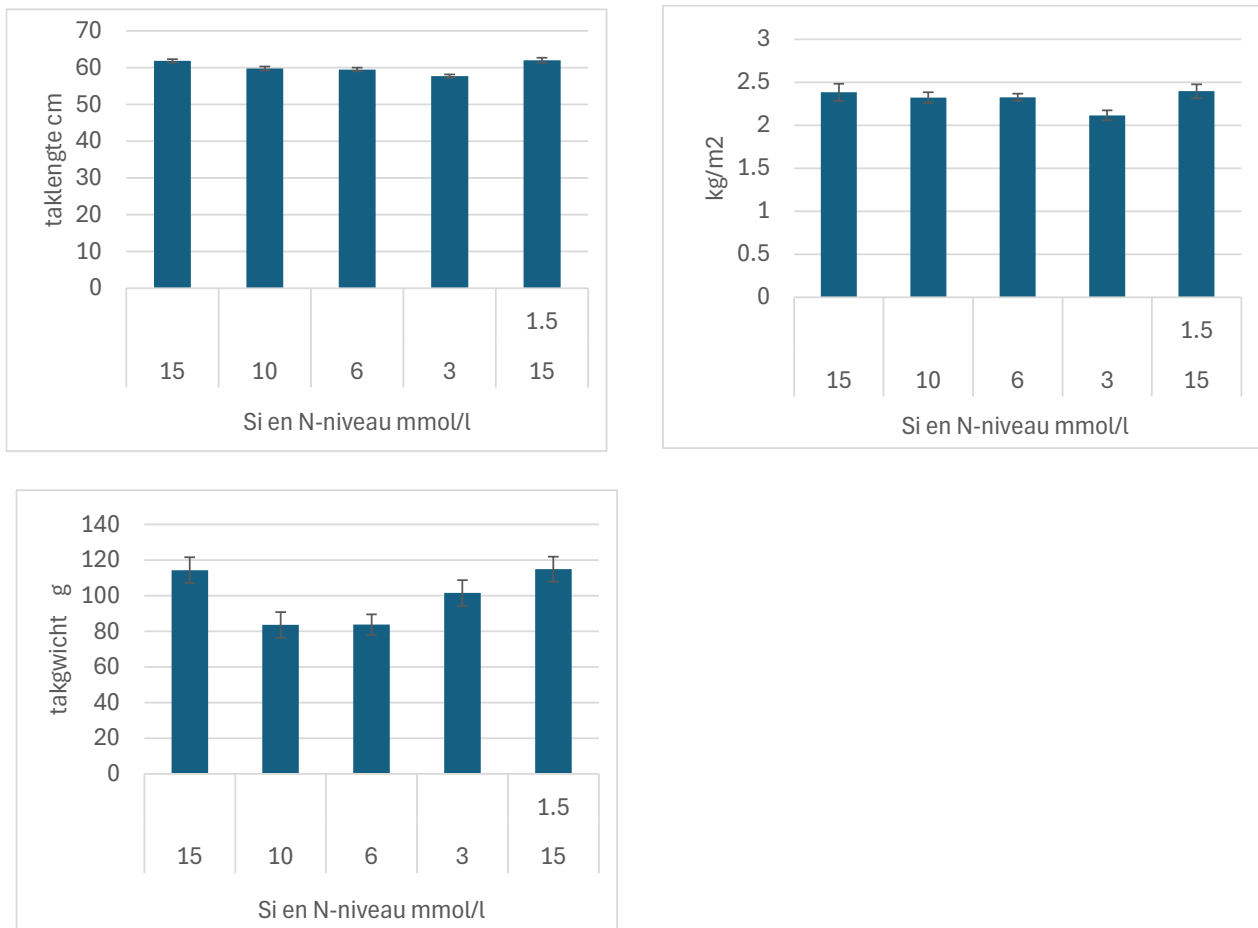


Figuur 3.7 De gemiddelde totaal productie (kg/m²), en het gemiddeld takgewicht in grammen/tak van de vijf N-niveaus van het 1^e experiment met chrysant. De error-bar geeft de standaarddeviatie over de vijf herhalingen. Kolommen met gelijke letter verschillen niet significant van elkaar (ANOVA met LSD test).

Statistische analyse: De ANOVA test (single factor): De totaalproductie (kg/m^2), en het gemiddelde takgewicht gaven significante verschillen, met een P-waarde van <0.01 . De LSD test gaf aan dat de kg/m^2 bij N5 significant lager was dan alle andere behandelingen, bij het takgewicht (kg/m^2) was N5 significant lager dan alle behandelingen en ook was N2 significant hoger dan N3 en N4, maar niet hoger dan N1.

Bij **Chrysant II** zijn de verschillen klein (figuur 3.8). De gemiddelde takgewichten en taklengte zijn vergelijkbaar, het niveau met N van 3 mmol/l heeft een wat lager gewicht. De Si behandeling heeft geen effect op de groei/productie.

Statistische analyse: De ANOVA test (single factor) toonde aan dat er geen significante verschillen in groei en productie waren.



Figuur 3.8 De gemiddelde totaal productie (kg/m^2), het gemiddeld takgewicht in g/tak en de gemiddelde taklengte van de vier N-niveaus en de behandeling met Si van het 2^e experiment met chrysant. De error-bar geeft de standaarddeviatie over de drie herhalingen. Bij alle drie de parameters verschilden de resultaten niet significant.

3.3 Nutriëntenopname en gewasanalyses

Van alle experimenten zijn gewasmonsters genomen en geanalyseerd op hoofd- en spoorelementen. In dit hoofdstuk wordt alleen de nutriënten behandeld die gerelateerd zijn aan de behandelingen: vooral N (N-totaal en $\text{NO}_3\text{-N}$) en soms Cl en S (SO_4) en voor de experimenten gerbera 2 en komkommer 2 ook Si. Informatie over de overige nutriënten zijn opgenomen in de bijlage 15. In alle experimenten zijn de nutriënten via droge stof methode geanalyseerd, in sommige experimenten zijn daarnaast plantsap analyses gedaan. Bij de droge stof is naast NO_3 een N-totaal analyse mogelijk, bij plantsap is alleen NO_3 en NH_4 mogelijk.

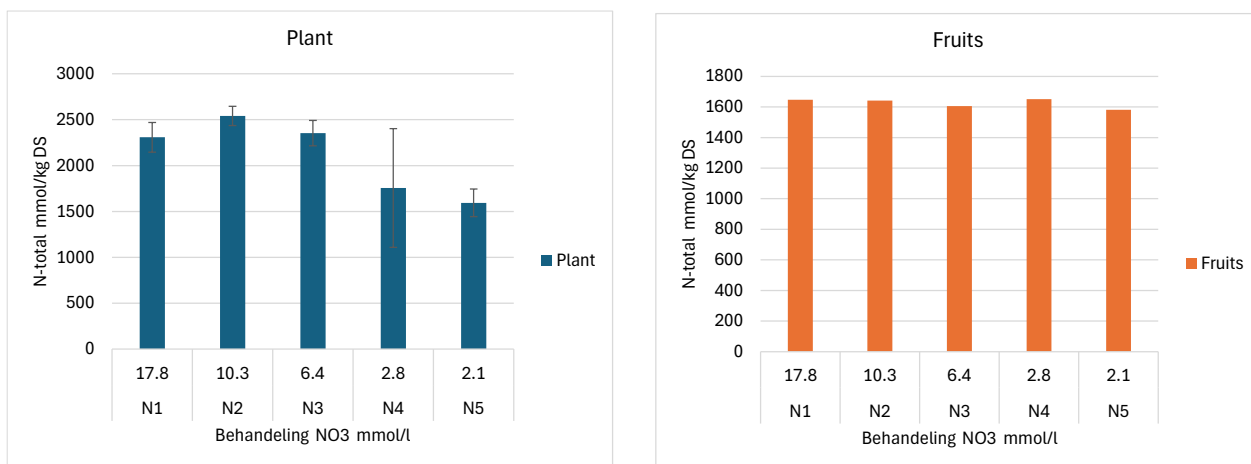
In dit hoofdstuk worden de resultaten per element besproken.

3.3.1 Stikstof

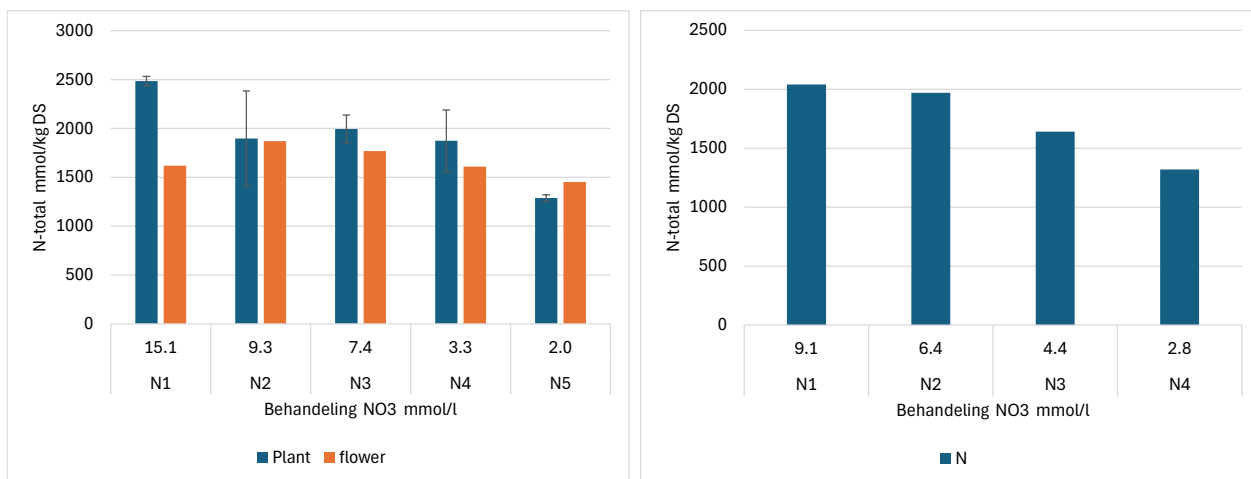
Droge stof analyses

Het is evident dat de N opname lager wordt bij een lager N-aanbod (figuren 3.8 – 3.11). Bij alle gewassen is dit effect zichtbaar in lagere N-totaal gehalten (op basis van droge stof analyses) in bladeren (gerbera, komkommer) of in volledige planten (paprika, chrysant) naarmate de NO_3 gift lager is. De afname in N gehalten in vruchten of bloemen (resp. paprika (figuur 3.8) en gerbera figuur 3.9) is beperkt bij de gerbera bloem of vrijwel afwezig (paprika vrucht).

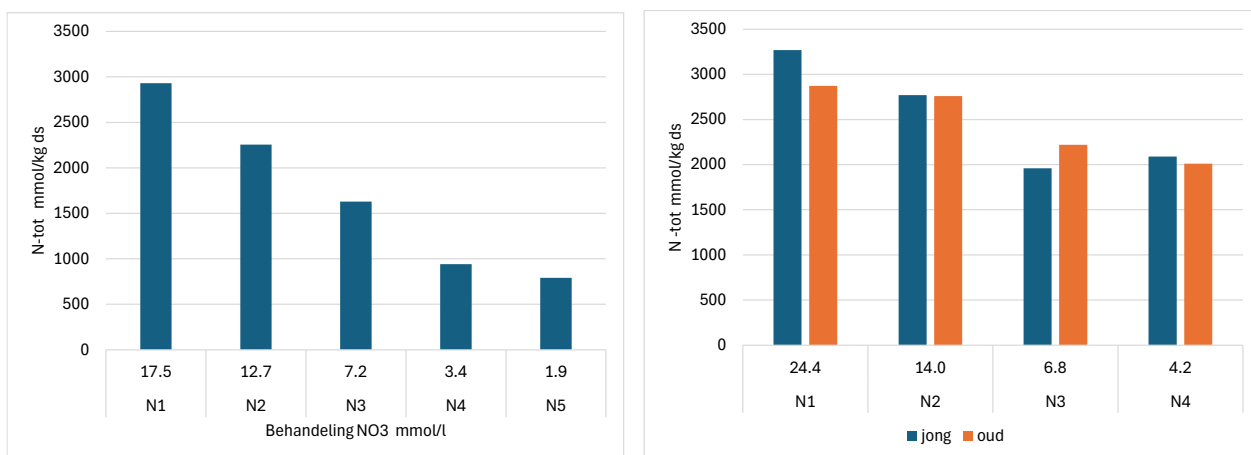
Bij komkommer valt op dat de afname in exp. 1 sterker is dan in exp. 2 (figuur 3.10). Dit kan het effect zijn van het groeiseizoen, exp 1 is (gezien het seizoen) twee weken eerder gestart dan exp. 2, waardoor de groeisnelheid en de relatieve N-behoefte in de tijd tot meer uitputting/verdunding van N heeft geleid. Het valt ook op dat de N-gehalten in het oude blad nauwelijks verschillen van die van jong blad (alleen bemonsterd in exp 1). De verwachting is dat een N-tekort vooral zichtbaar is in een sterke uitputting in oud blad, door her distributie van N vanuit oude bladeren. Opvallend is dat de Cl gehalten wel sterk toenamen (figuren 3.15-3.17). Hoewel er duidelijk N-gebrek zichtbaar was, kwam dit niet in de analyse tot uiting. Ook bij chrysant bleken de N-gehalten niet dramatisch veel lager te worden door verlaging van het N-aanbod (figuur 3.11).



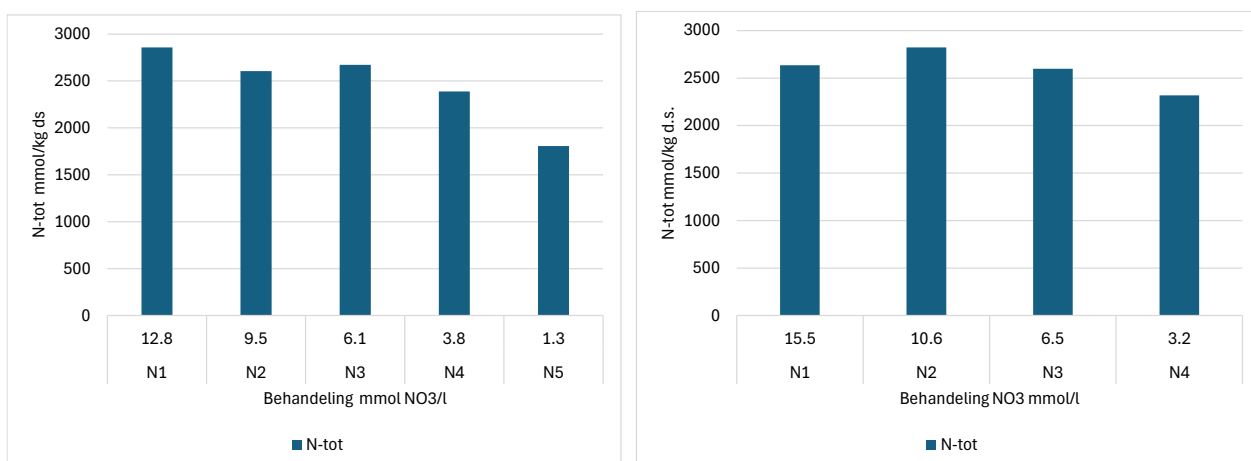
Figuur 3.8 N-gehalten, (N-totaal in mmol/kg d.s.) in de complete plant en in vruchten bij de vijf N-behandelingen bij paprika (planten: gemiddelden van drie herhalingen, vruchten in enkelvoud).



Figuur 3.9 N- gehalten (mmol/kg droge stof) in jong volgroeid blad en in bloemen van gerbera exp. 1 (links) en in jong volgroeid blad van gerbera exp. 2, bij de vijf (exp. 1) of vier (exp. 2) N-behandelingen. Jong blad in exp. 1, gemiddelden van drie herhalingen, bloemen (exp. 1) en blad (exp. 2) in enkelvoud.



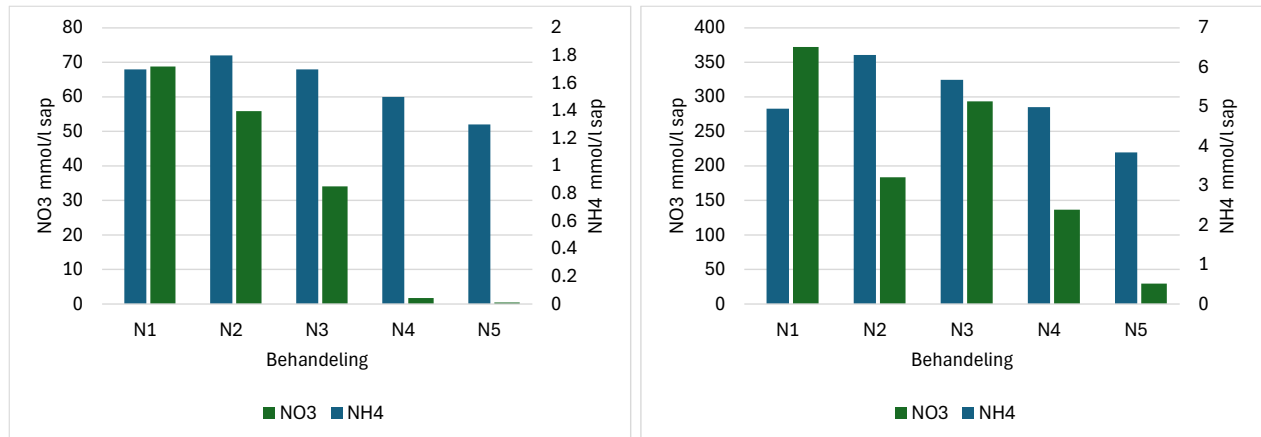
Figuur 3.10 N- gehalten (mmol/kg droge stof) in jong volgroeid blad bij komkommer exp 1 (links) en in jong volgroeid blad en oud blad in exp. 2 (rechts) bij de vijf N-behandelingen (exp. 1) of vier behandeling (exp. 2). Alle gewasmonsters in enkelvoud bemonsterd.



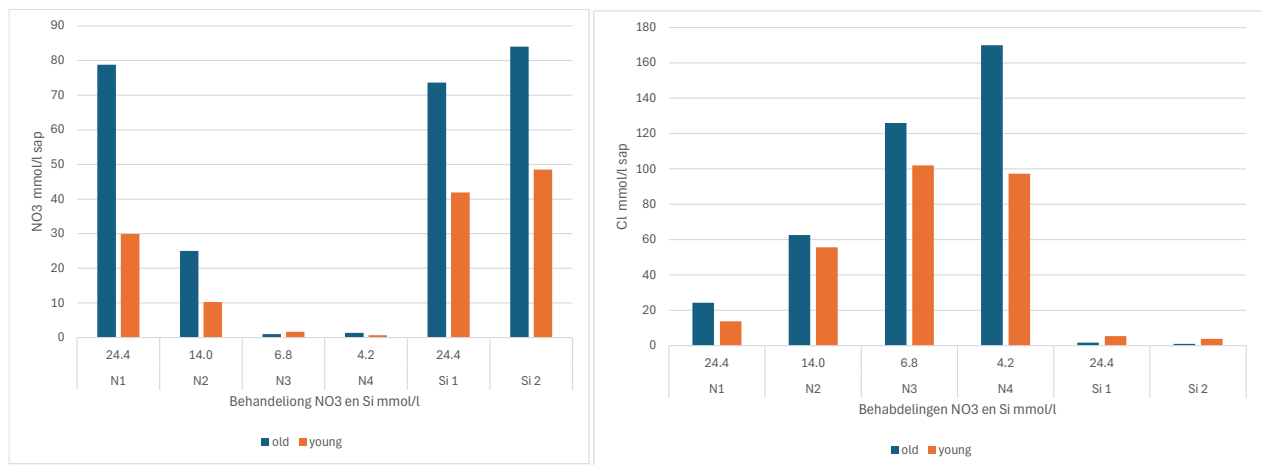
Figuur 3.11 N- gehalten (mmol/kg droge stof) in geoogste bloemtakken bij chrysant, bij de vijf N-behandelingen in exp 1, (links) en de vier- bij exp. 2 (rechts). Alle gewasmonsters in enkelvoud bemonsterd.

Plantsapanalyses

Een aantal keren zijn ook analyses uitgevoerd op basis van plantsap. In tegenstelling tot droge stof is alleen NO_3 en NH_4 te meten, en geen totaal-N. Er is een sterke afname te zien in de NO_3 concentratie in plantsap bij paprika (figuur 3.12) en komkommer (figuur 3.13) bij de laagste N-trappen tendent naar nul. Bij de gerbera is er ook een afname, echter, om onduidelijke redenen wijken N_2 en N_3 af van de te verwachten lijn. Voor NH_4 is er ook een afname te zien (figuur 3.12), maar deze gaat niet naar nul, echter het NH_4 niveau is sowieso zeer laag vergeleken met NO_3 . In oud blad blijkt de verlaging van NO_3 sterker dan in jong blad en verschilt wat dat betreft sterk met de trend van de Cl concentratie (figuur 3.13), als indicatie dat er bij de lagere N-trappen uitputting van N in oude bladeren plaatsvindt.

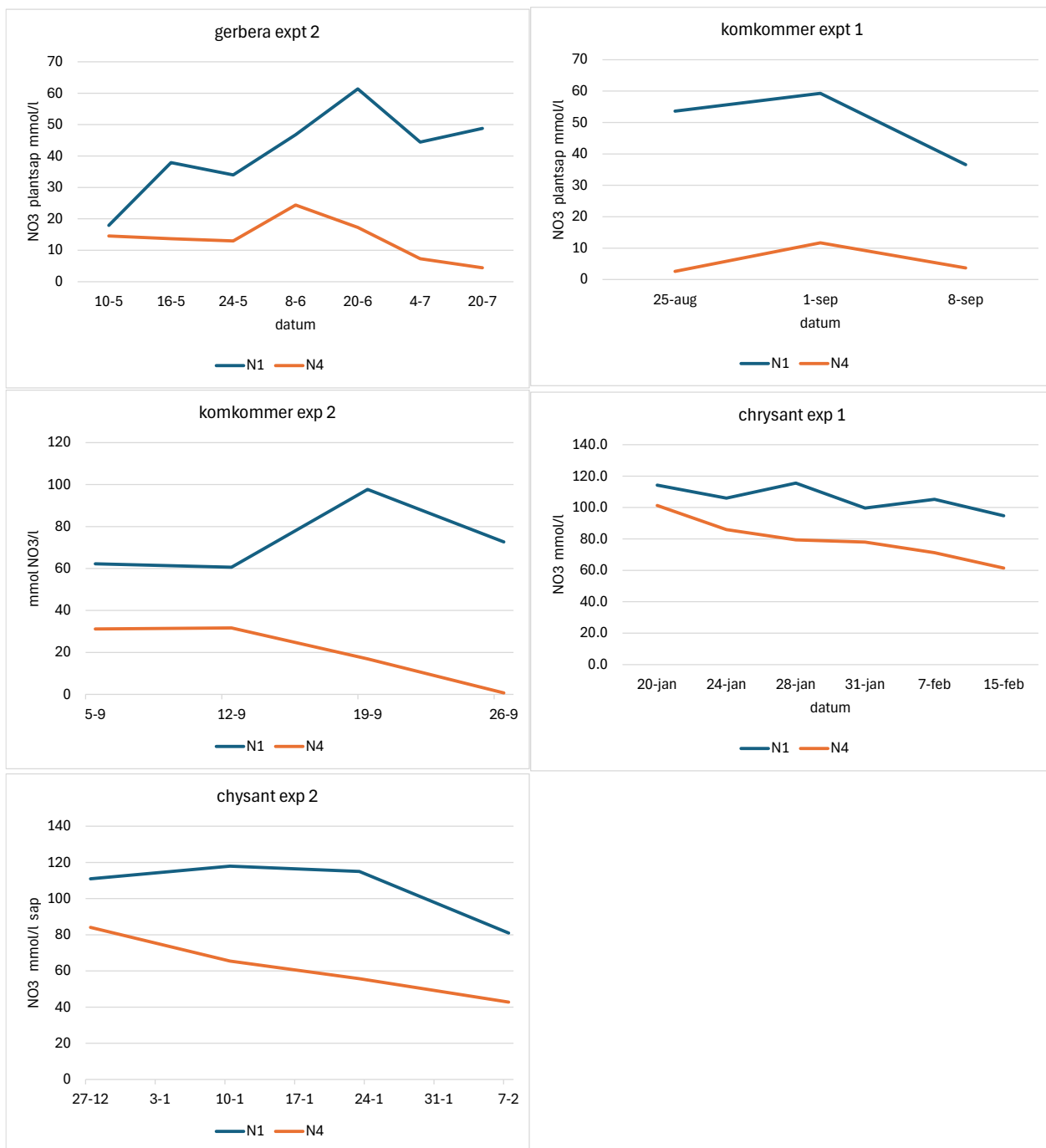


Figuur 3.12 NO_3 en NH_4 – concentraties (mmol/l plantsap) in blad bij paprika (links) en gerbera exp. 1 (rechts) bij de vijf N-behandelingen. Alle gewasmonsters zijn in enkelvoud bemonsterd.



Figuur 3.13 NO_3 concentraties (links) en Cl concentraties (rechts) (mmol/l plantsap) in jong en oud blad bij komkommer in exp. 2 bij de vier N-behandelingen en de twee Si niveau's. Alle gewasmonsters zijn in enkelvoud bemonsterd.

Bij gerbera (exp. 2), en bij de twee experimenten met komkommer en chrysant zijn bladmonsters voor plantsapanalyses genomen van N1 en N4 op regelmatige momenten in de tijd. De analyseresultaten laten zien dat er in vrijwel alle gevallen een afname is van NO_3 in de tijd (figuur 3.14) en er tussen N1 en N4 een flink verschil is in NO_3 concentratie (zoals ook in figuur 3.12 en 3.13). In een aantal gevallen (gerbera exp. 2, komkommer exp. 1) neemt het verschil tussen N1 en N4 toe met de tijd, bij komkommer 1 is dit echter niet het geval.



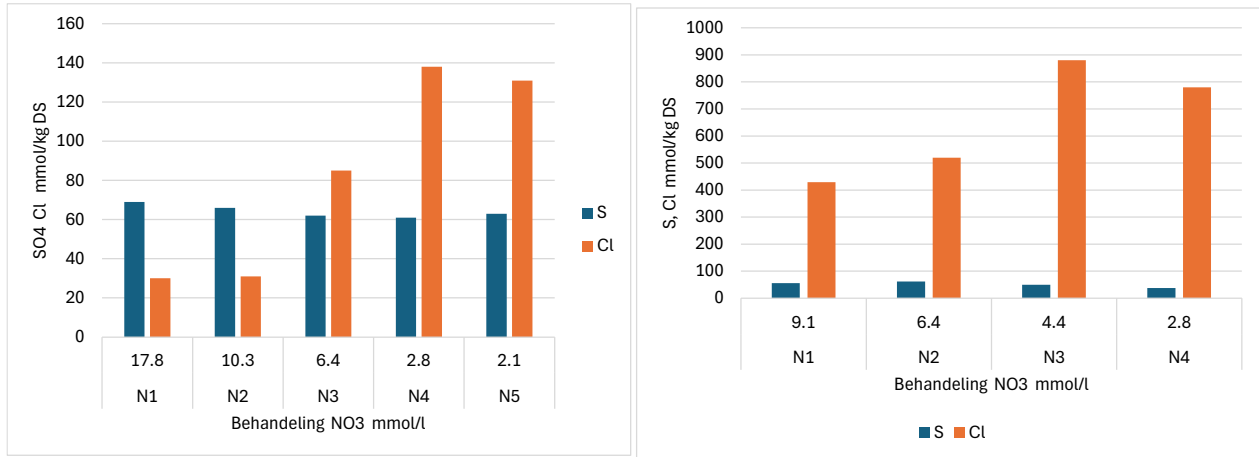
Figuur 3.14 Verloop van de NO₃ concentraties (mmol/l plantsap) in jong blad bij gerbera (exp. 2), komkommer (exp. 1 en 2) en chrysant (exp. 1 en 2) bij twee N-niveaus (N1 en N4) gedurende het experiment. Gewasmonsters in enkelvoud bemonsterd.

3.3.2 Chloride en sulfaat

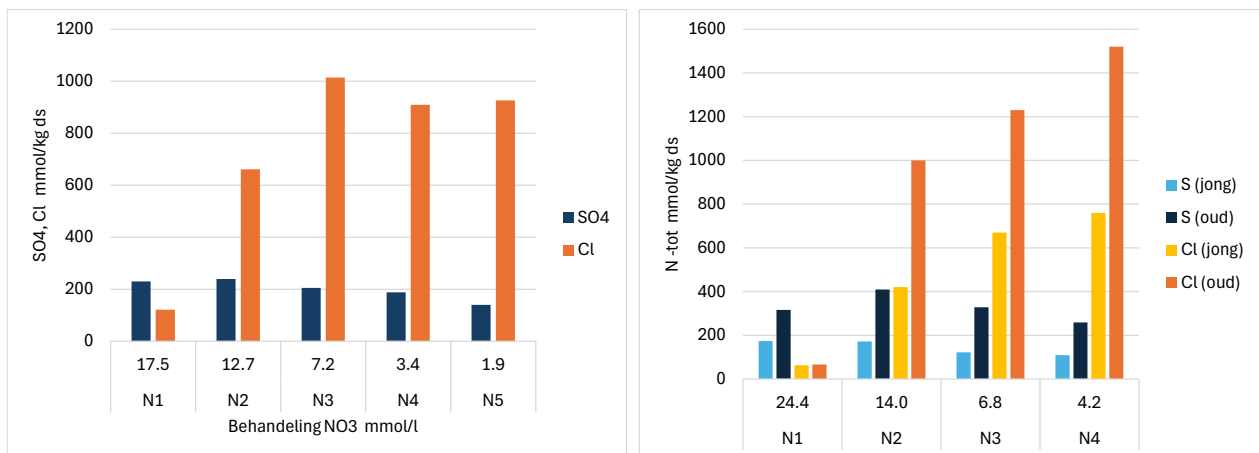
Een aantal figuren zijn opgenomen als voorbeeld van het effect van de N-trappen op de Cl⁻ en SO₄ opname en gewasgehalten, aangezien beide elementen ter compensatie van de NO₃⁻ verlaging werden toegepast in de voedingsoplossingen.

De gehalten aan S, (bepaald als SO₄) vertonen echter bij al de experimenten weinig tot geen variatie met de behandelingen en dus met de gedoseerde SO₄²⁻ concentratie (figuur 3.15 – 3.17). Er blijkt daarbij ook geen verschil te zijn tussen de verschillende plant-onderdelen (vruchten, jong of oud blad). De gehalten aan Cl lopen daarentegen parallel met de verlaagde N-concentratie en dus met de verhoogde Cl concentratie in de aangeboden voeding.

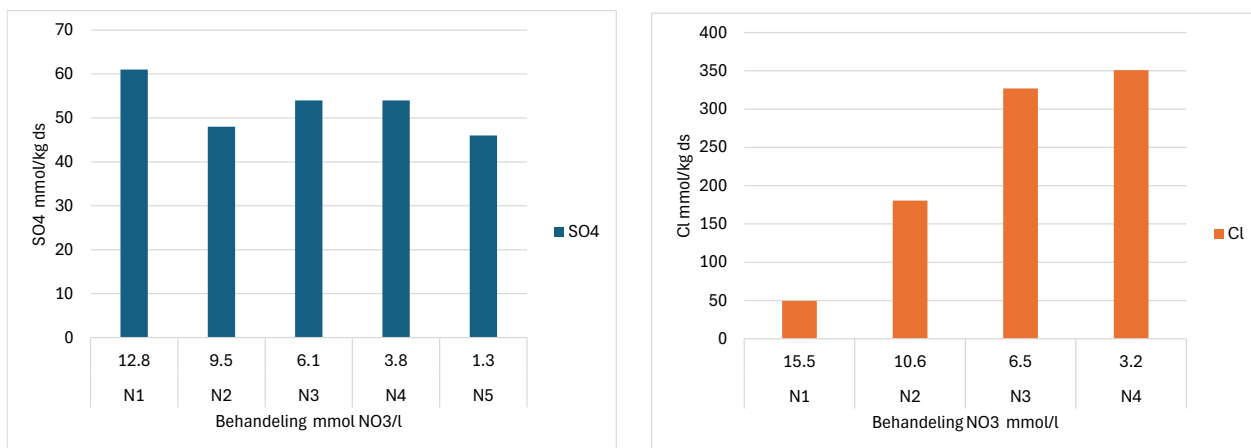
Dit is bij alle gewassen/experimenten het geval en ook treedt het op in alle onderzochte organen van de plant (figuur 3.15 – 3.17), waarbij het gehalte in oud blad bij komkommer exp 2, (figuur 3.16), sterker toeneemt dan in jong blad. Deze accumulatie is sterker dan die bij N (figuur 3.10 en 3.13), wat de algemene kennis over het gedrag van Cl bevestigt, namelijk dat de opname van Cl gemakkelijk verloopt en proportioneel is met de aangeboden concentratie. Niettemin lijkt er afvlakking op te treden bij de laagste N-trappen. Dit kan samenhangen met veranderingen in de algehele fysiologie van de plant, omdat bij dit niveau er sprake was van ernstig N-gebrek.



Figuur 3.15 SO₄ en Cl gehalten (mmol/kg droge stof) in vruchten van paprika (links) en in jong volgroeid blad van gerbera exp 2 (rechts) bij de vijf (paprika) of vier (gerbera) N-behandelingen. gemiddelden van drie herhalingen.



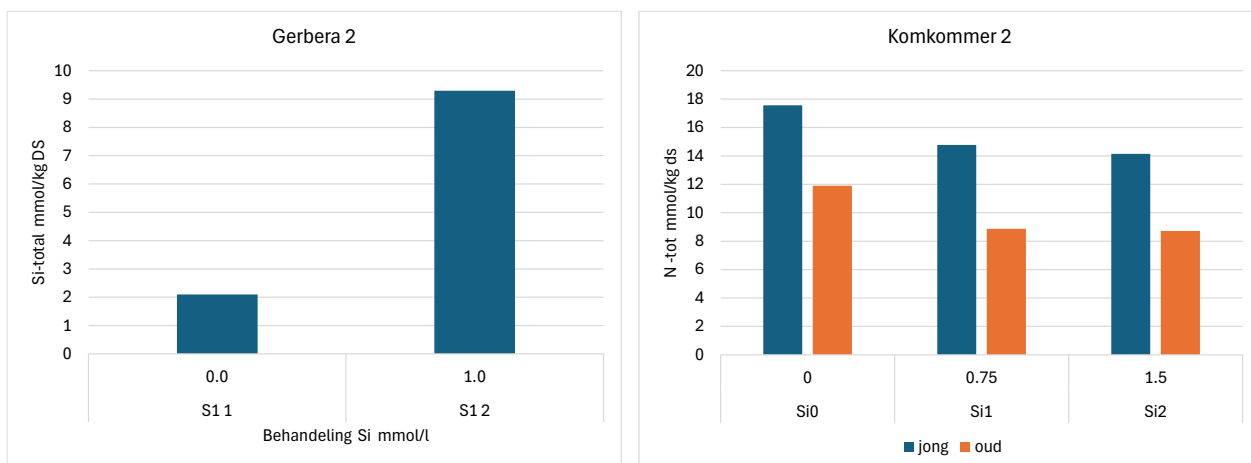
Figuur 3.16 SO₄ en Cl gehalten (mmol/kg droge stof) in jong blad van komkommer, exp. 1 (links) en in jong en oud blad van komkommer exp 2 (rechts) bij de vijf (exp. 1) of vier (exp. 2) N-behandelingen, analyses in enkelvoud uitgevoerd.



Figuur 3.17 SO₄ en Cl gehalten (mmol/kg droge stof) in de plant van chrysant, in exp. 1 (links) en exp. 2 (rechts) bij de vijf (exp. 1) of vier (exp. 2) N-behandelingen, analyses in enkelvoud uitgevoerd.

3.3.3 Silicium

Bij de experimenten waar ook Si een proeffactor was, zijn gewasmonsters ook geanalyseerd op Si. Bij gerbera lijkt er een geringe verhoging te zijn van de gehalten bij de behandeling waar Si is gedoseerd. Bij de komkommer is er geen effect te zien, ook is er in het oude blad een lagere concentratie gevonden dan in jong blad.

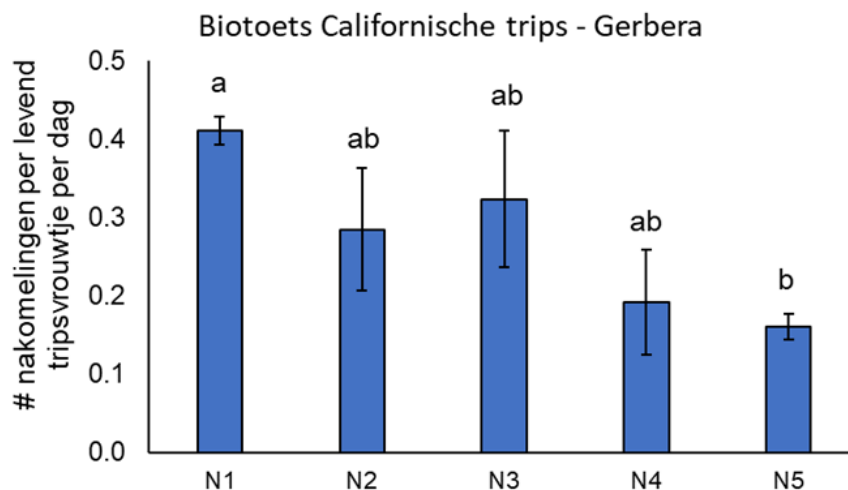


Figuur 3.18 Si gehalten (mmol/kg d.s.) in volgroeid blad bij gerbera exp. 2 (links) en jong en oud blad bij komkommer exp. 2 (rechts) bij de twee (gerbera of drie (komkommer) Si niveaus in de voeding. Alle gewasmonsters in enkelvoud bemonsterd.

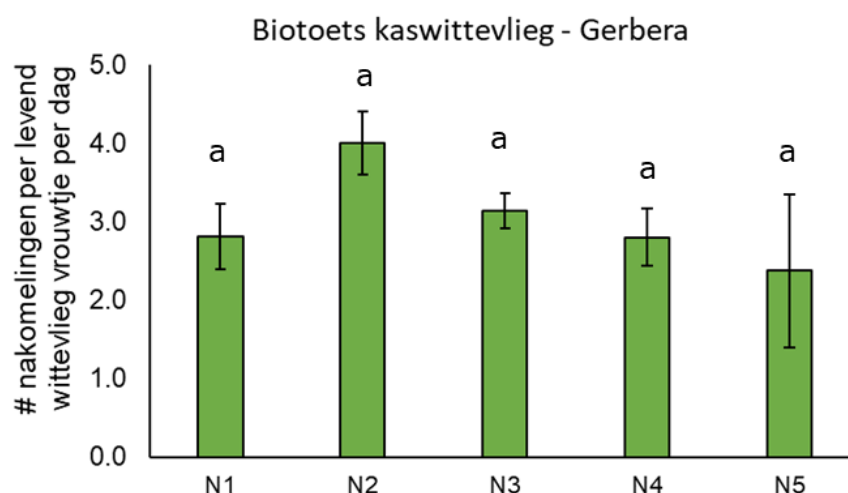
3.4 Plagen en biologische bestrijders

3.4.1 Gerbera

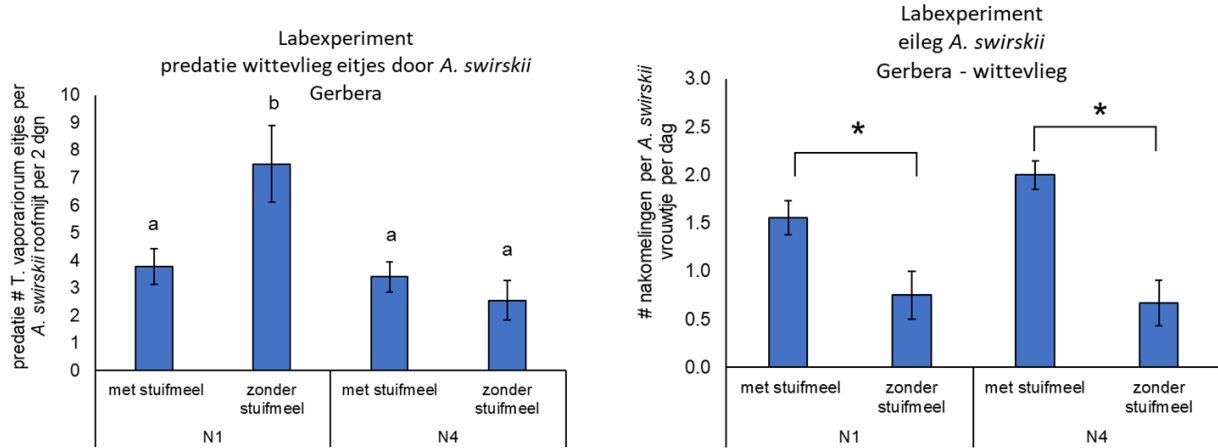
Binnen de eerste gerbera proef (Gerbera I), is het effect van de verschillende voedingsbehandelingen op het aantal Californische trips nakomelingen bepaald met een bladtoets. De behandeling N5, met de laagste concentratie N, liet een significante afname van het aantal nakomelingen per levend tripsvrouwkje per dag zien ten opzichte van de behandeling N1 (zie figuur 3.19). Voor witte vlieg is ook het aantal nakomelingen bepaald met een toets in clip-kooien. Voor witte vlieg werd geen verschil in aantal nakomelingen waargenomen tussen de verschillende N-behandelingen (zie figuur 3.20). Daarnaast is het effect op *A. swirskii* getoetst voor de behandelingen N1 en N4. In afwezigheid van additioneel voedsel (stuifmeel) was de predatie van wittevlieg eitjes door *A. swirskii* roofmijten significant hoger op gerberaplanten die bij hoge N gift waren geteeld (N1) vergeleken met gerbera planten die bij lagere N gift waren geteeld (N4). Dit verschil werd niet gezien in aanwezigheid van additioneel voedsel (zie figuur 3.21). Mogelijk hadden de wittevlieg eitjes in de hogere N trap een hogere voedingswaarde voor *A. swirskii*. Dit is echter niet gemeten en vertaalde zich ook niet naar een hogere eileg van *A. swirskii* in de afwezigheid van stuifmeel. In de aanwezigheid van stuifmeel was de eileg van *A. swirskii* roofmijten ongeveer 2x zo hoog als met enkel wittevlieg eitjes als voedsel (zie figuur 3.21).



Figuur 3.19 Resultaten van de biotoets met Californische trips tijdens de proef Gerbera I. Per behandeling (N1 tot N5) is het gemiddelde aantal nakomelingen per levend tripsvrouwkje per dag weergegeven met de standaard fout.

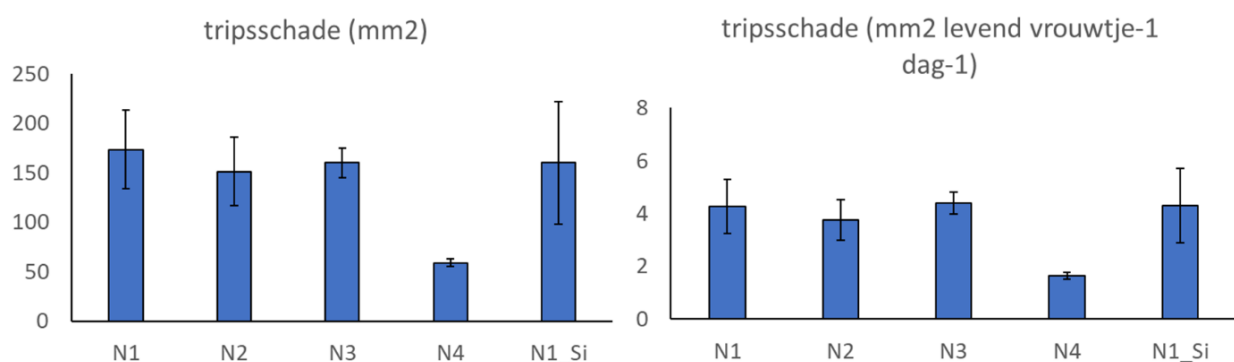


Figuur 3.20 Resultaten van de biotoets met witte vlieg tijdens de proef Gerbera I. Het gemiddeld aantal nakomelingen per levend witte vlieg vrouwkje per dag is weergegeven voor de verschillende behandelingen (N1 tot N5). De foutbalken geven de standaard fout weer.

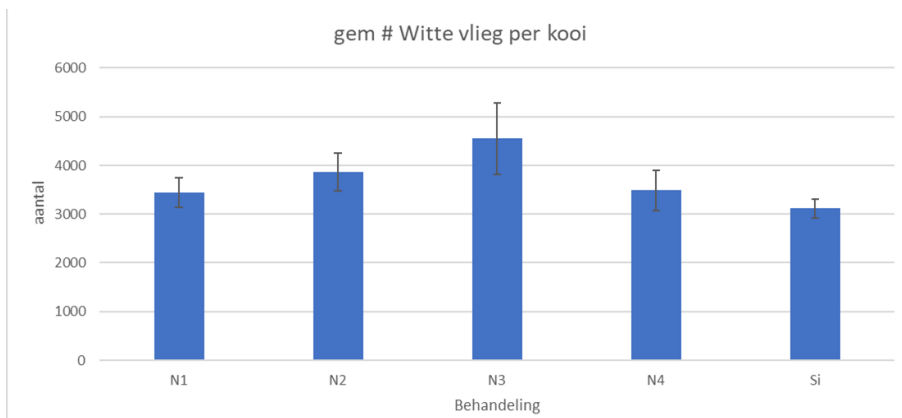


Figuur 3.21 Resultaten van het lab experiment met *A. swirskii* tijdens de proef Gerbera I. Witte vlieg werd opgevoerd op bladeren uit de N1 of N4 behandeling en eileg van wittevlies volwassen op deze behandelingen is verzameld. Vervolgens zijn roofmijten in een biotoets gehouden met deze wittevlies eitjes. Het aantal leeggezogen wittevlies eitjes (predatie, links) en aantal door de roofmijt gelegde eitjes (rechts) is weergegeven in aan en afwezigheid van stuifmeel als additioneel voedsel. Per behandeling is het gemiddelde en de standaard fout weergegeven.

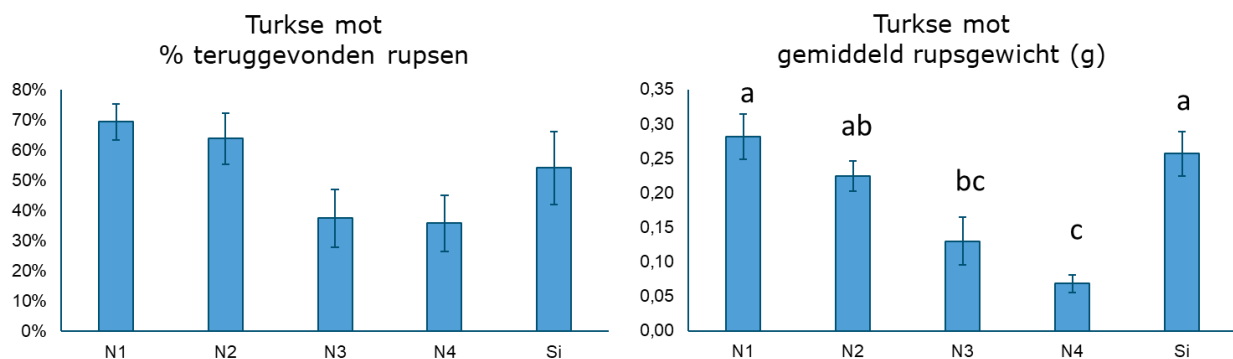
Tijdens de tweede gerbera proef is het effect van de verschillende voedingsbehandelingen op *F. occidentalis* trips bepaald door de hoeveelheid tripsschade te meten in een bladtoets. De tripsschade was niet significant verschillend tussen de verschillende behandelingen, al is er een duidelijke trend zichtbaar dat bij behandeling N4 minder tripsschade is waargenomen, zowel wanneer wordt gekeken naar de totale tripsschade als naar de tripsschade/levend vrouwtje/dag (zie figuur 3.22). De Si behandeling lijkt geen effect te hebben op trips. Voor witte vlieg is de populatie ontwikkeling gevolgd in een kooiproef. Er werd geen verschil in populatie grootte waargenomen tussen de verschillende behandelingen (zie figuur 3.23). Tenslotte is de ontwikkeling van Turkse mot rupsen geanalyseerd op planten van de verschillende voedingsbehandelingen (zie figuur 3.24). Rupsen die verzameld zijn van planten met een lagere N behandeling, waren significant lichter qua gewicht. Een lagere N gaf dus een significante daling op de ontwikkeling van Turkse mot. De Si behandeling lijkt geen effect te hebben op Turkse mot rupsen.



Figuur 3.22 Resultaten van de biotoets met Californische trips tijdens de proef Gerbera II. Per behandeling (N1 tot N4 en Si) is de tripsschade bepaald. Link is de gemiddelde hoeveelheid tripsschade in mm² weergegeven en rechts de gemiddelde tripsschade per levend vrouwtje per dag. De foutbalken geven de standaard fout weer.



Figuur 3.23 Resultaten van de kooiproef met witte vlieg tijdens de proef Gerbera II. Wittevlieg kon zes weken lang een populatie ontwikkelen in de kooien en de populatie ontwikkeling werd bepaald door het aantal wittevliesen per kooi te tellen aan het einde van het experiment. Het gemiddeld aantal wittevlies per kooi per behandeling is weergegeven. De foutbalken geven de standaard fout weer.



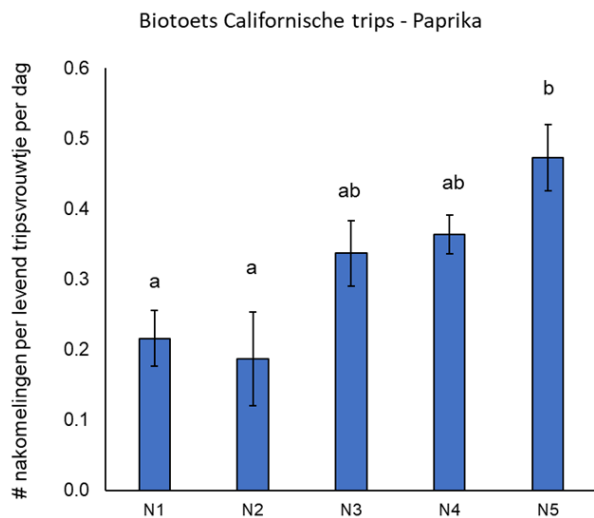
Figuur 3.24 Resultaten van de kooiproef met Turkse mot rupsen tijdens de proef gerbera II. Turkse mot rupsen van het eerste larvale stadium werden geïntroduceerd op planten van de verschillende behandelingen en na 18 dagen terug verzameld en gewogen. Links is het percentage teruggevonden rupsen weergegeven en rechts het gemiddelde gewicht per rups. De foutbalken geven de standaard fout weer.

Wanneer de resultaten van de eerste en tweede gerbera proef worden samengenomen, lijkt een lagere N behandeling een effect te hebben op trips (significant minder nakomelingen, trend naar minder trips schade). Ook de ontwikkeling van Turkse mot rupsen wordt vertraagd bij een lagere N behandeling. Op kaswitevlies (aantal nakomeling en populatie ontwikkeling) werd geen effect van de voedingsbehandelingen waargenomen.

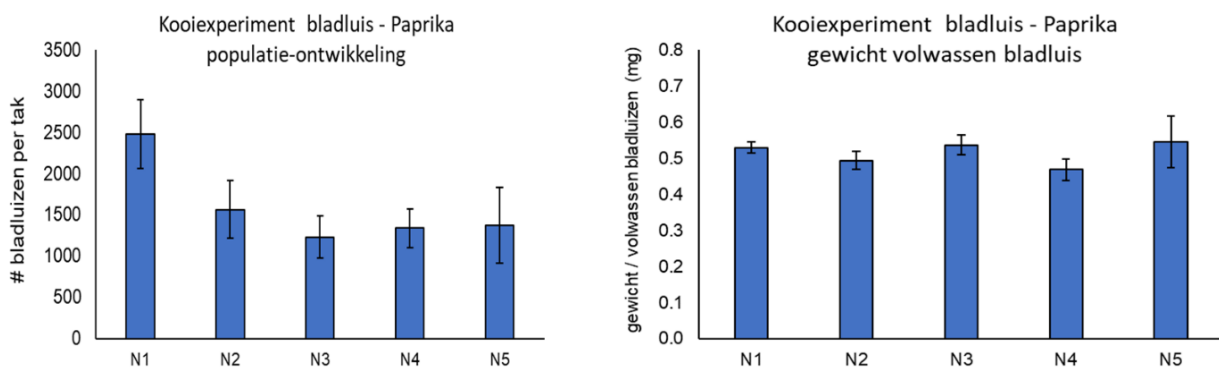
3.4.2 Paprika

Tijdens de paprika proef is het effect van verschillende voedingsbehandelingen op Californische trips (*F. occidentalis*) en bladluizen (*Myzus persicae*) getoetst. Voor Californische trips is het aantal nakomelingen bepaald in een biotoets. Tegen de verwachting in was er een significant effect van de voedingsbehandeling op de voortplanting van Californische trips in paprika: een lagere N-bemesting gaf een toename van het aantal nakomelingen/ levend tripsvrouwje per dag (zie figuur 3.25). Dit resultaat is het tegenovergestelde van de hypothese en de reden hiervoor is onduidelijk. Voor het effect op bladluizen (*Myzus persicae*) is de populatie ontwikkeling gevolgd in een kooiproef. Er lijkt een afname zichtbaar in het aantal bladluizen per tak bij een lagere N-behandeling, echter is dit verschil niet significant ($p=0.06$). Ook was het gewicht van de bladluizen hetzelfde tussen de verschillende voedingsbehandelingen (zie figuur 3.26).

In de paprika proef werd dus een onverwacht effect op het aantal trips nakomelingen waargenomen: een toename van het aantal nakomelingen bij de behandeling met een lager N-niveau. Voor bladluizen lijkt een lager N-niveau de populatie ontwikkeling te remmen, echter was dit effect niet significant.



Figuur 3.25 Resultaten van de biotoets met Californische trips tijdens de Paprika proef. Per behandeling (N1 tot N5) is het gemiddelde aantal nakomelingen per levend tripsvrouwje per dag weergegeven met de standaard fout.

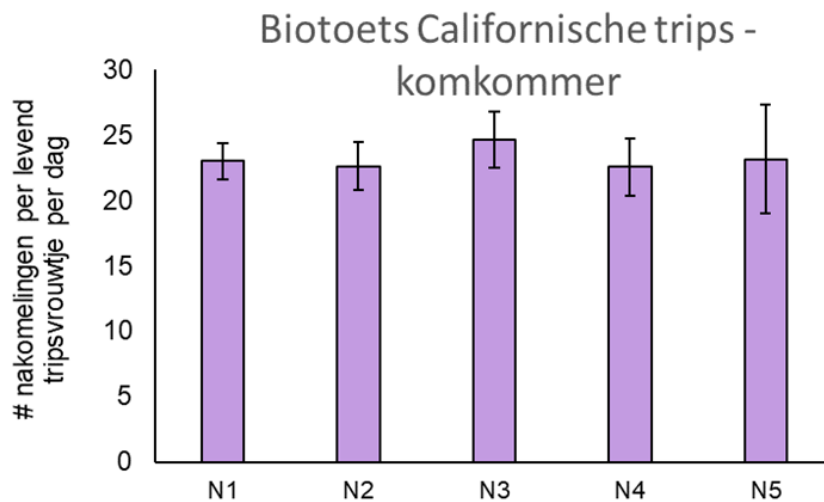


Figuur 3.26 Resultaten van de kooiproef met bladluis (*Myzus persicae*) tijdens de paprika proef. Bladluizen konden drie weken lang een populatie ontwikkelen in de kooien en de populatie ontwikkeling werd gemeten door het aantal bladluizen per tak te tellen aan het einde van het experiment. Het gemiddeld aantal bladluizen per tak per behandeling is weergegeven. Daarnaast is het gewicht van 2x20 bladluizen per tak bepaald. Het gemiddelde gewicht per behandeling is weergegeven. De foutbalken geven de standaard fout weer.

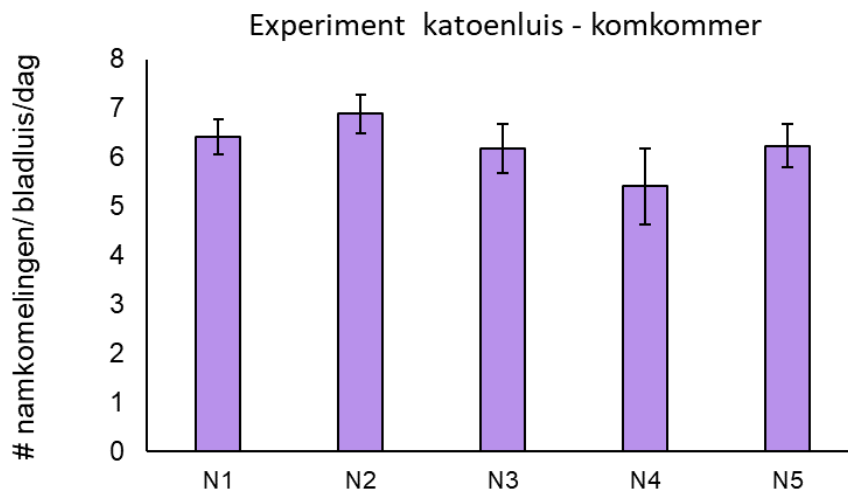
3.4.3 Komkommer

Tijdens de eerste komkommer proef is het effect van verschillende voedingsbehandelingen op Californische trips (*F. occidentalis*), katoenluizen (*aphis gossypii*) en sluipwespen (*Aphidius colemani*) getoetst. Voor Californische trips is het aantal nakomelingen bepaald in een biotoets. Waar in gerbera een afname in het aantal nakomelingen werd waargenomen bij de behandeling met een laag N-niveau, en in paprika juist een toename bij een laag N-niveau, werd in deze proef in komkommer geen effect waargenomen op het aantal trips nakomelingen (zie figuur 3.27). Met katoenluis is ook een biotoets uitgevoerd. Van katoenluizen die al twee generaties op blad van de verschillende behandelingen was grootgebracht, werd het aantal nakomelingen bepaald gedurende drie dagen. Er werd geen effect waargenomen van de voedingsbehandelingen op het aantal nakomelingen per bladluis (zie figuur 3.28). Daarnaast is het gewicht van volwassen bladluizen bepaald: ook deze werd niet beïnvloed door de verschillende voedingsbehandelingen (data niet weergegeven). Sluipwespen parasiteren katoenluizen en in deze proef is getoetst of de voedingsbehandeling van de planten waarop de katoenluizen ontwikkelen, een effect hebben op de ontwikkelingssnelheid en grootte van de sluipwespen. Hiervoor is behandeling N1 met behandeling N4 vergeleken.

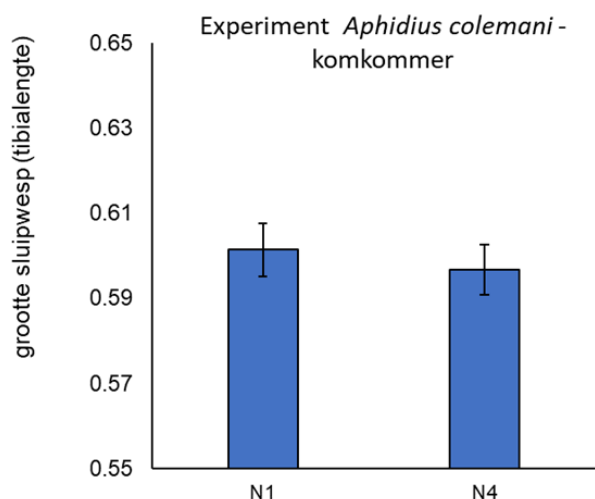
De hypothese is dat katoenluizen, die zich voeden op planten met een lager N-niveau, minder snel ontwikkelen en/of een lagere voedingswaarde hebben en daarmee mogelijk een minder goede host kunnen worden voor de natuurlijke vijand *Aphidius colemani*. Wanneer een bladluis geparasiteerd wordt door een sluipwesp, verandert deze bladluis in een mummie. De tijd tot mummificatie van de bladluis en vervolgens uitkomen van de sluipwesp is gemeten en deze ontwikkelingstijd was hetzelfde voor beide behandelingen (N1 en N4, data niet weergegeven). De grootte van de sluipwesp, gemeten aan de grootte van de tibia van de linker achterpoot, was ook hetzelfde wanneer bladluizen van de behandelingen N1 en N4 werden gebruikt als host (zie figuur 3.29). De voedingsbehandelingen waarop de katoenluizen zijn opgegroeid lijken daarmee geen effect te hebben op de ontwikkeling van de sluipwesp.



Figuur 3.27 Resultaten van de biotoets met Californische trips tijdens de proef Komkommer I. Per behandeling (N1 tot N5) is het gemiddelde aantal nakomelingen per levend tripsvrouwje per dag weergegeven met de standaard fout.

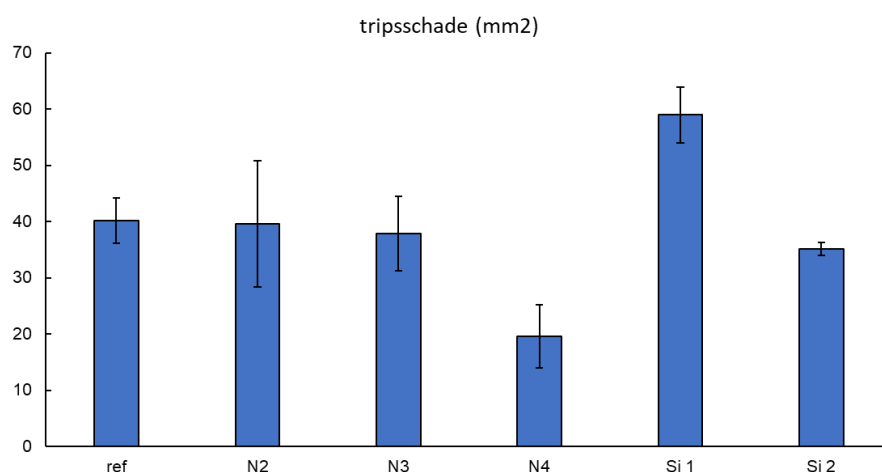


Figuur 3.28 Resultaten van de biotoets met katoenluis tijdens de proef Komkommer I. Het gemiddeld aantal nakomelingen per bladluis per dag is weergegeven voor de verschillende behandelingen (N1 tot N5). De foutbalken geven de standaard fout weer.

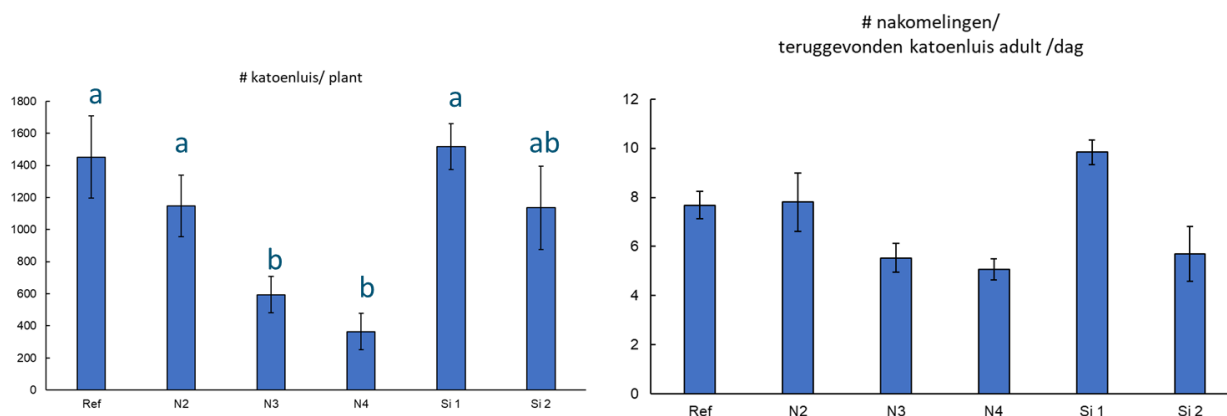


Figuur 3.29 Resultaten van een proef met sluipwesp tijdens de proef Komkommer I. Katoenluizen werden opgegroeid op komkommer planten, die voedingsbehandelingen N1 of N4 kregen. Vervolgens werden deze katoenluizen geparasiteerd door de sluipwesp. Van de uit deze bladluizen ontwikkelde adulte sluipwesp werd vervolgens de tibialengte bepaald. De gemiddelde tibialengte per behandeling is weergegeven (N1 en N4). De foutbalken geven de standaard fout weer.

In de tweede komkommer proef is het effect van verschillende voedingsbehandelingen op Californische trips (*F. occidentalis*) en katoenluizen (*aphis gossypii*) getoetst. Het effect op *F. occidentalis* trips is bepaald door de hoeveelheid tripsschade te meten in een bladtoets. De tripsschade was niet significant verschillend tussen de verschillende behandelingen, al is er een duidelijke trend zichtbaar dat bij behandeling N4 minder tripsschade is waargenomen ($P=0.076$) (zie figuur 3.30). De Si behandeling lijkt geen effect te hebben op trips. De populatie ontwikkeling van katoenluis is gevolgd in een kooiproef op planten die gevoed zijn met de verschillende N en Si niveaus. Een significante afname van het aantal katoenluizen per plant is waargenomen bij de voedingsbehandelingen met een lager N-niveau (N3 en N4), zie figuur 3.31. Er is geen significant effect van de twee geteste Si behandelingen op de katoenluis populatie ontwikkeling. Daarnaast is het aantal nakomelingen van katoenluizen per dag bepaald gedurende drie dagen. Er is een trend zichtbaar met minder nakomelingen bij behandelingen met een lager N-niveau, echter was deze afname niet significant (zie figuur 3.31). Ook de silicium behandelingen hadden geen significant effect op het aantal nakomelingen ten opzichte van de referentie (N1).



Figuur 3.30 Resultaten van de biotoets met Californische trips tijdens de proef Komkommer II. Per behandeling (N1 (=ref) tot N4 en Si1 en Si2) is de tripsschade bepaald. De gemiddelde hoeveelheid tripsschade in mm² is weergegeven, de foutbalken geven de standaard fout weer.



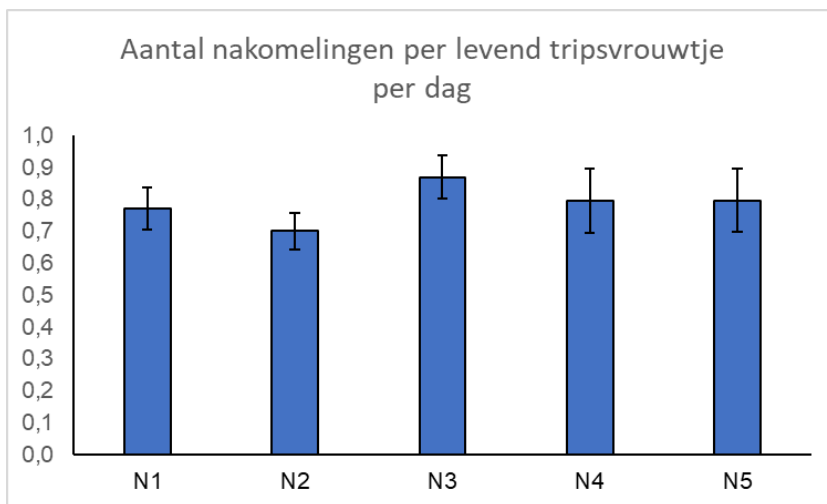
Figuur 3.31 Resultaten van de kooiproef met katoenluis tijdens de proef Komkommer II. Katoenluis kon twee weken lang een populatie ontwikkelen in de kooien en de populatie ontwikkeling werd bepaald door het aantal katoenluizen per kooi te tellen aan het einde van het experiment. Het gemiddeld aantal katoenluizen per plant per behandeling is weergegeven in de linker grafiek. De foutbalken geven de standaard fout weer. Daarnaast zijn bij de eindwaarneming zeven random adulten overgezet op een jonge plant (die dezelfde voedingsbehandeling kreeg), en is na 72 uur het aantal nakomelingen geteld. Het gemiddelde aantal nakomelingen per katoenluis per dag is in de rechter grafiek weergegeven. De foutbalken geven de standaard fout weer.

Wanneer de resultaten van de eerste en tweede komkommer proef worden samengenomen, lijkt een lagere N behandeling geen duidelijk effect te hebben op trips: in de eerste proef is geen verschil waargenomen in het aantal nakomelingen, in de tweede proef is een trend naar minder tripsschade bij een lager N-niveau zichtbaar, maar deze is niet significant. Op katoenluis zijn de waarnemingen verschillend. De eerste proef liet geen effect op het aantal nakomelingen zien, waar de tweede proef een significant lagere populatie ontwikkeling bij een lager N-niveau en een trend van minder nakomelingen bij een lager N-niveau. Tijdens de eerste proef is een bladtoets uitgevoerd en in de tweede proef een kooiproef. De kooiproef is mogelijk betrouwbaarder, omdat dit een betere afspiegeling is van de praktijk. Daarbij zijn bladluizen floeem voeders. Op planten kunnen ze dus normaal voeden, waar op een bladtoets de floeem stromen verstoord zijn. Om het effect van een lager N-niveau op katoenluizen met zekerheid vast te stellen, zou deze kooiproef herhaald moeten worden.

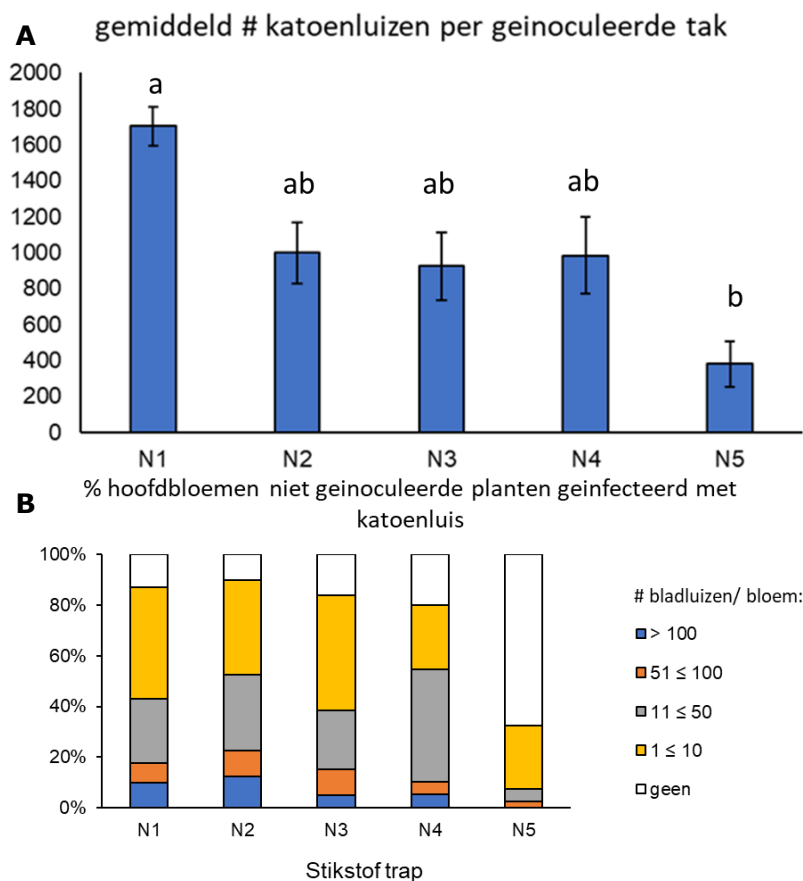
3.4.4 Chrysant

Tijdens de eerste chrysant proef is het effect van verschillende voedingsbehandelingen op Californische trips (*F. occidentalis*) en katoenluizen (*aphis gossypii*) getoetst. Voor Californische trips is het aantal nakomelingen bepaald in een biotoets. Net zoals in de proef komkommer I, werd in deze proef in chrysant geen effect van de N-niveaus waargenomen op het aantal trips nakomelingen (zie figuur 3.32). Dit in tegenstelling tot de resultaten in de eerste gerbera proef (minder nakomelingen bij lager N niveau) en paprika (meer nakomelingen bij lager N-niveau). Het effect op trips van de verschillende voedingsbehandelingen lijkt dus zeer gewas specifiek. Wat de onderliggende mechanismen zijn, is tijdens dit project niet onderzocht.

De populatie ontwikkeling van katoenluis is gevolgd op chrysant planten die gevoed zijn met de verschillende N-niveaus. Een significante afname van het aantal katoenluizen per uitzetplant is waargenomen bij de voedingsbehandelingen met het laagste N-niveau (N5), zie figuur 3.33A. Ook de omliggende planten rondom de uitzetplant laten minder katoenluizen per bloem zien met een aanzienlijk groter percentage bloemen waar geen bladluizen op zijn waargenomen bij voedingsbehandeling N5 (zie figuur 3.33B). De populatie ontwikkeling van katoenluizen was dus verminderd wanneer voedingsbehandeling met een laag N-niveau werd toegepast.



Figuur 3.32 Resultaten van de biotoets met Californische trips tijdens de proef chrysant I. Per behandeling (N1 tot N5) is het gemiddelde aantal nakomelingen per levend tripsvrouwkje per dag weergegeven met de standaard fout.

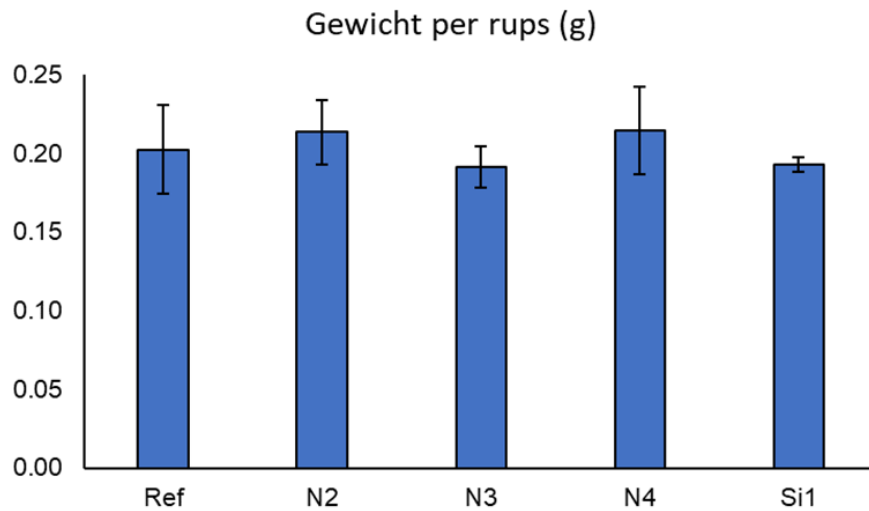


Figuur 3.33 Resultaten van populatie ontwikkeling experiment met katoenluis tijdens de proef Chrysant I. Katoenluis kon een maand lang een populatie ontwikkelen op de chrysant planten en de populatie ontwikkeling werd bepaald door het aantal katoenluizen in de uitzetplanten te tellen aan het einde van het experiment. Daarnaast zijn in 10 hoofdbloemen van buurplanten van de uitzetplanten het aantal katoenluizen geteld. Hierbij zijn de bloemen in categorieën ingedeeld: Geen bladluis; $1 \leq 10$ bladluizen/bloem; $11 \leq 50$ bladluizen/bloem; $51 \leq 100$ bladluizen/ bloem; > 100 bladluizen/bloem.

A. Het gemiddeld aantal katoenluizen per plant per behandeling in de uitzetplanten is weergegeven. De foutbalken geven de standaard fout weer.

B. De resultaten van de tellingen op de buurplanten zijn weergegeven. Per behandeling is het percentage van de verschillende categorieën te zien o.b.v. aantal bladluizen per bloem.

Tijdens de tweede chrysant proef is het effect van verschillende voedingsbehandelingen op de ontwikkeling van Turkse mot rupsen getest. Rupsen zijn voor 19 dagen uitgezet op de planten en vervolgens is het gewicht van de individuele rupsen bepaald. De verschillende behandelingen (N en Si niveaus) hadden geen effect op het gewicht van de Turkse mot rupsen, dit in tegenstelling tot de resultaten in proef gerbera II. Dit effect op Turkse mot rupsen lijkt dus ook gewas specifiek.



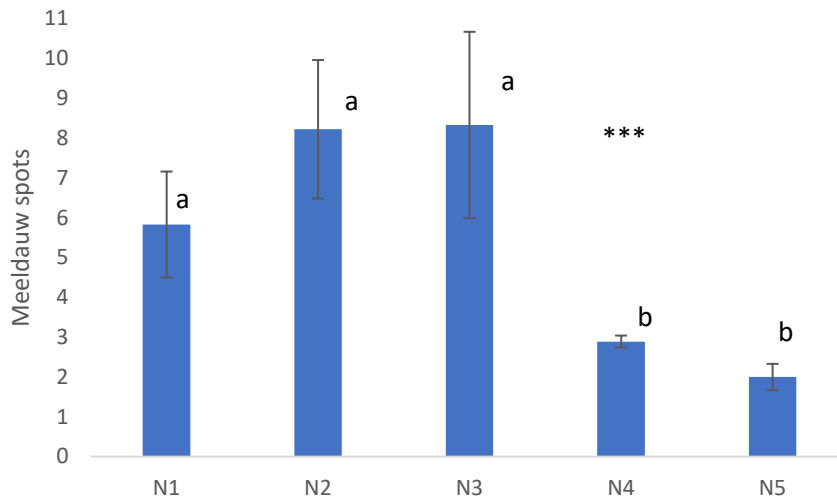
Figuur 3.34 Resultaten van de proef met turkse mot rupsen tijdens de proef chrysant II. Turkse mot rupsen van het eerste larvale stadium werden geïntroduceerd op planten van de verschillende behandelingen en na 19 dagen terug verzameld en gewogen. Per behandeling is het gemiddelde gewicht per rups weergegeven met de standaard fout.

De twee proeven in chrysant lieten geen effect van de voedingsbehandelingen op trips en Turkse mot zien, echter de populatie ontwikkeling van katoenluizen was wel verminderd wanneer voedingsbehandeling met een laag N-niveau werd toegepast.

3.5 Ziekten

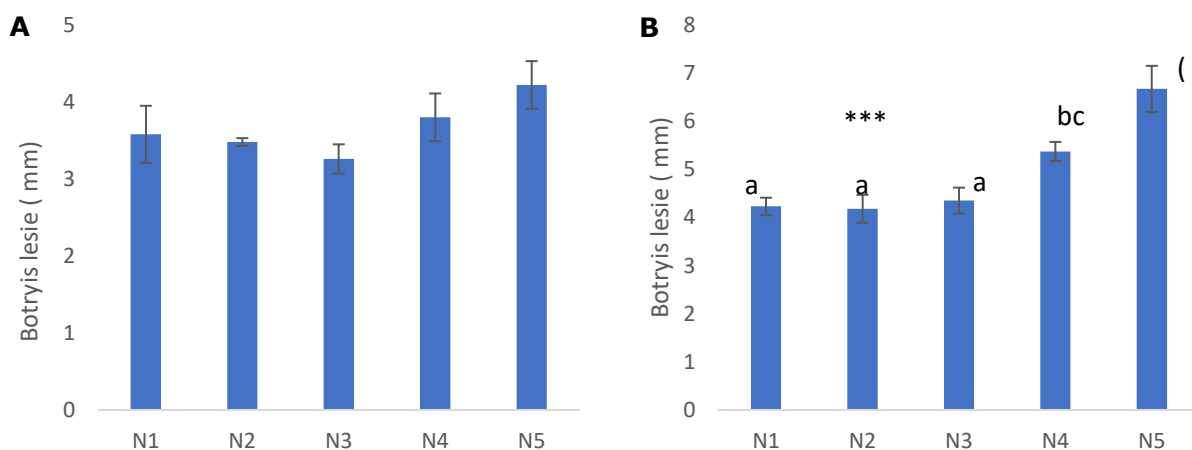
3.5.1 Gerbera

Bij de Gerbera proef I liet afnemende stikstof een sterke significante afname van meeldauwinfectie van N4 en N5 tijdens de generatieve fase (18 mei 2021) (figuur 3.35) zien terwijl nog geen effect tegen einde van de vegetatieve fase (26 april 2021) kon worden geobserveerd.



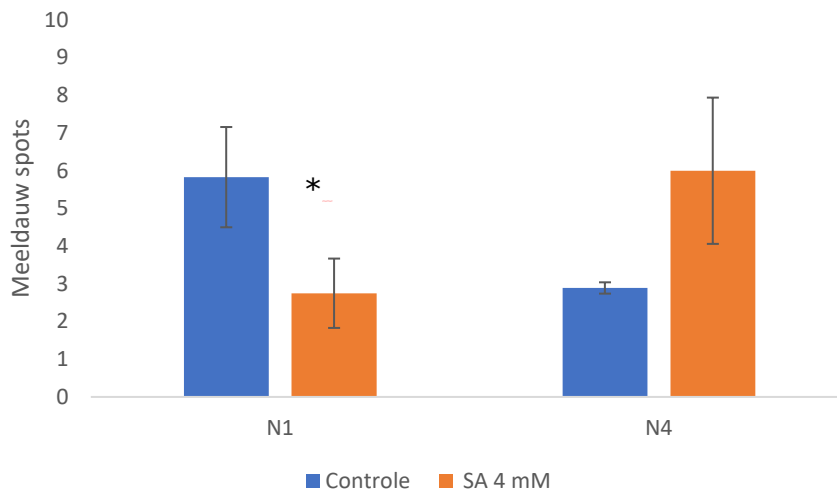
Figuur 3.35 Meeldauw infectie in gerbera generatief bij verschillende stikstofgiften: N1 (19 mmol/l NO_3), N2 (10 mmol/l NO_3), N3 (6 mmol/l NO_3), N4 (4 mmol/l NO_3), N5 (2 mmol/l NO_3). Verschillende letters geven significante verschillen aan bij *** significantie at $p \leq 0.001$. Data zijn gemiddelden met standaardfout.

Daarentegen blijkt het risico op Botrytis infectie bij afnemende stikstofgiften van N4 en N5 toe te nemen in de generatieve fase. Dit is al als trend tegen einde van de vegetatieve fase te zien (figuur 3.36A) maar wordt heel duidelijk en significant in de generatieve fase (figuur 3.36B).



Figuur 3.36 Botrytis infectie in gerbera vegetatief (A) en generatieve fase (B) bij verschillende stikstofgiften: N1 (19 mmol/l NO_3), N2 (10 mmol/l NO_3), N3 (6 mmol/l NO_3), N4 (4 mmol/l NO_3), N5 (2 mmol/l NO_3). Verschillende letters geven significante verschillen aan bij *** significantie at $p \leq 0.001$. Data zijn gemiddelden met standaardfout.

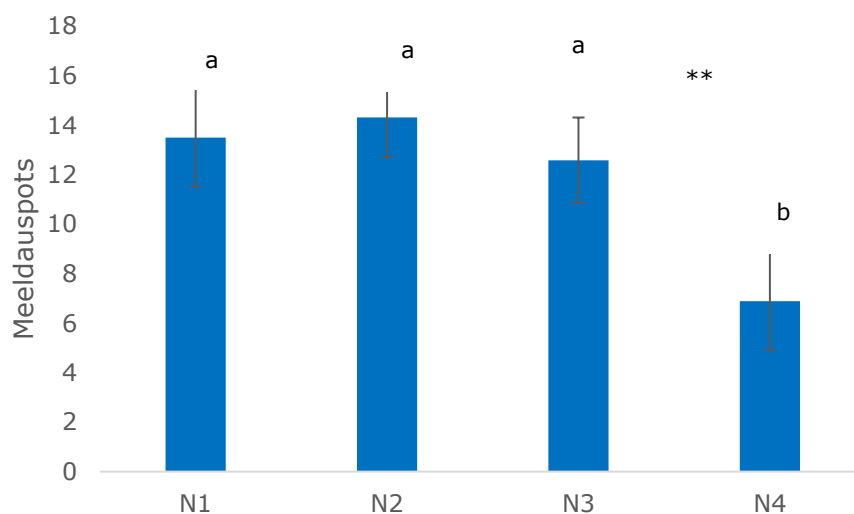
Plantweerbaarheid tegen meeldauw door applicatie van het plantenhormoon salicylzuur was bij N1 tegen einde van de vegetatieve fase als trend al te zien en groeide in de generatieve fase tot een significant effect uit (figuur 3), terwijl in geen van de fasen een inductie in N4 is gemeten (figuur 3.37). Het was niet mogelijk door applicatie van jasmonzuur de plantweerbaarheid voor Botrytis in de vegetatieve nog in de generatieve fase aan te zetten.



Figuur 3.37 Inductie van plantweerbaarheid tegen meeldauw in gerbera generatief bij applicatie van 4mM salicylzuur. Meeldauw infectie bij N1 (19 mmol/l NO_3) and N4 (4 mmol/l NO_3) Significante verschillen bij * $p \leq 0.05$. Data zijn gemiddelden met standaardfout.

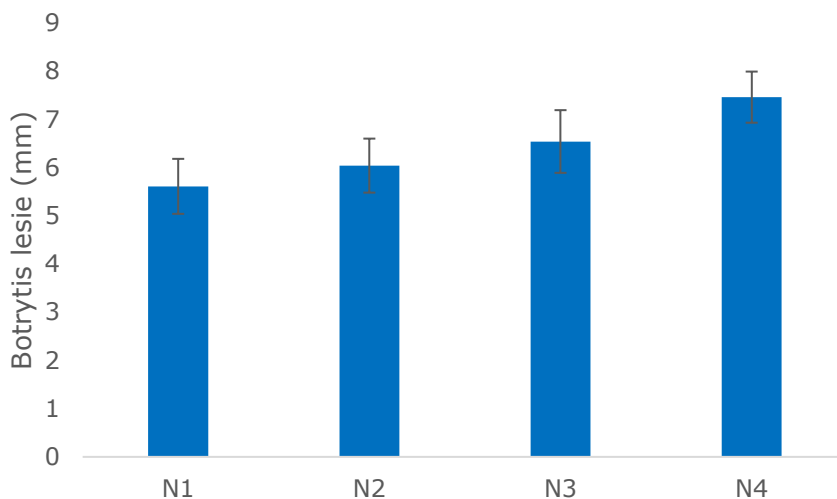
In de tweede proef met Gerbera zijn tijdens de vegetatieve fase (07 juni 2022) en de generatieve fase (13 juli 2022) bio-toetsen met bladponsjes uitgevoerd om de effecten van de verschillende N- en Si -trappen en de inductie met plantenhormonen op ziekten te onderzoeken.

Afnemende stikstofgiften lieten een sterke significante afname van meeldauwinfectie van N3 naar N4 zien tijdens de generatieve fase (figuur 3.38), terwijl nog geen effect in de vegetatieve fase kon worden waargenomen.



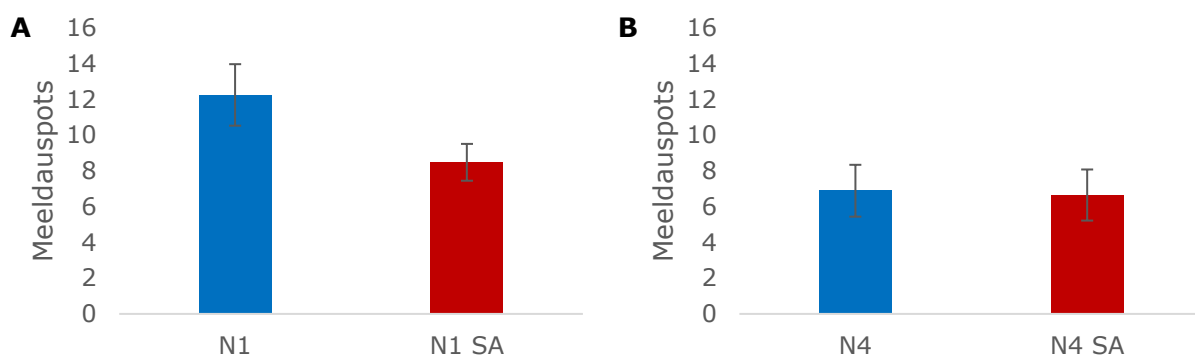
Figuur 3.38 Meeldauw infectie in gerbera generatief bij verschillende stikstofgiften: N1 (10 mmol/l NO_3), N2 (7 mmol/l NO_3), N3 (5 mmol/l NO_3), N4 (3 mmol/l NO_3). Verschillende letters geven significante verschillen aan bij ** significantie at $p \leq 0.01$. Data zijn gemiddelden met standaardfout.

Terwijl er geen effect van N gift op Botrytis in de vegetatieve fase werd waargenomen, blijkt het risico op Botrytis infectie bij afnemende stikstofgiften van N2 tot N5 toe te nemen in de generatieve fase, hoewel deze trend niet significant is (figuur 3.39).



Figuur 3.39 Botrytis infectie in gerbera generatief bij verschillende stikstofgiften: N1 (10 mmol/l NO_3), N2 (7 mmol/l NO_3), N3 (5 mmol/l NO_3), N4 (3 mmol/l NO_3). Data zijn gemiddelden met standaardfout.

Plantweerbaarheid tegen meeldauw door applicatie van het plantenhormoon salicylzuur had in de vegetatieve fase geen effect. In de generatieve fase was na salicylzuur applicatie duidelijk minder meeldauw infectie bij de hoge stikstofgiften te zien, hoewel dit effect niet significant was (figuur 3.40A). In de lage stikstofgift was geen effect te zien (figuur 3.40B). Het was niet mogelijk door applicatie van jasmonzuur de plantweerbaarheid voor Botrytis in de vegetatieve nog in de generatieve fase aan te zetten.



Figuur 3.40 Inductie van plantweerbaarheid tegen meeldauw in gerbera generatief bij applicatie van 4mM salicylzuur. Meeldauw infectie bij A) N1 (10 mmol/l NO_3) en B) N4 (3 mmol/l NO_3). Data zijn gemiddelden met standaardfout.

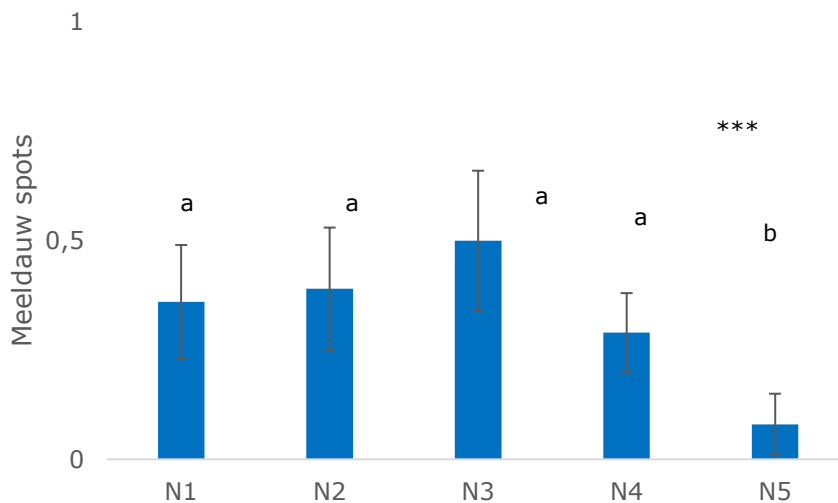
De verkregen resultaten van deze tweede gerbera toets bevestigen de resultaten uit de eerste toets hoewel in de tweede toets nog sterkere verlagingen van de stikstofniveaus toegepast zijn. Afnemende stikstofgiften verminderen het risico op meeldauwinfectie. Bij giften tussen 4- 2 mmol/l NO_3 kan de meeldauwinfectie tot 60% worden gereduceerd. Wellicht verhoogd de verlaging van stikstof bij deze concentraties het risico op infectie met Botrytis. Behandeling met salicylzuur om de plantenweerbaarheid tegen meeldauw te verhogen werken bij een hoge stikstofgift maar niet bij een lage. Plantenweerbaarheid tegen Botrytis door applicatie van jasmonzuur is niet effectief ongeacht de hoogte van de stikstofgift.

Toenemende giften van silicium hadden geen effect in de vegetatieve of generatieve fase op infectie van meeldauw nog Botrytis. Ook inductie door behandeling met jasmonzuur of salicylzuur liet geen effect op inductie van plantweerbaarheid in de twee getoetste concentraties zien.

3.5.2 Paprika

Omdat de paprika planten relatief laat in de kas gezet zijn en al aan het begin van de teelt bloemen vertoonden zijn alleen tijdens de generatieve fase (22 juni 2021) bio-toetsen met bladponsjes uitgevoerd om de effecten van de verschillende N- trappen en de inductie met plantenhormonen op ziekten te onderzoeken.

In de generatieve fase van paprika was een trend van afnemende meeldauwinfectie bij minder stikstof in N5 te observeren, die helaas niet significant was (figuur 3.41). Inductie tegen meeldauw door applicaties van salicylzuur is voor beide, hoge (N1) en lage (N4) stikstofgiften, niet waargenomen. Wellicht was de infectie met meeldauw relatief laag.



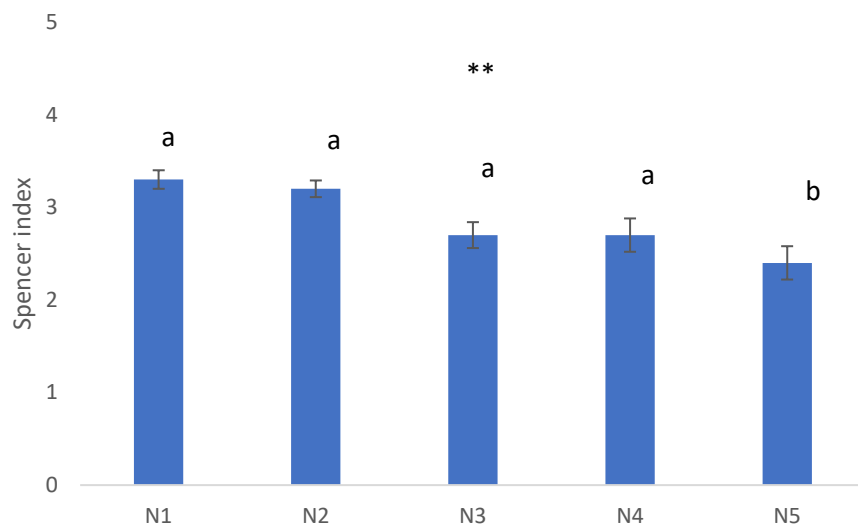
Figuur 3.41 Meeldauw infectie in paprika generatief bij verschillende stikstofgiften: N1 (19 mmol/l NO_3), N2 (10 mmol/l NO_3), N3 (6 mmol/l NO_3), N4 (4 mmol/l NO_3), N5 (2 mmol/l NO_3). Verschillende letters geven significante verschillen aan bij *** significantie at $p \leq 0.001$. Data zijn gemiddelden met standaardfout.

Afname van de stikstofgiften had geen effect op Botrytis nog op inductie middels applicatie van jasmonzuur.

3.5.3 Komkommer

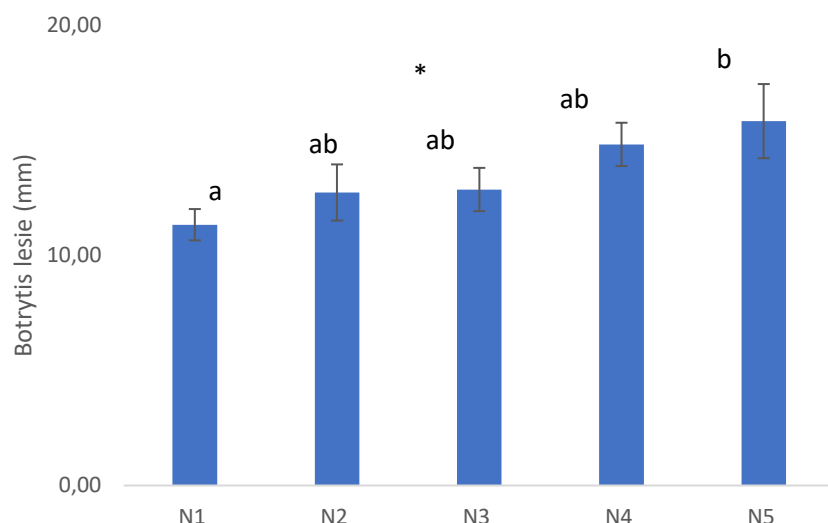
Tijdens de vegetatieve fase (14 september 2021) en de generatieve fase (02 November 2021) zijn bio-toetsen met bladponsjes uitgevoerd om de effecten van de verschillende N- trappen en de inductie met plantenhormonen op ziekten te onderzoeken.

Ook in komkommer was een duidelijke vermindering van meeldauwinfectie bij lagere stikstofgiften in de generatieve fase te zien (figuur 3.42) welke in de vegetatieve fase nog niet optrad. Wellicht trad dit effect alleen op voor de laagste stikstofgift in N5.



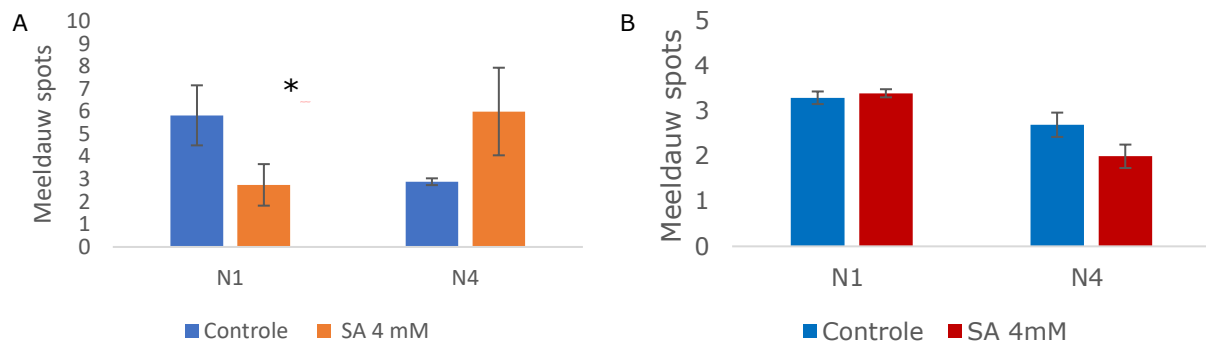
Figuur 3.42 Meeldauw infectie in komkommer generatief bij verschillende stikstofgiften: N1 (20 mmol/l NO₃), N2 (14 mmol/l NO₃), N3 (8 mmol/l NO₃), N4 (4 mmol/l NO₃), N5 (2 mmol/l NO₃). Verschillende letters geven significante verschillen aan bij **significantie at $p \leq 0.01$. Data zijn gemiddelden met standaardfout.

Ook in komkommer versterkt een lage stikstofgift van N5 het risico op Botrytis (figuur 3.43) in het vegetatieve gewas.



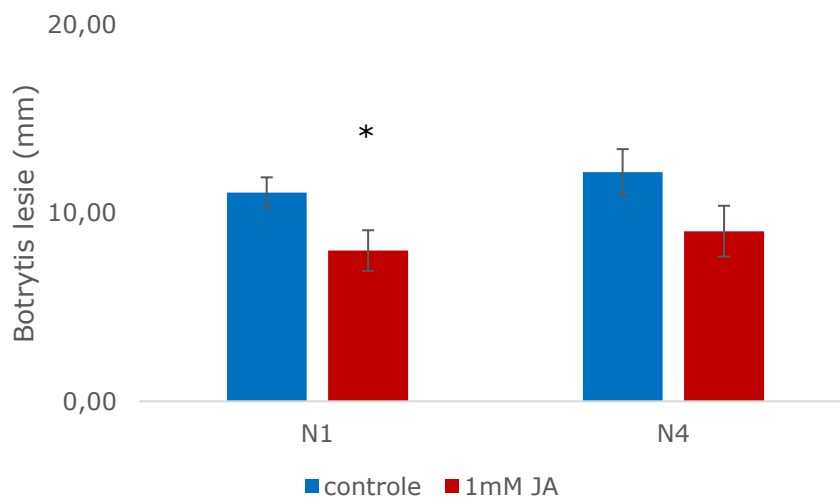
Figuur 3.43 Botrytis infectie in komkommer vegetatief bij verschillende stikstofgiften: N1 (20 mmol/l NO₃), N2 (14 mmol/l NO₃), N3 (8 mmol/l NO₃), N4 (4 mmol/l NO₃), N5 (2 mmol/l NO₃). Verschillende letters geven significante verschillen aan bij *significantie at $p \leq 0.05$. Data zijn gemiddelden met standaardfout.

Plantweerbaarheid tegen meeldauw door applicatie van het plantenhormoon salicylzuur werd in de vegetatieve fase bij N1 wel geïnduceerd maar niet in N4 (figuur 3.44A). Het generatieve gewas liet geen effect zien (figuur 3.44B).



Figuur 3.44 Inductie van plantweerbaarheid tegen meeldauw in komkommer vegetatief (A) en generatief (B) bij applicatie van 4mM salicylzuur. Meeldauw infectie bij N1 (10 mmol/l NO_3) and N4 (4 mmol/l NO_3) Significante verschillen bij * $p \leq 0.05$. Data zijn gemiddelden met standaardfout.

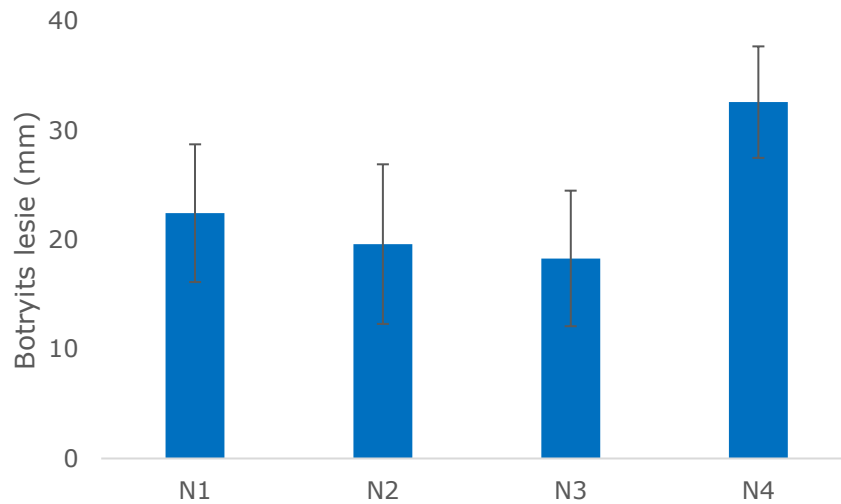
Applicatie van jasmonzuur verhoogde de plantweerbaarheid tegen Botrytis in N1 en in N4 (Figuur 3.45).



Figuur 3.45 Inductie van plantweerbaarheid tegen Botrytis in komkommer vegetatief bij applicatie van 1mmol/l jasmonzuur. Botrytis infectie bij N1 (20 mmol/l NO_3) and N4 (4 mmol/l NO_3). Significante verschillen bij * $p \leq 0.05$. Data zijn gemiddelden met standaardfout.

In de tweede proef met Komkommer zijn tijdens de vegetatieve fase (04 Oktober 2022) en de generatieve fase (11 November 2022) bio-toetsen met bladponsjes uitgevoerd om de effecten van de verschillende N- en Si -trappen en de inductie met plantenhormonen op ziekten te onderzoeken. Tegen einde van de proef is een spontane meeldauwinfectie in de kas opgetreden. Hiervan is de infectie als percentage meeldauw bedekking van 3 op elkaar volgende jonge bladeren gemeten. Vanwege de spontane meeldauwinfectie is het helaas niet gelukt bladponsjes in de generatieve fase succesvol met Botrytis te infecteren.

Zoals ook in de eerste komkommer proef vastgesteld bevordert een lage stikstofgave (N4) het risico op Botrytis (figuur 3.46) in het vegetatieve gewas. Data zijn net niet significant maar laten een duidelijke trend zien.

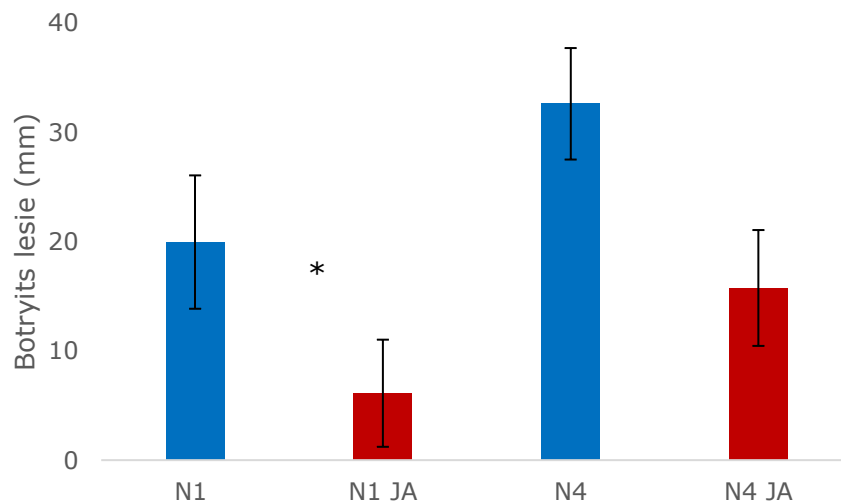


Figuur 3.46 Botrytis infectie in komkommer vegetatief bij verschillende stikstofgaven: N1 (18 mmol/l NO_3), N2 (14 mmol/l NO_3), N3 (10 mmol/l NO_3), N4 (5 mmol/l NO_3). Data zijn gemiddelden met standaardfout.

Verhoging van silicium had geen effect op Botrytis infectie.

Verlaging van stikstof nog verhoging van silicium had een effect op meeldauw infectie in de vegetatieve komkommer.

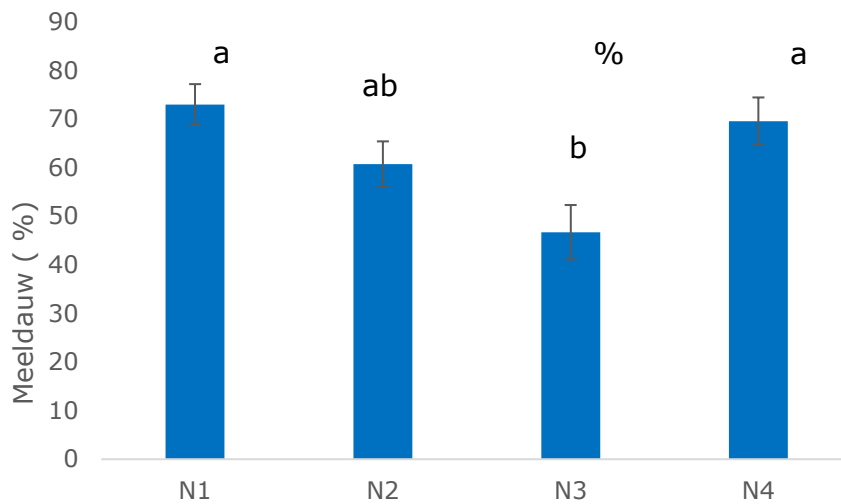
Applicatie van jasmonzuur verhoogde de plantweerbaarheid tegen Botrytis in N1 (figuur 3.47). Er is ook een trend in N4 te zien maar deze is niet significant. Deze resultaten bevestigen de resultaten van de eerste komkommer toets, in welke applicaties van jasmonzuur bij hoge en lage nitraatgaven Botrytis infectie significant verminderde. Er is geen effect van applicatie van jasmonzuur in relatie tot silicium geobserveerd.



Figuur 3.47 Inductie van plantweerbaarheid tegen Botrytis in vegetatief komkommer bij applicatie van 1mM jasmonzuur. Botrytis infectie bij N1 (15 mmol/l NO_3) and N4 (5 mmol/l NO_3). Significante verschillen bij * $p \leq 0.05$. Data zijn gemiddelden met standaardfout.

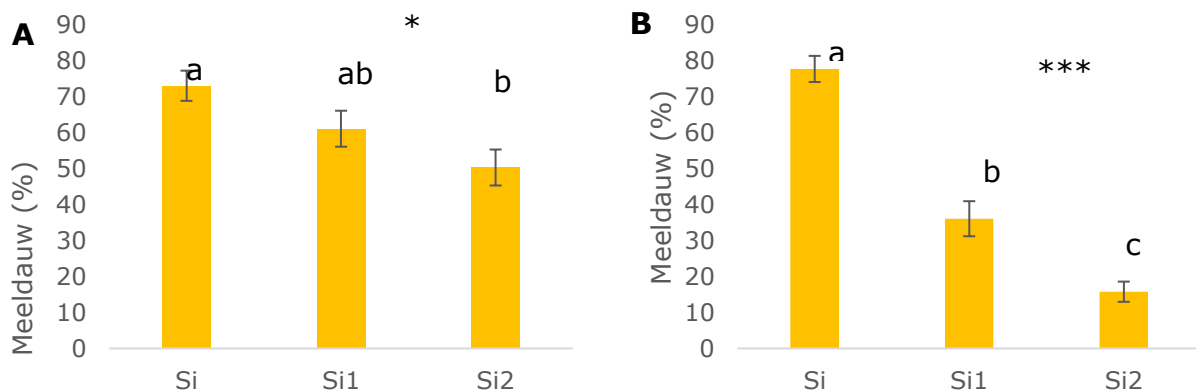
Toediening van salicylzuur in de vegetatieve fase had geen effect op plantweerbaarheid tegen meeldauw in relatie tot N of Si.

Verlaging van stikstof verminderde de infectie met meeldauw in de generatieve fase (figuur 3.48). Deze verlaging treedt allen in N3 op, bij verdere verlaging is geen effect op meeldauw meer te zien. In de eerste komkommer toets is een significante verlaging van meeldauw in de laagste stikstoftrap gevonden. De natuurlijke meeldauw infectie in de kas werd niet beïnvloed door de verlaging van stikstof. Het gemiddelde infectie niveau was 80% wat een hele sterke infectie is.



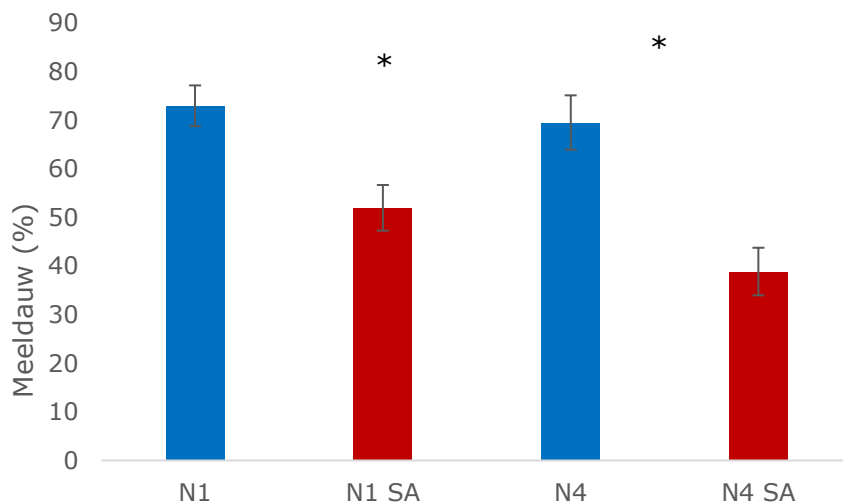
Figuur 3.48 Meeldauw infectie in komkommer generatief bij verschillende stikstofgaven: N1 (15 mmol/l NO₃), N2 (10 mmol/l NO₃), N3 (8 mmol/l NO₃), N4 (5 mmol/l NO₃). Verschillende letters geven significante verschillen aan bij ** significantie at $p \leq 0.01$. Data zijn gemiddelden met standaardfout.

Verhoging van silicium vermindert meeldauw infectie in de bladtoets en in de natuurlijke kas infectie (figuur 3.49).



Figuur 3.49 Meeldauw infectie gemeten als bladtoets (A) en natuurlijke kasinfectie (B) in komkommer generatief bij verschillende siliciumgaven: Si (0 mmol/l H₄SiO₄), Si1 (0.75 mmol/l H₄SiO₄), Si2 (1.5 mmol/l H₄SiO₄). Verschillende letters geven significante verschillen aan bij * significantie $p \leq 0.05$ en *** ≤ 0.001 . Data zijn gemiddelden met standaardfout.

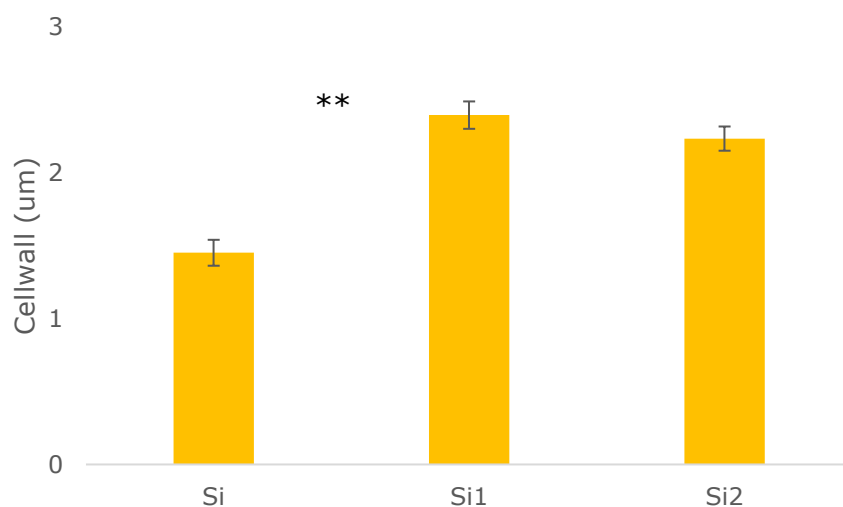
Inductie met salicylzuur in de generatieve fase verhoogde de plantweerbaarheid tegen meeldauw bij hoge en lage stikstofgift (figuur 3.50). Dit effect was in de eerste toets alleen in de generatieve fase te zien maar niet in de vegetatieve.



Figuur 3.50 Inductie van plantweerbaarheid tegen meeldauw in komkommer generatief bij applicatie van 4mM salicylzuur. Meeldauw infectie bij N1 (15 mmol/l NO_3) and N4 (5 mmol/l NO_3). Significante verschillen bij * $p \leq 0.05$. Data zijn gemiddelden met standaardfout.

Er is geen effect op plantweerbaarheid tegen meeldauw in relatie tot silicium gevonden.

Verhoging van silicium geeft significant dikkere celwanden (figuur 3.51), terwijl inductie met salicylzuur geen effect heeft op celwand dikte.



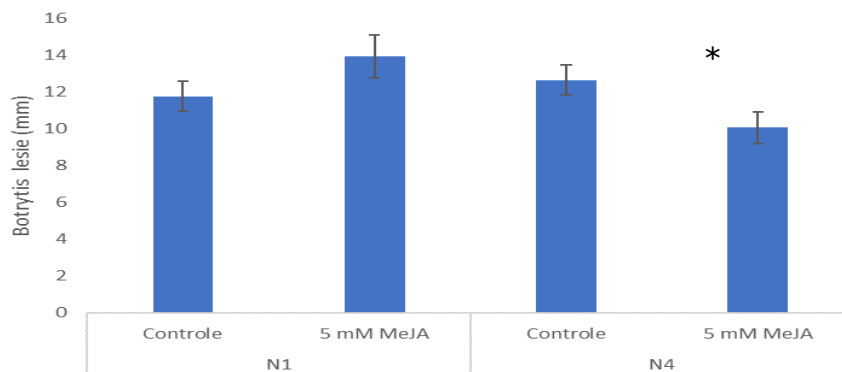
Figuur 3.51 Celwand dikte in komkommer generatief bij verschillende siliciumgiftten: Si (0 mmol/l H_4SiO_4), Si1 (0.75 mmol/l H_4SiO_4), Si2 (1.5 mmol/l H_4SiO_4). Verschillende letters geven significante verschillen aan bij ** significantie $p \leq 0.01$. Data zijn gemiddelden met standaardfout.

Deze resultaten duiden erop dat verhoogde silicium gaven in komkommer door accumulatie tot een dikkere celwand kunnen leiden maar dat dit proces niet induceerbaar is.

3.5.4 Chrysant

Alleen tijdens de vegetatieve fase (08 februari 2022) zijn Botrytis bio-toetsen met bladponsjes uitgevoerd om de effecten van de verschillende N- trappen en inductie met plantenhormonen op ziekten te onderzoeken. Omdat er geen meeldauw op chrysant optreedt is hier alleen Botrytis onderzocht.

Er zijn geen effecten van verminderde stikstofgift op Botrytis infectie waargenomen. Theoretisch zouden we dit niet verwachten omdat inductie van afweer energie kost en dus eerder optreedt bij hoge beschikbaarheid van nutriënten dan bij een beperkte beschikbaarheid van nutriënten. Wellicht zette applicatie van jasmonzuur de weerbaarheid tegen Botrytis aan bij lage stikstofgift (N4) in tegenstelling tot hoge stikstofgift (N1) (figuur 3.52).

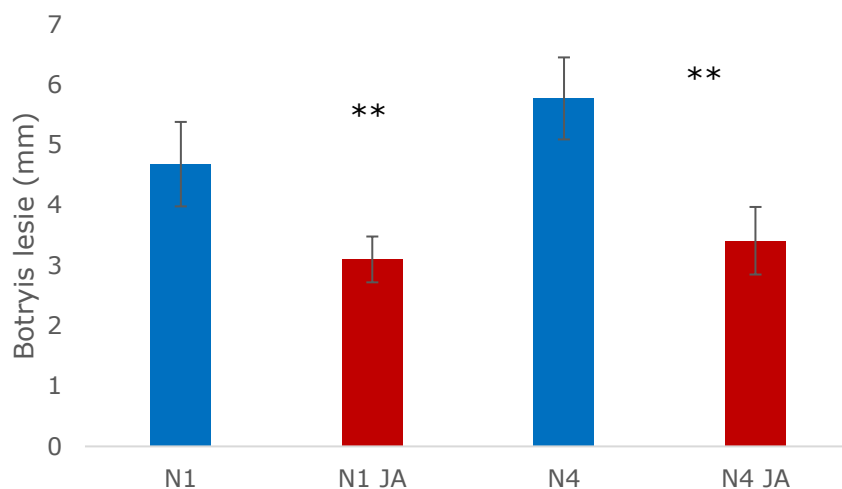


Figuur 3.52 Inductie van plantweerbaarheid tegen Botrytis in vegetatief chrysant bij applicatie van 1mmol/l jasmonzuur. Botrytis infectie bij N1 (15 mmol/l NO_3) and N4 (3 mmol/l NO_3). Significante verschillen bij * $p \leq 0.05$. Data zijn gemiddelden met standaardfout.

In de tweede proef met chrysant zijn tijdens de vegetatieve fase (20 november 2022) en de generatieve fase (22 februari 2023) bio-toetsen met bladponsjes uitgevoerd om de effecten van de verschillende N- en Si-trappen en inductie met plantenhormonen op ziekten te onderzoeken.

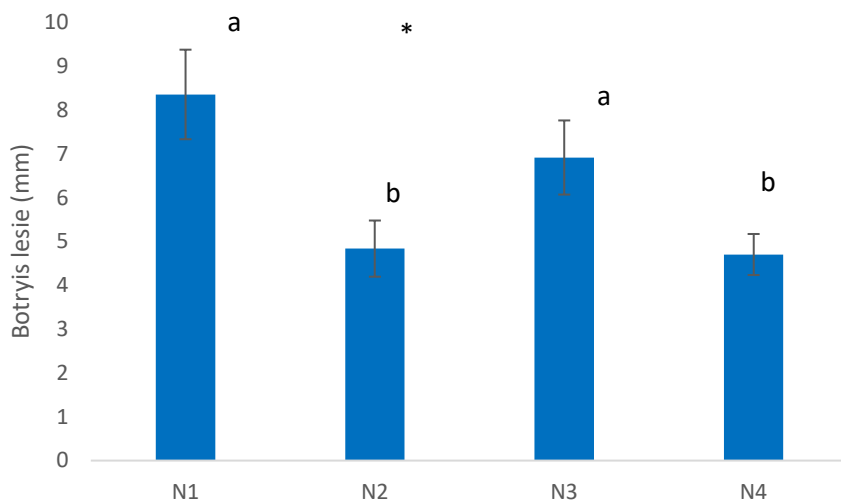
Zoals ook in de eerste chrysanten toets zijn in de vegetatieve fase van chrysant geen effecten van verminderde stikstofgiften op Botrytis infectie geobserveerd. Wellicht zette applicatie van jasmonzuur de weerbaarheid tegen Botrytis zowel bij hoge (N1) als bij en lage stikstofgave (N4) aan (figuur 3.53). Dit bevestigt de resultaten uit de eerste chrysant toets, alleen was hier de weerbaarheid tegen Botrytis bij alleen bij laag stikstof verhoogd.

Verhoging van silicium heeft geen effect op Botrytis infectie en applicatie van jasmonzuur in relatie tot silicium verhoogd de weerbaarheid tegen Botrytis niet.



Figuur 3.53 Inductie van plantweerbaarheid tegen Botrytis in chrysant vegetatief bij applicatie van 1mM jasmonzuur. Botrytis infectie bij N1 (15 mmol/l NO_3) and N4 (3 mmol/l NO_3). Significante verschillen bij ** $p \leq 0.01$. Data zijn gemiddelden met standaardfout.

In de generatieve fase zijn er wel effecten van verminderde stikstof gift op Botrytis gevonden (figuur 3.54). De trappen N2 en N4 laten minder Botrytis infectie zien vergeleken met de hoge stikstof gift in N1. In de stikstof trap ertussen in, N3, is geen vermindering van Botrytis gevonden.



Figuur 3.54 Botrytis infectie in chrysant generatief bij verschillende stikstofgaven: N1 (15 mmol/l NO_3), N2 (10 mmol/l NO_3), N3 (6 mmol/l NO_3), N4 (3 mmol/l NO_3). Verschillende letters geven significante verschillen aan bij * significantie at $p \leq 0.05$. Data zijn gemiddelden met standaardfout.

Toevoeging van jasmonzuur heeft geen effect op verhoging van weerbaarheid tegen Botrytis.

Ook in de generatieve plantenstadium heeft meer silicium geen invloed op Botrytis infectie en applicatie van jasmonzuur in relatie tot silicium verhoogd de weerbaarheid tegen Botrytis niet.

4 Discussie

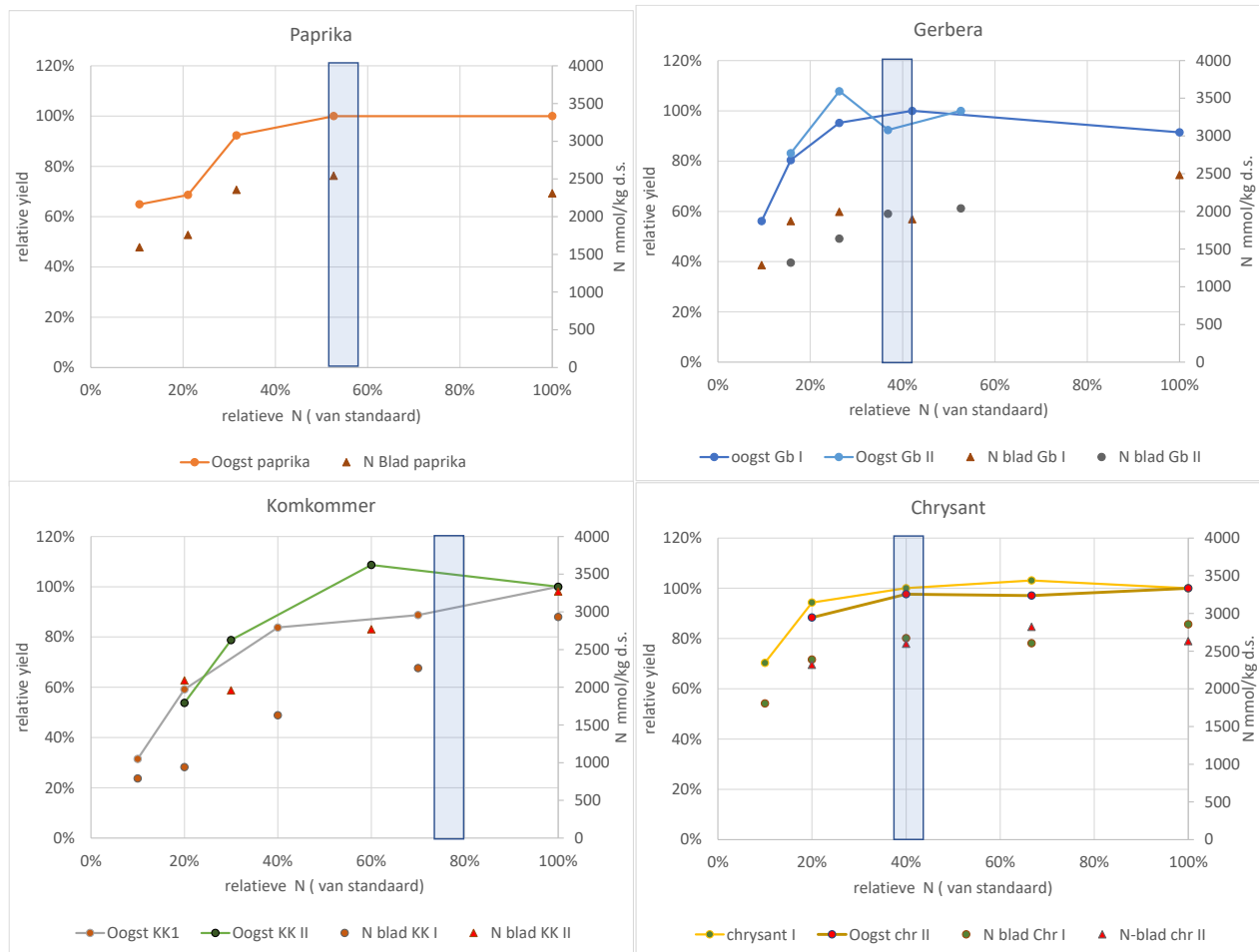
Bij vrijwel alle experimenten bleek een verlaging van de NO_3^- concentratie vanaf een bepaalde niveau negatief te werken op de groei en ontwikkeling van de plant. De mate van verlaging waarbij dit effect optrad was echter voor alle gewassen sterk verschillend. In alle gevallen was er een effect op de groei, uitgedrukt als een effect op de totale omvang van de biomassa (kg/m^2). Dit gaf ook verlaging van de productie (oogst). Soms werd dit veroorzaakt door minder aantallen vruchten of bloemen, soms door een lager stuksgewicht (vruchten of bloemen) en soms door een combinatie van beide. Bij Chrysant was het effect in beide teelten gering. Bij de paprika, gerbera en komkommer experimenten trad de verlaging pas op vanaf een bepaald niveau. Dit verschilde per gewas en soms ook per experiment. Dat N3 en N2 meestal niet verschilde van N1, is te verklaren uit het feit dat de standaard N- concentratie op een niveau ligt ver boven het minimum aan N wat nodig is voor optimale groei (zie daarvoor ook de achtergrond informatie beschreven in 1.1). Bij de meeste experimenten bleek de concentratie bij N4 of N5 pas onder het minimaal noodzakelijke N-niveau te komen. Klaarblijkelijk zijn de verschillen in stikstofadvies tussen de gewassen sterk bepaald door de afstand tussen de referentiewaarde en de concentratie waar beneden een tekort gaat ontstaan en de gewasgroei beïnvloed wordt. Hierbij moet er ook rekening mee worden gehouden dat een bepaalde concentratie in de gift niet alleen bepalend is voor de beschikbaarheid, maar dat uiteindelijk de beschikbare voorraad in het wortelmilieu een grote rol speelt. Het is bekend dat planten N heel sterk kunnen uitputten in de wortelomgeving. Het effect van een verlaging van een N-gift zal daarom sterk afhankelijk zijn van het substraat (grond-) volume en het bereik van het wortelstelsel. In deze reeks experimenten is bewust ervoor gezorgd de factor "voorraad" en (relatieve) uitputting te voorkomen door een hoge circulatiesnelheid van de voedingsoplossing toe te passen en wekelijkse bijstelling / aanpassing van de concentratie in de circulerende oplossing. De effecten in deze experimenten zijn dus toe te schrijven aan concentratie-effecten aan de wortel en niet aan de beschikbare hoeveelheid N.

Omdat er voor de vier gewassen verschillende referentiewaarden gelden en de opbrengsten fysiek sterk van elkaar verschilden, zijn voor een onderling vergelijk de producties en de N-concentratie relatief uitgezet. Hierbij is bij elk experiment de NO_3^- concentratie relatief gekozen ten opzichte van N1 (referentie) en de productie bij de referentie als 100% gekozen. De resultaten zijn grafisch uitgezet. In de figuren is ook het N-gehalte uitgezet, ten opzichte van de gehalten bij N1 als 100% (figuur 4.1). Uit deze figuur is zichtbaar dat voor paprika, tot ca 58% van de referentie NO_3^- concentratie er geen groei- productiedaling optrad. Voor gerbera, komkommer en chrysant liggen deze percentages op resp. ca 40%, 75% en 40%. Dit zou kunnen betekenen dat de NO_3^- - concentratie voor resp. paprika, gerbera, komkommer en chrysant met resp. ca 40%, 60%, 25% en 60% kunnen worden verlaagd, zonder risico op oogstverlies. Dit zou concreet betekenen dat voor paprika, gerbera, komkommer en chrysant de streefwaarde voor de voeding in het wortelmilieu verlaagd kan naar resp. 11.4, 7.6, 15.0 en 6.0 mmol/l NO_3^- . Wat dit voor de standaardvoedingsoplossing -de basis voor de berekening van het mestrecept- betekent, laat zich wat lastig direct uit deze resultaten afleiden, maar zal relatief in dezelfde orde van grootte liggen. Voor gerbera is overigens de referentiewaarde in de praktijk al lager dan die in dit project als uitgangspunt was gekozen, aangezien daar al een aantal jaren het vervangen van een deel van de NO_3^- door Cl staande praktijk is.

In dit onderzoek is gekeken of een plantsap-analyse een goede indicatie kan zijn voor de N-toestand van het gewas. Het blijkt echter dat de variatie aan NO_3^- vrij groot is (NH_4^+ is sowieso erg laag en daarom niet geschikt, omdat de resolutie te laag wordt), waardoor het lastig is om een normering op te stellen. Niettemin geeft een bemonstering in de tijd wel een indicatie of men in de gevarenszone van gebrek komt.

Wat silicium betreft: de resultaten zijn wat gerbera betreft conform de verwachting, de gehalten zijn zeer laag, maar wel is er een geringe verhoging bij de behandeling met Si (figuur 3.18). Echter bij komkommer zijn de gehalten echter ver beneden de verwachting en ook zeer onrealistisch. Uit de vele eerdere onderzoeken mogen gehalten in jong blad tussen 200 en 400 en in oud blad 800 - >>1000 mmol/kg droge stof worden verwacht. Het vermoeden is (uitvoerig besproken met de beide betrokken laboratoria) dat dit alles te maken heeft met de analysetechniek.

Anders dan voorheen, wordt Si in de droge stof monsters in hetzelfde extract (destructie droge stof via Schaumlöffel methode) gemeten en geanalyseerd met ICP. Dit is in eerder onderzoek gebleken een onjuiste methode te zijn (pers. mededelingen en ervaring chem. Lab voormalig PBG Naaldwijk). Het was echter voor beide labs onmogelijk de juiste analyseprocedure toe te passen. De conclusie is dan ook dat de gewasgehalten aan Si nietszeggend zijn.



Figuur 4.1 Relatieve productie uitgezet tegen de relatieve NO_3^- concentratie in het wortelmilieu ($\text{N1} = 100\%$), voor de vier gewassen, waarbij voor elk afzonderlijk experiment de productie gesteld is op $\text{N1} = 100\%$. Tevens voor elk experiment de N-gehalten in het blad (jong volgroeid blad), in mmol/kg droge stof. Een indicatie in de vorm van een verticale bar is opgenomen waar de verlaging van de N effect gaat hebben op de groei en productie.

De effecten van stikstof op het voorkomen van plagen waren zeer wisselend en lijken gewas specifiek te zijn. Trips testen zijn uitgevoerd in alle gewassen. In gerbera werd een significante afname in het aantal nakomeling waargenomen en een trend naar minder trips schade bij behandelingen met lagere N-niveaus. Deze resultaten zijn in lijn met eerder onderzoek In de proef met paprika werd juist een toename van het aantal nakomelingen bij lagere N-niveaus gezien. Baez et al. (2011) toonde wel aan dat tripsvrouwtjes in hogere aantal aanwezig waren op paprikaplanten met een hogere N bemesting. In komkommer was er geen effect van een lager N-niveau op het aantal trips nakomelingen, wel was ook hier een trend naar minder trips schade bij behandelingen met lagere N-niveaus zichtbaar. In chrysant was er geen effect op het aantal nakomelingen van trips. De resultaten met trips zijn dus niet eenduidig.

De ontwikkeling van Turkse mot is getoetst in zowel gerbera als chrysant. In gerbera was een duidelijke afname van het gewicht van de rupsen waargenomen bij een lager N-niveau in de voeding van de plant. In chrysant was echter geen effect van de voedingsbehandelingen op de ontwikkeling van Turkse mot. Dit effect lijkt dus gewas specifiek.

Het effect van de verschillende voedingsbehandelingen op wittevlies is alleen in gerbera getest. Een lager N-niveau gaf geen verschil in het aantal nakomelingen van wittevlies en ook de populatie opbouw werd niet beïnvloed. Voor wittevlies lijken de voedingsbehandelingen in gerbera dus geen effect te hebben dit in tegenstelling tot eerder onderzoek van Bentz et al. (1992).

Voor bladluizen zijn proeven uitgevoerd in paprika (*Myzis persicae*), komkommer en chrysant (katoenluis, *Aphis gossypii*). In paprika lijkt een lager N-niveau de populatie ontwikkeling van bladluizen te remmen, echter was dit effect niet significant. Dit is in lijn met gegevens uit de literatuur waar een lager N concentratie leidde tot een lagere ontwikkelsnelheid van luis (Petitt et al. 1994). In komkommer was er geen effect van de voedingsbehandelingen op het aantal nakomelingen en het gewicht van de bladluizen, echter de populatie ontwikkeling van katoenluis was geremd in zowel komkommer als chrysant. Voor bladluizen lijkt de verlaging van de N-niveaus dus in alle geteste gewassen een mogelijke strategie om de populatie ontwikkeling te vertragen.

Verlaging van stikstof laat in alle getoetste gewassen zien dat meeldauwinfectie verminderd kan worden. Meeldauw is een biotrofe schimmel welke levende waardplanten nodig heeft. Minder sterke voeding van de waardplant heeft daarmee een directe, remmend effect op de groei van deze schimmel. Vaak namen we dit effect pas in de generatieve fase waar. Dit zou een effect van de proefopstelling kunnen zijn omdat de planten al vroeg na het begin van de teelt in het vegetatieve stadium, dus voor formatie van knopen en bloemen, getoetst moeten worden. Dit zou kunnen betekenen dat op het moment van de biotoetsten de gewenste stikstofverlagingen nog niet volledig gerealiseerd waren. Het effect van stikstof verlaging op meeldauw was het duidelijkst in gerbera, maar was ook in de veel sneller groeiende komkommer te observeren. In beiden zijn het de laagste stikstofgiften die effect op meeldauw hebben. In gerbera lijkt een hiervoor nodige verlaging van de stikstofgift na 4- 2 mmol/l NO₃, in relatie tot vermindering van opbrengst, zoals in deze toets gemeten, haalbaar. In de praktijk zijn de stikstofgiften al van de gebruikelijke 17 mmol/l NO₃ teruggebracht naar 10 mmol/l NO₃. Ons onderzoek laat zien dat dit verder naar 4 mmol/l NO₃ teruggebracht kan worden waarbij het effect op meeldauw reductie sterker is als de reductie in opbrengst. In komkommer, een heel snel groeiend gewas dat veel meer stikstof nodig heeft, laat de nodige verlaging van de stikstofgift naar 2 mmol/l NO₃ een sterke reductie van de opbrengst zien.

Terwijl meeldauw gereduceerd kan worden laat de verlaging van stikstofgift in alle getoetste gewassen, behalve chrysant, een verhoging van de Botrytis infectie zien. Botrytis is een necrotrofe schimmel die van verzwakt en dood weefsel leeft. Minder sterke voeding verzwakt de waardplant en heeft daarmee een directe, versterkend effect op de groei van deze schimmel. Dit effect treedt in de vegetatieve en de generatieve fase op. Botrytis is in de meeste gewassen, behalve komkommer, een naoogstprobleem. We hebben Botrytis in onze proeven als een voorbeeld van een necrotrofe schimmel tijdens de teelt getoetst. Voor vervolgprouven is het dus belangrijk ook Botrytis toetsten van bloemen en vruchten na de oogst mee te nemen. Dit is vooral belangrijk voor gerbera. Zou blijken dat Botrytis ook na de oogst van de bloemen in de lagere stikstofgiften toe neemt dan moet door de teler een inschatting gemaakt worden wat voor zijn/haar individuele bedrijf het grootste risico blijkt: meeldauw tijdens de teelt of Botrytis tijdens de naoogst.

Applicatie van salicylzuur schakelt de plantenafweer tegen meeldauw aan. Dit effect is in gerbera voor de generatieve fase en een hoge stikstofgift waargenomen, waar een duidelijk mindere meeldauwaantasting werd gevonden. Hieruit blijkt dat aanzetten van afweer de plant energie kost, die ze alleen bij de hoge stikstofgift kan opbrengen. Dit zou betekenen dat de teler door gebruik van een salicylzuur nabootsende elicitor zoals FADO, Inssimo of Vacciplant de plantenafweer tegen meeldauw bij hoge stikstofgift kan aanzetten maar niet bij verlaging van de stikstofgift. Voor komkommer is het effect van het aanschakelen van de plantenafweer bij de hoogste stikstofgift al in de vegetatieve fase gevonden maar niet in de generatieve fase. Wellicht zou dit te maken kunnen hebben met de sneller en sterkere groei van komkommer wat een hogere plantbelasting tijdens de generatieve fase ten gevolg zou kunnen hebben.

Applicatie van jasmonzuur schakelt de plantenafweer tegen Botrytis aan. Dit effect was duidelijk te zien in komkommer en chrysant, maar niet in gerbera. Mogelijkerwijs zou dit een concentratie-effect kunnen zijn en zou een verhoging van de jasmonzuur concentratie ook in gerbera een effect op vermindering van Botrytis kunnen hebben. In de vegetatieve fase van komkommer lijdt behandeling met jasmonzuur bij de lage en de hoge stikstof gift tot een reductie van infectie met Botrytis, bij chrysant alleen bij de lagere stikstofgift.

Bij komkommer en chrysant gaat reductie van de stikstofgift dus niet gepaard met een lagere activatie van de plantenafweer. Dit zou betekenen dat de teler door gebruik van een jasmonzuur nabootsende elicitor de plantenafweer tegen Botrytis ook bij een lage stikstofgift kan aanzetten. Op dit moment zijn er helaas nog geen elicitors op de markt die het effect van jasmonzuur kunnen nabootsen.

Verhoging van de silicium concentratie had geen gevolgen voor meeldauw of Botrytis infectie, nog voor het aanschakelen van de plantenafweer. Silicium staat in de literatuur vooral bekend om zijn effect tegen schimmels middels verdikking van celwanden. In onze proef is silicium als voeding gegeven en blijkt gerbera geen silicium accumulerend plantensoort te zijn.

5 Conclusies

- Verlaging van het aandeel NO_3^- in de aangeboden voedingsoplossing, bij gelijkblijvende EC, waarbij Cl en SO_4^{2-} proportioneel werden verhoogd, bleek bij alle experimenten tot op een bepaald niveau geen effect te hebben op de groei of productie. Dit bevestigt het uitgangspunt dat de reguliere streefwaarden voor de voedingsoplossing gericht zijn op het realiseren van een bepaalde EC-waarde en dat daarmee het aandeel N in de vorm van NO_3^- meer is dan noodzakelijk, om te voldoen aan de N-behoefte van de plant.
- Het bleek dat er hierdoor bij alle experimenten aanzienlijke ruimte was om de N-bemesting te verlagen, zonder productieverlies. Bij paprika is daardoor een verlaging van het streefniveau met 40%, tot 11.4 mmol/l NO_3^- mogelijk. Bij gerbera kan dit met 60% verlaagd, tot 7.6 mmol/l, bij komkommer met 25%, tot 15.0 mmol/l en bij chrysant eveneens met 60% tot 6.0 mmol/l.
- Verlaging van het NO_3^- aanbod in de voeding gaf ook verlaging van de N-opname en verlaging van de N gehalten in plantendelen. Deze verlaging liep voor vegetatieve delen (bladeren, complete planten) (relatief gezien) vrijwel parallel met de daling in productie, echter in vruchten (paprika) en bloemen (gerbera) was er nauwelijks sprake van daling.
- Toediening van Si had geen effect op de groei of productie. Effecten van de Si-dosering op opname c.q. gewasgehalten kon in deze experimenten niet worden vastgesteld.
- De effecten van stikstofgift op het aantal nakomelingen van trips of de tripsschade lijken gewas specifiek. In gerbera was sprake van een afname van trips bij lagere N niveaus en ook bij komkommer was er een (niet significante) trend naar minder effecten bij lagere N niveaus. Bij Chrysant was er geen effect van stikstof en bij paprika namen de effecten van trips toe bij een lagere N gift.
- Ook bij Turkse mot lijken de effecten gewas specifiek. Bij gerbera nam het gewicht van de rupsen af bij een lagere N gift terwijl er geen effect bij Chrysant was.
- De stikstofgift heeft geen effect op witte vlieg (alleen getest bij Gerbera).
- Voor bladluizen lijkt de verlaging van de N-niveaus in alle geteste gewassen (paprika, komkommer en chrysant) een mogelijke strategie om de populatie ontwikkeling te vertragen.
- Verlaging van stikstof laat in alle getoetste gewassen zien dat meeldauwinfectie verminderd kan worden. Significante effecten traden echter vaak pas op bij de laagste stikstofniveaus waarbij ook een risico bestaat op verminderde oogst.
- Verlaging van de stikstofgift leidt in alle getoetste gewassen, behalve chrysant, tot een verhoging van de Botrytis infectie.
- Verhoging van de silicium concentratie had geen gevolgen voor meeldauw of Botrytis infectie, nog voor het aanschakelen van de plantenafweer.
- Applicatie van jasmonzuur leidde tot een verhoogde afweer tegen Botrytis in komkommer en chrysant, maar niet in gerbera. In Chrysant treedt dit effect alleen op bij lage N giften.

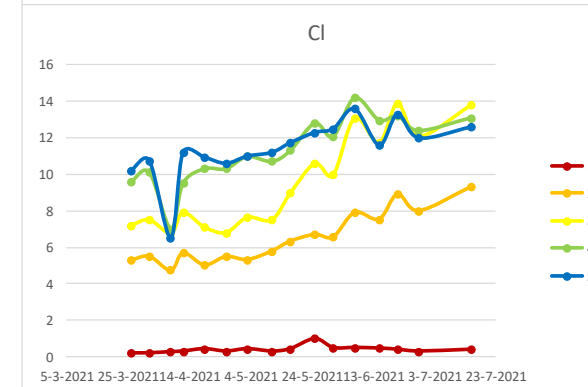
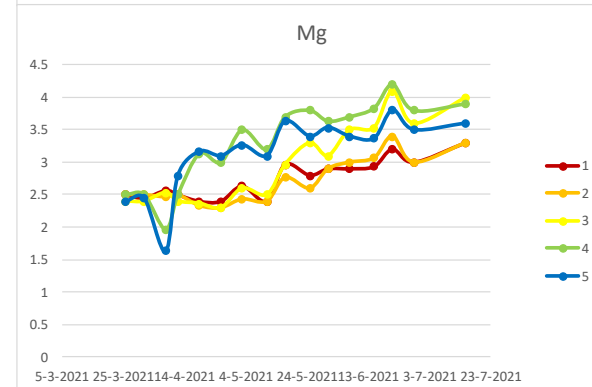
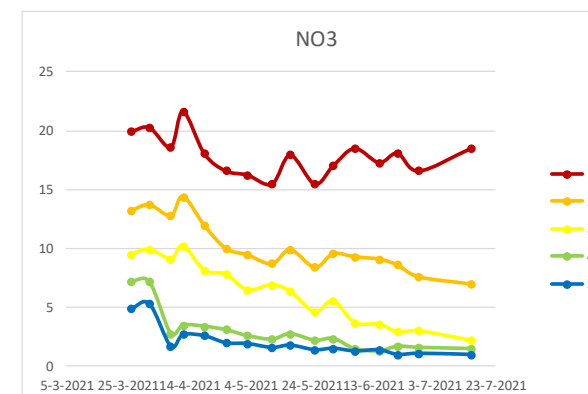
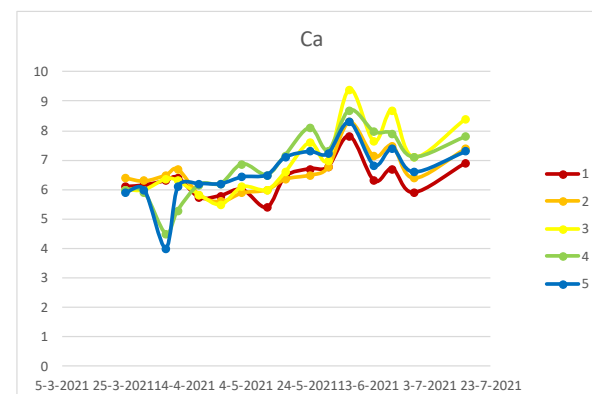
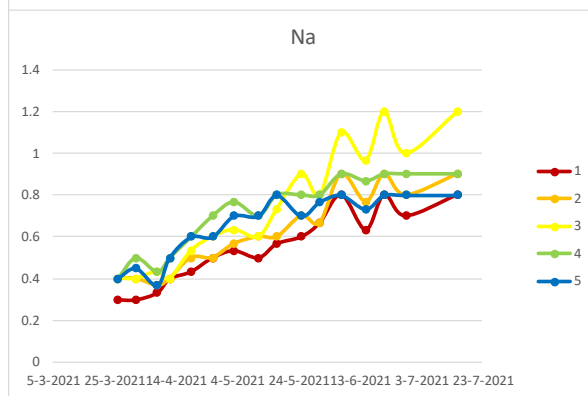
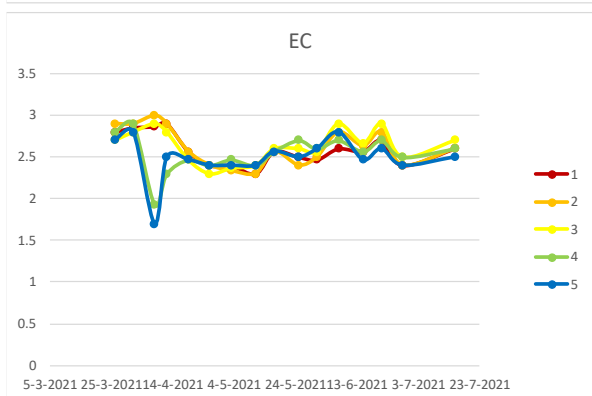
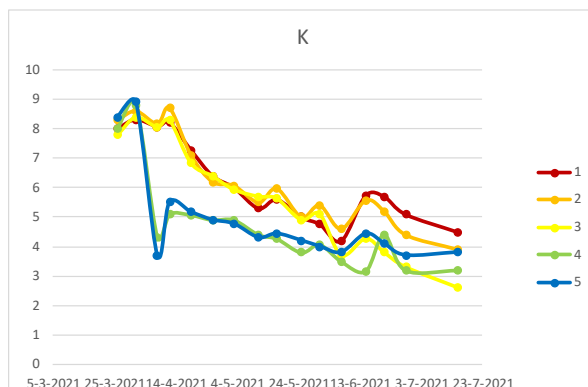
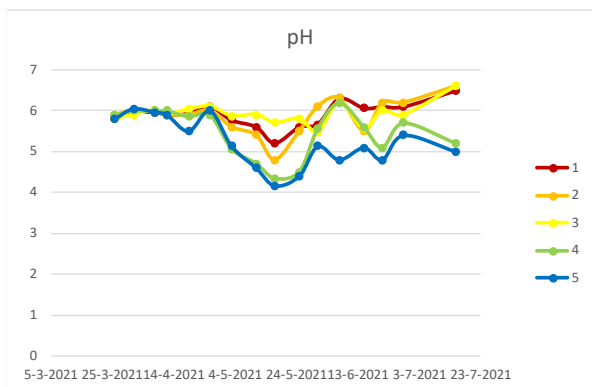
Literatuur

- Abdala-Roberts, L., and K. A. Mooney. 2013. Environmental and plant genetic effects on tri-trophic interactions. *Oikos* 122:1157-1166.
- Adamowicz, S., and J. Le Bot. 2008. Altering young tomato plant growth by nitrate and CO₂ preserves the proportionate relation linking long-term organic-nitrogen accumulation to intercepted radiation. *New Phytologist* 180:663-672.
- Aqueel, M. A., A. B. M. Raza, R. M. Balal, M. A. Shahid, I. Mustafa, M. M. Javaid, and S. R. Leather. 2015. Tritrophic interactions between parasitoids and cereal aphids are mediated by nitrogen fertilizer. *Insect Science* 22:813-820.
- Baez, I., Reitz, S. R., Funderburk, J. E., Olson, S. M., 2011. Variation within and between *Frankliniella* thrips species in host plant utilization. *Journal of Insect Science*, 11(1).
- Bentz, J. A., Larew, H. G., 1992. Ovipositional preference and nymphal performance of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) on *Dendranthema grandiflora* under different fertilizer regimes. *Journal of Economic Entomology*, 85, 514-517.
- Bentz, J. A., J. Reeves, P. Barbosa, and B. Francis. 1995. Nitrogen-fertilizer effect on selection, acceptance, and suitability of *Euphorbia pulcherrima* (Euphorbiaceae) as a host-plant to *Bemisia tabaci* (Homoptera, Aleyrodidae). *Environmental Entomology* 24:40-45.
- Bentz, J. A., J. Reeves, P. Barbosa, and B. Francis. 1996. The effect of nitrogen fertilizer applied to *Euphorbia pulcherrima* on the parasitization of *Bemisia argentifolii* by the parasitoid *Encarsia formosa*. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 78:105-110.
- Bogaert, F., Q. Chesnais, M. Catterou, C. Rambaud, G. Doury, and A. Ameline. 2017. How the use of nitrogen fertiliser may switch plant suitability for aphids: the case of *Miscanthus*, a promising biomass crop, and the aphid pest *Rhopalosiphum maidis*. *Pest Management Science* 73:1648-1654.
- Brodbeck, B. V., J. Stavisky, J. E. Funderburk, P. C. Andersen, and S. M. Olson. 2001. Flower nitrogen status and populations of *Frankliniella occidentalis* feeding on *Lycopersicon esculentum*. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 99:165-172.
- Ceulemans, T., E. Hulsmans, W. V. Ende, and O. Honnay. 2017. Nutrient enrichment is associated with altered nectar and pollen chemical composition in *Succisa pratensis* Moench and increased larval mortality of its pollinator *Bombus terrestris* L. *Plos One* 12.
- Chen, Y., R. Story, and M. Samuel-Foo. 2014. Effects of nitrogen and phosphorous fertilization on western flower thrips population level and quality of susceptible and resistant *Impatiens*. *Adv Crop Sci Technol* 2:145.
- Chen, Y. G., D. M. Olson, and J. R. Ruberson. 2010. Effects of nitrogen fertilization on tritrophic interactions. *Arthropod-Plant Interactions* 4:81-94.
- Chow, A., A. Chau, and K. M. Heinz. 2009. Reducing Fertilization for Cut Roses: Effect on Crop Productivity and Twospotted Spider Mite Abundance, Distribution, and Management. *Journal of Economic Entomology* 102:1896-1907.
- Chow, A., A. Chau, and K. M. Heinz. 2012. Reducing fertilization: a management tactic against western flower thrips on roses. *Journal of Applied Entomology* 136:520-529.
- David, T. I., J. Storkey, and C. J. Stevens. 2019. Understanding how changing soil nitrogen affects plant-pollinator interactions. *Arthropod-Plant Interactions* 13:671-684.
- De Kreijl, C., Voogt, W., Van den Bos, A.L. and Baas, R., 2004. Voedingsoplossingen voor de teelt van tomaat in gesloten teeltsystemen. Proefstation voor de Bloemisterij en Glasgroenten, Naaldwijk, Brochure VG 2, 21pp. <https://wur.on.worldcat.org/oclc/67846170>.
- Dietrich R, Plob K, Heil M, 2004. Constitutive and induced resistance to pathogens in *Arabidopsis thaliana* depends on nitrogen supply. *Plant, Cell and Environment* 27: 896-906.
- Dordas C (2008) Role of nutrition in controlling plant diseases in sustainable agriculture: a review. *Agronomic and Sustainable Development* 28: 33-46.
- Fagard M, Launay A, Clément G, Courtial J, Dellagi A, Farjad M, Krapp A, Soulié M-C, Masclaux-Daubresse C., 2014. Nitrogen metabolism meets phytopathology, *Journal of Experimental Botany* 65: 5643-5656.

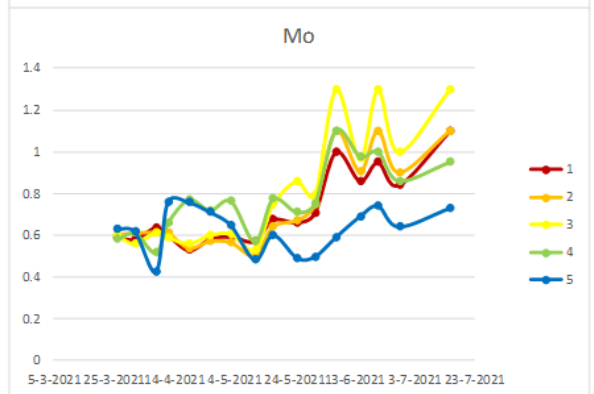
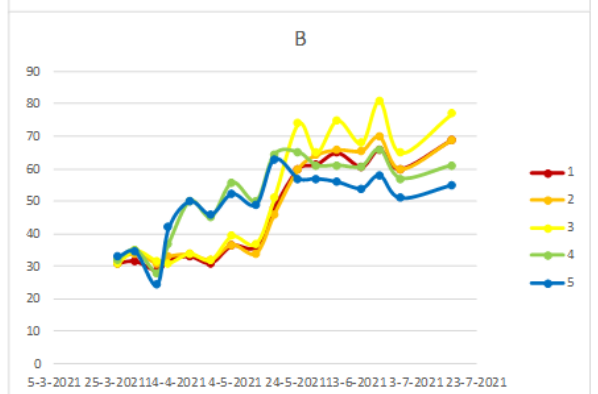
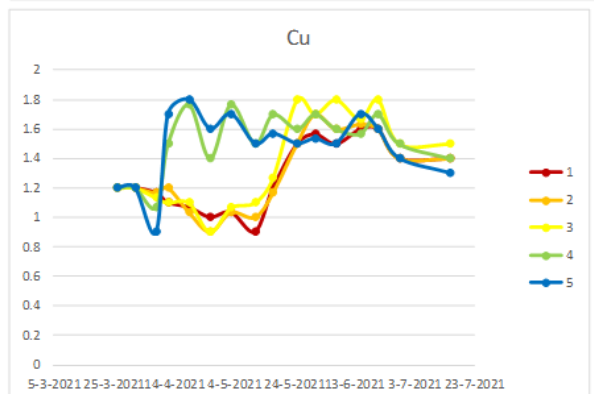
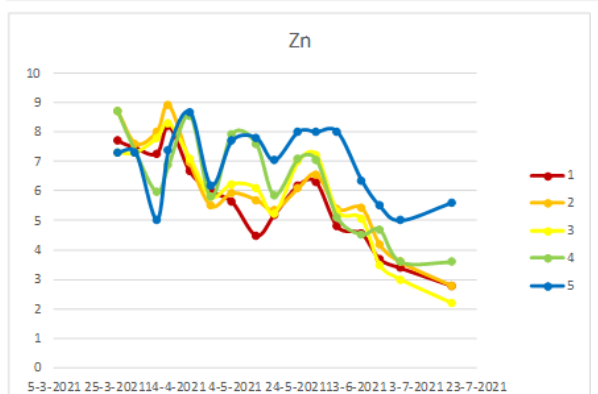
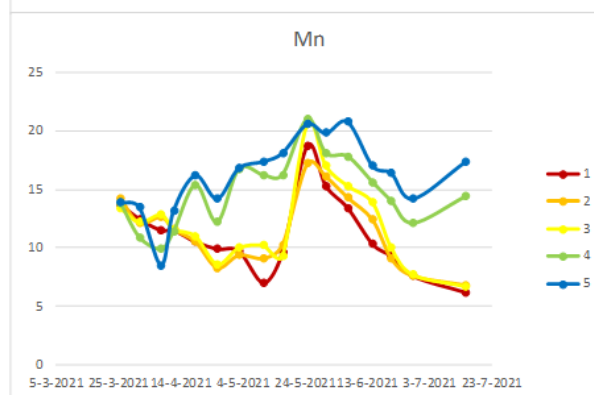
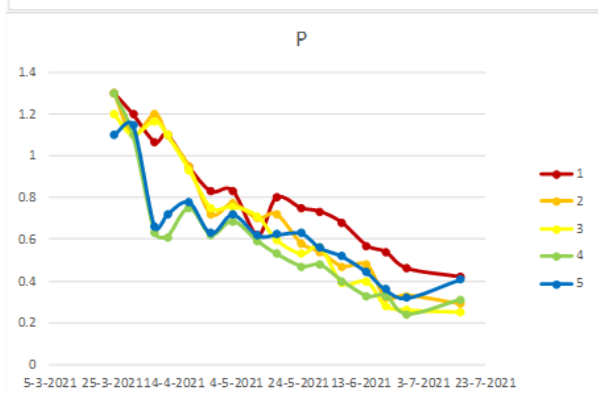
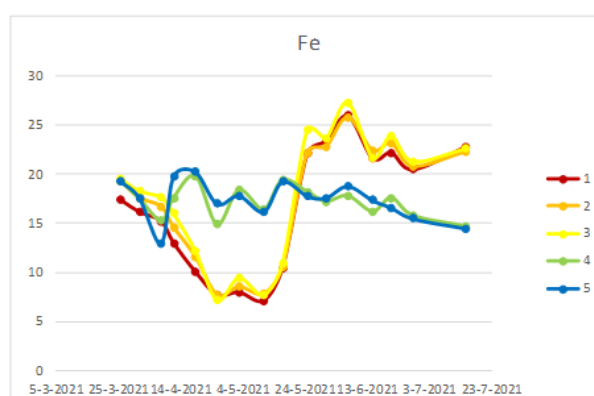
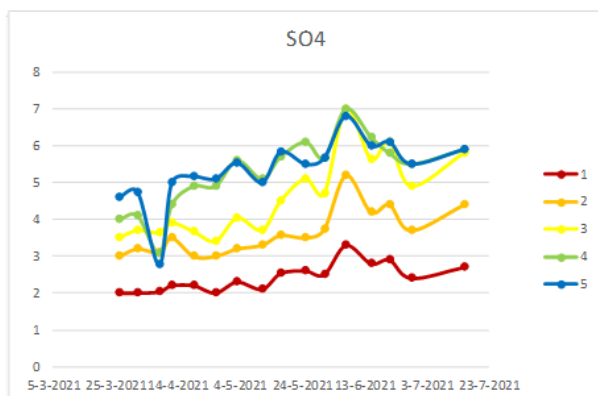
- Fagan, W. F., E. Siemann, C. Mitter, R. F. Denno, A. F. Huberty, H. A. Woods, and J. J. Elser. 2002. Nitrogen in insects: Implications for trophic complexity and species diversification. *American Naturalist* 160:784-802.
- Fritz, C., N. Palacios-Rojas, R. Feil, and M. Stitt. 2006. Regulation of secondary metabolism by the carbon-nitrogen status in tobacco: nitrate inhibits large sectors of phenylpropanoid metabolism. *Plant Journal* 46:533-548.
- Grodan <https://www.grodan.com/siteassets/downloads/downloads-en/product-data-sheets-en/grodan-product-data-sheet-grocube.pdf>
- Gupta N, Debnath S, Sharma S, Sharma P, Purohit J., 2017. Role of nutrients in controlling the plant diseases in sustainable agriculture. In: Agriculturally important microbes for sustainable agriculture, eds: Meena V, Mishra PK, Bisht JK, Pattanayak A, Springer Nature, Singapore.
- Han, P., P. Bearez, S. Adamowicz, A. V. Lavoie, E. Amiens-Desneux, and N. Desneux. 2015. Nitrogen and water limitations in tomato plants trigger negative bottom-up effects on the omnivorous predator *Macrolophus pygmaeus*. *Journal of Pest Science* 88:685-691.
- Han, P., A. V. Lavoie, J. Le Bot, E. Amiens-Desneux, and N. Desneux. 2014. Nitrogen and water availability to tomato plants triggers bottom-up effects on the leafminer *Tuta absoluta*. *Scientific Reports* 4.
- Harinck, S., Kaarsemaker, R. en J. Sanders. Effecten van nutriënten op ziekten, plagen en hun bestrijders in paprika, gerbera, chrysant en komkommer. Ontwikkeling van een dynamische nitraatgift. Stichting Vertify en Stichting Control in Food & Flowers (SCFF)
- Hofland-Zijlstra, J.D.; Breeuwsma, S.; Noordam, M., 2016 Duurzame beheersing van echte meeldauw (Rapport GTB 1385) - 58
- Hosseini, M., A. Ashouri, A. Enkegaard, W. W. Weisser, S. H. Goldansaz, M. N. Mahalati, and H. R. S. Moayeri. 2010. Plant quality effects on intraguild predation between *Orius laevigatus* and *Aphidoletes aphidimyza*. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 135:208-216.
- Larbat, R., J. Le Bot, F. Bourgaud, C. Robin, and S. Adamowicz. 2012a. Organ-specific responses of tomato growth and phenolic metabolism to nitrate limitation. *Plant Biology* 14:760-769.
- Larbat, R., K. M. Olsen, R. Slimestad, T. Lovdal, C. Benard, M. Verheul, F. Bourgaud, C. Robin, and C. Lillo. 2012b. Influence of repeated short-term nitrogen limitations on leaf phenolics metabolism in tomato. *Phytochemistry* 77:119-128.
- Larbat, R., C. Paris, J. Le Bot, and S. Adamowicz. 2014. Phenolic characterization and variability in leaves, stems and roots of Micro-Tom and patio tomatoes, in response to nitrogen limitation. *Plant Science* 224:62-73.
- Le Bot, J., C. Benard, C. Robin, F. Bourgaud, and S. Adamowicz. 2009. The 'trade-off' between synthesis of primary and secondary compounds in young tomato leaves is altered by nitrate nutrition: experimental evidence and model consistency. *Journal of Experimental Botany* 60:4301-4314.
- Lou, Y. G., and I. T. Baldwin. 2004. Nitrogen supply influences herbivore-induced direct and indirect defenses and transcriptional responses to *Nicotiana attenuata*. *Plant Physiology* 135:496-506.
- Ludeking, D.J.W.; Hamelink, R.; Kromwijk, J.A.M.; Schenk, M.F.; Vermunt, A.; Woets, F. 2011. Detectie en beheersing van bacterierot veroorzaakt door *Pseudomonas cattleyae* in *Phalaenopsis*, Wageningen UR Glastuinbouw (Rapporten GTB 1096) - 31
- Mace, K. C., and N. J. Mills. 2016. Nitrogen-Mediated Interaction: A Walnut-Aphid-Parasitoid System. *Environmental Entomology* 45:891-896.
- Mattson, W. J. 1980. Herbivory in relation to plant nitrogen-content. *Annual Review of Ecology and Systematics* 11:119-161.
- Mollema, C., and R. A. Cole. 1996. Low aromatic amino acid concentrations in leaf proteins determine resistance to *Frankliniella occidentalis* in four vegetable crops. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 78:325-333.
- Mouden, S., de Graaf, E., Kruidhof, M., Strijbis, P., Sanders, J., Voogt, W., & Leiss, K. (2022). Kennisinventarisatie nutriënten & gewasgezondheid: Literatuurstudie, enquête & kennisinteractie. Rapport / Wageningen Plant Research; No. WPR-1139. Wageningen Plant Research. <https://doi.org/10.18174/569148>
- Mur LAJ, Simpson C, Kumari A, Gupta AK, Gupta KJ (2016) Moving nitrogen to the centre of plant defence against pathogens. *Annals of Botany* 119: 703-709.
- Pettitt, F. L., C. A. Loader, and M. K. Schon. 1994. Reduction of nitrogen concentration in the hydroponic solution on population growth rate of the aphids (Homoptera, Aphididae) *Aphis gossypii* on cucumber and *Myzus persicae* on pepper. *Environmental Entomology* 23:330-336.

-
- Schuch, U. K., R. A. Rdak, and J. A. Behtke. 1998. Cultivar, fertilizer and irrigation effect vegetative growth and susceptibility of chrysanthemum to western flower thrips. *J Am Soc Hort Sci* 123:727-733.
- Snoeijers S, Pérez-Garcia A, Joosten M, de Wit P., 2000. The effect of nitrogen on disease development and gene expression in bacterial and fungal plant pathogens. *European Journal of Plant Pathology* 106: 493-506.
- Sonneveld, C. and Voogt, W., 2009. *Plant Nutrition of Greenhouse Crops*. Springer, 431 p.
<https://doi.org/10.1007/978-90-481-2532-6>
- Travernier V, Cadiou S, Pageau K, Laugé R, Reisdorf-Cren M, Langin T, Masclaux-Daubresse C., 2007. The plant nitrogen mobilization promoted by *Colletotrichum lindemuthianum* in *Phaseolus* leaves depends on fungus pathogenicity. *Journal of Experimental Botany* 58: 3351-3360.
- van der Salm, C, Voogt, W, Beerling, E, van Ruijven, J & van Os, E., 2020. 'Minimising emissions to water bodies from NW European greenhouses; with focus on Dutch vegetable cultivation', *Agricultural Water Management*, vol. 242, 106398. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106398>
- Voogt, W & Bar-Yosef, B 2019, Water and nutrient management and crops response to nutrient solution recycling in soilless growing systems in greenhouses. in M Raviv, JH Lieth & A Bar-Tal (eds), *Soilless Culture: Theory and Practice*. Elsevier, pp. 425-507. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63696-6.00010-4>
- Voogt, W. and Sonneveld, C. 2004. Interactions between nitrate and chloride in nutrient solutions for substrate grown tomato. *Acta Hort.* 644, 359-368.
- Voogt, W. Garcia, N, Staver, N, Brug, AAM. 2006. Verlaging N niveau bij Roos: onderzoek naar de mogelijkheden om rozen te telen met een permanent dan wel tijdelijk lagere N concentratie in het wortelmilieu om de N emissie te verminderen. PPO-glastuinbouw, Naaldwijk.
<http://edepot.wur.nl/294432>.
- Walters D, Heil M., 2007. Costs and trade-offs associated with induced resistance. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 71: 3-17.

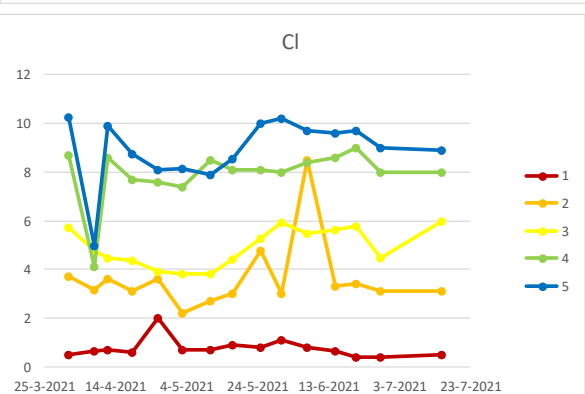
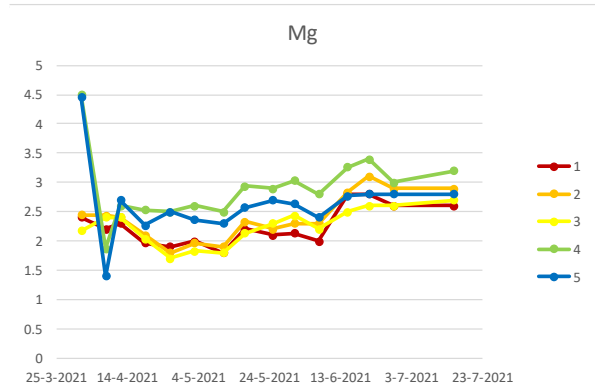
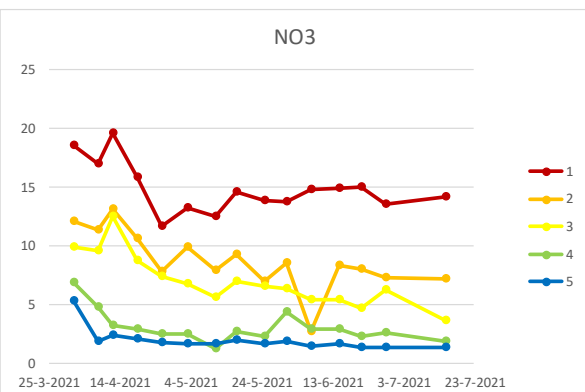
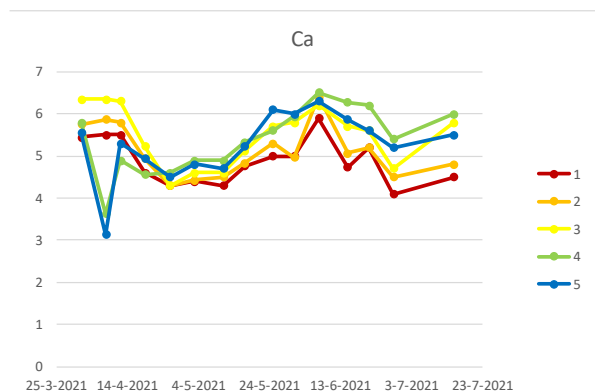
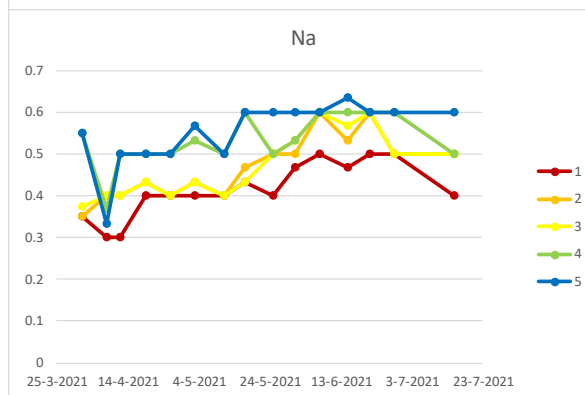
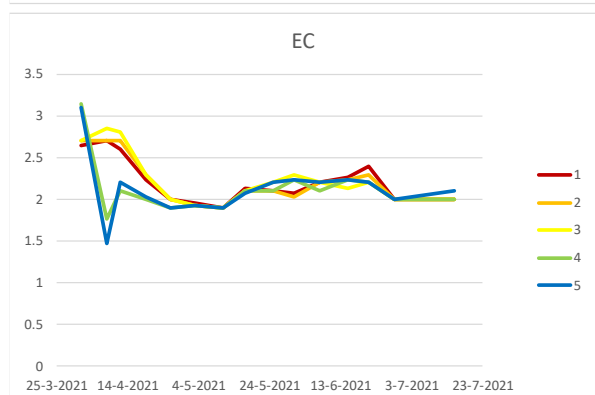
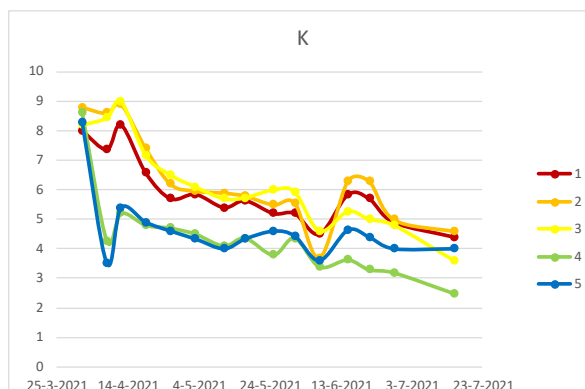
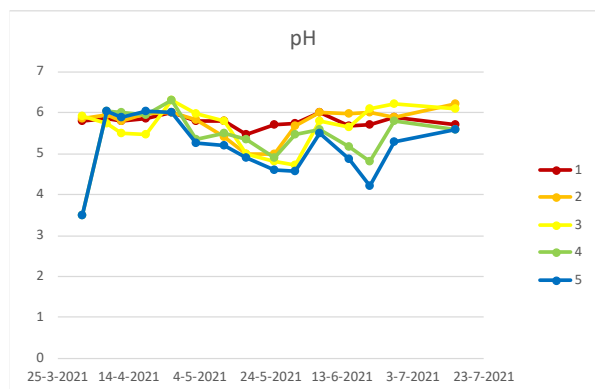
Bijlage 1 Analyseresultaten: Paprika A



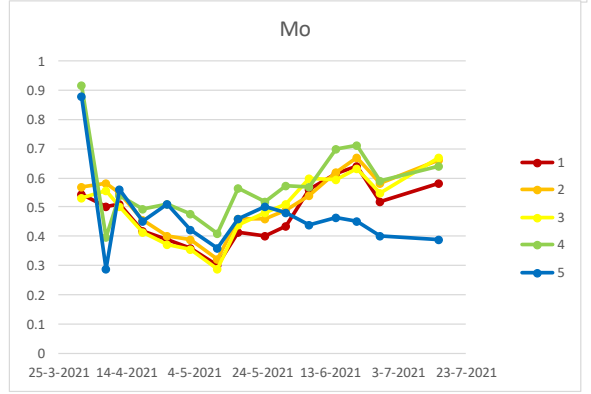
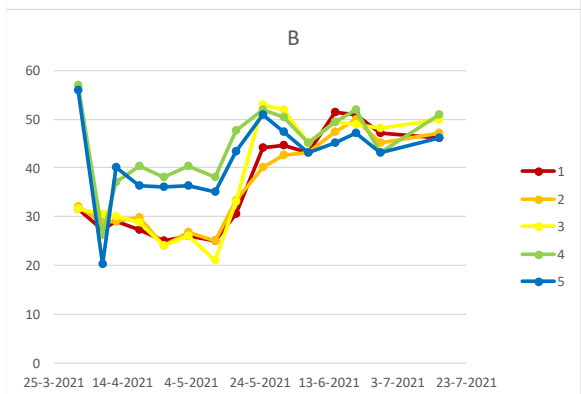
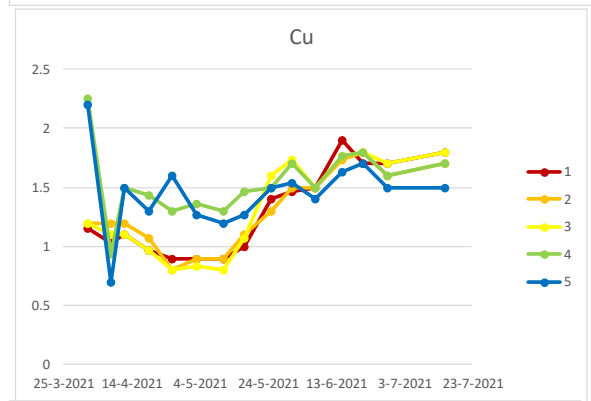
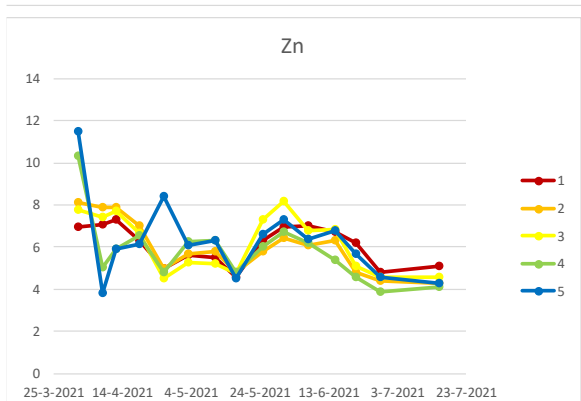
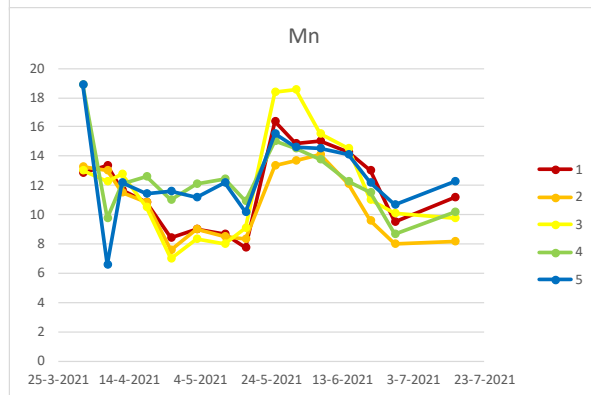
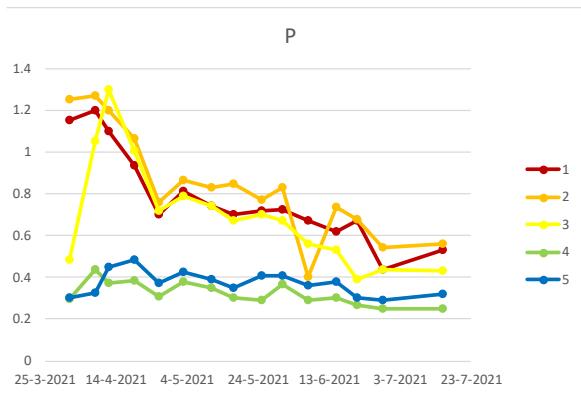
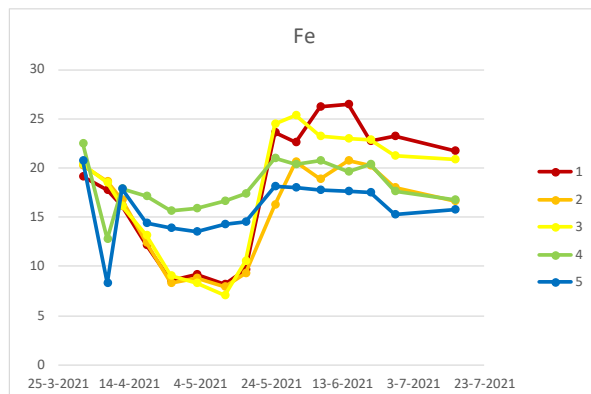
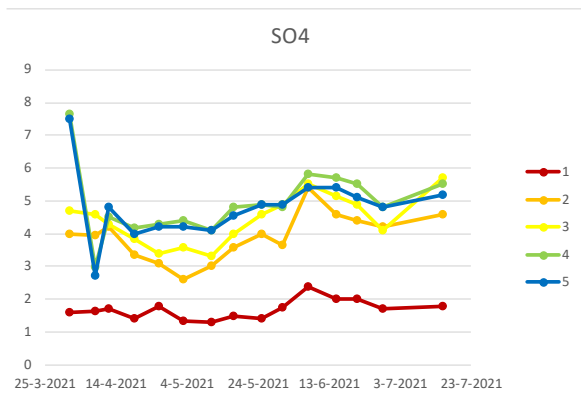
Bijlage 2 Analyseresultaten: Paprika B



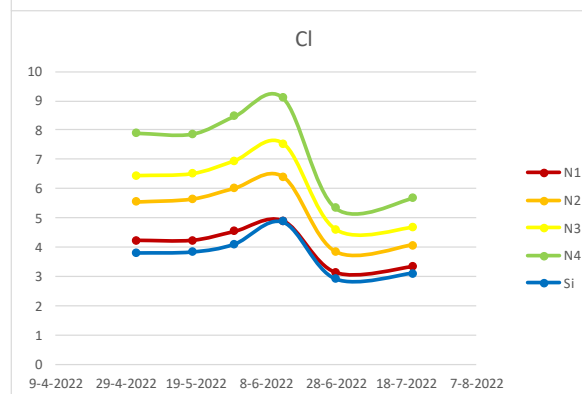
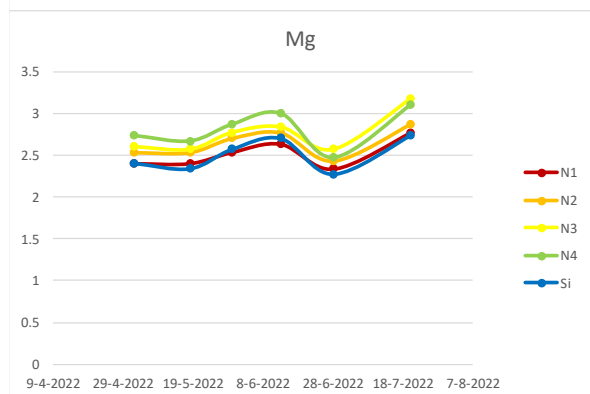
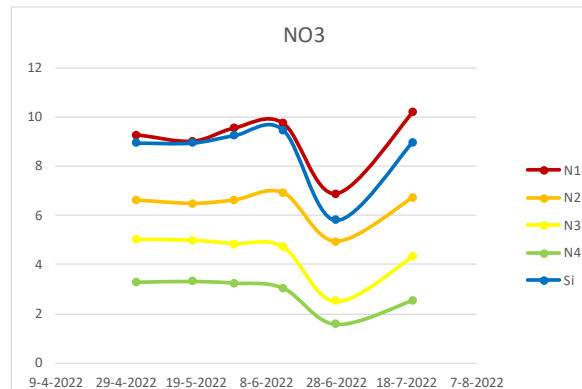
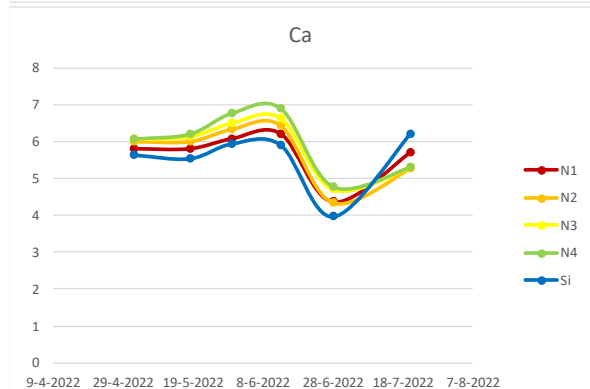
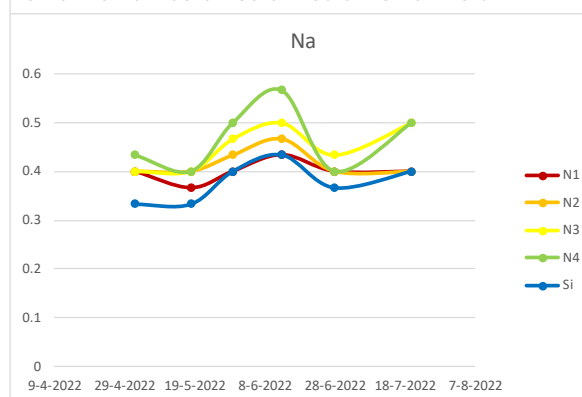
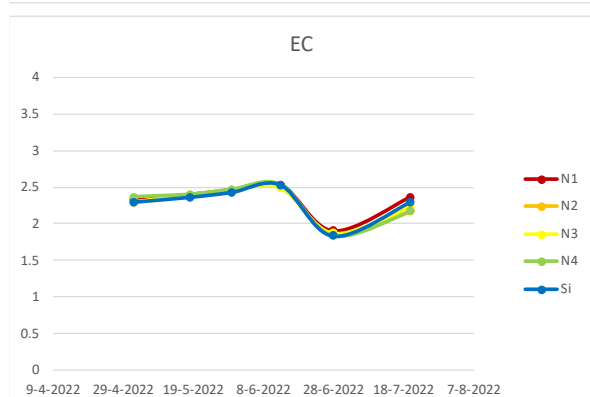
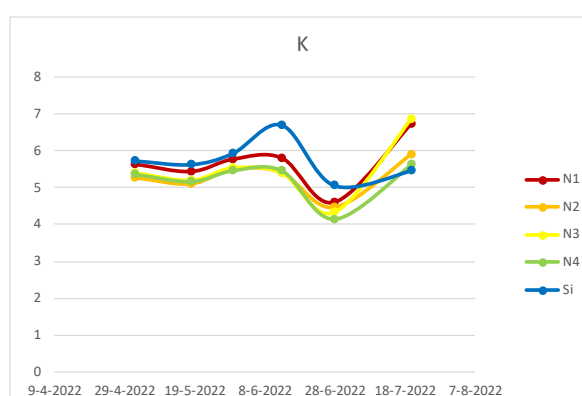
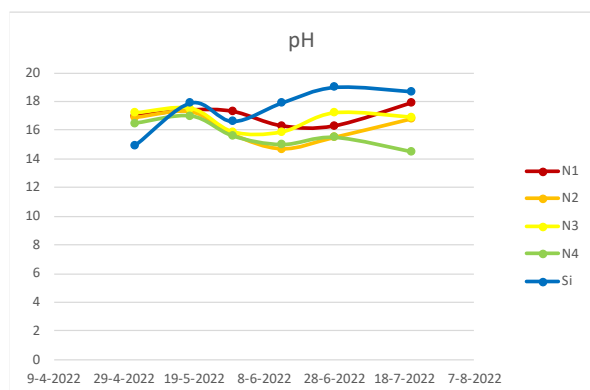
Bijlage 3 Analyseresultaten: Gerbera I A



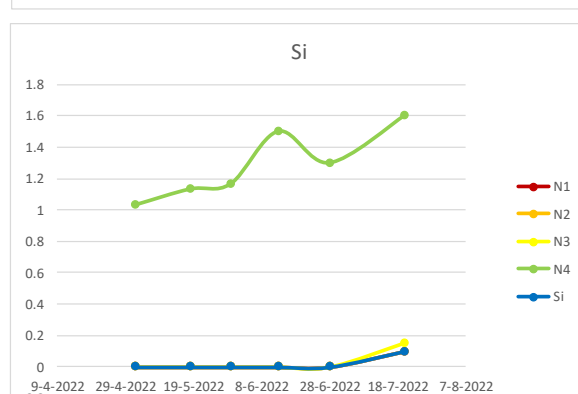
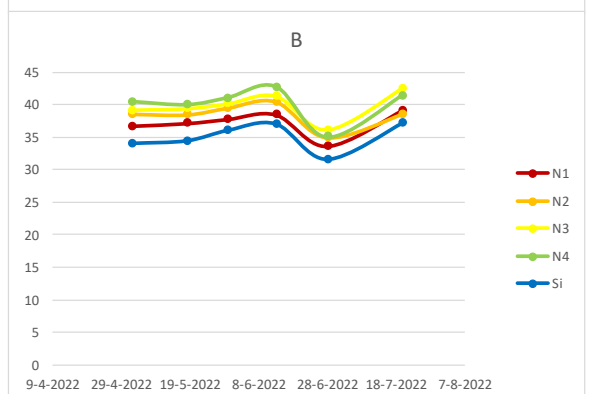
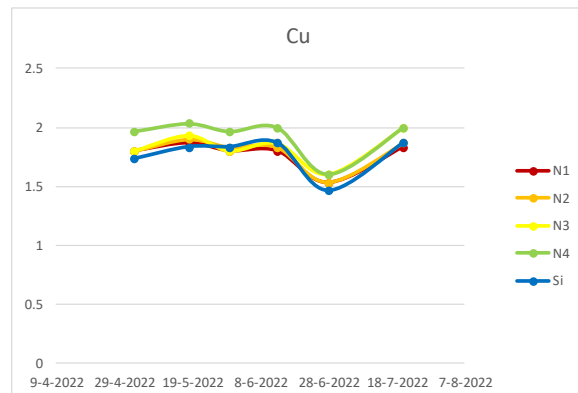
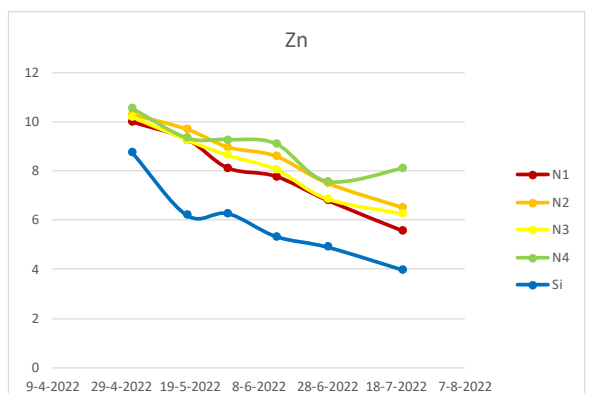
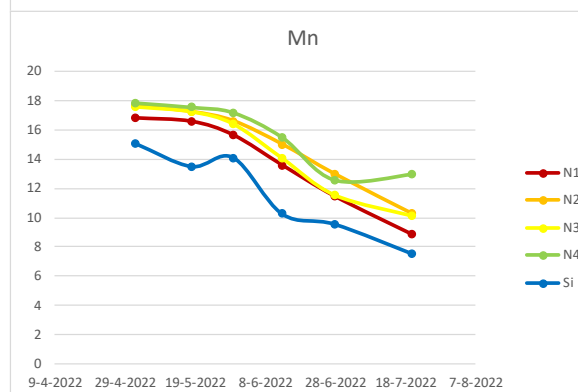
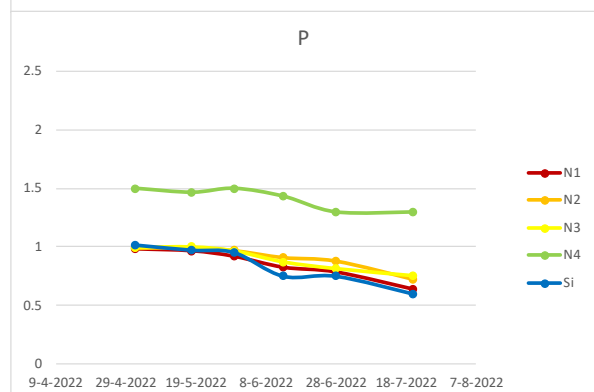
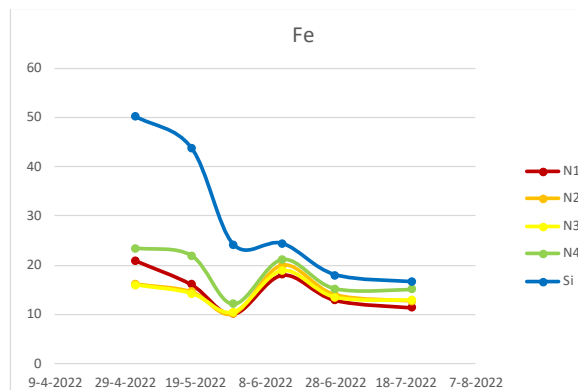
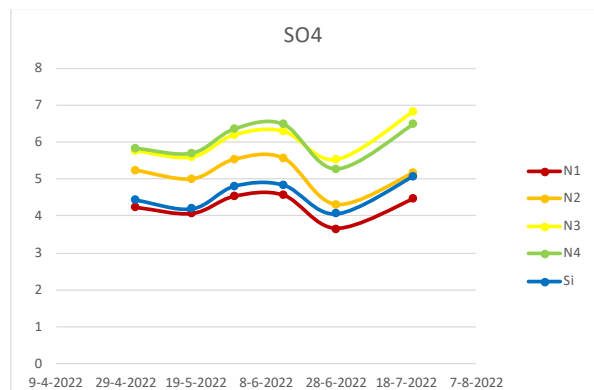
Bijlage 4 Analyseresultaten: Gerbera I B



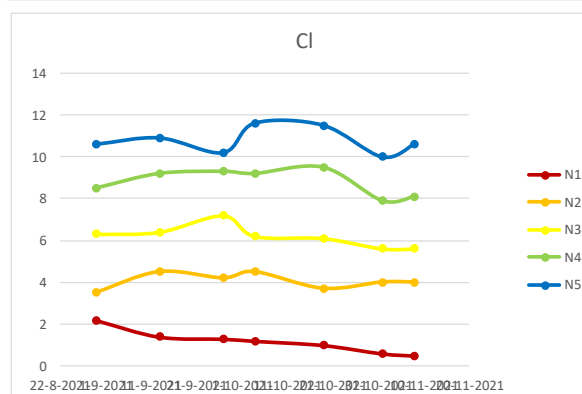
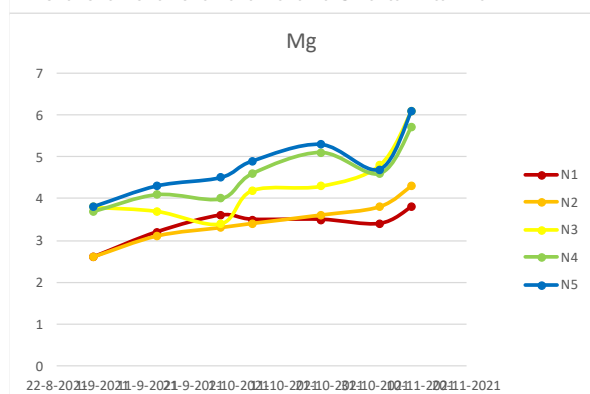
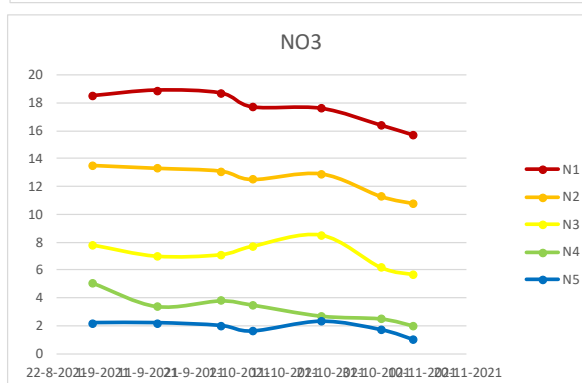
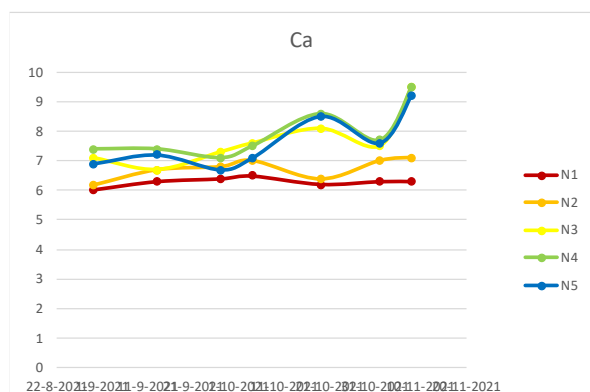
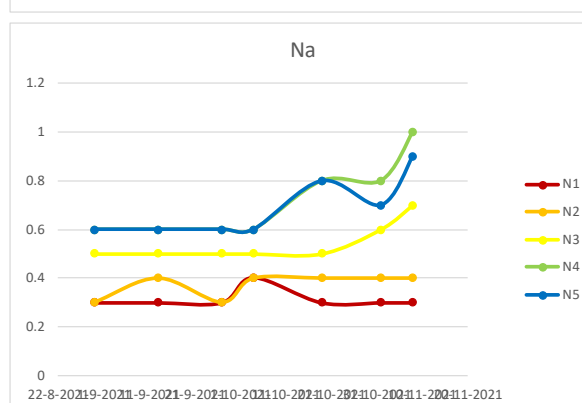
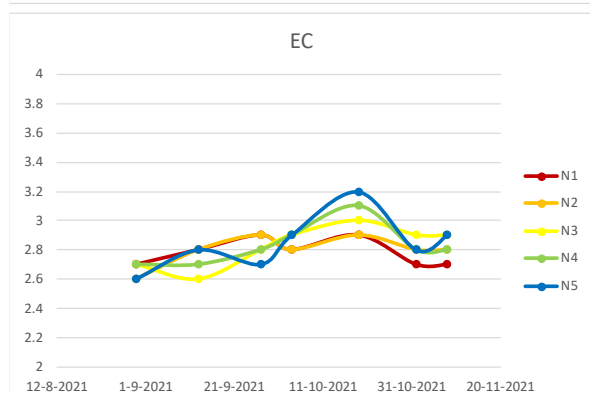
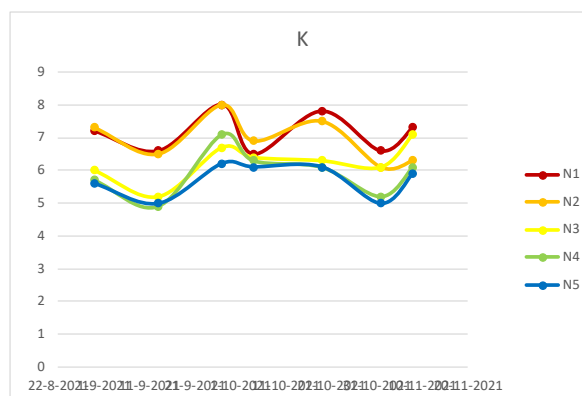
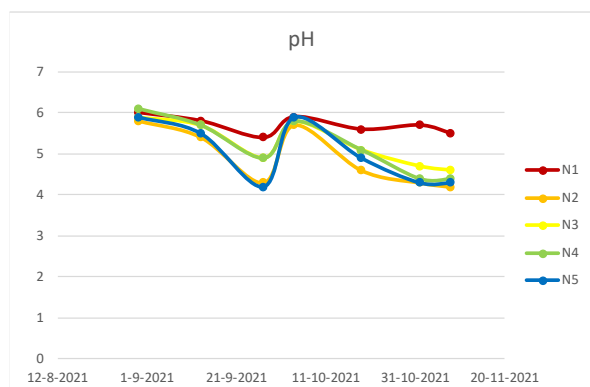
Bijlage 5 Analyseresultaten: Gerbera II A



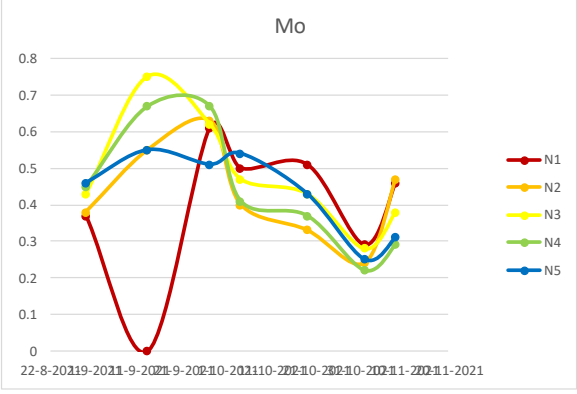
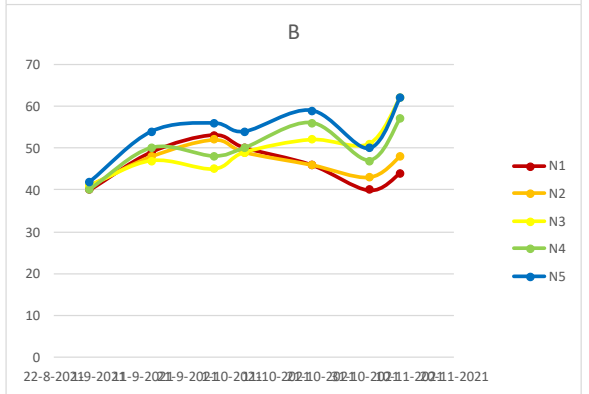
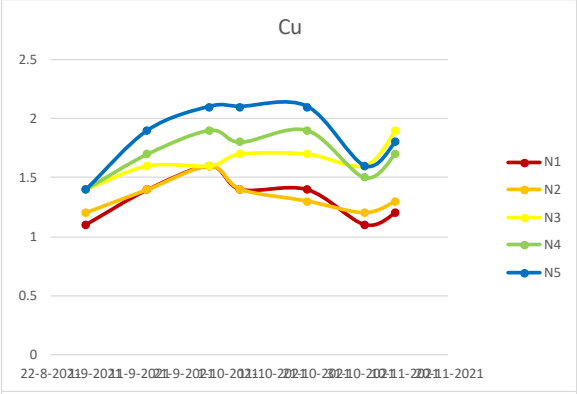
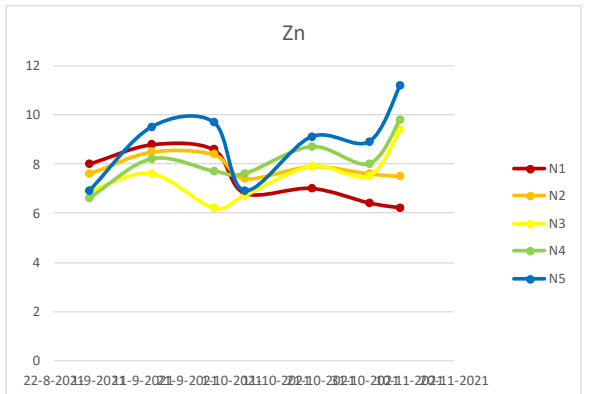
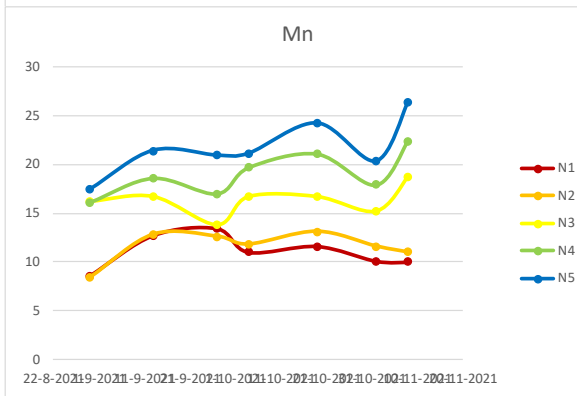
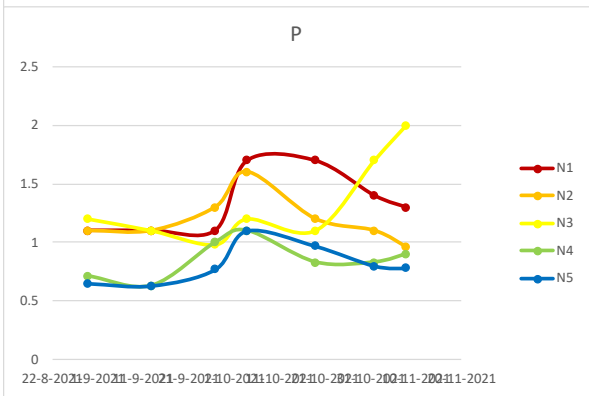
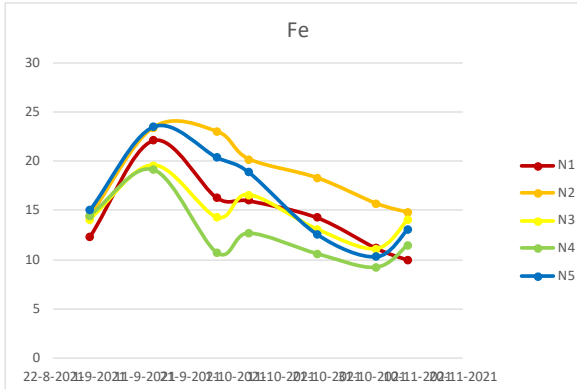
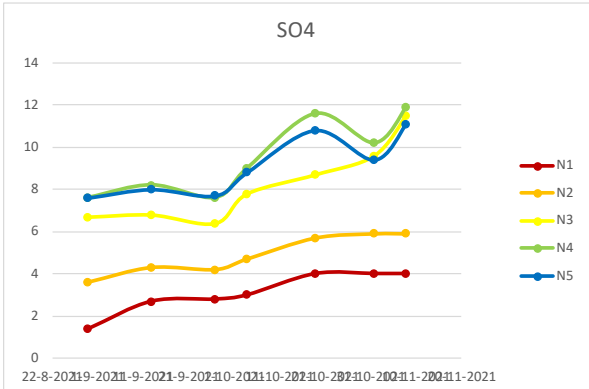
Bijlage 6 Analyseresultaten: Gerbera II B



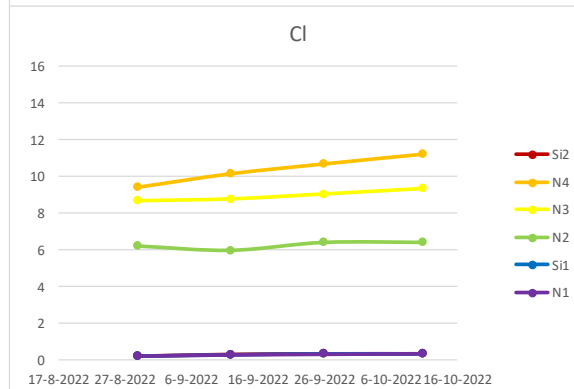
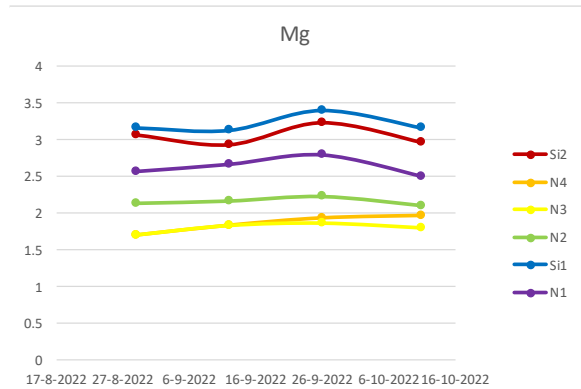
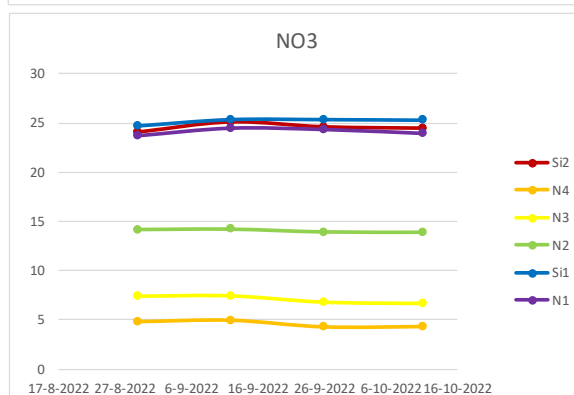
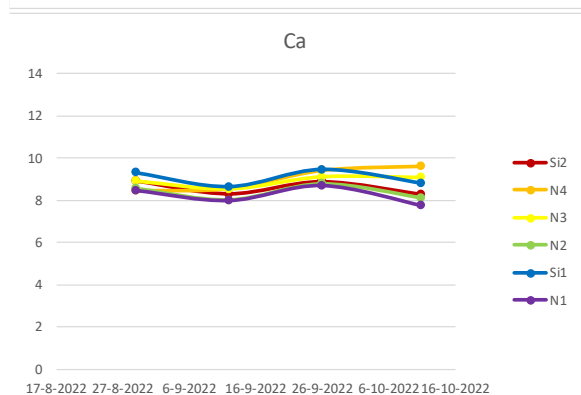
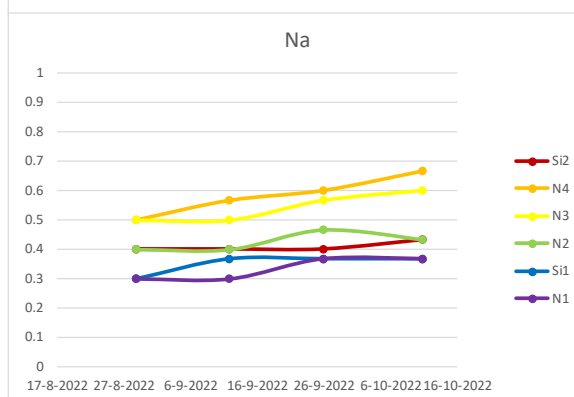
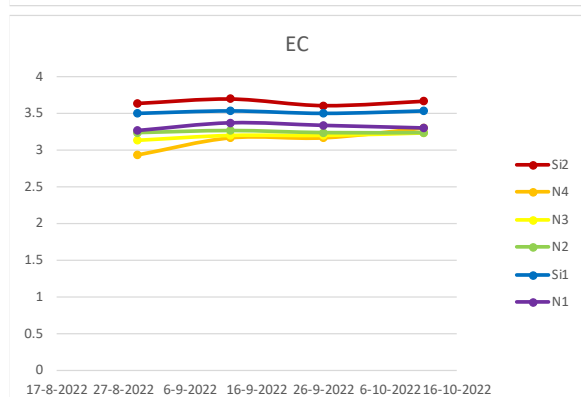
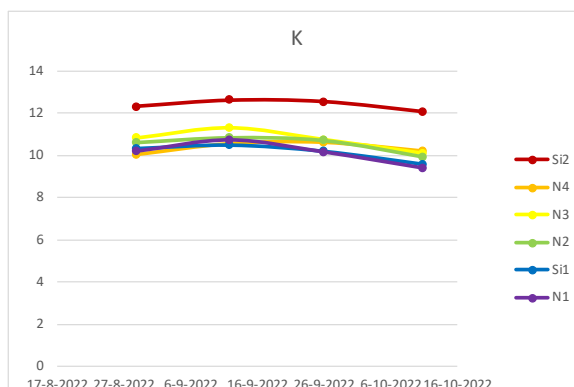
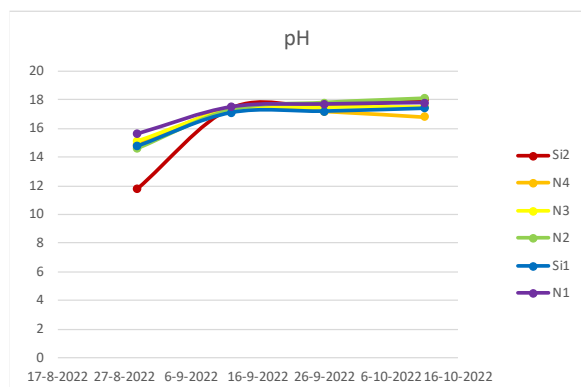
Bijlage 7 Analyseresultaten: Komkommer I A



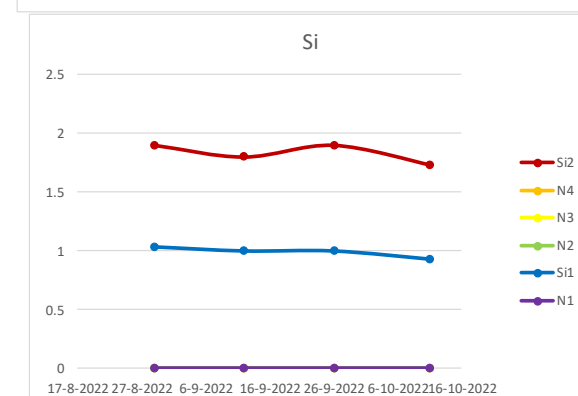
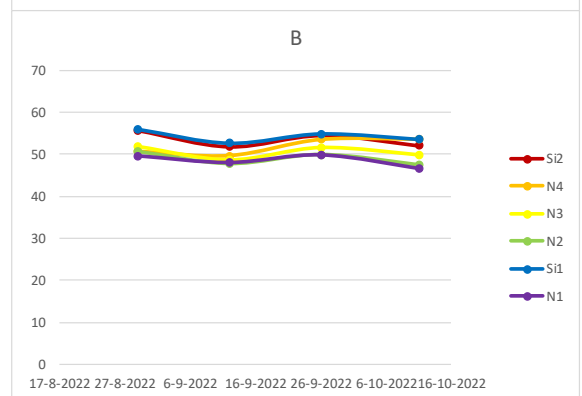
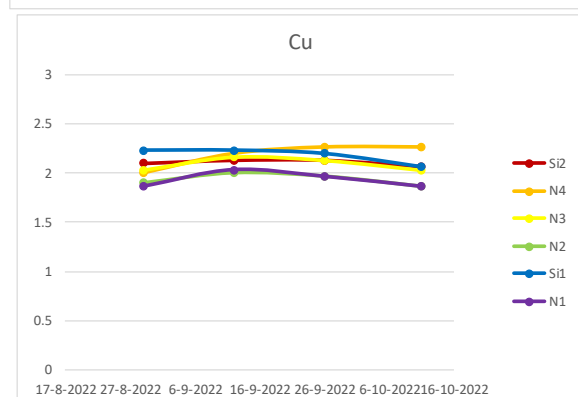
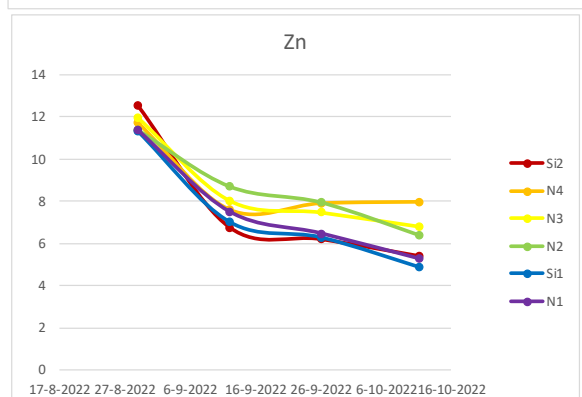
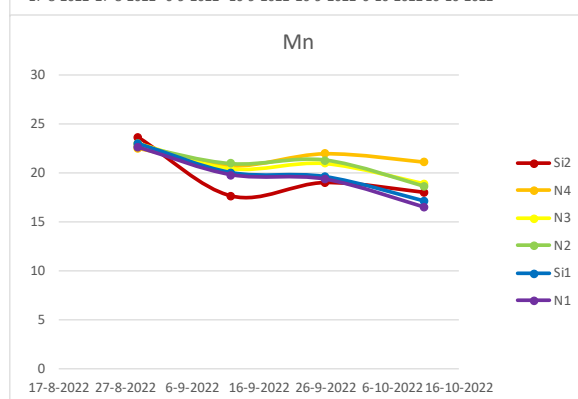
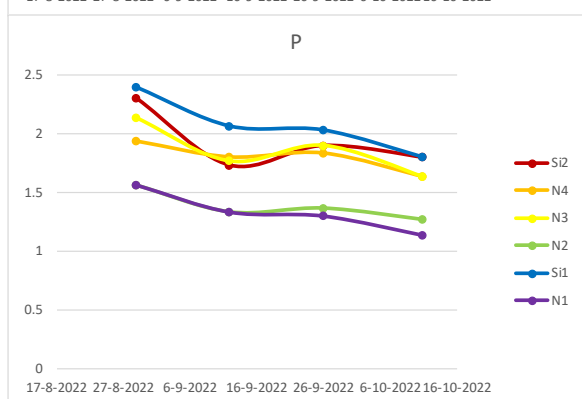
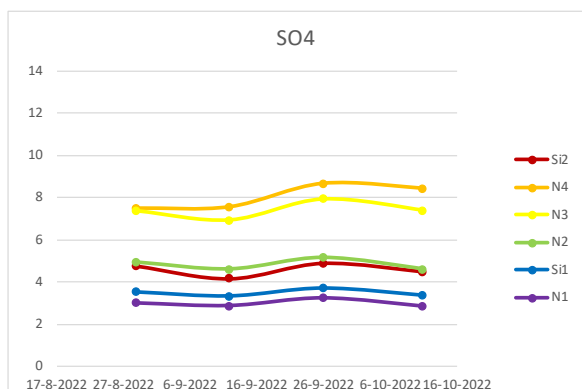
Bijlage 8 Analyseresultaten: Komkommer 1 B



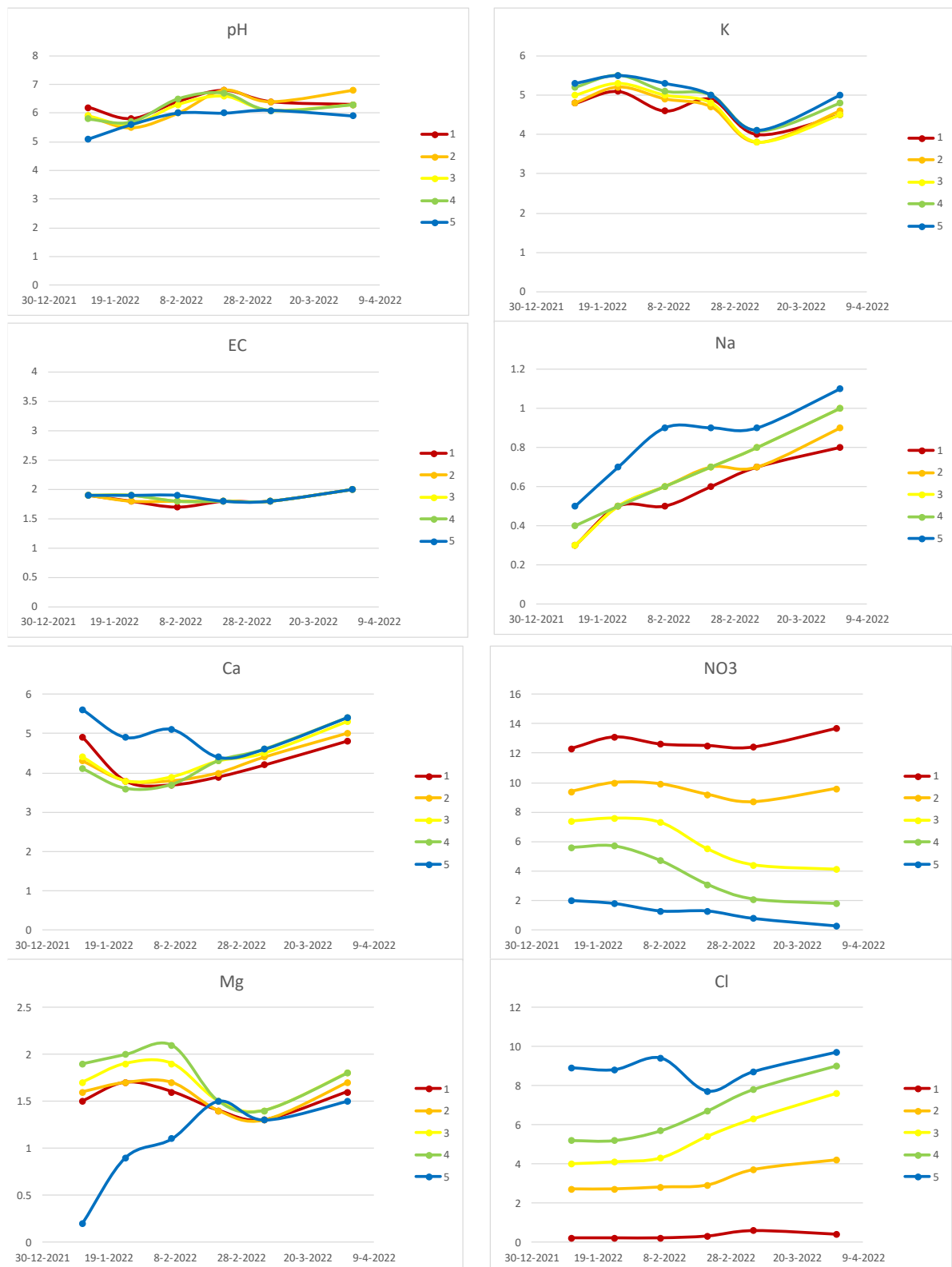
Bijlage 9 Analyseresultaten: Komkommer II A



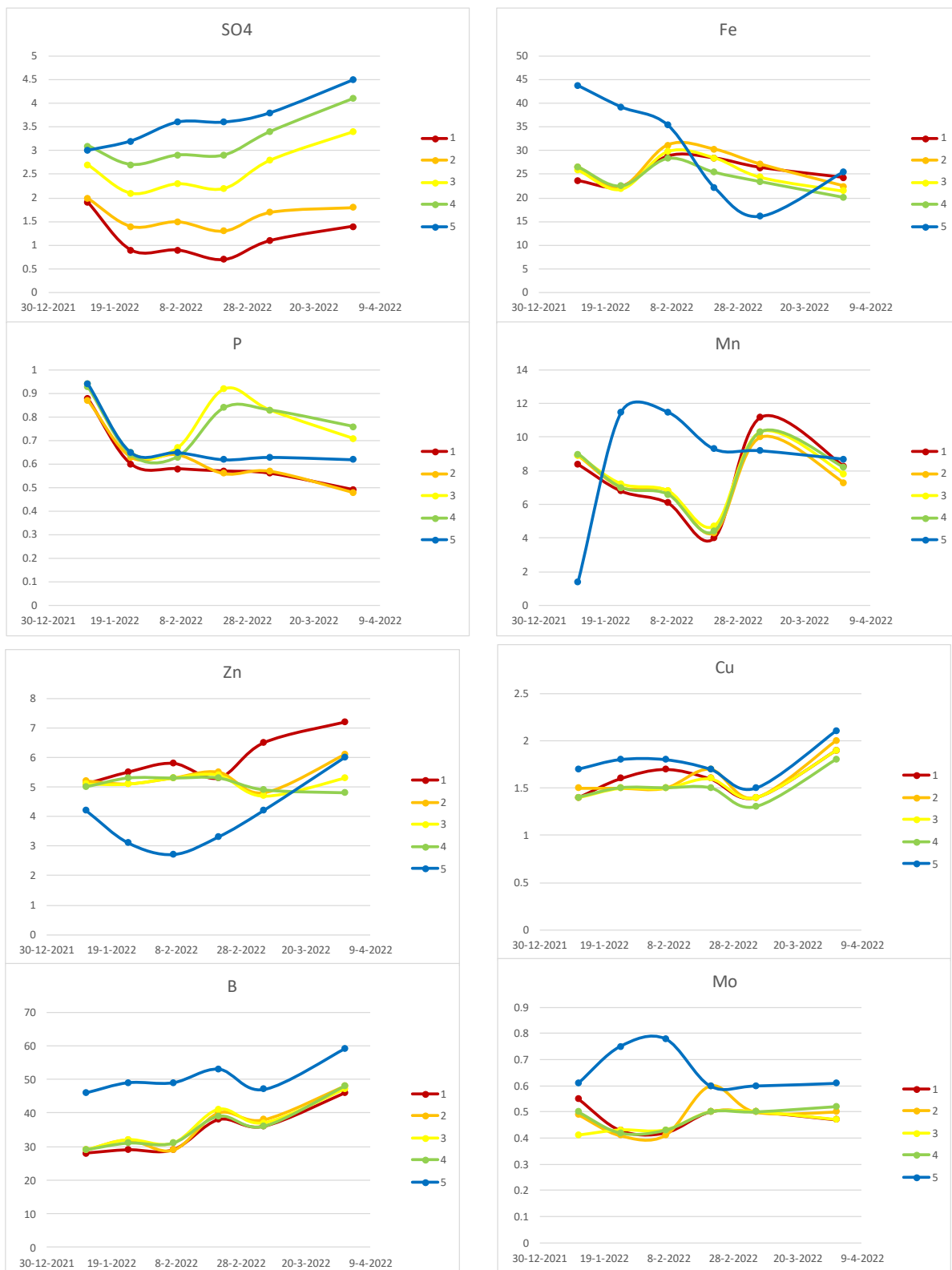
Bijlage 10 Analyseresultaten: Komkommer II B



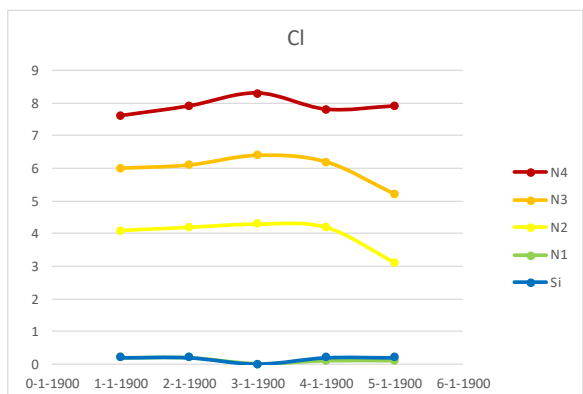
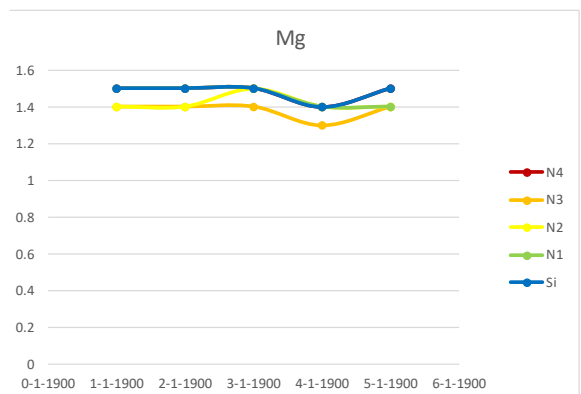
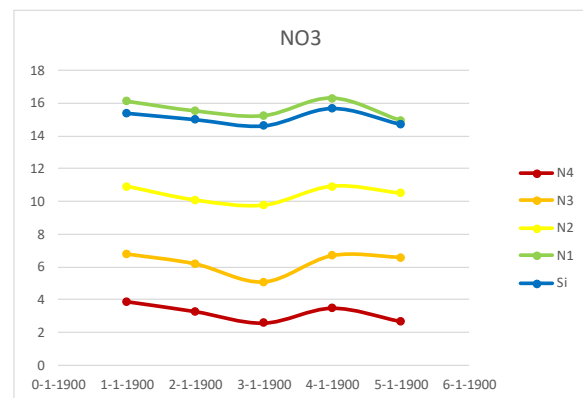
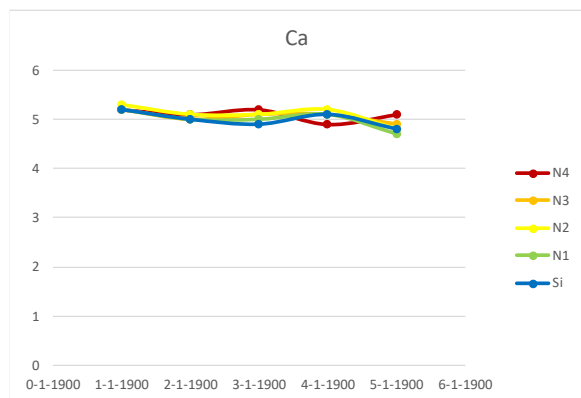
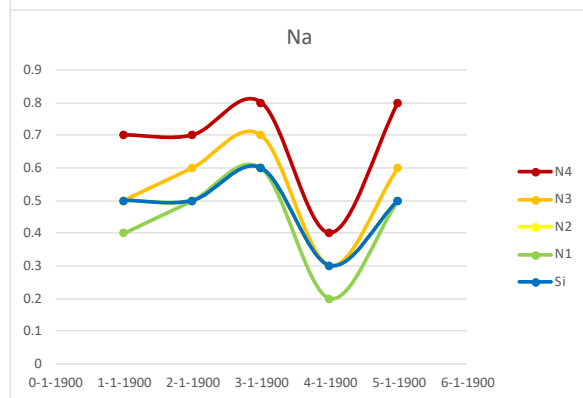
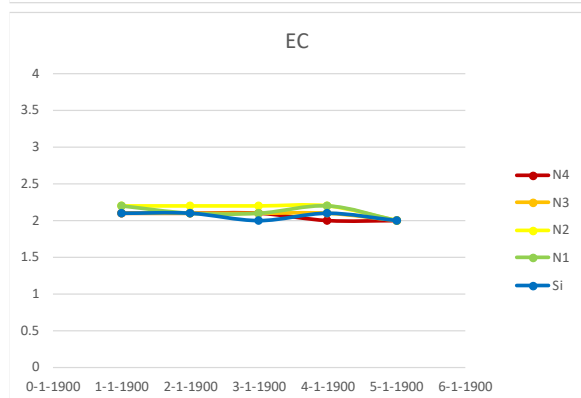
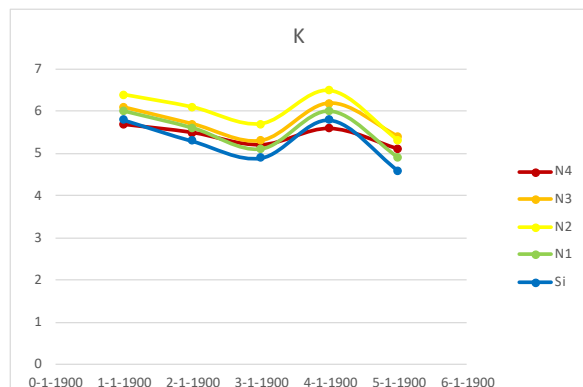
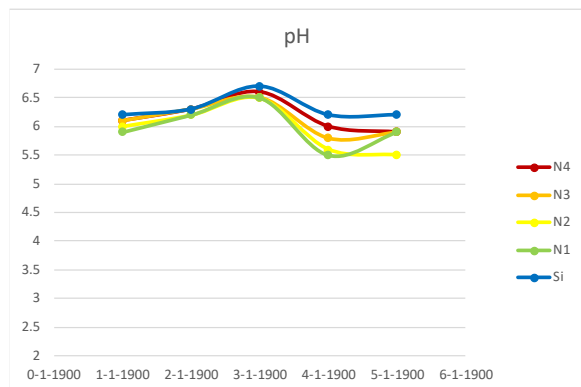
Bijlage 11 Analyseresultaten voeding: Chrysant I A



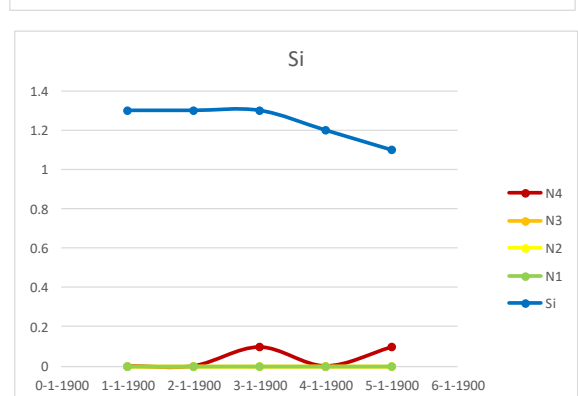
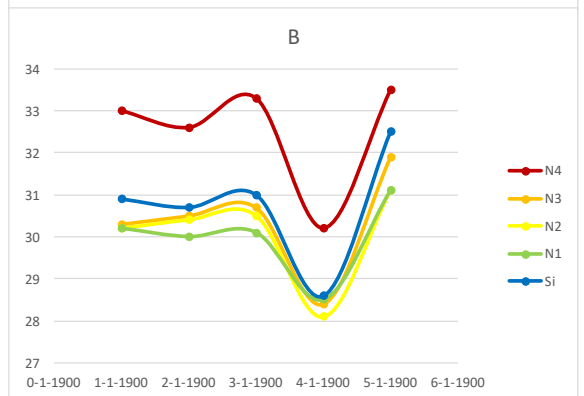
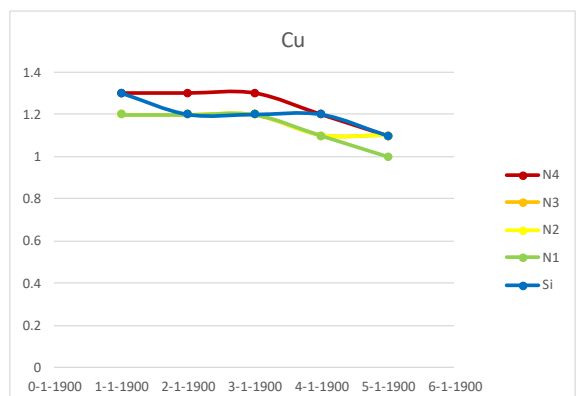
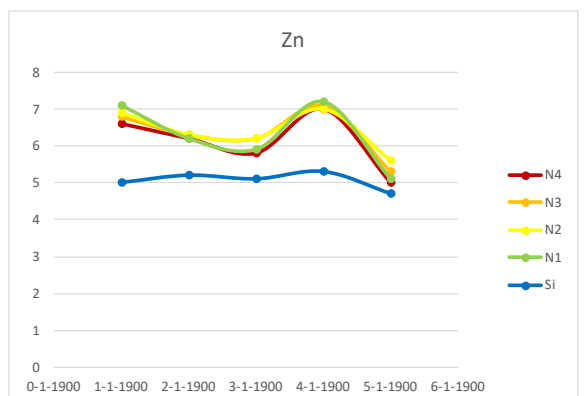
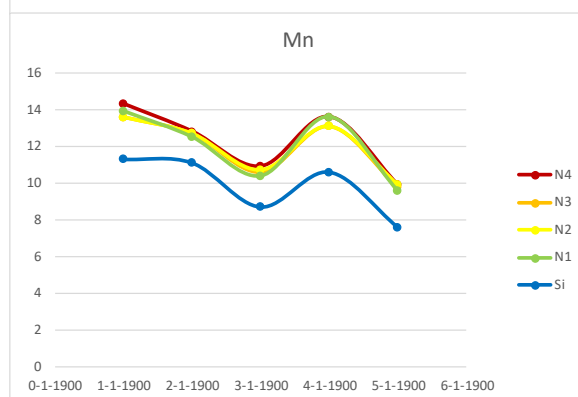
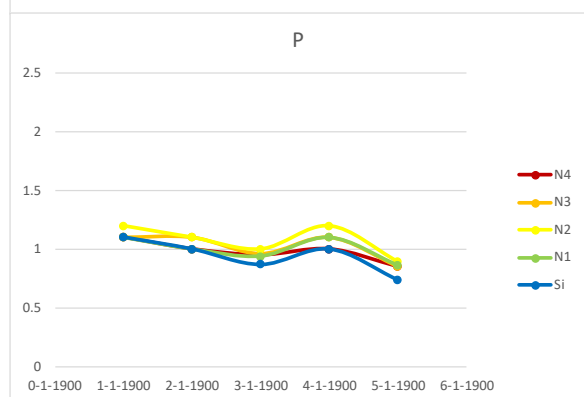
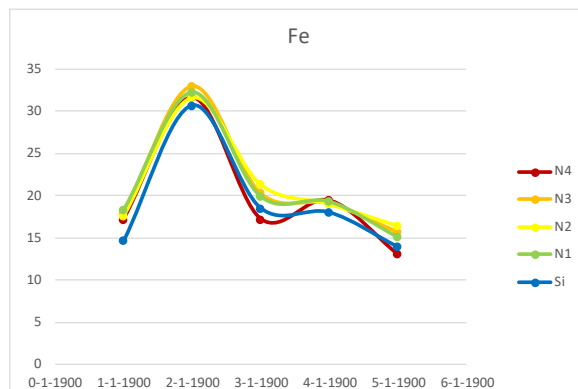
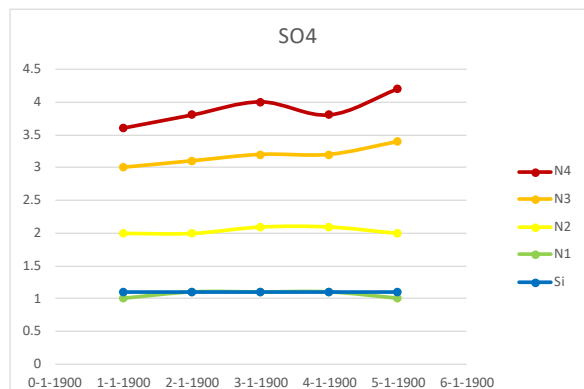
Bijlage 12 Analyseresultaten voeding: Chrysant I B



Bijlage 13 Analyseresultaten voeding: Chrysant II A



Bijlage 14 Analyseresultaten: Chrysant II B



Bijlage 15 Gewasanalyses overige nutriënten

Alle resultaten in mmol/kg droge stof

Paprika					
Organ	treatment	K	Ca	Mg	P
Plant	1	1213	639	190	88
	2	1289	789	264	101
	3	1200	634	246	112
	4	1154	577	194	103
	5	1262	749	258	103
Fruits	1	754	30	62	113
	2	761	32	58	110
	3	748	30	57	109
	4	795	33	59	109
	5	801	40	65	112

Gerbera I					
Organ	treatment	K	Ca	Mg	P
Plant	1	1389	396	190	122
	2	1166	304	168	106
	3	1532	408	184	118
	4	1601	406	193	104
	5	1404	333	126	96
flower	1	1236	535	172	90
	2	775	172	94	111
	3	812	97	83	101
	4	764	96	75	89
	5	726	121	70	81

Gerbera 2					
treatment	K	Ca	Mg	P	
N1	1140	247	144	84	
N2	1130	215	140	97	
N3	1380	269	132	87	
N4	1210	232	99	84	
N5	1210	329	156	84	

Komkommer 1					
treatment	K	Ca	Mg	P	
N1		980	859	542	154
N2		940	978	555	112
N3		1094	665	448	211
N4		985	438	300	221
N5		938	320	233	248

Komkommer 2						
Blad	Si	N	K	Ca	Mg	P
oud	0	1	850	1080	444	97
		2	1480	1100	399	126
		3	950	1090	370	245
		4	1040	1080	378	329
	1	1	980	1080	444	129
	2	2	1360	1090	448	107
jong	0	1	680	550	206	107
		2	820	462	177	126
		3	770	499	197	174
		4	730	454	202	184
	1	1	700	540	259	123
	2	2	850	487	317	145

Chrysant 1				
behandeling	K	Ca	Mg	P
N1	1262	240	75.4	149
N2	1254	212	61	137
N3	1336	220	68	146
N4	1297	208	65.4	140
N5	1092	190	41.9	106

Chrysant 2				
treatment	K	Ca	Mg	P
N1	1217	239	76.5	147
N2	1329	239	71.8	143
N3	1393	241	71.0	150
N4	1327	199	56.6	129
Si	1272	241	76.5	143

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



Wageningen University & Research
BU Glastuinbouw
Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
E glastuinbouw@wur.nl
wur.nl/glastuinbouw

Rapport WPR-1458



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
