



Meten met Ion Specifieke meters

Praktijkervaringen in een gerbera- en paprikateelt

Chris Blok¹, Johan Steenhuizen¹, Aat van Winkel¹, Ariyati Ayik¹, Hanjo Lekkerkerk² en Peter Klein³

¹ Wageningen UR Glastuinbouw ² GreenQ Improvement Centre, Bleiswijk ³ Horticoop, Bleiswijk



Referaat

Met de CleanGrow handmeter voor ion specifiek meten is gemeten in een teelt gerbera en in twee teelten paprika. De meter bleek veel kennis van de gebruiker te vragen voor de kalibraties die eigenlijk na elke meting nodig bleken. De ervaringen worden besproken en er wordt een handleiding voor het gebruik gegeven.

In de gerberateelt is één rij planten in een kraanvak voorzien van een dosatron, zodat op die bepaalde streng het gehalte aan ammonium bij elk irrigatiebeurt kon worden verhoogd van 0.4 naar 1.4 mmol.L⁻¹. Deze verhoging was niet van grote invloed op de pH van de drain (pH 5.4 i.p.v. 6.0). Terwijl de aanvoer van stikstof (nitraat en ammonium samen) toenam met 5% nam het stikstofgehalte in het gewasmonster toe met 18-20%. Dit geeft aan dat hier teeltkundig nog ruimte voor productieverbetering is.

De conclusie is dat enerzijds de meter nog niet bruikbaar is voor tuinders of niet gespecialiseerde adviseurs, maar anderzijds lijkt de hier geprobeerde regeling op ammoniumaanvoer een teeltkundig voordeel te bieden. Er wordt aanbevolen de regeling van de ammoniumaanvoer bij snijbloemen als pilot proef uit te voeren met als doel de opbrengst verbetering te kwantificeren.

Abstract

The CleanGrow handheld meter for ion specific measurement was used in a gerbera crop and two sweet pepper crops. The meter required a high level of knowledge and skill to manage the calibrations necessary after each measurement. The experiences are reported and a manual for operation and maintenance is given.

In the gerbera crop one drip line (2 rows) of plants was equipped with a dosatron in such a way that those plants received, per irrigation cycle, an increase in level of ammonium from 0.4 to 1.4 mmol.L⁻¹. The ammonium increase did not dramatically influence the pH which dropped from pH 6.0 to 5.4 in the drain water. The total supply of nitrogen (both ammonium and nitrate) increased with 5% while the level of nitrogen in the crop analysis increased with 18-20%. This indicates production might be positively affected by the additional ammonium supply.

The conclusion is on the one hand that the meter is not ready for use by untrained growers or non-specialised advisors but on the other hand the control over ammonium supply as applied here seems to offer yield advantage. The advice is therefore to further experiment with ammonium supply control in order to quantify the possible yield effects.

© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw.

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Tel. : 0317 - 48 56 06
Fax : 010 - 522 51 93
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
2	Materiaal en methoden	9
2.1	Proefopzet algemene deel	9
2.2	Proefopzet vergelijkende deel	10
2.3	Werkzaamheden	11
2.4	Analyses	11
3	Resultaten	13
3.1	Gehalten in het drainwater	13
3.2	Berekende opname door het gewas	13
3.3	Verband hoeveelheid licht per dag en de opname door het gewas (mmol per m ²)	14
3.4	Vergelijking analyses Clean Grow en ICP	15
3.5	Toediening extra ammonium	18
3.6	Ervaringen Horticoop bij paprika	19
4	Discussie	21
4.1	Ervaringen en gebruiksvoorschrift	21
4.2	Voedingsaanpassingen / gewasrespons	22
5	Conclusies	23
Bijlage I	Gebruiksvoorschrift CleanGrow meter	25
Bijlage II	Gehalten in het drainwater	27
Bijlage III	Berekende plantopname	33
Bijlage IV	De dagelijkse totale globale straling versus de berekende dagelijkse plantopname	39

Samenvatting

Het gebruik van een ionspecifieke meter in de tuinbouw maakt het naar verwachting mogelijk de behoefte van het gewas per dagdeel in beeld te brengen. Vervolgens kan snel en per element worden bijgestuurd. Hierdoor kan de uitstoot van meststoffen omlaag en kan mogelijk teeltvoordeel worden behaald in de vorm van productie of kwaliteit.

Doelstellingen van dit project zijn:

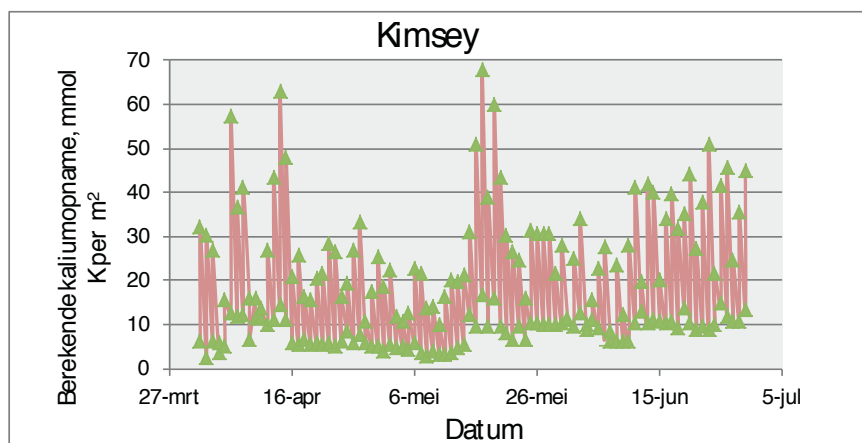
- Een gebruiksvoorschrift voor plaatsing, onderhoud en controle van de meters.
- Het registreren en analyseren van voedingsaanpassingen met bestaande techniek.
- Het beoordelen van de gewasrespons op voedingsaanpassingen.

Bij dit onderzoek zijn twee CleanGrow ion specifieke meters (Figuur a) ingezet op drie objecten:

- In afdeling 4 van het Improvement Centre te Bleiswijk in een gerberaproef op drie kraanvakken met cultivars: Kimsey, Okidoki en Suri. In deze proef zijn 1 april - 1 juli metingen verricht in het drainwater.
- Projectpartner Horticoop verzamelde draindata bij de paprikabedrijven Wilgenbos en 4Evergreen in Bleiswijk.
- In de gerberateelt is één rij planten in een kraanvak voorzien van een dosatron (Figuur b), zodat op die bepaalde streng het gehalte aan ammonium bij elk gift kon worden verhoogd van 0.4 naar 1.4 mmol.L⁻¹.



Figuur a/b. Links de ion specifieke meter van CleanGrow. Rechts een dosatron op één streng in een gerberateelt.



Figuur c. De opname van voedingvrucht na de nacht (laag) en na de dag (hoog) in mmol.m⁻².

De CleanGrow meter is nog niet te gebruiken door telers voor teeltwaarnemingen. De meter is alleen te hanteren door mensen met kennis op laboratorium niveau. Ook in de toekomst zal de meter naar verwachting gevoelig blijven voor schommelingen van de waarden. Een voorschrift voor verantwoord gebruik is bijgevoegd (Bijlage I).

Een ammoniumverhoging van 0.4 naar 1.4 mmol.L⁻¹ was niet van grote invloed op de pH van de drain (pH 5.4 i.p.v. 6.0). Terwijl de aanvoer van stikstof (nitraat en ammonium) toenam met 5%, nam het stikstofgehalte in het gewasmonster toe met 18-20%. Ook schommelingen door dag nachtopnameverschillen werden zichtbaar (Figuur c).

De conclusie is dat enerzijds de meter nog niet bruikbaar is voor tuinders of niet gespecialiseerde adviseurs, maar anderzijds lijkt de hier geprobeerde regeling op ammoniumaanvoer een teeltkundig voordeel te bieden. Er wordt aanbevolen de regeling van de ammoniumaanvoer bij snijbloemen als pilot proef uit te voeren met als doel de opbrengst effecten te kwantificeren.

1 Inleiding

In een serie Arenasessies georganiseerd door Samenwerken Aan Vaardigheden (SAV) is 16 november 2011 aandacht besteed aan “lonspecifiek meten” van voedingsoplossingen in de plantenteelt. Op deze middag kwamen vijftien telers van pot-orchideeën, roos, gerbera, en vruchtgroenten bijeen met vijftien specialisten van LTO, toeleveranciers van ion specifieke meters (CleanGrow en Capillix), klimaatcomputerleverancier Priva, WUR Glastuinbouw, het Improvement Center en tuinbouwlab. Hier kwam naar voren dat telers graag onder begeleiding ervaring willen opdoen met ionspecifieke (hand) meters. Er was bij hen behoefte om op korte termijn zowel informatie te vergaren over het gebruik van deze meters als over het groeiproces van de planten en daaraan gekoppeld het sturen van de voeding.

Deze wens is door Chris Blok van Wageningen UR Glastuinbouw en Hanjo Lekkerkerk van het IC uitgewerkt tot een proefvoorstel. Het voorstel is gefinancierd door Greenport Zuid-Holland voor Samenwerken Aan Vaardigheden en het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. Voor de metingen is gebruik gemaakt van een al bestaande gerberateelt bij het Improvement Center te Bleiswijk. Vervolgens is een begeleidingsgroep gevormd bestaande uit: onderzoekers en specialisten van tuinbouwtoeleverancier Horticoop en Priva. Aangezien Horticoop zelfstandig had besloten een ion specifieke handmeter uit te testen bij twee paprikabedrijven (uitvoering Peter Klein) is besloten de voortgang van de metingen door Horticoop en die van het experiment bij het IC steeds gezamenlijk te bespreken. Eén meter is aan WUR ter beschikking gesteld door CleanGrow zonder dat CleanGrow op enige manier bij het project betrokken is.

Het gebruik van een ionspecifieke meter in de tuinbouw maakt het mogelijk om de behoefte van het gewas per dag of dagdeel in beeld te brengen. Vervolgens kan, veel eerder dan met de huidige wekelijkse laboratoriummetingen, per element worden bijgestuurd. Hierdoor kan zuiniger met meststoffen worden omgegaan en kan mogelijk teeltvoordeel worden behaald in de vorm van productie of kwaliteit.

Doelstellingen van dit project zijn:

- Een gebruiksvoorschrift voor plaatsing, onderhoud en controle van de meters waarmee producent en teler instemmen.
- Het registreren en analyseren van het doorwerken van voedingsaanpassingen met bestaande techniek.
- Het registreren van de gewasrespons op voedingsaanpassingen en een interpretatie van de gevonden teeltinformatie.

Ion specifiek meten is innovatief, en kan naar verwachting bijdragen aan kennisontwikkeling en verduurzaming van de tuinbouw. Dit project past daarom bij de doelstellingen van Samenwerken aan Vaardigheden om kennis en vaardigheden met betrekking tot nieuwe technologieën en innovaties te ontwikkelen.

2 Materiaal en methoden

2.1 Proefopzet algemene deel

Bij dit onderzoek zijn twee CleanGrow ion specifieke meters ingezet. Eén ion specifieke meter is geplaatst bij:

(A) een proefafdeling van het GreenQ Improvement Centre (IC) te Bleiswijk en de andere is gebruikt bij

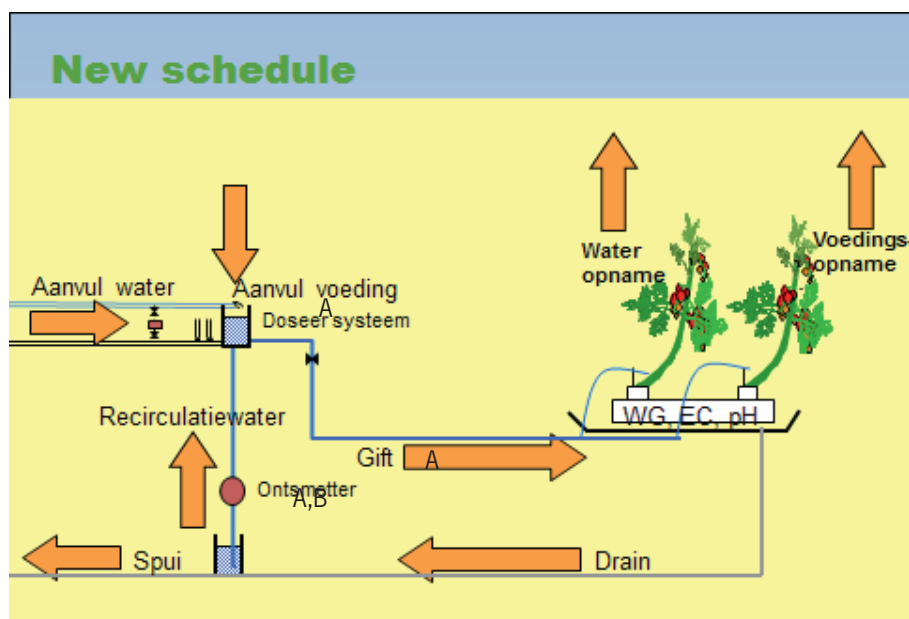
(B) twee praktijkbedrijven (paprikatelers) in de regio Bleiswijk.

A. In afdeling 4 van het IC stond een drie jaar oude gerberaproef op drie kraanvakken met drie verschillende cultivars: Kimsey, Okidoki en Suri. In deze proef zijn vanaf 1 april 2012 tot en met 1 juli 2012 metingen verricht in het drainwater met een ionspecifieke meter. Er werd om 9:00 en 14:00 uur gemeten.

B. Bij twee paprikatelers in de omgeving van Bleiswijk is de CleanGrow meter getoetst door Horticoop. Projectpartner Horticoop verzamelde de data eenmaal per dag (rond 10 uur). De bedrijven zijn Wilgenbos en 4Evergreen.



Foto 1. Links de portable ion specifieke meter van CleanGrow, bestaande uit een koffer met een ion selectieve electrode, een meet unit en flesjes met kalibratievloeistof. Rechts de meter in een opstelling, waarbij de in een maatbeker opgevangen drain op verschillende tijden per dag kon worden bemonsterd en geanalyseerd.



Figuur 1. Bemonsteringspositie bij het GreenQ Improvement Centre te Bleiswijk (A, 2 posities, 2 keer per dag) en de dagelijks tot meerdaagse bemonsteringspositie van het drainwater bij twee paprikatelers in de omgeving van Bleiswijk (B).

Op het IC zou de ion specifieke meter worden geplaatst in een meetbeker van waaruit tweemaal per dag een gedeelte van de drain kon worden bemonsterd (Foto 1.). Deze meetmethode bleek al snel niet praktisch omdat de meter vaak tussen de metingen door moest worden gekalibreerd. Daarom is besloten de monsters met de hand uit het drainwater te nemen en de monsters naar de meter te brengen. De meter stond vast opgesteld in het bodem-fysisch laboratorium van Wageningen UR Glastuinbouw te Bleiswijk. Omdat de meter door een laborante werd bediend kon volgens een strak protocol worden gewerkt, waarbij indien nodig meerdere keren tussen de metingen kon worden gekalibreerd. De voedingsgift is ook dagelijks bemonsterd. Omdat de vakken gelijke voeding ontvingen werd voor alle drie rassen één monster genomen.

Bij de twee paprikabedrijven is de drain wekelijks bemonsterd. Dit monster is zowel met de ion specifieke meter als op het laboratorium geanalyseerd. In Figuur 1. is met de gele stippen aangegeven waar de metingen plaats vonden.

2.2 Proefopzet vergelijkende deel

Bij één streng planten in het ras Kimsey is de voeding gedurende ongeveer drie weken vanaf eind mei tot en met medio juni aangepast. Met de ion specifieke meter is gevolgd wat dit betekende voor het verloop van de ionensamenstelling in het gift- en drainwater. Als aanpassing is gekozen voor het verhogen van de ammonium/nitraatverhouding, omdat van deze aanpassing mogelijk een meetbaar groeieffect is te verwachten (Sonneveld en Voogt, 2009 in Plant Nutrition of Greenhouse Crops, Springer).

Besloten werd om de ammoniumgift met 0,5-1,0 mmol per liter te verhogen. De extra ammonium werd gegeven in de vorm van ammoniumnitraat. Er werd niet gecompenseerd voor de ongeveer 0,05 dS.m⁻¹ hogere EC die hiermee samenging.

De extra ammonium werd gedoseerd via een Dosatron (Dosatron International, Tresses Bordeaux, Frankrijk, Foto 2a/b). De Dosatron gebruikt de waterdruk als enige aandrijfkraft voor een motorzuiger. Deze drijft een doseerzuiger aan, die het concentraat opzuigt in het ingestelde percentage en het vervolgens mengt met het aandrijvende water. De aldus verkregen oplossing wordt vervolgens via de leidingen verdeeld. De geïnjecteerde hoeveelheid concentraat is te allen tijde proportioneel aan de hoeveelheid water die door de Dosatron gaat, ook als er schommelingen in de doorstroming zouden optreden.

Naast de voedingsgegevens zijn ook data verzameld van EC en pH omdat, zoals bekend, het opvoeren van de ammoniumgift het gevaar met zich meebrengt dat de pH in de teelt (sterk) daalt. Dit is ook de reden dat in de gerberateelt soms een suboptimale verhouding ammonium/nitraat wordt aangehouden.



Foto 2a/b. De Dosatron, opgesteld bij GreenQ Improvement Centre te Bleiswijk. Hiermee werd in een gerberateelt (cultivar Kimsey) extra ammonium toegevoegd aan de voedingsoplossing.

2.3 Werkzaamheden

Op het Improvement Centre zijn diverse metingen aan de voedingsoplossing, het drainwater en het gewas verricht. De metingen en de meetfrequenties zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1. Metingen en meetfrequentie.

Meting	Frequentie	Specificatie
Logboek met meetervaringen	dagelijks	Fouten, kalibratietijd
Aanvoer voedingswater	1-10 keer per dag	Liters
Aanvoer voedingswater Ion Specifiek	1 keer per dag	NO_3^{2-} , K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , Cl^- , NH_4^+
Aanvoer voedingswater Labanalyse	1 keer per week	Hoofd- en sporenelementen, EC, pH
Drainwater	1-10 keer per dag	Liters
Drainwater Ion Specifiek	1 keer per dag	NO_3^{2-} , K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , Cl^- , NH_4^+
Drainwater Labanalyse	1 keer per week	Hoofd- en sporenelementen, EC, pH
EC, pH aanvoer voedingswater	1 keer per dag	
EC, pH drainwater	1-10 keer per dag	
Opbrengst versgewicht	1 keer per 2-3 dagen	
Opbrengst, stuks	1 keer per 2-3 dagen	
Opbrengst, kwaliteit	1 keer per 2-3 dagen	
Opbrengst drooggewicht	1 keer per maand	
Gewasanalyse	1 keer	Hoofd- en sporenelementen

2.4 Analyses

Vloeistofanalyses met behulp van de CleanGrow Sensor

De ionenmeter van CleanGrow, de M62 multi ion Sensor (van NT Sensors, S.L., Tarragona, Spanje) is een portable multi-ion analyzer bestaande uit een enkelwandige koolstof nanobuis ion-selectieve electrode (ISE) en een meervoudige ionmeter, waarmee de concentratie van zes verschillende ionen in een voedingsoplossing (Ca^{2+} , Cl^- , K^+ , Na^+ , NH_4^+ , NO_3^-) in real time kan worden bepaald. Het is mogelijk direct na de resultaten van de metingen hierop in te spelen en het recept van de voedingsoplossing tijdig aan te passen of eventueel meerdere keren per dag de voedingsoplossing te verversen. Gebruik van een ionenmeter kan dus een hulpmiddel zijn om de samenstelling van de voedingsoplossing te controleren en te beheersen.

Chemische vloeistofanalyses

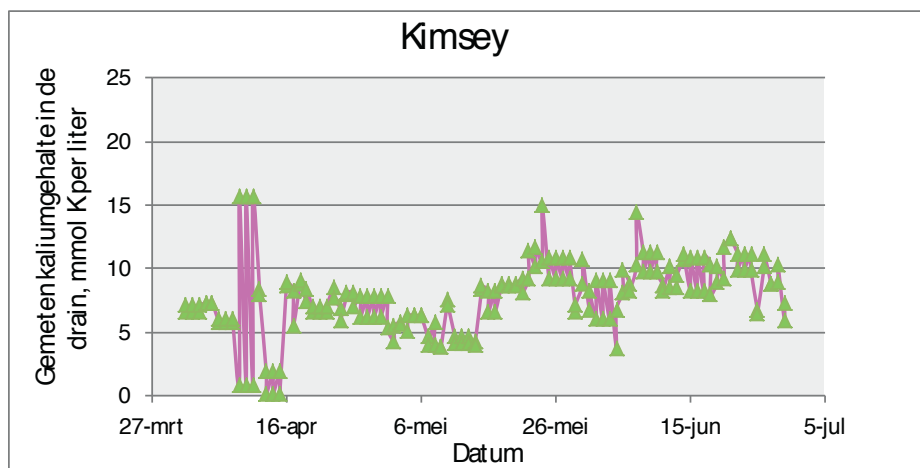
Gedurende de teelt van de gerbera's is het gift- en drainwater regelmatig bemonsterd voor chemische analyse. De monsters zijn geanalyseerd op: EC, pH, NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NO_3^- , Cr, Si, SO_4^{2-} , P-tot, Fe, Mn, Zn, B, Cu en Mo. De bepaling van deze elementen is volgens de routine methode van Groen Agro Control te Delfgauw uitgevoerd. De analyse is gedaan met ICP OES.

3 Resultaten

3.1 Gehalten in het drainwater

Van de drie gerberarassen Kimsey, Okidoki en Suri zijn dagelijks om 9.00 en 13.00 uur de voedingsoplossingen bemonsterd en met de ionspecifieke meter geanalyseerd op K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , NO_3^{2-} , NH_4^+ en Cl^- . Het verloop van deze gehalten in de voedingsoplossing gedurende de teelt is per ras en per element weergegeven in de Figure van Bijlage II. De stoptijden varieerden tussen 13 -15 uur.

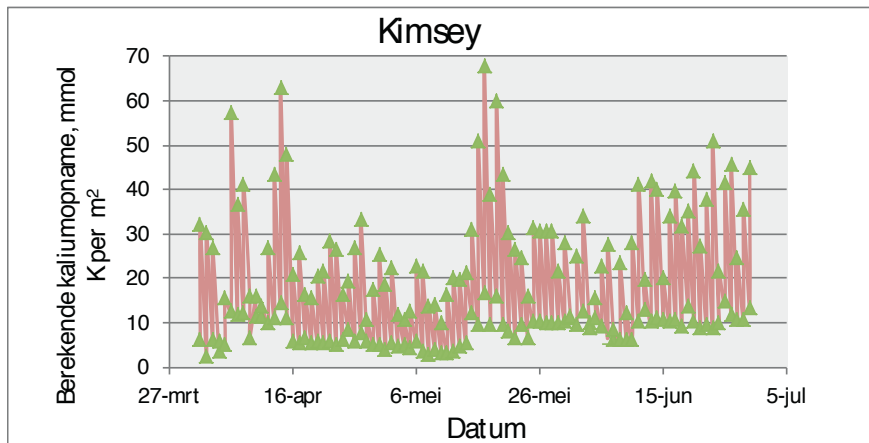
Als voorbeeld wordt het verloop van het kaliumgehalte in de voedingsoplossing weergegeven in Figuur 2. De resultaten laten zien dat het kaliumgehalte in de voedingsoplossing over de dag niet altijd gelijkmatig verloopt. Begin april is bij Kimsey de opname aan kalium aanmerkelijk groter dan daarna; de concentratie aan kalium in de voedingsoplossing moest in de beginperiode een aantal keren behoorlijk worden bijgesteld. Ondanks 50% drain over de dag blijkt dat er perioden waren waarin het kaliumgehalte in de ochtend om 9.00 uur praktisch op was, terwijl er 's middags rond 13.00 uur ophoping lijkt te zijn. Bij alle drie rassen werd de fluctuatie in kaliumgehalte geringer naarmate het jaar vorderde.



Figuur 2. Het verloop van het kaliumgehalte in het drainwater, bij Kimsey, gemeten met de CleanGrow IS meter.

3.2 Berekende opname door het gewas

Het verloop van berekende opname aan K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , NO_3^{2-} , NH_4^+ en Cl^- gedurende de teelt is per ras en per element weergegeven in de Figure van Bijlage III.



Figuur 3. Het verloop van de berekende kaliumopname bij Kimsey.

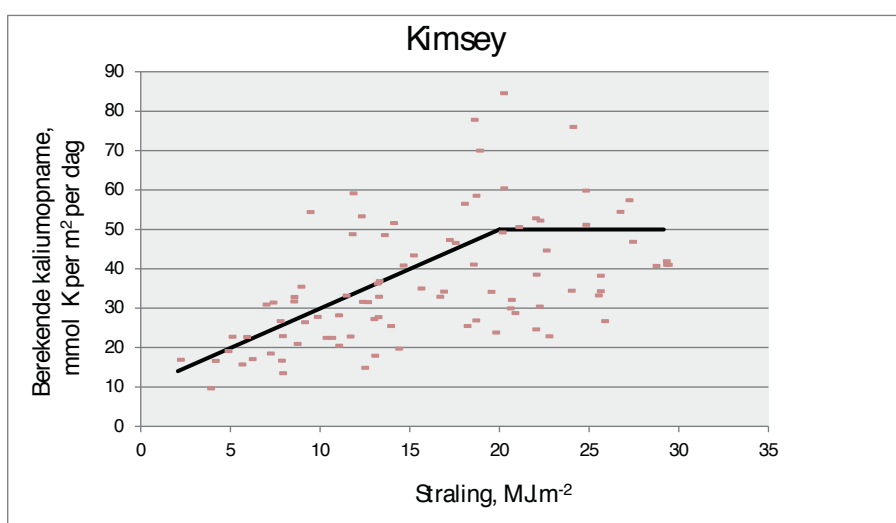
Het verloop van de berekende kaliumopname door Kimsey wordt weergegeven in Figuur 3. De resultaten laten zien dat de kaliumopname, berekend op 9.00 uur en op 13.00 uur, sterk verschilt waarbij de nachtopname $5\text{--}10\text{ mmol.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ is en de dagopname $10\text{--}70\text{ mmol.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$. De nachtopname neemt enigszins toe van maart naar juli.

De fluctuaties nemen toe met toenemende instraling.

3.3 Verband hoeveelheid licht per dag en de opname door het gewas (mmol per m^2)

De berekende dagelijkse opname aan K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , NO_3^{2-} , NH_4^+ en Cl^- en de dagelijkse globale straling gedurende de teelt is per ras en per element weergegeven in de Figure 7. 13 van Bijlage IV.

De berekende dagelijkse kaliumopname door het gewas en de totale dagelijkse globale straling worden weergegeven in Figuur 4. Ondanks de enorme grote spreiding valt op dat er een toename is van $20\text{ mmol.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ bij 5 MJ.m^{-2} tot $50\text{ mmol.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ bij 20 MJ.m^{-2} . Bij nog hogere instraling is dat verband verdwenen.



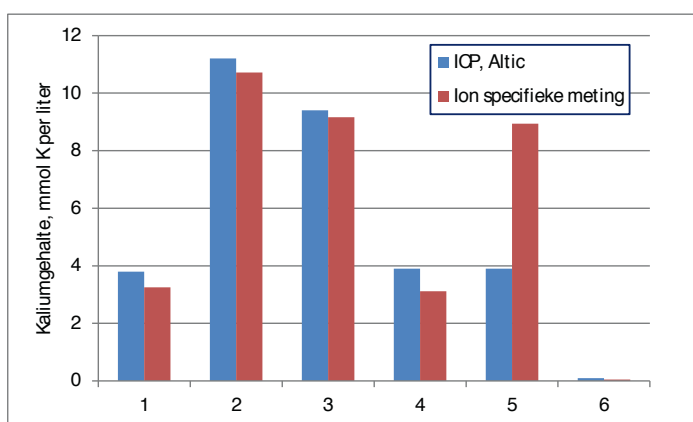
Figuur 4. De berekende kaliumopname bij Kimsey versus de dagsom van de straling in MJ.m^2 .

3.4 Vergelijking analyses Clean Grow en ICP

In deze paragraaf worden de ervaringen beschreven met ion specifieke meters tijdens de gerberateelt. In zes verschillende voedingsoplossingen is ter vergelijking zowel het kalium-, calcium-, natrium-, nitraat-, ammonium- en chloorgehalte gemeten met de CleanGrow ion specifieke meter en vervolgens in het laboratorium met de ICP:

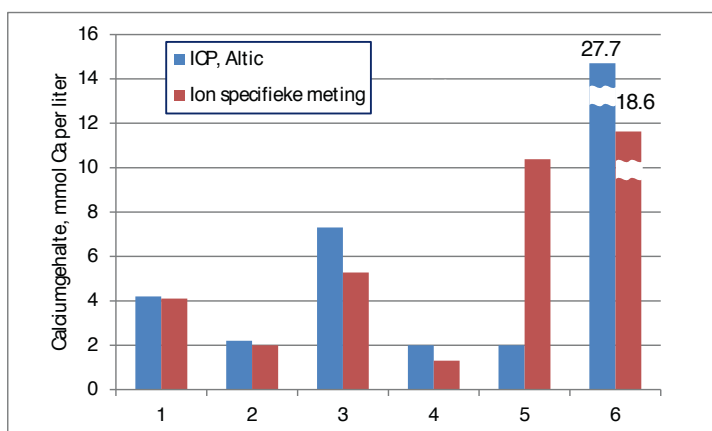
1. WUR Bleiswijk, voedingsoplossing cymbidium, groot, 19 maart 2012,
2. WUR Bleiswijk, voedingsoplossing, cymbidium, klein, 19 maart 2012,
3. WUR Bleiswijk, drainwater, tomaat, 19 maart 2012,
4. WUR Bleiswijk, drainwater, tomaat, 20 maart 2012,
5. Praktijk teler, Nieuwe Wetering, drainwater, zomerbloemen, 21 maart 2012,
6. WUR Bleiswijk, drainwater, gerbera, 11 april 2012,

Figuur 5. geeft de resultaten van de kaliummeting met de ion specifieke meter en de ICP weer. Uitgezonderd monster nummer 5 geeft de ion specifieke meter iets lagere kaliumgehalten aan dan de metingen met de ICP.



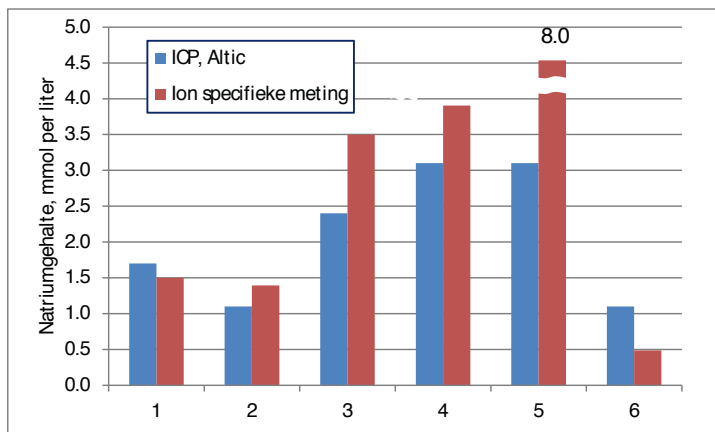
Figuur 5. Het kaliumgehalte in zes verschillende voedingsoplossingen, zowel gemeten met de CleanGrow ion specifieke meter als in het laboratorium met de ICP.

Evenals bij de kaliummetingen zijn ook de gemeten calciumgehalten met de ion specifieke meter lager dan de gemeten waarden met de ICP. Uitzondering vormt monster nummer 5 hier geeft de ion specifieke meter een lager gehalte aan dan de meting met de ICP (Figuur 6.).

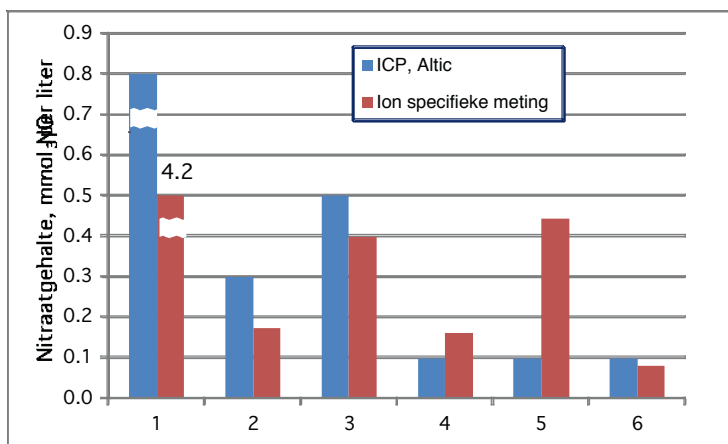


Figuur 6. Het calciumgehalte in zes verschillende voedingsoplossingen, zowel gemeten met de CleanGrow ion specifieke meter als in het laboratorium met de ICP.

Met de ion specifieke meter worden hogere Na-gehalten gemeten dan met de ICP (Figuur 7.). Monsternummer 5 heeft een hoge afwijking. Bij monsternummer 1 en 6 is het verschil andersom; met de ion specifieke meter worden iets lagere gehalten gemeten dan met de ICP.

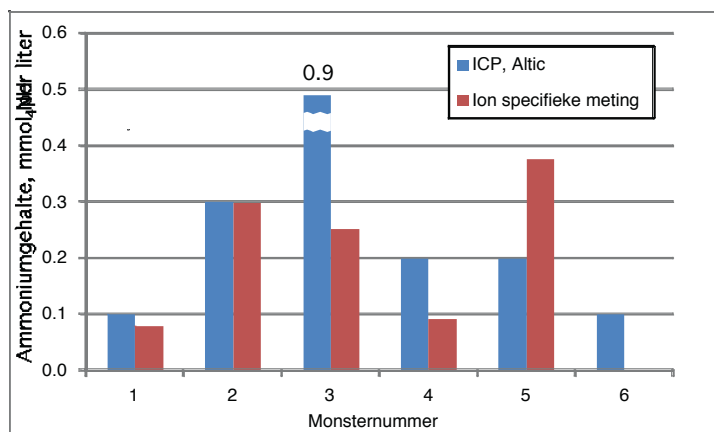


Figuur 7. Het natriumgehalte in zes verschillende voedingsoplossingen, zowel gemeten met de CleanGrow ion specifieke meter als in het laboratorium met de ICP.

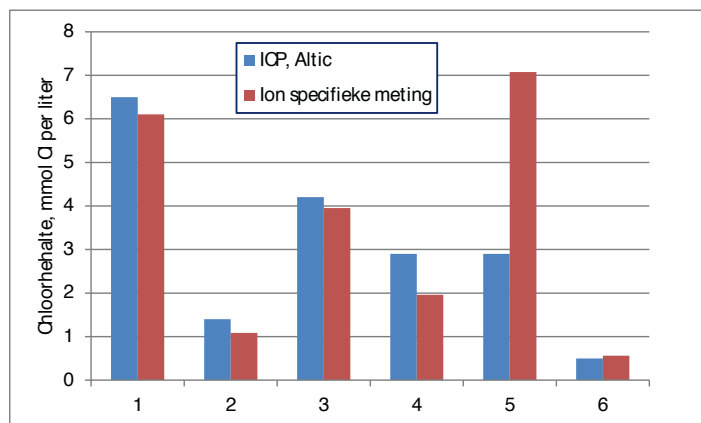


Figuur 8. Het nitraatgehalte in zes verschillende voedingsoplossingen, zowel gemeten met de CleanGrow ion specifieke meter als in het laboratorium met de ICP.

Met de ion specifieke meter worden zowel lagere als hogere nitraatgehalten gemeten dan met de ICP (Figuur 8.). Bij het merendeel van de ammoniummetingen gaf de ion specifieke meter lagere waarden aan dan de metingen met de ICP (Figuur 9.). Uitzondering is monsternummer vijf, hier was de gemeten waarde met de ICP lager dan met de ion specifieke meter.



Figuur 9. Het ammoniumgehalte in zes verschillende voedingsoplossingen, zowel gemeten met de CleanGrow ion specifieke meter als in het laboratorium met de ICP.



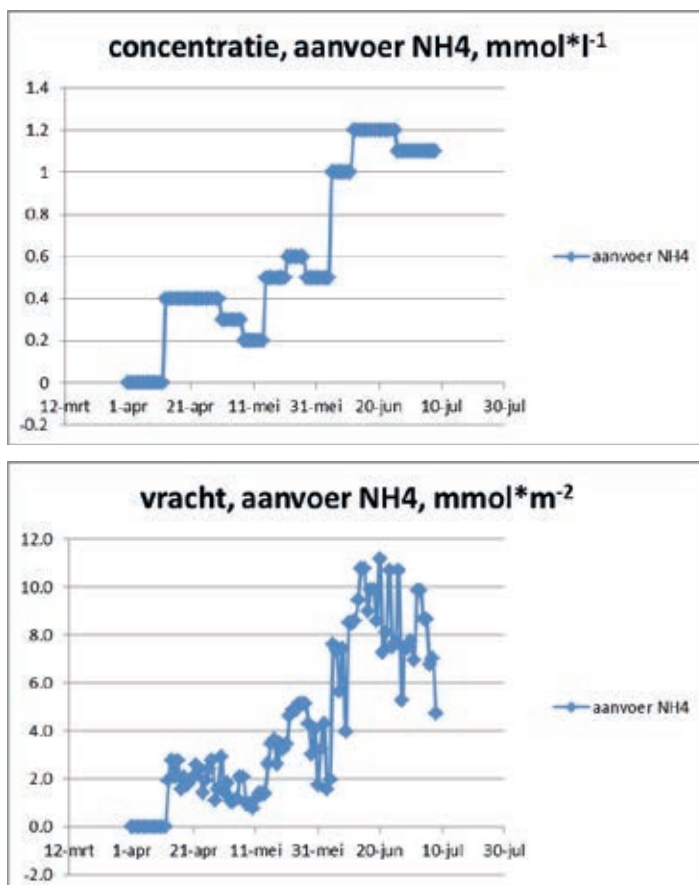
Figuur 10. Het chloorgehalte in zes verschillende voedingsoplossingen, zowel gemeten met de CleanGrow ion specifieke meter als in het laboratorium met de ICP.

Met de ion specifieke meter worden iets lagere chloorgehalten gemeten dan met de ICP (Figuur 10.). Bij monsternummer 5 en 6 is het verschil andersom; met de ion specifieke meter worden hogere gehalten gemeten dan met de ICP, waarbij monsternummer 5 erg afwijkt.

De conclusie is dat de ammonium, kalium, chloor en natrium meting met de ion specifieke meter dicht bij de waarden van de ICP liggen. De nitraat- en calciummetingen wijken nog te gemakkelijk af, calcium soms meer dan 20%. De tijdrovende kalibratie is daardoor vaak nodig. De fabrikant voert gelukkig veel voorgestelde aanpassingen door.

3.5 Toediening extra ammonium

In de behandeling met Kimsey is de hoeveelheid ammonium verhoogd van 0.4 mmol.l⁻¹ naar 1.2 mmol.l⁻¹ (Figuur 11a/b). Hierdoor werd de pH in de drain verlaagd van 6.0 naar 5.4. Er zijn geen oogstwaarnemingen gedaan.



Figuur 11a/b. Het aanvoergehalte ammonium in mmol.l⁻¹ en de aangevoerde vracht aan ammonium in mmol.m⁻².

De standaard hoeveelheid nitraat in de oplossing is 13-16 mmol.l⁻¹. De verandering in N-aanvoer is dus maar 0.8 mmol.l⁻¹ op in totaal 16 mmol.l⁻¹ is, dat is 5%. De resulterende toename in stikstofgehalte in het gewasmonster is 500/2732 = 18% (Tabel 2a/b). Er zijn geen herhalingen, maar de uitkomst lijkt toch waarschijnlijk omdat de gehalten van de andere elementen en sporenelementen nagenoeg gelijk blijven.

Tabel 2a. Gewasanalyses standaard teelt (STD) en na zes weken met een verhoogd ammoniumgehalte (+ NH₄).

	deel	K	Na	Ca	Mg	Ptot	Ntot	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
		mmol.L ⁻¹						micromol.L ⁻¹					
STD	gewas	1412	< 10	219	98.0	170	2732	1.1	0.8	0.3	3.2	34.8	12.7
+NH ₄	gewas	1437	< 10	200	97.2	182	3231	1.2	0.9	0.4	2.9	41.6	12.1

Tabel 2b. Droge stofanalyses gewas standaard teelt (STD) en na zes weken verhoogd ammoniumgehalte (+ NH₄).

	deel	vers	droog	% droge stof
		g	g	% g/g
STD	bloem	143	17.5	12.2
+NH ₄	bloem	149	17.4	11.7
STD	blad	179	22.5	12.6
+NH ₄	blad	215	27.1	12.6

3.6 Ervaringen Horticoop bij paprika

In de Tabellen 3 en 4 staan de ervaringen met metingen in de praktijk. Steeds is de handmatige meting gecontroleerd met een monsteranalyse van hetzelfde water bij analyse lab Altic. De oranjegeel gekleurde waarden zijn data die meer dan 33% afwijken van de in het lab gemeten waarden. Het blijkt dat in de loop van enkele weken alle waarden wel eens afwijken. Er is dus niet één sensor die steeds afwijkt, maar allen wijken soms af. Kalium lijkt de stabielste meting te zijn en calcium de minst stabiele. Verder valt op dat bij herhaald meten de afwijkingen al direct groot kunnen zijn.

Tabel 3. Meetwaarden van de CleanGrow meter en van ICP analyse bij een lab voor Bedrijf A. Sets met waarden waarbij de CleanGrow waarde >33% afwijkt van de ICP waarde of een tweede meting zijn geel gemaakt.

		EC	pH	NH ₄	K	Na	Ca	NO ₃	Cl
15-3-2012	Meting 1			0.1	3.3	1.5	4.1	4.2	6.1
15-3-2012	Altic	1.9	7.5	0.1	3.8	1.7	4.2	4.5	6.5
16-3-2012	Meting 1			0.3	10.7	1.4	2.0	0.2	1.1
16-3-2012	Altic	2	5.6	0.3	11.2	1.1	2.2	0.3	1.4
17-3-2012	Meting 1			0.3	9.2	3.5	5.3	0.4	4.0
17-3-2012	Altic	2.8	5	0.9	9.4	2.4	7.3	0.5	4.2
26-3-2012	Meting 1			0.1	3.1	3.9	1.3	0.2	2.0
26-3-2012	Meting 2			0.1	3.1	3.6	1.3	0.1	1.6
26-3-2012	Altic	1	4.9	0.2	3.9	3.1	2.0	0.1	2.9
26-3-2012	Meting 1			0.1	3.1	3.9	1.3	0.2	2.0
26-3-2012	Meting 2			0.1	3.1	3.6	1.3	0.1	1.6
27-3-2012	Altic	0.5	6.8	0.2	3.9	3.1	2.0	0.1	2.9
3-4-2012	Meting 1			0.4	8.9	8.0	10.4	0.4	7.1
3-4-2012	Meting 2			0.4	9.3	8.6	13.2	0.5	6.7
10-4-2012	Meting 1			0.0	0.0	0.5	18.6	0.1	0.6
10-4-2012	Meting 2			0.0	0.0	0.4	21.5	0.1	0.5
11-4-2012	Altic	4.2	4.9	0.1	0.1	1.1	27.7	0.1	0.5

Tabel 4. Meetwaarden van de CleanGrow meter en met ICP analyse bij een lab voor Bedrijf B. Sets met waarden waarbij de CleanGrow waarde >33% afwijkt van de ICP waarde of een tweede meting zijn geel gemaakt.

	EC	pH	NH ₄	K	Na	Ca	NO ₃	Cl
26-03-2012 Meting 1			0.1	2.4	4.4	17.6	19.0	1.0
26-03-2012 Meting 2			0.1	3.1	5.4	24.3	16.8	1.0
27-03-2012 Altic	3.9	6.4	0.1	4.3	4.0	13.2	27.4	1.0
2-04-2012 Meting 1			0.1	6.2	5.0	7.7	29.4	1.5
2-04-2012 Meting 2			0.1	6.2	5.0	6.9	31.1	1.5
3-4 2012 Altic	4.1	6.3	0.1	5.3	4.1	13.7	29.1	1.1
10-04-2012 Meting 1			0.0	2.8	2.5	12.9	26.0	1.5
10-04-2012 Meting 2			0.0	3.0	3.4	15.0	27.1	1.4
11-04-2012 Altic	4.1	6.2	0.1	3.7	4.6	13.9	29.7	1.1

4 Discussie

4.1 Ervaringen en gebruiksvoorschrift

De ervaringen laten zien dat de handmeter instabiel is. Opeenvolgende metingen wijken vaker dan eens per 10 metingen meer dan 33% af van wat ze zouden moeten zijn. De meter kan daarom alleen veilig gebruikt worden als voor en na de metingen wordt gekalibreerd. Daarmee is de meter ongeschikt voor gebruikers zonder lab ervaring. Voor telers komt de meter dus nog niet in aanmerking. De instabiliteit geldt voor elke sensor hoewel de calcium en in mindere mate de nitraat sensor het instabielst zijn en kalium de stabielste meting is.

Een gebruiksvoorschrift voor de meter is:

Meetkop; staafvormige houder voor zes sensoren (Foto 3.)

Sensor; 1-2 mm doorsnee selectief membraan waaronder een potentiaalmeter zit.

Er zitten zes meetsensoren en een referentie sensor op één meetkop.

1. Open de koffer en start het apparaat.
2. Kies “kalibratie” en volg de instructie op het scherm.
3. Open de fles met demiwater en spoel de meetkop heel kort, korter dan één seconde. Dep met een tissue de houder droog zonder de sensoren te raken en sla het vocht lichtjes af.
4. Steek de sensor in kalibratieoplossing 1. Druk op “start kalibratie 1”. Wacht tot de meter aangeeft dat deze stabiel is en druk op “OK”.
5. Steek de sensor in kalibratieoplossing 2. Druk op “start kalibratie 2”. Wacht tot de meter aangeeft dat deze stabiel is en druk op “OK”.
6. Steek de sensor in kalibratieoplossing 3. Druk op “start kalibratie 3”. Wacht tot de meter aangeeft dat deze stabiel is en druk op “OK”.
7. Meet het monster.
8. Dep met een tissue de houder droog zonder de sensoren te raken.

Belangrijk: de meetkop moet worden opgeborgen met een luchtdichte kap over de meetkop. In de kap zit een nat tissue dat de meetkop niet mag raken. De reden is dat als de meetkop droogt het ion electieve membraan kan indrogen en oververzadigen met voedingszout dat nog op de sensor zit. Omgekeerd zal bij contact met de tissue het zoutgehalte in het membraan tijdens de opslag steeds lager worden. Om goed te meten moet het membraan snel op evenwicht komen met de voedingsoplossing dus niet sterk over of onderverzadigd zijn.



Foto 3. De meetkop van de ion specifieke meter van CleanGrow, met zes meetsensoren en een referentie sensor. De sensoren bestaan uit een selectief membraan met een doorsnede van 1-2 mm, waarachter zich een potentiaalmeter bevindt.

- De ammoniummeting is soms wellicht preciezer dan bij de laboratoria, misschien ook door de snellere verwerking/ beperkte wachttijd (waardoor micro organismen minder ammonium kunnen omzetten). CleanGrow werkt aan een apparaat met de elektronica in de sensor. Dit maakt het apparaat minder gevoelig voor verstoringen. Ook een verbetering van de snoeraansluiting is voorzien. Tenslotte wordt gewerkt aan een schoonmaakvloeistof.
- Verder is de suggestie gedaan om de instructietabel te lamineren, zodat deze duurzamer wordt.

4.2 Voedingsaanpassingen / gewasrespons

Op basis van de metingen in het gewas bij GreenQ is besloten het ammoniumgehalte van de voeding aan te passen. Dit is een voorbeeld van een teeltkundig juiste beslissing die in de praktijk niet genomen wordt omdat de beheersing van de pH een probleem is. De basisinstelling bij gerbera is tegenwoordig 0 - 0.5 mmol.l⁻¹ terwijl in de teelt 10-15 mmol.l⁻¹ NO₃ wordt gegeven. Uit de literatuur is bekend dat gewassen sterk reageren op de N-NH₄/N-NO₃ verhouding. Deze mag niet ver afwijken van 15% in de N-NH₄ vorm. 10-15 mmol.l⁻¹ NO₃ vraagt dus om 1.6-2.4 mmol.l⁻¹ ammonium. De reden dat vaak veel minder gegeven wordt is dat ammonium bijna compleet door de plant wordt opgenomen, onafhankelijk van wat de aanvoer is. Bij hoge drain percentages, als in de gerbera, kan dus snel overgedoseerd worden met een scherpe pH daling tot gevolg. PH dalingen tot wel 3.5 zijn in praktijk bekend. Er wordt dus conservatief gedoseerd.

In deze proef bleek een dosering van 1.4 mmol.l⁻¹ probleemloos te kunnen worden toegepast en te leiden tot een betere stikstofopname door de plant. Dit is een goed voorbeeld wat een online ion specifiek sturing van de dosering de tuinbouw heeft te bieden. Er kan namelijk ammonium worden gedoseerd met een beveiliging op;

- Overdrain; als meer dan de bedoelde 50% drain ontstaat, kan de volgende beurt worden uitgesteld of verkort.
- PH van drain of wortelomgeving; Bij te grote pH daling kan het ammoniumgehalte kan worden teruggenomen.
- De berekende aanvoer van ammonium in mmol.m²; bij te hoge aanvoer kan het gehalte en/of de gedoseerde hoeveelheid liters worden verlaagd.

Overigens is het aanbevelenswaardig dat de telers hun voeding doseerstrategie aan de hand van deze inzichten herijken. De gewoonte wordt verdedigd door te wijzen op verschillen in watergebruik tussen verschillende planten. Deze verschillen zijn echter lang niet altijd zo groot. Het is niet altijd nodig zoveel (50%, dit is 100% van de behoefte) over te doseren. De gewoonte kan zijn ontstaan als een antwoord op onvolkomen heden in de voedingsaanvoer.

5 Conclusies

De CleanGrow meter is niet te gebruiken door telers voor teeltwaarnemingen. De meter is alleen te hanteren door mensen met kennis op laboratoriumniveau. Ook in de toekomst zal de meter naar verwachting gevoelig blijven voor schommelingen >20% van de waarden vaker dan 1 keer per 10 metingen. Een voorschrift voor verantwoord gebruik is bijgevoegd (Bijlage I).

In contrast met de eerste conclusie geven de uitkomsten bruikbaar nieuw inzicht in de teelt. In dit geval valt op dat de start- en stoptijden en de ammoniumdosering afwijken van wat de plant nodig heeft. De data laten zien dat:

- De concentraties van elementen in de drain sterk kunnen verschillen tussen ochtend en avond. Dat betekent dat de start en stoptijden niet goed aansluiten bij de perioden met water en voedingsopname van de plant.
- De ammoniumverhouding in de voeding is niet wat de plant nodig heeft, namelijk 2.5% in plaats van 15% N-NH₄ in de voeding. Al is hier een duidelijke reden voor (het risico op te lage pH).
- Het hoge drainpercentage, 50%, vertroebeld de zaak nog verder omdat de plant wel alle aangevoerde N-NH₄ zal opnemen maar lang niet alle aangevoerde N-NO₃.
-

Omdat achter beide instellingen (start/stoptijden en ammoniumniveau) een strategische overweging voor veilig telen zit kan een aanpassing niet zomaar worden doorgevoerd. Dat mag alleen als het risico op respectievelijk een overdosering van water en een snelle pH daling kunnen worden opgemerkt en tegengegaan vóór er problemen zijn. Dit vraagt dus gelijk om een online monitoring en regelen van meerdere zaken tegelijk (concentratie NH₄, NO₃, drain% en start- en stoptijden).

De samenvattende conclusie is dat enerzijds de meter nog niet bruikbaar is voor tuinders of niet gespecialiseerde adviseurs, maar anderzijds de hier geprobeerde regeling op ammoniumaanvoer een teeltkundig voordeel lijkt te bieden. Er wordt aanbevolen de regeling van de ammoniumaanvoer bij snijbloemen als pilot proef uit te voeren met als doel de opbrengst effecten te kwantificeren.

Bijlage I Gebruiksvoorschrift CleanGrow meter

Een gebruiksvoorschrift voor de meter is:

Meetkop; staafvormige houder voor 6 sensoren

Sensor; 1-2 mm doorsnee selectief membraan waaronder een potentiaalmeter zit.

Er zitten 6 meetsensoren en een referentie sensor op één meetkop.

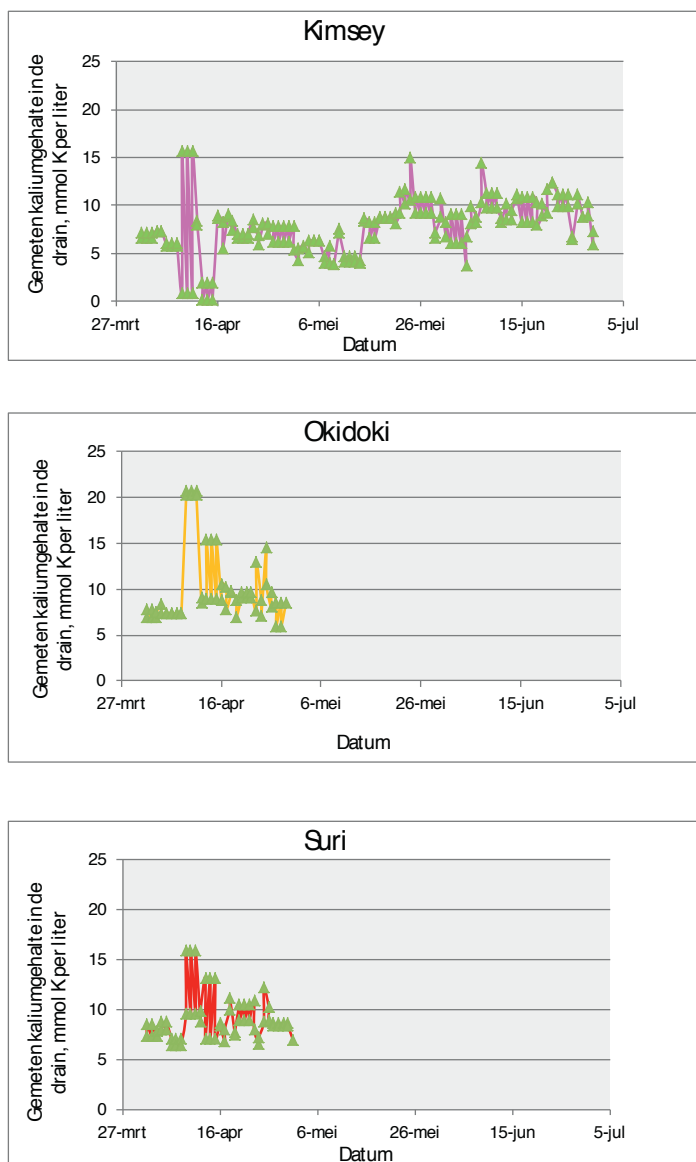
1. Open de koffer en start het apparaat.
2. Kies kalibratie en volgens instructie in het scherm.
3. Open de demiwaterfles en spoel de meetkop, Dep met een tissue zonder de sensoren te raken.
4. Steek de sensor in kalibratie oplossing 1. Druk op start kalibratie 1. Wacht tot de meter aangeeft dat deze stabiel is en druk op stop. Dep met een tissue zonder de sensoren te raken.
5. Steek de sensor in kalibratie oplossing 1. Druk op start kalibratie 1. Wacht tot de meter aangeeft dat deze stabiel is en druk op stop. Dep met een tissue zonder de sensoren te raken.
6. Steek de sensor in kalibratie oplossing 1. Druk op start kalibratie 1. Wacht tot de meter aangeeft dat deze stabiel is en druk op stop. Dep met een tissue zonder de sensoren te raken.
7. Meet het monster.
8. Dep met een tissue zonder de sensoren te raken.

Belangrijk: de meetkop moet worden opgeborgen met een luchtdichte kap over de meetkop. In de kap zit een nat tissue dat de meetkop niet mag raken. De reden is dat, als de meetkop droogt, het ion electieve membraan kan indrogen en oververzadigen met voedingszout dat nog op de sensor zit. Omgekeerd zal bij contact met de tissue het zoutgehalte in het membraan tijdens de opslag steeds lager worden. Om goed te meten moet het membraan snel op evenwicht komen met de voedingsoplossing dus niet sterk over- of onderverzadigd zijn.

Bijlage II Gehalten in het drainwater

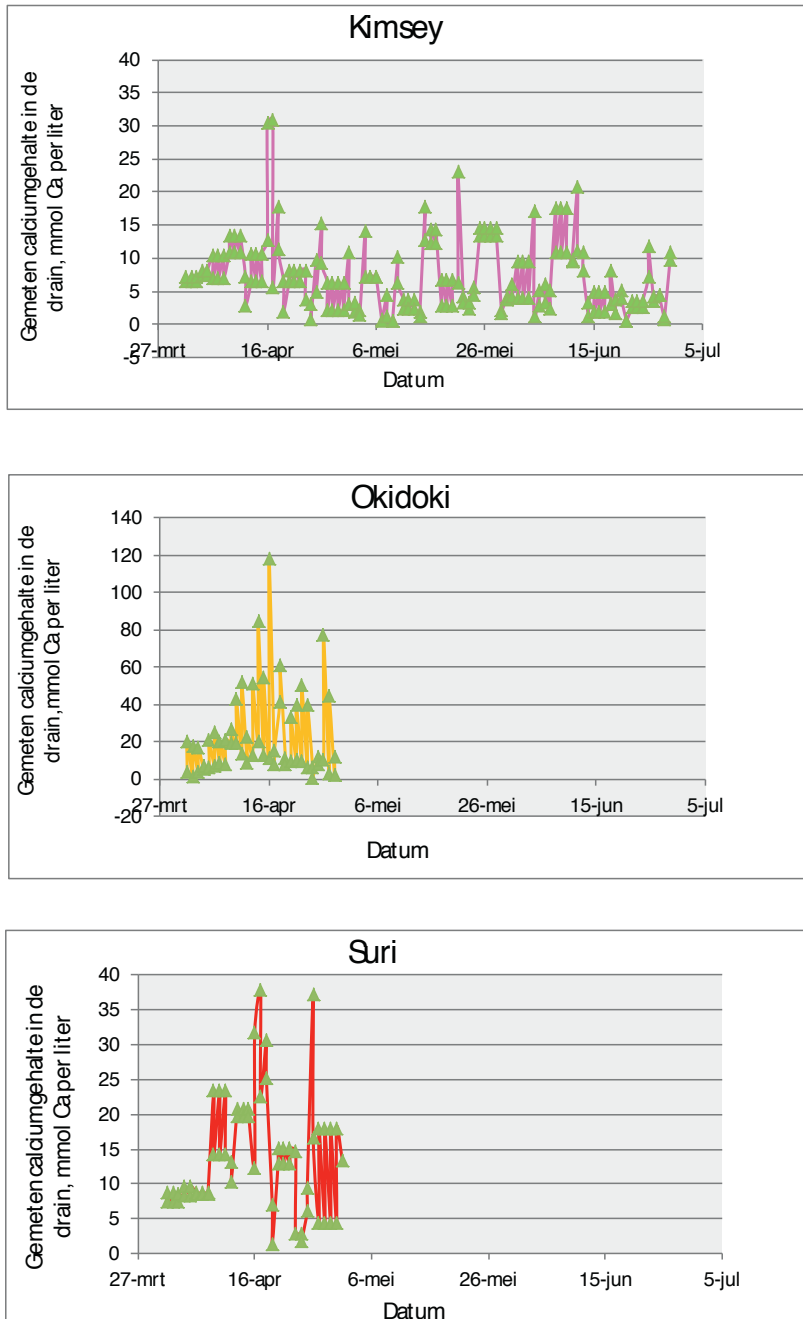
Van de drie gerberarassen Kimsey, Okidoki en Suri zijn dagelijks om 9.00 en 13.00 uur de drainoplossingen bemonsterd en met de onspecifieke meter geanalyseerd op K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , NO_3^{2-} , NH_4^+ en Cl^- . Het verloop van deze gehalten in de drainoplossing gedurende de teelt is per ras en per element weergegeven in de Figure 1. 6.

Het verloop van het kaliumgehalte in de drain wordt weergegeven in Figuur 1. De resultaten laten zien dat het kaliumgehalte in de drain over de dag niet altijd gelijkmatig verloopt. Ondanks 50% drain over de dag blijkt dat er perioden waren waarin het kaliumgehalte in de ochtend om 9.00 uur praktisch op was, terwijl 's middags rond 13.00 uur ophoping lijkt te zijn. Dit geeft een typerend zaagtand patroon. Bij alle drie rassen werd de fluctuatie in kaliumgehalte geringer naarmate de teelt vorderde. Dit duidt op 1) uitputting van de kalium gedurende de nachtperiode (deze is enorm lang in deze teelt; van 13.00 uur tot 09.00 uur is 20 uur). 2) ophoping gedurende de dag periode. Het lijkt er dus op dat in die periode te kort water werd gegeven. Vreemd genoeg draait dit patroon voor Suri om rond 12 april. Dat zou betekenen dat het K-gehalte daalt gedurende de dag en 's nachts oploopt.



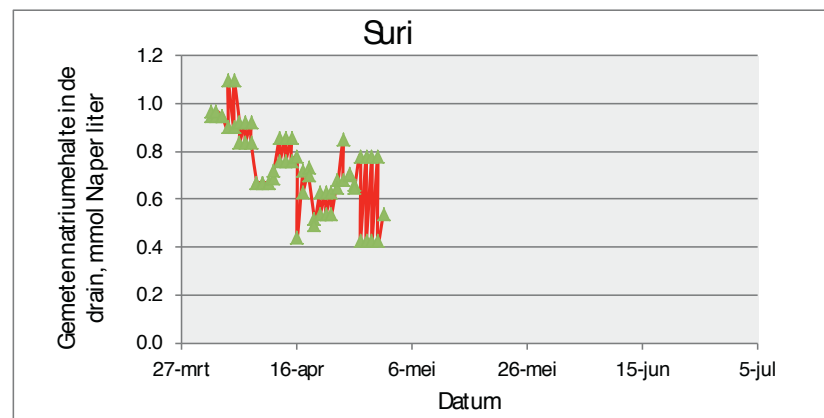
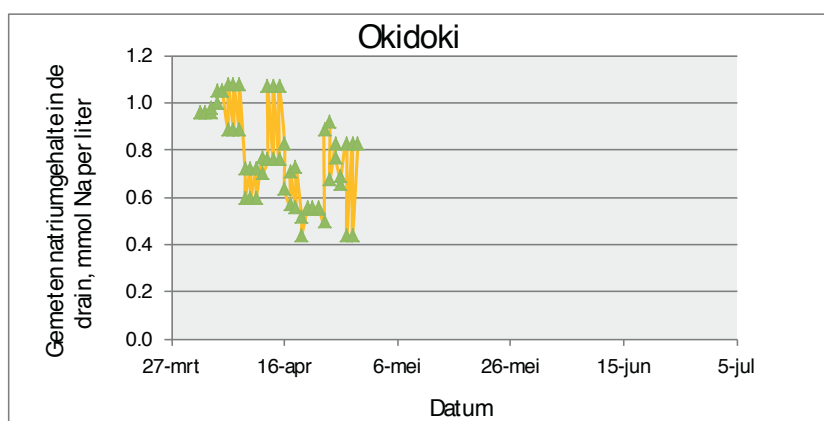
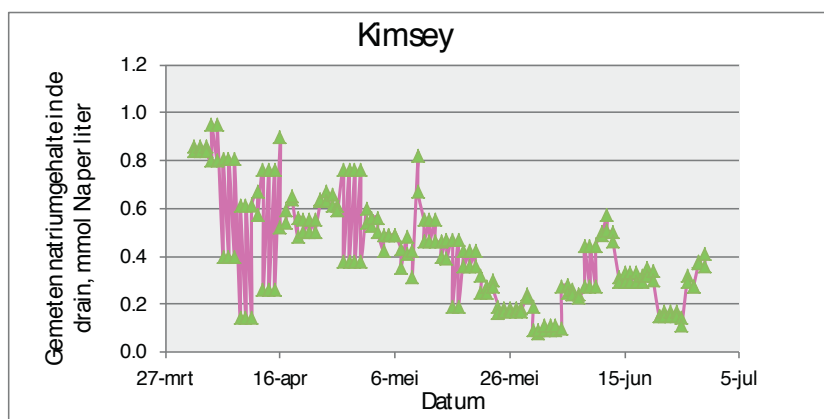
Figuur 1. Het verloop van het kaliumgehalte in het drainwater, bij drie gerberacultivars: Kimsey, Okidoki en Suri, gemeten met de CleanGrow ion specifieke meter.

Het verloop van het calciumgehalte in de voedingsoplossing wordt weergegeven in Figuur 2. Het calciumgehalte in de voedingsoplossing verloopt gedurende de teelt niet altijd gelijkmatig. Vooral bij het ras Suri verloopt het calciumgehalte zeer onregelmatig. Bij Okidoki zijn de schommelingen in calciumgehalte in de voedingsoplossing het grootst. Bij Kimsey en Okidoki was de concentratie aan calcium gedurende de teelt in de ochtend om 9.00 uur praktisch op. Bij Suri was het calciumniveau in het drainwater 's morgens beduidend hoger, vooral halverwege de teelt.



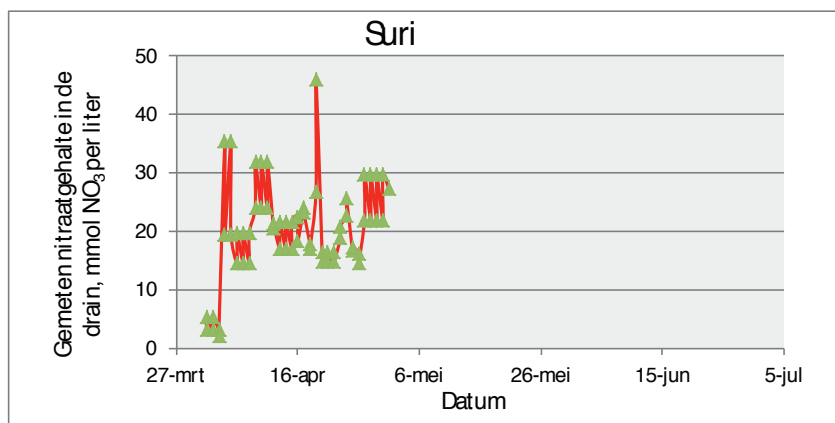
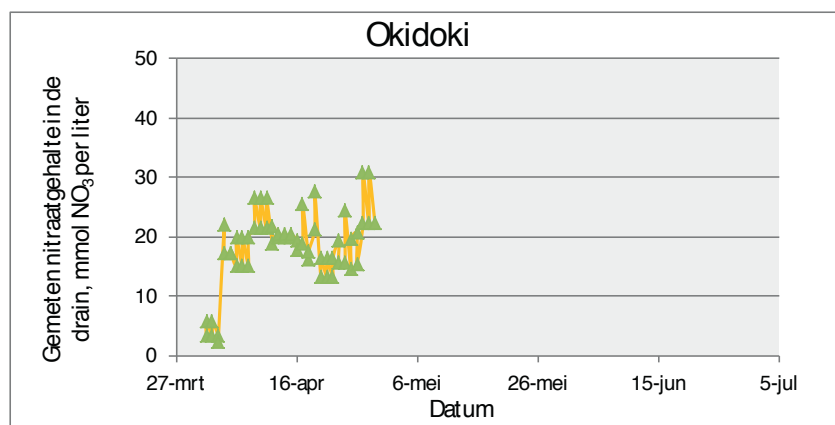
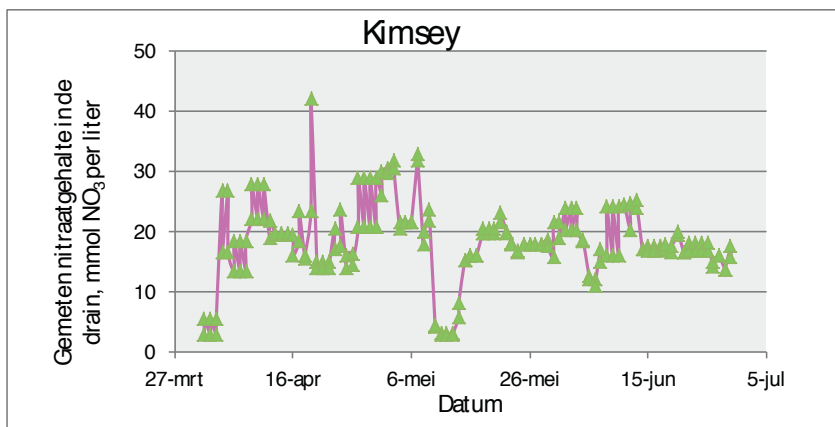
Figuur 2. Het verloop van het calciumgehalte in het drainwater, bij drie gerberacultivars: Kimsey, Okidoki en Suri, gemeten met de CleanGrow ion specifieke meter.

Het verloop van het natriumgehalte in de voedingsoplossing wordt weergegeven in Figuur 3. Het natriumgehalte in het drainwater nam gedurende de teelt bij alle drie cultivars af. Doorgaans was het natriumgehalte in de voedingsoplossing aan het eind van de dag het laagst.



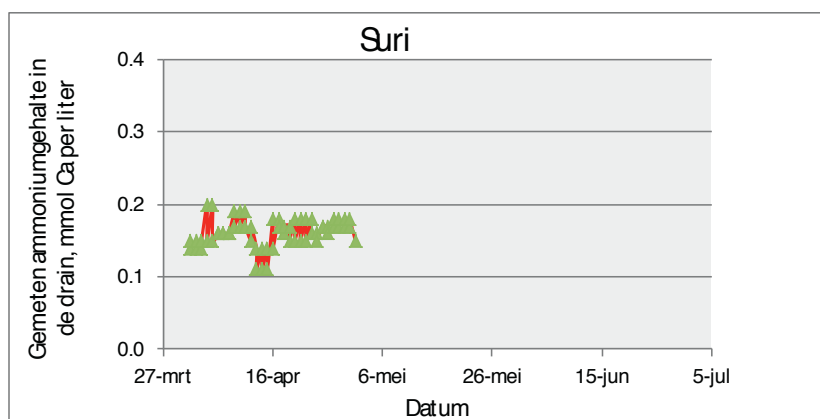
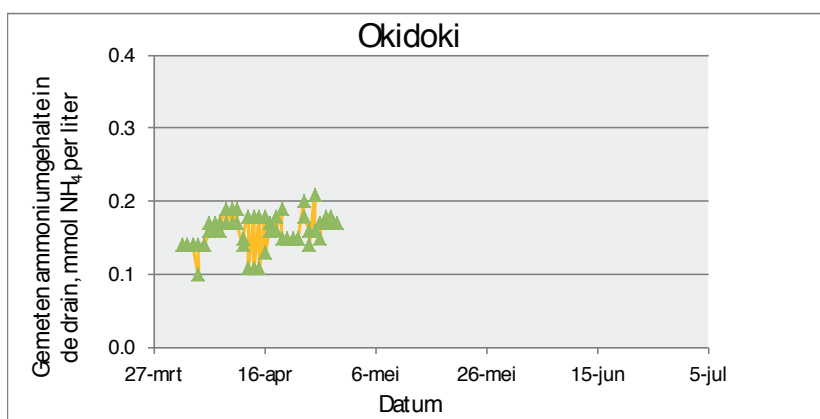
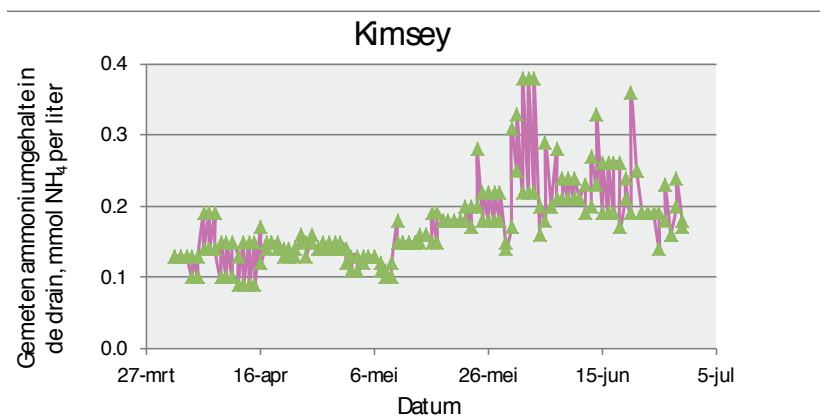
Figuur 3. Het verloop van het natriumgehalte in het drainwater, bij drie gerberacultivars: Kimsey, Okidoki en Suri, gemeten met de CleanGrow ion specifieke meter.

Het verloop van het nitraatgehalte in de voedingsoplossing wordt weergegeven in Figuur 4. Het nitraatgehalte schommelde bij de drie cultivars gedurende de teelt rond 20 mmol per liter. Aan het begin van de teelt was de concentratie lager, 5 mmol nitraat per liter. 's Morgens was het nitraatgehalte in de voedingsoplossing lager dan 's middags.



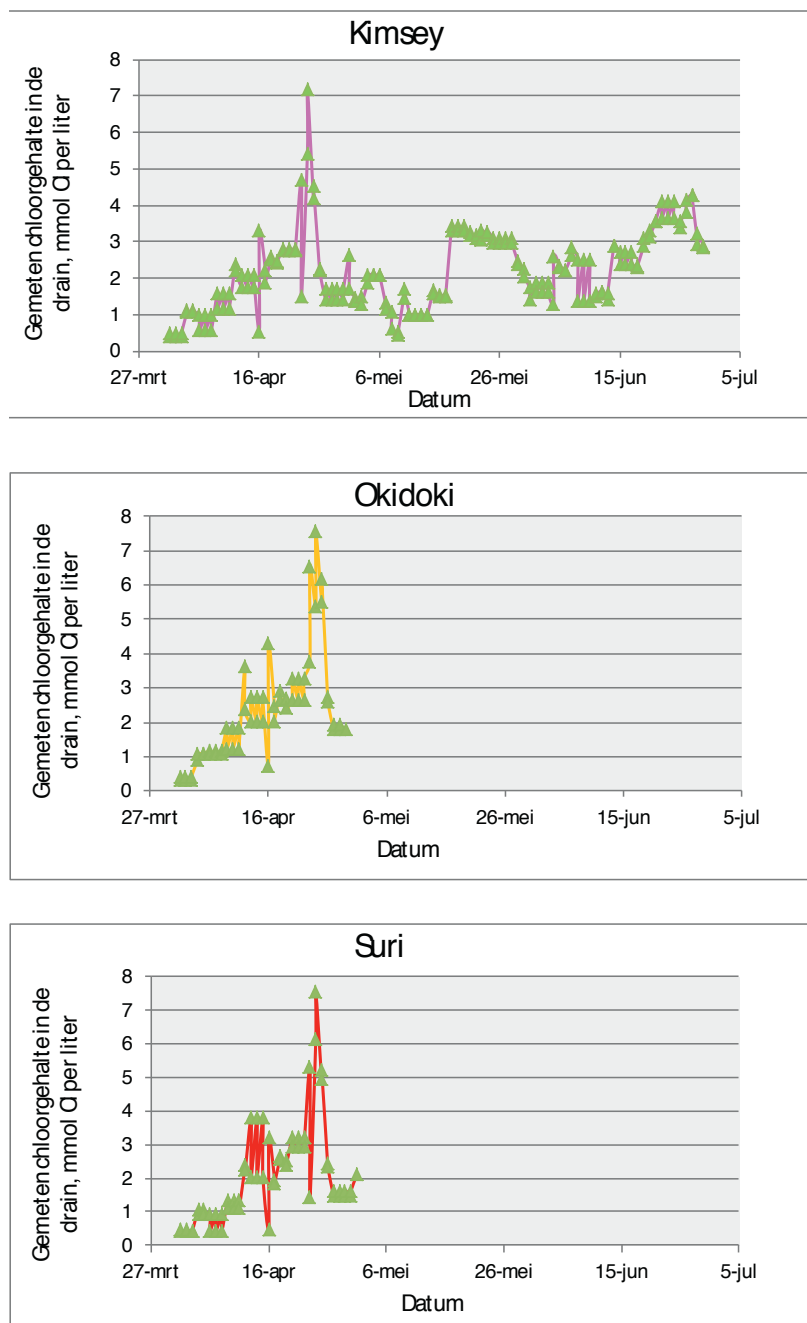
Figuur 4. Het verloop van het nitraatgehalte in het drainwater, bij drie gerberacultivars: Kimsey, Okidoki en Suri, gemeten met de CleanGrow ion specifieke meter.

Het verloop van het ammoniumgehalte in de voedingsoplossing wordt weergegeven in Figuur 5. Het ammoniumgehalte in het drainwater schommelde bij alle drie cultivars rond de 1,5 mmol NH_4 per liter. Half mei werd besloten om bij Kimsey de concentratie aan NH_4 in de voedingsoplossing te verhogen; deze verhoging is duidelijk in de grafiek te zien. In tegenstelling tot het nitraatgehalte was het ammoniumgehalte doorgaans 's morgens hoger dan 's middags.



Figuur 5. Het verloop van het ammoniumgehalte in het drainwater, bij drie gerberacultivars: Kimsey, Okidoki en Suri, gemeten met de CleanGrow ion specifieke meter.

Het verloop van het chloorgehalte in de voedingsoplossing wordt weergegeven in Figuur 6. Het chloorgehalte in het drainwater neemt bij alle drie de cultivars toe naarmate de teelt vordert. Bij Kimsey is de toename geringer dan bij de andere twee gerberacultivars. Bij Okidoki en bij Suri werd gedurende de laatste week het chloorgehalte in de voedingsoplossing op een lager niveau gebracht. Doorgaans was het chloorgehalte; 's morgens hoger dan 's middags.



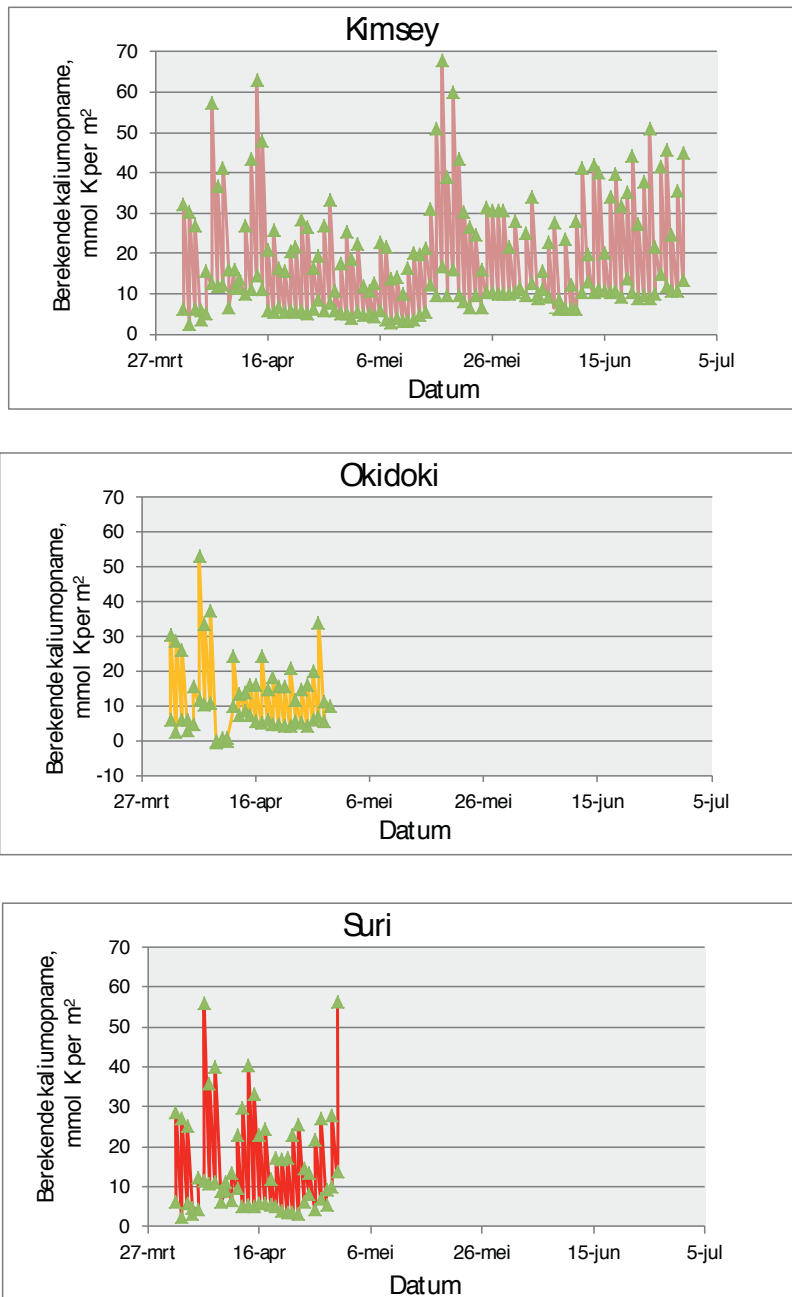
Figuur 6. Het verloop van het chloorgehalte in het drainwater, bij drie gerberacultivars: Kimsey, Okidoki en Suri, gemeten met de CleanGrow ion specifieke meter.

Bijlage III Berekende plantopname

Het verloop van berekende opname aan K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , NO_3^{2-} , NH_4^+ en Cl^- gedurende de teelt is per ras en per element weergegeven in de Figure 7. 12 van Bijlage III.

Het verloop van de berekende kaliumopname door het gewas wordt weergegeven in Figuur 7. De resultaten laten zien dat de kaliumopname berekent op 9.00 uur en op 13.00 uur sterk verschilt waarbij de nachtopname 5-10 $mmol.m^{-2}.d^{-1}$ is en de dagopname 10-70 $mmol.m^{-2}.d^{-1}$. De nachtopname neemt enigszins toe van maart naar juli.

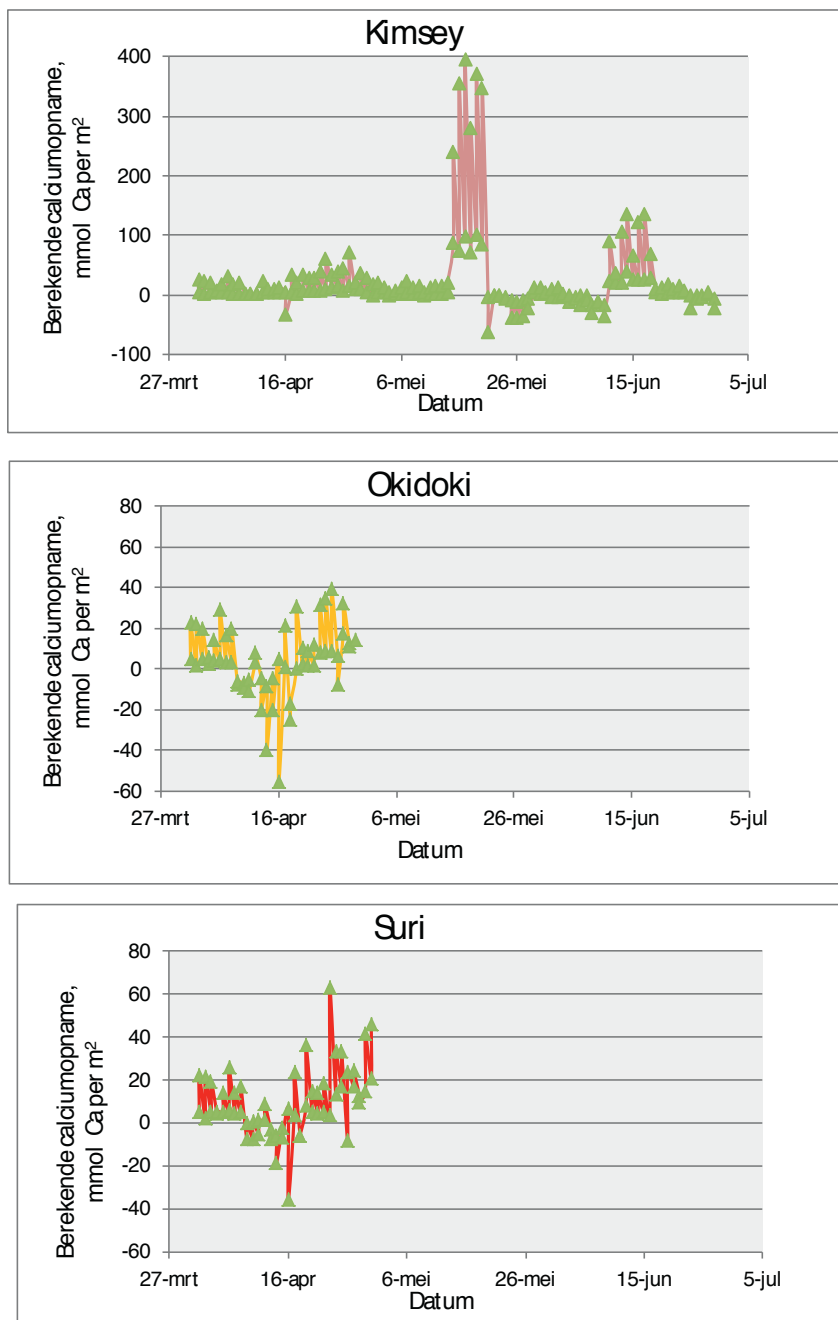
De fluctuaties nemen toe met toenemende instraling.



Figuur 7. Het verloop van de berekende kaliumopname bij drie gerberacultivars: Kimsey, Okidoki en Suri.

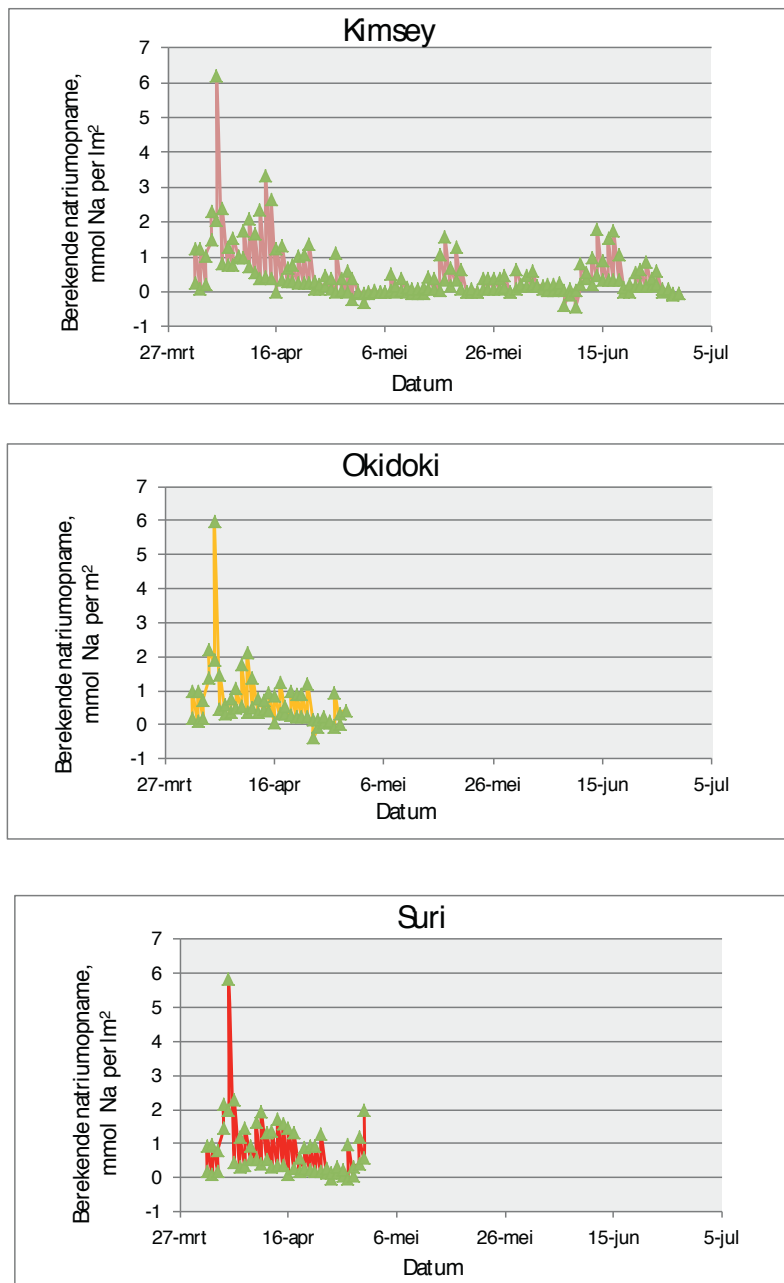
Het verloop van de berekende calciumopname door het gewas wordt weergegeven in Figuur 8. De resultaten laten zien dat de calciumopname van voeding gedurende de teelt niet altijd gelijkmatig verloopt. Halverwege de teelt zijn er grote dagelijkse verschillen in opname. Bij Okidoki en Suri zetten deze verschillen zich voort tot eind april. De berekende

calciumopname was 's middags hoger dan 's morgens. Op sommige momenten van de teelt zijn er negatieve opnames dat zou kunnen betekenen dat er (neergeslagen) calcium vrijkomt in de oplossing.



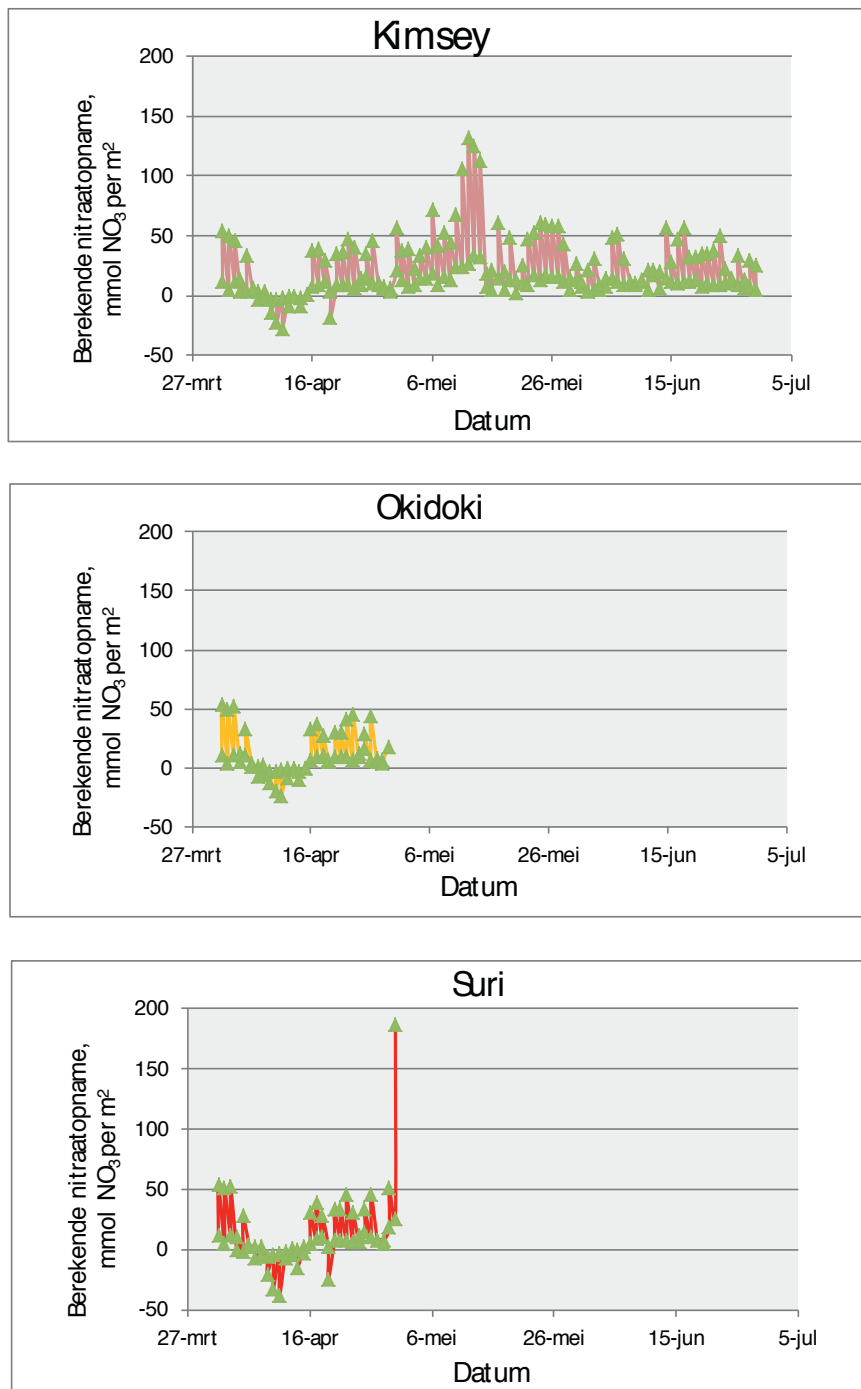
Figuur 8. Het verloop van de berekende calciumopname bij drie gerberacultivars: Kimsey, Okidoki en Suri.

In Figuur 9. wordt het verloop van de berekende natriumopname door het gewas weergegeven. De natriumopname door het gewas was in het begin van de teelt hoog, maar nam gedurende de teelt bij alle drie cultivars af.



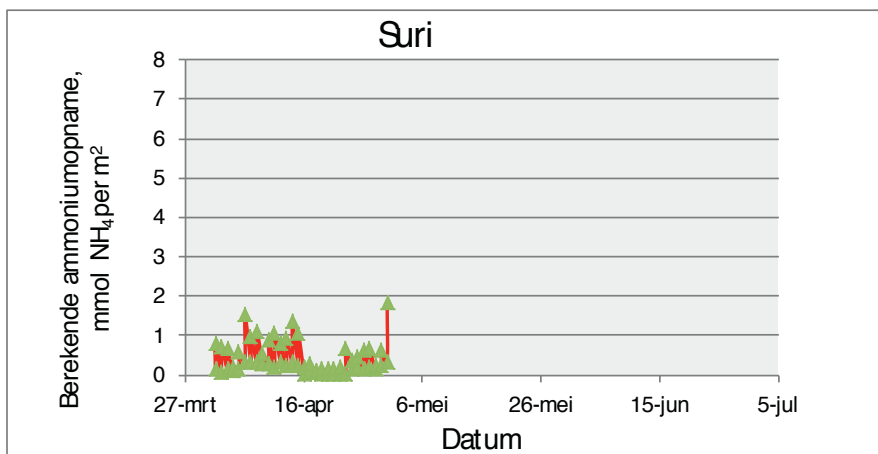
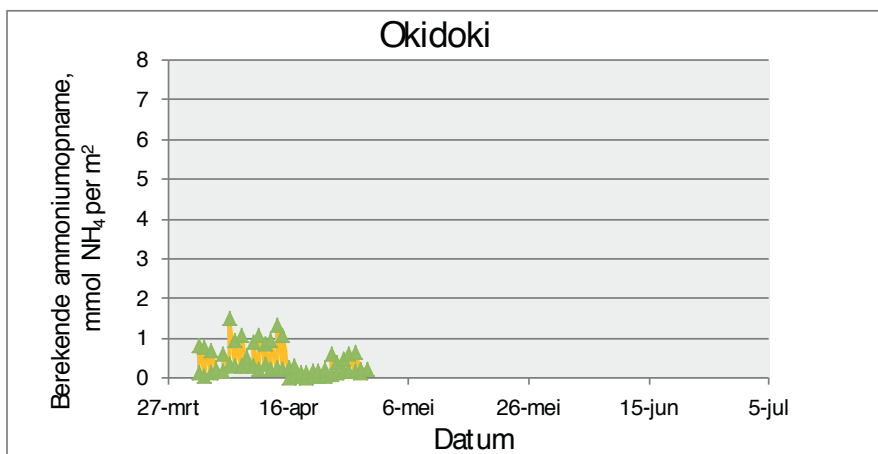
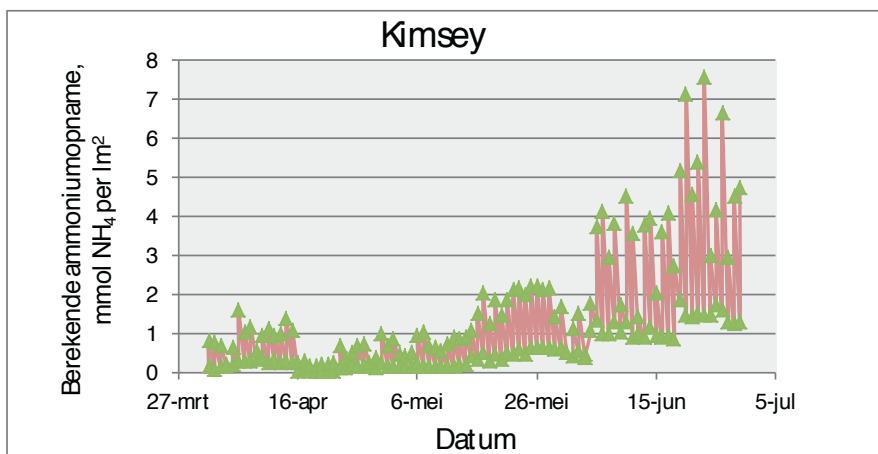
Figuur 9. Het verloop van de berekende natriumopname bij drie gerberacultivars: Kimsey, Okidoki en Suri.

Het verloop van de berekende nitraatopname door het gewas wordt weergegeven in Figuur 10. De resultaten laten zien dat de nitraatopname gedurende de teelt niet altijd gelijkmatig verloopt. Vanaf de start neemt de nitraatopname door het gewas af en vervolgens na ongeveer twee weken neemt de opname weer toe tot eind april. Bij Kimsey ligt de nitraatopname vanaf half mei op een lager niveau. De nitraatopname is 's morgens hoger dan 's middags.



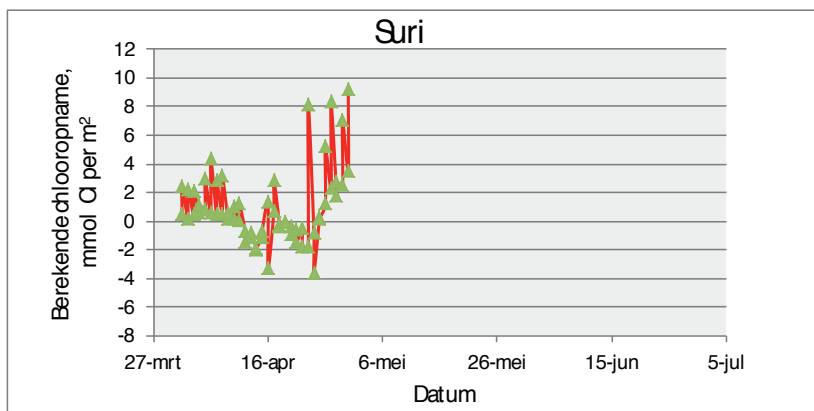
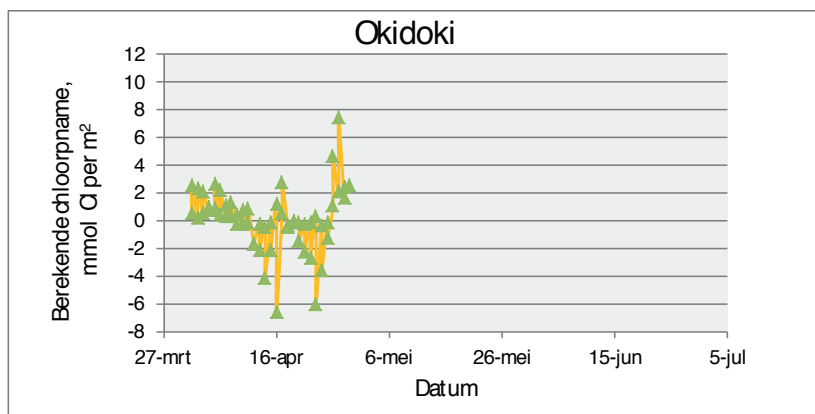
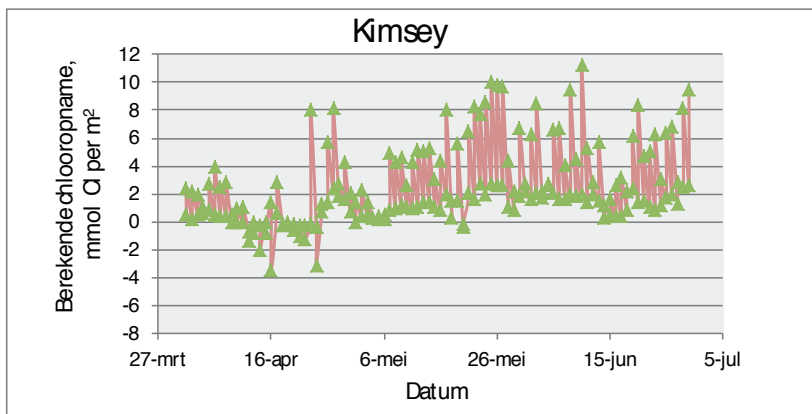
Figuur 10. Het verloop van de berekende nitraatopname bij drie gerberacultivars: Kimsey, Okidoki en Suri.

In Figuur 11. is het verloop van de berekende ammoniumopname door het gewas weergegeven. De resultaten laten zien dat de ammoniumopname gedurende de teelt niet altijd gelijkmatig verloopt. Ongeveer een week na de start neemt de ammoniumopname door het gewas toe en vervolgens na anderhalve week neemt de opname weer af, uitgezonderd bij Kimsey. Door het ammoniumgehalte in de oplossing vanaf eind mei te verhogen neemt de opname aan ammonium door het gewas hier toe tot begin juli.



Figuur 11. Het verloop van de berekende ammoniumopname bij drie gerberacultivars: Kimsey, Okidoki en Suri.

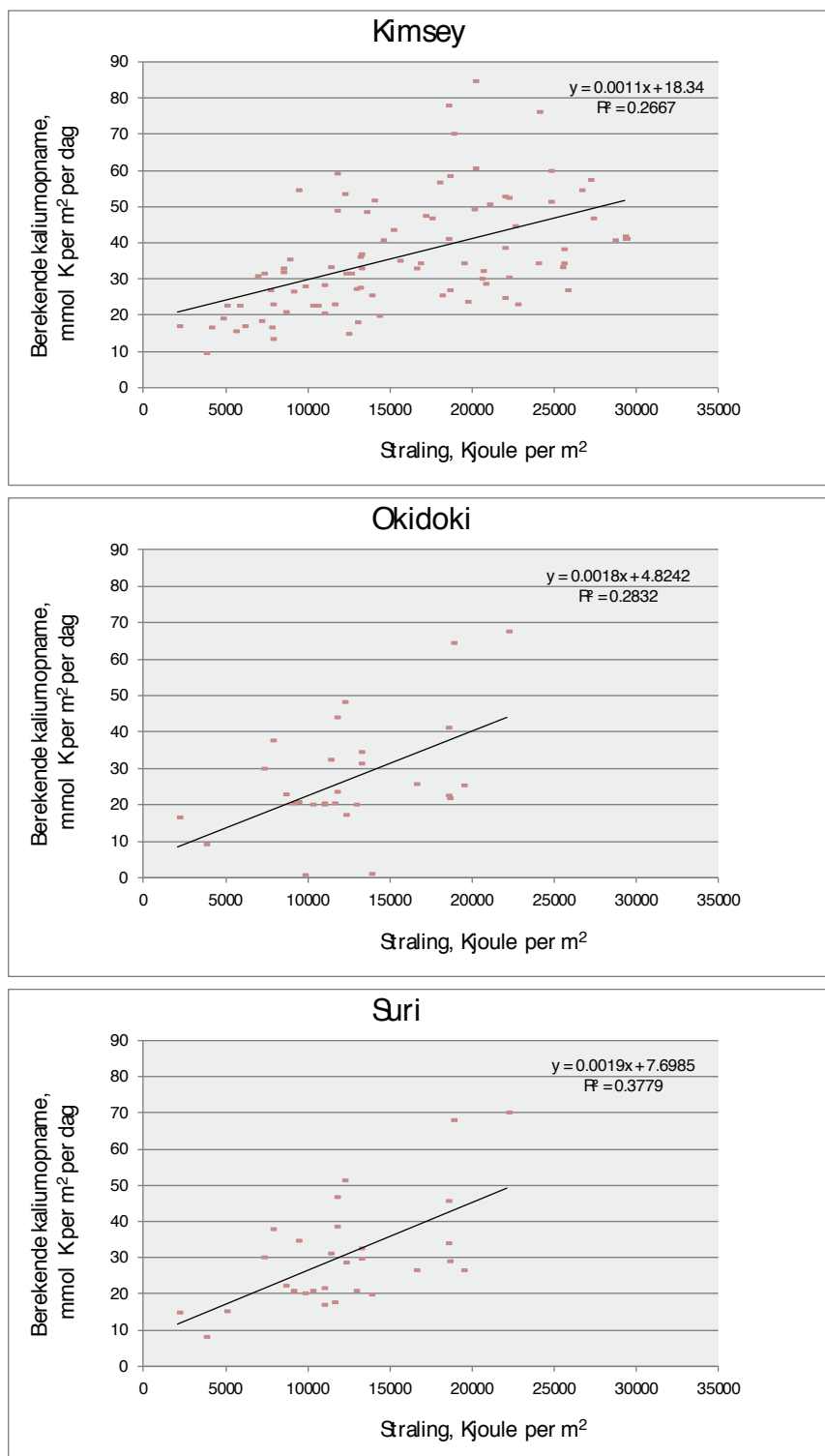
In Figuur 12. is het verloop van de berekende chlooropname door het gewas weergegeven. De resultaten laten zien dat de chlooropname gedurende de teelt niet altijd gelijkmatig verloopt en er zijn grote dagelijkse fluctuaties. Globaal gezien neemt de chlooropname gedurende de teelt iets toe. De opname is 's middags groter dan 's morgens. Er zijn ook negatieve waarden wat zou kunnen betekenen dat de gemeten waarden niet even nauwkeurig zijn.



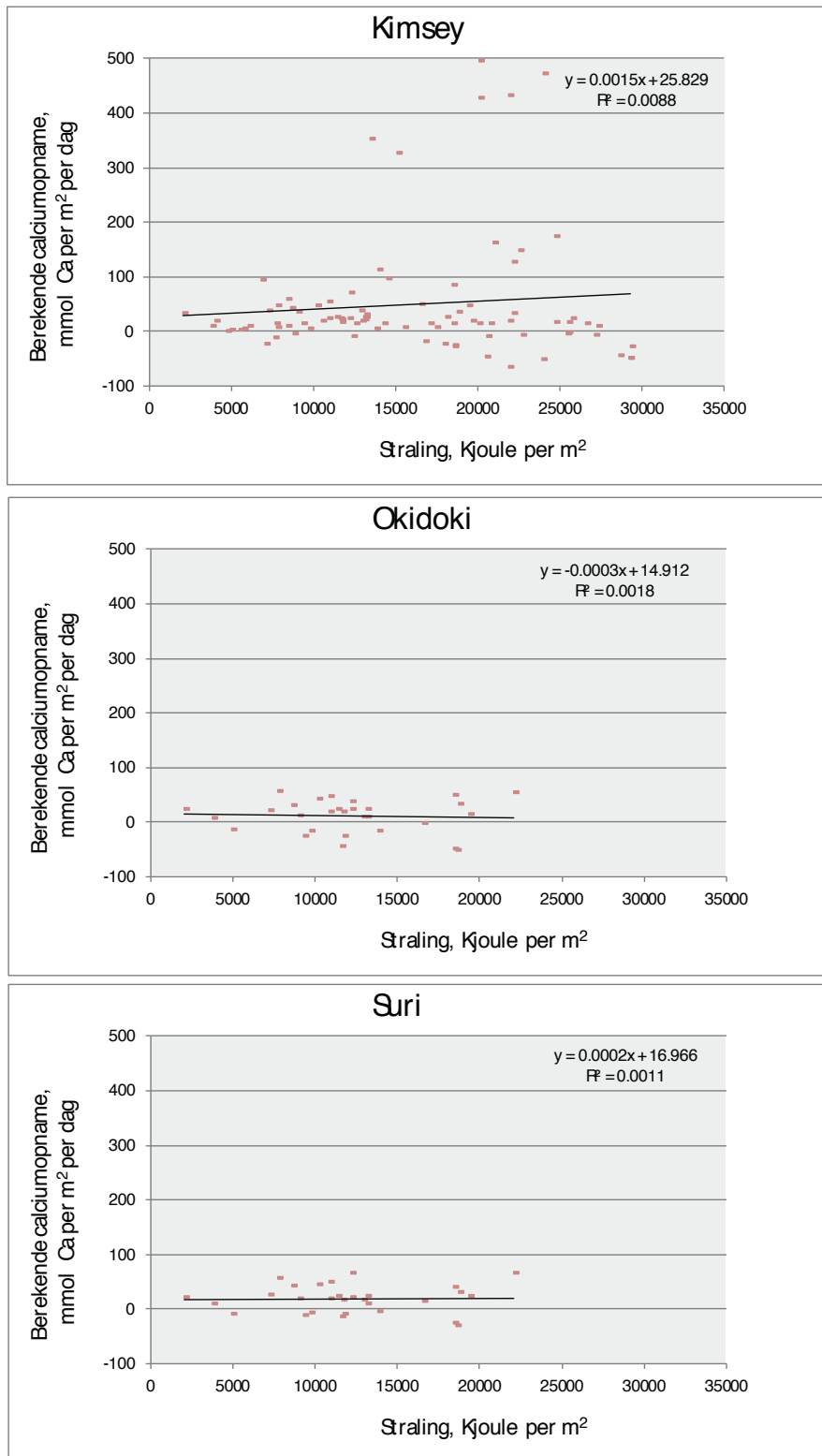
Figuur 12. Het verloop van de berekende chlooropname bij drie gerberacultivars: Kimsey, Okidoki en Suri.

Bijlage IV De dagelijkse totale globale straling versus de berekende dagelijkse plantopname

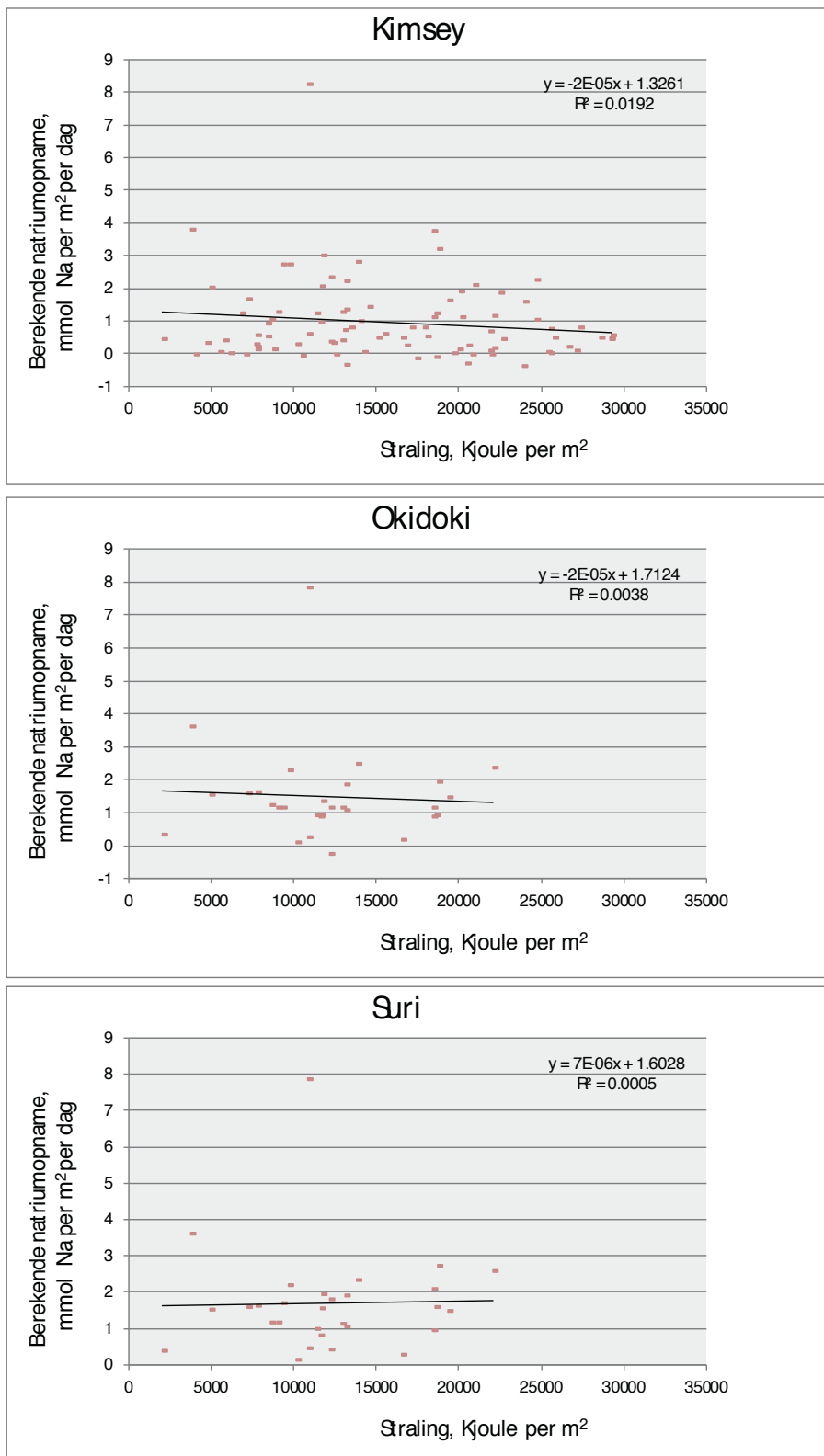
De berekende dagelijkse opname aan K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , NO_3^- , NH_4^+ en Cl^- en de dagelijkse globale straling gedurende de teelt is per ras en per element weergegeven in de Figure 13-17 van deze bijlage.



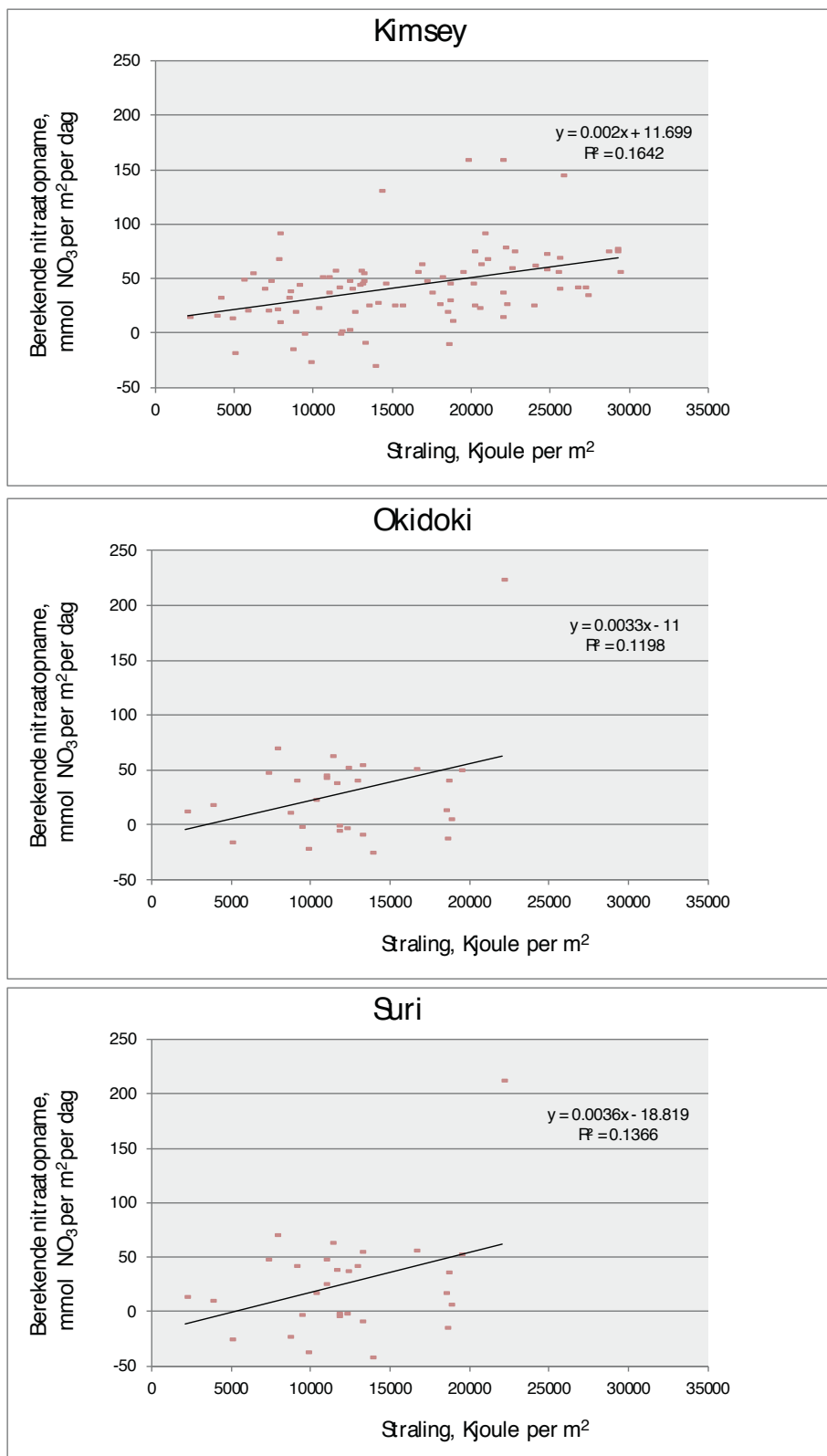
Figuur 13. De dagsom van de totale globale straling versus de berekende dagopname aan kalium bij drie gerberacultivars: Kimsey, Okidoki en Suri.



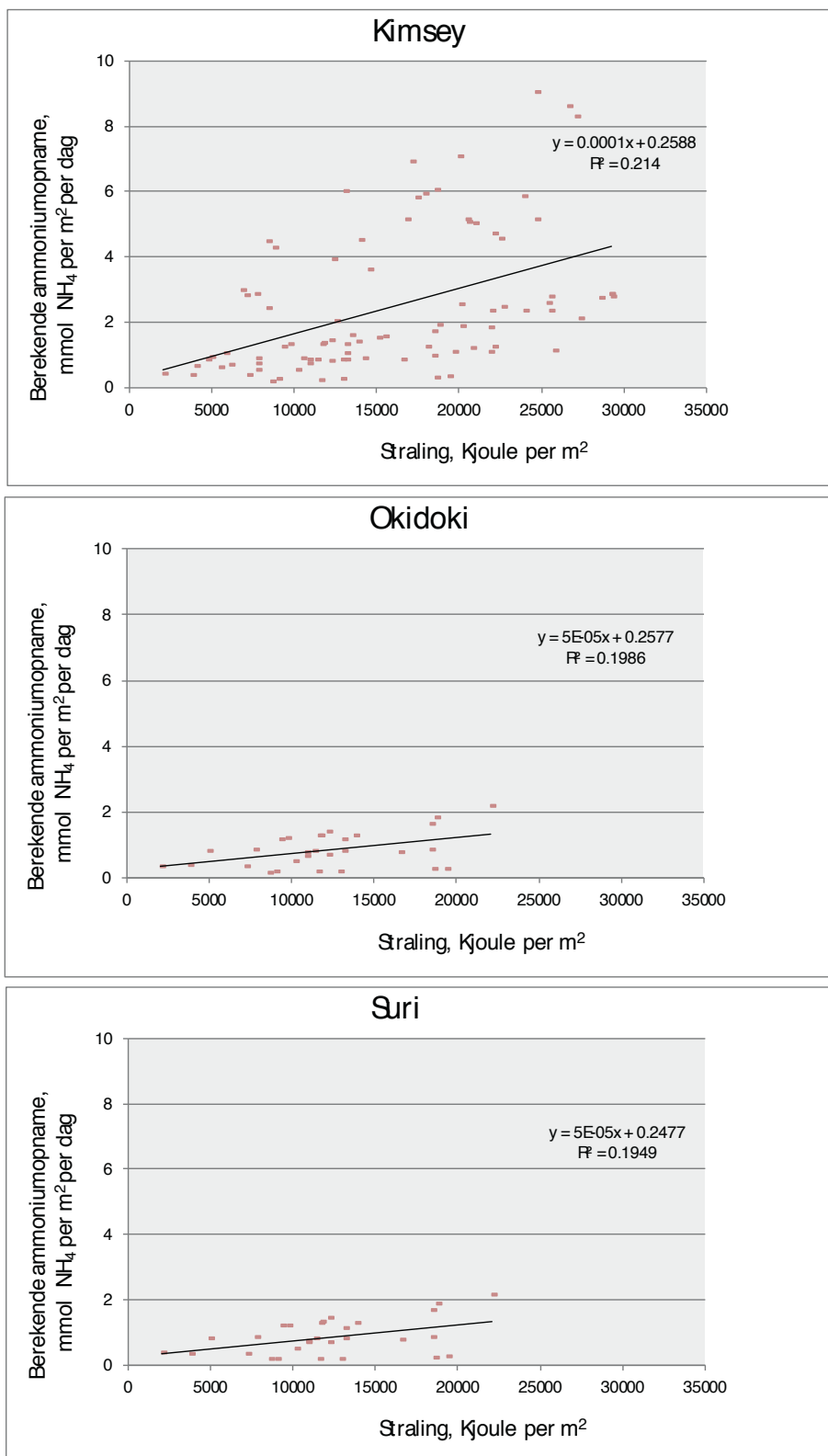
Figuur 14. De dagsom van de totale globale straling versus de berekende dagopname aan calcium bij drie gerberacultivars: Kimsey, Okidoki en Suri.



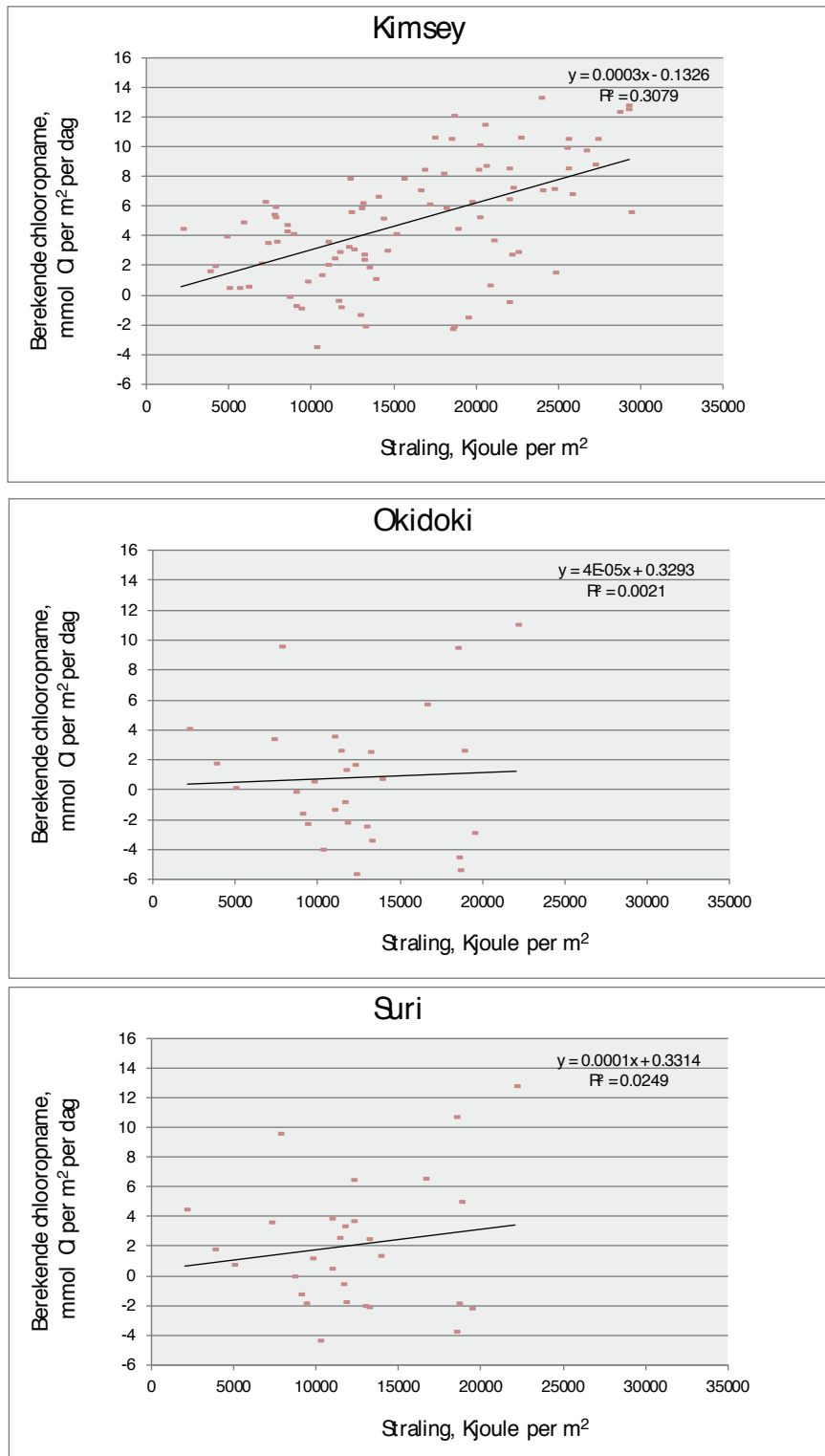
Figuur 15. De dagsom van de totale globale straling versus de berekende dagopname aan natrium bij drie gerberacultivars: Kimsey, Okidoki en Suri.



Figuur 16. De dagsom van de totale globale straling versus de berekende dagopname aan nitraat bij drie gerberacultivars: Kimsey, Okidoki en Suri.



Figuur 17. De dagsom van de totale globale straling versus de berekende dagopname aan ammonium bij drie gerberacultivars: Kimsey, Okidoki en Suri.



Figuur 18. De dagsom van de totale globale straling versus de berekende dagopname aan chloor bij drie gerberacultivars: Kimsey, Okidoki en Suri.

