



Meten en sturen van plantbelasting in sierteeltgewassen

Onderzoeksproject in opdracht van het programma Kas als Energiebron

Arca Kromwijk, Arie de Gelder, Nieves Garcia, Eric Poot, Mary Warmenhoven
en Myrthe Mahakena

Rapport WPR-1162

Referaat

In opdracht van Kas als Energiebron heeft WUR een deskstudie uitgevoerd naar een goede definitie en plantfysiologische duiding van de begrippen plantbelasting, assimilatenbalans en plantbalans voor sierteeltgewassen: **Plantbelasting** is de totale sink/m² kas / week en wordt bepaald door het aantal oogstbare organen per m² per week, het ontwikkelingsstadium van deze organen én de assimilatenbehoefte van overige plantendelen. **Assimilatenbalans** is een zodanig op elkaar afgestemde verhouding tussen de vraag naar assimilaten (=sinkvraag) en het aanbod van assimilaten (=source) dat de plant kan groeien en de productkwaliteit levert die gewenst is. **Plantbalans** is een evenwicht in aanmaak en groei van oogstbare en niet oogstbare plantendelen, zodanig dat de plant kan groeien en de productkwaliteit levert op de manier zoals de teler dat wil. Dit is breder dan de assimilatenbalans en heeft o.a. ook betrekking op sturing in evenwicht in de energiebalans, waterbalans, hormoonbalans en nutriëntenbalans. Het sturen van plantbelasting, assimilatenbalans en plantbalans is beschreven voor Gerbera, Chrysan, Roos en Freesia en er is een indeling voor sierteelt gewassen gemaakt op basis van gewassenmerken voor het sturen van de plantbelasting. Door de plantbelasting aan te passen aan de verwachte lichtsom kan er in de winter meer met het natuurlijk licht mee geteeld worden en bespaard worden op warmte en elektriciteit. Het monitoren van de plantbalans is ook een hulpmiddel bij implementatie van nieuwe (energiebesparings-)maatregelen om veranderingen in gewasgroei snel en bewust bij te sturen naar de gewenste plantkwaliteit.

Abstract

On behalf of 'Kas als Energiebron', WUR has made good definitions and plant physiological interpretation of the terms plant load, assimilate balance and plant balance for ornamental crops: **Plant load** is the total sink/m² greenhouse / week and is determined by the number of harvestable organs per m² per week, the developmental stage of these organs and the assimilate requirement of other plant parts. **Assimilate balance** is a certain relationship between the demand for assimilates (= sink demand) and the supply of assimilates (= source) in such a way that the plant can grow and deliver the desired product quality as needed. **Plant balance** is a certain balance in the production and growth of harvestable and non-harvestable plant parts, in such a way that the plant can grow and deliver the product quality the grower wants. This is broader than the assimilate balance and also relates to, among other things, control in the energy balance, water balance, hormone balance and nutrient balance. Controlling plant load, assimilate balance and plant balance has been described for Gerbera, Chrysanthemum, Rose and Freesia and a classification has been made for floricultural crops based on crop characteristics for controlling plant load. By adjusting the plant load to the expected light sum, growth can be adjusted according the amount of natural light in winter and savings can be made on heat and electricity input. Monitoring the plant balance is also an aid in the implementation of new (energy saving) measures to quickly and consciously adjust changes in crop growth to the desired plant quality.

Rapportgegevens

Rapport WPR-1162

DOI: <https://doi.org/10.18174/574597>

Projectnummer: 3742 302500

Thema: Kasklimaat & energie

Dit project/onderzoek is tot stand gekomen door de bijdrage van Kas als Energiebron.

Disclaimer

© 2022 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw, Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, www.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, BU Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
2	Onderzoeksaanpak en opbouw rapport	9
3	Definitie en plantfysiologische duiding van plantbelasting en plantbalans	11
3.1	Definities plantbelasting en plantbalans in literatuur	11
3.1.1	Plant Empowerment	11
3.1.2	Plantbalansprincipe in kader van temperatuurintegratie	12
3.1.3	In onderzoeksrapporten van diverse sierteeltgewassen	13
3.2	Definitie plantbalans en plantbelasting door externe deskundigen	15
3.2.1	Plantbalans	15
3.2.2	Plantbelasting	17
3.3	Definitie plantbelasting in vruchtgroenten en plantfysiologische duiding	18
3.3.1	Plantbelasting = Totale vraag naar assimilaten per m ² kas	18
3.3.2	Assimilatenvraag varieert met ontwikkelingsstadium	19
3.3.3	Sinksterkte van overige plantendelen	19
3.4	Metten en sturen van plantbelasting en plantbalans bij vruchtgroenten	20
3.5	Duiding van processen	24
3.5.1	Onderhoudsademhaling gaat voor groei	24
3.5.2	Onderhoudsademhaling verdubbeld bij elke 10°C temperatuurverhoging	24
3.5.3	Negatieve feedback bij lage plantbelasting	26
3.5.4	Assimilatenverdeling afhankelijk van plantbelasting	26
3.5.5	Assimilatenvraag groter dan assimilatenproductie	27
3.5.6	Temperatuur afstemmen op assimilatenaanmaak in plaats van lichtsom	28
3.5.7	Effect temperatuur op netto fotosynthese verschilt per gewas	29
3.5.8	Effect van temperatuur op andere plantprocessen	31
3.5.9	Effect van dag- en nachtlengte op ontwikkelingsprocessen	31
3.5.10	Kleine bandbreedte licht en temperatuur bij schaduwgewassen	32
3.6	Definities	33
3.6.1	Definitie plantbelasting	33
3.6.2	Definitie assimilatenbalans	33
3.6.3	Definitie plantbalans	34
4	Plantbalans in sierteelt: uitgewerkte voorbeeldgewassen	35
4.1	Plantbalans Gerbera	35
4.2	Plantbalans Chrysant	40
4.3	Plantbalans Roos	47
4.4	Plantbalans Freesia	50
5	Groepsindeling sierteeltgewassen op basis van plantbelasting	57
5.1	Inleiding	57
5.2	Snijbloemen met meermalige, continue oogst	57
5.3	Snijbloemen met eenmalige oogst uit stek of zaad	57
5.4	Sierteeltgewassen met opslagorganen zoals bollen, knollen, wortelstokken of bulben	58
5.5	Potplanten	59

6	Mogelijkheden voor energiebesparing	61
7	Inzichten en aanbevelingen	63
	Literatuur	65
	Bijlage 1 Geraadpleegde deskundigen	69
	Bijlage 2 Presentatie 1^e BCO	71
	Bijlage 3 Presentatie 2^e BCO	77

Samenvatting

Naar aanleiding van verschillende definities van plantbelasting en plantbalans in onderzoeksrapporten en -artikelen, heeft Wageningen UR Glastuinbouw & Bloembollen in opdracht van Kas als Energiebron, een deskstudie uitgevoerd om te komen tot een goede definitie en plantfysiologische duiding van de begrippen plantbelasting, assimilatenbalans en plantbalans voor sierteeltgewassen. Deze begrippen zijn voor sierteeltgewassen gedefinieerd als:

Plantbelasting is de totale sink/m² kas/week

Dit wordt bepaald door:

- het aantal oogstbare organen per m² per week én
- het ontwikkelingsstadium van deze organen én
- de assimilatenbehoefte van overige plantendelen

Assimilatenbalans is een zodanig op elkaar afgestemde verhouding tussen de vraag naar assimilaten (=sinkvraag) en het aanbod van assimilaten (=source) dat de plant kan groeien en de productkwaliteit levert die gewenst is.

Plantbalans is evenwicht in aanmaak en groei van oogstbare en niet oogstbare plantendelen, zodanig dat de plant kan groeien en de productkwaliteit levert op de manier zoals de teler dat wil. Dit is breder dan de assimilatenbalans en heeft ook betrekking op andere aspecten zoals sturing in evenwicht in de energiebalans, waterbalans, hormoonbalans en nutriëntenbalans.

Gewas specifiek

Voor vier gewassen (Gerbera, Chrysant, Roos en Freesia) is beschreven hoe de toepassing van sturen op plantbelasting, assimilatenbalans en plantbalans doorwerkt in het begrijpen van de teelt, productie en energie input. Dit blijkt voor elk gewas maatwerk en complex. Wel wordt de teeltwijze meer inzichtelijk. De grote lijn is het anticiperen op de hoeveelheid (zon-)licht die het gewas de komende periode naar verwachting zal ontvangen door te sturen op plantbelasting en het aanpassen van de temperatuur op de behaalde lichtsom. Naast de beschrijving voor de vier voorbeeldgewassen is een indeling voor sierteelt gewassen beschreven, waarbij per groep kort is ingegaan op wat toepassing van de definities en de aanpak van Het Nieuwe Telen voor elke gewasgroep betekent.

Energiebesparing door meer met licht mee te telen

Door de plantbelasting aan te passen aan de verwachte lichtsom tijdens de uitgroei van de snijbloem of potplant kan er bij sierteeltgewassen meer met het natuurlijk licht mee geteeld worden. Inzicht in de plantbelasting door inzicht in de sinkgrootte van het gewas is daarvoor belangrijk. Met een lagere plantbelasting in de winter kan in donkere periodes bespaard worden op warmte en elektriciteit door een lagere temperatuur en lagere lichtsom na te streven (energiebesparing). Op lichtere dagen kan de kastemperatuur (en daarmee sinksterkte) verhoogd worden om het zonlicht optimaal te benutten voor de aanmaak en verwerking van assimilaten. Dit kan met behulp van een vaste verhouding tussen de etmaaltemperatuur en lichtsom per dag (RTR). Op lichtrijke dagen kan door minder of geen assimilatie belichting te gebruiken bespaard worden op elektriciteit en warmte. Bij veel siergewassen moet wel rekening gehouden worden met gewas specifieke minimum- en maximumtemperaturen per teeltfase en een snellere afvlakking van de RTR en lagere maximumtemperaturen bij siergewassen uit koele herkomstgebieden.

Hulpmiddel bij implementatie van nieuwe energiebesparingsmaatregelen

Daarnaast is het monitoren en bijsturen van de plantbalans een hulpmiddel om ongewenste veranderingen in de plantbalans snel te signaleren en snel bewust bij te kunnen sturen. Kennis van "indicatoren van onbalans" om de plantbalans te monitoren en teeltmaatregelen om de plantbelasting, assimilatenbalans en plantbalans in de juiste richting bij te sturen zorgt er voor dat nieuwe teeltmaatregelen (zoals bv. het sturen op RTR of andere energiebesparende maatregelen) of andere teeltstrategieën sneller en succesvoller kunnen worden toegepast, omdat de teler weet hoe hij de plantbalans kan bijsturen in zijn gewenste richting.

1 Inleiding

Het Nieuwe Telen (HNT) gaat uit van optimale assimilaten-, energie- en waterbalans van de plant. De assimilatenbalans is gericht op het in evenwicht houden van aanmaak en verbruik van assimilaten. Het concept van de assimilatenbalans in HNT is tot nu toe vooral ontwikkeld en geoperationaliseerd voor vruchtgroenten. Bij de aanmaak van assimilaten ligt het accent op maximale aanmaak van suikers en dus maximale benutting van het licht. Daarbij gaat het niet om maximale benutting op een bepaald moment, maar om maximale benutting op langere termijn. Ervaringen in het verleden hebben laten zien dat maximaliseren van productie op korte termijn, op langere termijn ongewenste negatieve effecten kan geven op de productie. De fotosynthesesnelheid wordt beïnvloed door de temperatuur (optimumkromme) en bij meer licht en/of meer CO₂ schuift de optimum kromme naar een hoger niveau met een hogere optimumtemperatuur. De temperatuur heeft ook invloed op andere plantprocessen en een optimale temperatuur voor de fotosynthese kan voor andere processen verstoring zijn zoals bv. de bloemknopinductie bij chrysanthe en Freesia. De assimilatenvraag wordt bepaald door de sinksterkte van de verschillende plantdelen/organen. De hypothese is dat de assimilatenvraag sterk beïnvloed wordt door de plantbelasting en een te hoge plantbelasting bij een sierteeltgewas leidt tot een slechte kwaliteit omdat er te weinig assimilaten beschikbaar zijn voor het aantal groeiende delen. In termen van HNT is de plant 'niet in balans'.

Bij het onderzoek naar Perfecte roos is naar voren gekomen dat het aantal takken per m² de krachtigste stuurfactor is om de kwaliteit van de bloemtakken te beïnvloeden. Een beperking van het aantal generatieve delen/organen per m² die in korte tijd kunnen uitgroeien betekent dat je op een donkere dag makkelijker de sinksterkte kunt verlagen door een lagere temperatuur. Bij veel licht kan de temperatuur makkelijker omhoog om de ontwikkelingsnelheid van de takken te vergroten. Het gaat dan om de stuurbaarheid van de sinksterkte. Bij Gerbera is er door de FloriConsult Group en telers al enkele jaren ervaring opgedaan met het monitoren van de plantbelasting. Plantbelasting wordt door hen gedefinieerd als het aantal bloemen en knoppen aanwezig op een m² gewas met een steellengte groter dan 1 cm. Ook is er door WUR Glastuinbouw een vision techniek ontwikkeld om met de camera van een mobiele telefoon de plantbelasting bij dit gewas te meten. De sierteelt bestaat uit een groot scala van gewassen waarbij de aard en sturing van de sinksterkte verschilt per gewas. Vraag is wat een goede definitie is voor het begrip plantbelasting bij sierteeltgewassen. Daarom is een deskstudie uitgevoerd om het begrip plantbelasting voor sierteeltgewassen nader te onderzoeken, te beschrijven en meetbaar te maken, om vervolgens daarmee de potentie voor energiebesparing te kunnen bepalen.

Technische doelstelling:

Definitie en plantfysiologische duiding van het begrip 'plantbelasting' en inzicht geven in mogelijkheden om plantbelasting en sinksterkte van sierteeltgewassen te meten en te sturen om de toepassing van HNT in de sierteelt te verbreden en energieverbruik in de sierteelt te verminderen.

Energiedoelstelling:

Meer inzicht in het meten en sturen van plantbelasting en sinksterkte van sierteeltgewassen, evenals kennis van de juiste plantbalans die bijdraagt aan energiezuinig telen. Bekende voorbeelden uit de groenteteelt zijn: aanpassing van de stookstrategie zoals minder warmte inbrengen bij minder licht; betere benutting van zonlicht voor het opwarmen van de kas en beter gebruik van energieschermen. Een voorbeeld uit de gerbera is de belichtingsstrategie aanpassen op te verwachten lichtsom. Meer kennis over plantbelasting en plantbalans kan een nuttig instrument zijn voor een bredere toepassing van HNT en zo het energieverbruik in de sierteelt te verminderen.

2 Onderzoeksaanpak en opbouw rapport

Voor dit project is een deskstudie uitgevoerd om te komen tot een goede definitie van het begrip plantbelasting voor sierteeltgewassen en inzicht te geven hoe het meten van plantbelasting bij kan dragen aan een bredere toepassing van Het Nieuwe Telen en energiebesparing in de sierteelt. Er is gestart met een inventarisatie van gebruikte definities voor plantbelasting, assimilatenbalans en plantbalans in sierteeltgewassen in onderzoeksrapporten en andere literatuur. Ook zijn diverse interne en externe deskundigen gevraagd naar hun zienswijze op de definitie van de begrippen plantbelasting en plantbalans en het sturen van plantbalans bij sierteeltgewassen. Vervolgens is nagegaan welke definities in de teelt van vruchtgroenten worden gebruikt en hoe daar de plantbalans gestuurd wordt door het jaar heen. Tegelijkertijd is ook relevante informatie verzameld voor de plantfysiologische duiding van de begrippen plantbelasting, assimilatenbalans en plantbalans. Er is gebruik gemaakt van rapporten op de website van Kas als Energiebron en digitale zoekmogelijkheden die de WUR bibliotheek biedt. Daarnaast zijn collega onderzoekers met relevante kennis gevraagd naar aanvullende expertise, ervaringen en verslagen van eerder relevant onderzoek.

Op basis van de verzamelde informatie en interne discussies met de projectgroep is in hoofdstuk 3 een overzicht gemaakt van relevante informatie voor de definities en plantfysiologische duiding. Aan het eind van dit hoofdstuk zijn de nieuw geformuleerde definities van plantbelasting, assimilatenbalans en plantbalans weer gegeven. Deze definities zijn begin 2021 besproken met een begeleidingscommissie onderzoek (BCO) met telers en adviseurs uit verschillende sierteeltgewassen (zie bijlage 2). Naar aanleiding van diverse uiteenlopende vragen van de telers in deze BCO, is het meten en sturen van plantbalans voor een aantal voorbeeldgewassen verder uitgewerkt en een 2^e presentatie gehouden voor de BCO (zie bijlage 3). De uitwerking van de voorbeeldgewassen is weergegeven in hoofdstuk 4. Omdat de sierteelt uit een groot scala aan snijbloemen en potplanten bestaat met sterk uiteenlopende gewasopbouw, oogstbare organen en teeltwijzen kan het meten en sturen van plantbelasting en plantbalans per gewas sterk variëren. Daarom is in hoofdstuk 5 een groepsindeling gemaakt op basis van relevante gewas- en teelteigenschappen voor het meten en sturen van plantbelasting, assimilatenbalans en plantbalans. In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op de mogelijkheden van energiebesparing. In hoofdstuk 7 wordt afgesloten met inzichten en aanbevelingen, hoe het meten en sturen van plantbelasting kan bijdragen aan een bredere toepassing van Het Nieuwe Telen en energiebesparing in de sierteelt.

3 Definitie en plantfysiologische duiding van plantbelasting en plantbalans

3.1 Definities plantbelasting en plantbalans in literatuur

3.1.1 Plant Empowerment

Het boek "PLANT EMPOWERMENT De basisprincipes" gaat uit van balansprincipes en omschrijft dat voor een plant als een assimilaten balans, een energie balans en een water balans.

Deze balansen worden in de begrippen lijst van het boek als volgt omschreven:

Assimilaten balans van de plant

Voor een gezonde groei en ontwikkeling van de plant moet er een evenwicht zijn tussen de productie en consumptie van assimilaten (Blz. 308 en hoofdstuk 3.6).

Energie balans van de plant

Volgens de Wet van behoud van energie moet er een evenwicht zijn tussen energie-aanvoer en -afvoer. Elke onbalans leidt tot een verandering van de temperatuur van de plant, waardoor de energiebalans wordt hersteld. Verdamping is een essentieel element in de balans omdat het een aanzienlijk deel van de hoeveelheid overtollige energie kan absorberen die anders de plant zou opwarmen (blz. 312 en hoofdstuk 3.4).

Water balans van de plant

Het resultaat van wateropname door de wortels, het vullen of onttrekken van water aan de wateropslag buffer in de plant en de vruchten, en waterverlies door verdamping (blz. 326 en hoofdstuk 3.5).

In deze begrippen wordt niet over plantbalans of plantbelasting gesproken. Aan het eind van hoofdstuk 3 komt wel het begrip Plantbalans naar voren. Daarin wordt het totaal van de 3 balansen samen genomen en gekeken naar de toestand van de plant waarbij het handhaven van een stabiel evenwicht gewenst is (blz. 69). In de begrippenlijst wordt de term plantbalans als volgt omschreven.

Plantbalans

De plantbalans wordt vaak uitgedrukt in termen "generatief" en "vegetatief". Een (te) vegetatieve plant ziet er bossig uit en lijkt zich te concentreren op het vormen van nieuwe bladeren in plaats van vruchten of bloemen. Een (te) generatieve plant doet het tegenovergestelde. Over het algemeen moeten de planten in balans zijn tussen deze twee uitersten, wat resulteert in een constante productie en kwaliteit van een sterk en gezond gewas. Een efficiënte methode om een uitgebalanceerde plant te verkrijgen is het handhaven van een constante verhouding tussen de gemiddelde 1etmaal temperatuur en de lichtsom. Zie ook RTR (blz. 320).

RTR – Temperatuur/Licht verhouding.

RTR staat voor: Ratio Temperature to Radiation.

De verhouding tussen de gemiddelde etmaaltemperatuur en de ontvangen PAR-lichtsom bepaalt de manier waarop planten groeien en ontwikkelen. Zie ook Plantbalans (blz. 321).

1 De etmaaltemperatuur is een gemiddelde over 24 uur en daarom is het woord gemiddelde in deze omschrijving onnodig en verwarrend. In de Engelse versie van het boek staat 'average temperature' maar staat er geen periode bij.

In de begrippenlijst wordt ook de term Sink/Source omschreven:

Sink/Source

De Source (bron) bestaat uit alle delen van een plant die bijdragen aan de netto productie van assimilaten, d.w.z. hun productie van suikers overschrijdt hun consumptie van suikers.

De Sink (afvoer) bestaat uit alle delen van de plant die meer suikers consumeren dan ze produceren. Vruchten zijn altijd sinks, net als het wortelstelsel. Jonge groeiende bladeren vormen ook sinks totdat ze voldoende assimilaten produceren om de balans te doen kantelen en een source te worden. Oude bladeren in de lagere delen van de plant die slechts weinig licht ontvangen, worden weer sinks (blz 321).

Het begrip plantbelasting komt niet in de lijst van definities voor. Het wordt wel gebruikt in bijvoorbeeld hoofdstuk 11.17 over gewasregistratie en planning. Bij gewasregistratie worden meerdere gewaskenmerken vastgelegd zoals kopdikte, bladlengte etc. De gewasregistratie is soort afhankelijk.

Overigens komt het begrip plantbelasting nog wel voor in de lijst van definities in 'De basisprincipes van Het Nieuw Telen' uit 2015. Daar wordt plantbelasting gedefinieerd als:

Maat voor de sinkgrootte uitgedrukt in aantal vruchten of bloemstengels per m² kasoppervlakte.

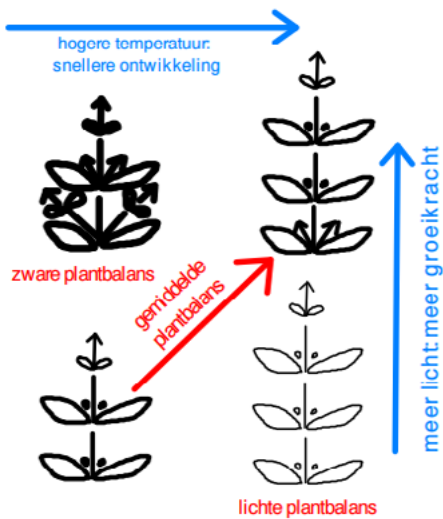
3.1.2 Plantbalansprincipe in kader van temperatuurintegratie

In het kader van onderzoek naar temperatuurintegratie formuleert Buwalda in 2003 hoe de plant zich ontwikkelt met de factoren licht en temperatuur en de concurrentieverhoudingen tussen de uitgroeiende onderdelen. In een samenvatting (van Noort *et. al.*, 2004) van de onderzoeksresultaten tot dan toe staat dit als volgt omschreven:

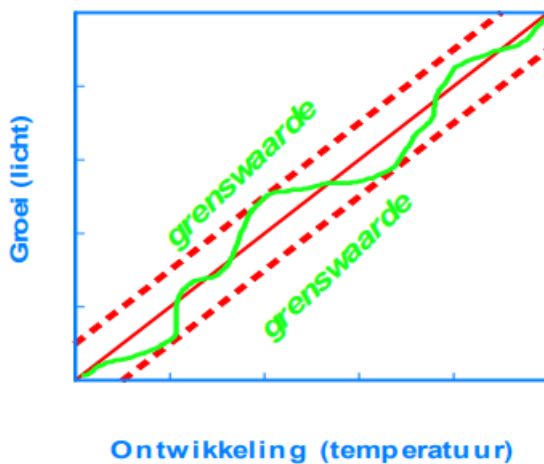
De centrale gedachte achter het plantbalansprincipe is dat het uiterlijk van een plant sterk wordt bepaald door de verhouding tussen groei- en ontwikkelingsprocessen (Figuur 1). Groei (gewichtstoename) wordt vooral bepaald door licht, ontwikkeling door temperatuur. Afwijkingen van een bepaalde balans zetten aanpassingsmechanismen in werking die zorgen dat de plant er anders uit komt te zien. Dit verklaart ook het effect van het lichtniveau op de grenswaarden voor temperatuurafwijkingen. De ontwikkelingssnelheid bepaalt de bloei inductie en het tempo waarin de plant nieuwe onderdelen zoals bladeren aanmaakt, groei bepaalt hoeveel biomassa er beschikbaar is om over de verschillende onderdelen te verdelen. Bij elke waarde van de balans tussen groei en ontwikkeling hoort een bepaald typisch standaardtraject waarlangs dat type plant zich zal ontwikkelen (Figuur 2). Het planttype kan vooral worden beschreven door verhoudingen, namelijk door de verhoudingen tussen:

- *Verhouding gewicht/lengte (per plant of per phytomeer (=stukje stengel/internodium met blad en okselknop).*
- *Generatieve groei als percentage van totale groei.*
- *Zijscheutgroei als percentage van totale groei.*
- *Verhouding droog/versgewicht.*
- *Verhouding spruit/wortel.*

Overigens is het niet zo dat er één optimaal type plant bestaat, en dat elke afwijking daarvan 'fout' zou zijn. Integendeel, de keus is juist aan de teler, die zelf zijn teeltdoel mag kiezen op basis van zijn bedrijfsprofiel, teeltkosten en de heersende afzetcondities.



Figuur 1 Hoe fors een plant zal uitgroeien en of de okselknoppen in een bepaalde periode zullen uitlopen kan alleen worden verklaard als een gecombineerd effect van de factoren licht, temperatuur en de concurrentieverhoudingen tussen de uitgroeïende onderdelen (Bron: Buwalda, 2002).



Figuur 2 Het verband tussen plantbalans, licht en temperatuur en de ligging van de grenswaarden voor temperatuurintegratie. De doorgetrokken rode lijn is de gekozen plantbalans; de rode stippellijnen geven de grenswaarden aan; de groene lijn laat een willekeurig traject zien waarlangs een gewas zich kan ontwikkelen ten opzichte van de balanslijn (Bron: Buwalda, 2002).

3.1.3 In onderzoeksrapporten van diverse sierteeltgewassen

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van in literatuur gevonden definities voor plantbelasting en plantbalans bij (bloeiende) siergewassen. Daarbij viel op:

- De term plantbelasting is weinig teruggevonden en is soms in een ander verband gebruikt.
- Alleen bij Gerbera is een duidelijke definitie teruggevonden die aansluit bij de term van plantbelasting zoals in groenteteelt gebruikt wordt.
- Het voorbeeld bij anthurium laat zien dat het van belang is om ook te kijken naar de sinkgrootte van andere plantendelen omdat deze de uitgroeï van oogstbare plantendelen kan remmen enerzijds en anderzijds soms extra sturingsmogelijkheden biedt om meer assimilaten naar de bloemen te sturen (bv. wegbreken jong blad bij snijanthurium).
- Bij het begrip plantbalans wordt vooral gekeken naar de assimilatenbalans (verhouding tussen aanmaak en verbruik van assimilaten ofwel de source/sink verhouding). Bij sturing op plantbalans bij de vruchtgroenten wordt breder gekeken en bijgestuurd op basis van plantbelasting, kopdikte, lengtegroei, bladlengte en andere gewassenmerken.

Dit roept de vraag op of hier nog kansen liggen voor sierteeltgewassen om de teelt, productie en kwaliteit nog beter te kunnen sturen naar de wensen van de telers.

Gerbera

In het rapport "Gerbera, teelt in balans" (García Victoria et al. 2017) wordt conform praktijk, **plantbalans** uitgedrukt als "het aantal knoppen per m² die tot een kwalitatief goede bloem kunnen uitgroeien".

Plantbelasting wordt gedefinieerd als het aantal bloemen en knoppen groter dan 1 cm op een m². Er wordt geen onderscheid gemaakt in groeistadia. Net als bij de groenten wordt er van uitgegaan dat verschillende bloemstadia in gelijke verhoudingen aanwezig zijn en de gemiddelde sink van alle bloemen gelijk blijft. In dit rapport wordt verondersteld dat het subtiel verschil tussen plantbalans en plantbelasting moet zitten in de knoppen die aborteren en/of niet tot een kwalitatief goede bloem leiden. Beide concepten beschrijven of geven een maat voor de hoeveelheid "sinks" op de plant. Althans, van de generatieve sinks, daar alleen bloemen en geen vegetatieve sinks (jonge bladeren) hierin worden meegenomen. De "source" wordt niet beschreven of gekwantificeerd.

Chry sant

In het rapport "Chry sant in balans" (van den Boogaart et al. 2019a), wordt de term plantbelasting niet gebruikt; wel "sinksterkte" om te refereren aan alle sinks samen. De **plantbalans** wordt in een meer plantfysiologische wijze omschreven als zijnde dat 'source' (aanbod assimilaten) en 'sink' (vraag naar assimilaten) perfect in balans moeten zijn. "Dit is een samenspel tussen licht en temperatuur en is afhankelijk van het gewasstadium (LAI en sinksterkte) en de CO₂ concentratie. LAI is met plantdichtheid te beïnvloeden: hoe meer planten per m², hoe hoger de LAI.

Bromelia

Het onderzoeksverslag "Plantbalans Bromelia: optimale benutting van licht en warmte" (van den Boogaart et al. 2019b) gaat uit van de aanname dat er een efficiënte energiebenutting plaats vindt als aanmaak van assimilaten (source) en vraag naar assimilaten (sink) in balans zijn. Dit geldt volgens hen voor alle gewassen. Te veel source leidt tot een lage licht-benutting omdat de plant zijn aangemaakte assimilaten niet goed in groei om kan zetten. Te veel sink geeft een slechte plantkwaliteit: de plant ontwikkelt snel nieuwe organen. Een definitie van plantbalans geven zij niet hoewel dit wel in de titel van het rapport staat. In feite is hun definitie de verhouding tussen source (aanmaak) en sink (gebruik) van assimilaten.

Freesia

In het onderzoek "telen op basis van plantbalans bij koude teelten: Freesia" (Pot et al. 2016), is dezelfde definitie gehanteerd voor **plantbalans** als in de twee bovenstaande voorbeelden, d.w.z., als een synoniem voor source/sink balans, die weer synoniem wordt verondersteld met "de verhouding tussen temperatuur- en lichtbehoefte van het gewas".

Roos

In het verslag "Haalbaarheid van LED tussenbelichting bij roos" (Trouwborst et al. 2010) wordt **plantbalans** 7 keer genoemd in de inleiding, de meeste ervan gerelateerd aan scheutuitloop, maar zonder definitie, en komt in de resultaten en discussie niet meer voor. In "Lichttemperatuur-gradiënt bij roos, deel 2" (Schapendonk et al. 2010) komt de term **plantbalans** een keer voor, om aan te duiden dat bij een ras deze verstoord is door onderverwarming als gevolg van een toename in aantal takken. In dit laatste rapport wordt eenmalig aan **plantbelasting** gerefereerd als zijnde een synoniem van NPQ (Non-Photochemical Quenching). NPQ, een fluorescentie parameter, moet informatie geven over de vitaliteit en stress van planten. In deze context, is de betekenis van plantbelasting anders dan een som van alle aanwezige sinks zoals in het geval van gerbera.

Potanthurium

In het onderzoek "bevordering winterbloei potanthurium" (Van Telgen et al. 2004) wordt **plantbalans** gedefinieerd als "het evenwicht tussen de draagkracht van de plant (aanmaak) aan de ene kant en de vraag (verwerking) aan de andere kant. Als draagkracht en vraag gelijk zijn resulteren ze in "stabiele groeisnelheid". Het aborteren van de bloem in de winter zou bij dit gewas het gevolg zijn van een "verstoorde" plantbalans. De plant, zo vervolgt de redenering, is in oktober/november zeer zwaar "belast" met jonge bladeren (=grote vraag). De groei van de bloem komt daardoor haast tot stilstand (0.1 mm/dag). Door afnemend licht neemt de assimilatie af, wat de onbalans verder verhoogt. Uit het onderzoek bleek dat er geen sprake was van "bloemoverslag" in de winter maar van een sterke vertraging van de ontwikkeling, en dat het verhogen van de lichtsom de sleutelfactor was voor het herstellen van de balans en het voorkomen van bloeivertraging. Interessant hier is dat men refereert naar **plantbelasting** als een soort negatieve "sinksterkte" waarbij deze sinks niet uit bloemen bestaan maar uit jonge bladeren, die de ontwikkeling van de bloem vertragen.

3.2 Definitie plantbalans en plantbelasting door externe deskundigen

3.2.1 Plantbalans

Bij de start van dit project zijn diverse deskundigen (zie bijlage 1) gevraagd naar hun definitie van het begrip plantbalans. Uit de reacties blijkt dat het begrip plantbalans in de praktijk verschillend wordt gedefinieerd:

- Diverse deskundigen denken bij het begrip plantbalans vooral aan de assimilatenbalans: de verhouding tussen dagelijkse aanmaak (assimilatie) en vraag naar assimilaten vanuit diverse plantorganen (source/sink verhouding).
- Sommigen zien de plantbalans als totaal balans op de energiebalans, waterbalans en assimilatenbalans gezamenlijk, zoals omschreven in Plant Empowerment.
- Teeltadviseurs zien de plantbalans nog breder als gezamenlijk oordeel over totale groei, compactheid, gewaskleur, aantal bloemen die boven gewas uit steken, aantal bloemen in het gewas, kwaliteit van de bloemsteel, bloemdiameter, wortel vitaliteit, etc.
- Er werd vermeld dat de plantbalans soms als een soort productiecapaciteit of algehele status van het gewas wordt gepresenteerd.
- Er werd ook vermeld dat bij plantbalans bij vruchtgroenten soms de verhouding generatief/vegetatief wordt bedoeld, waarbij de kanttekening werd gemaakt, dat dit niet te kwantificeren is en daarmee meer een impressie is dan een duidelijk getal.

Om onnodige verwarring door de verschillende definities van plantbalans weg te nemen zijn de uitgebreidere reacties hieronder geanalyseerd en bediscussieerd en is aanvullende informatie over de plantfysiologische duiding en processen verzameld en bestudeerd (3.5) om tot een eenduidige definitie van de begrippen assimilatiebalans en plantbalans te komen in 3.6.2 en 3.6.3.

Voor Peter Geelen heeft de plantbalans betrekking op balans in de energiebalans, waterbalans en assimilatenbalans van de plant. Hij geeft ook aan dat vaak over plantbalans wordt gesproken als alleen de balans op de assimilatenbalans wordt bedoeld. De balans op de assimilatenbalans definieert hij als: het evenwicht tussen aanmaak en verbruik van assimilaten. Hij geeft ook 3 manieren waarop dat benaderd kan worden:

- de processen: aanmaak via fotosynthese en verbruik via ademhaling en droge stof productie.
- via de verdeling tussen source (aanmaak via source grootte en source activiteit) en sink (sink grootte en sink activiteit).
- via het evenwicht van de klimaatfactoren: aanmaak van droge stof via licht, CO₂ en RV (open houden van huidmondjes) en verbruik van droge stof via de temperatuur. Daarbij vang je het temperatuur effect op de fotosynthese en de ademhaling onder 1 deelterm.

De sturing – monitoring van de assimilatenbalans kan op 3 niveaus plaatsvinden:

1. Op weekbasis met de verhouding tussen lichtsom (aanmaak) en sink grootte -plantbelasting (verbruik). Naarmate de lichtsom hoger is, kan de sink grootte omhoog. Hiermee kun je de plantbelasting – via de sink grootte -jaarrond plannen.
2. Op etmaalbasis met de verhouding tussen lichtsom (aanmaak) en etmaaltemperatuur (verbruik) = RTR.
3. Op 5 minutenbasis met de verhouding tussen licht, CO₂, RV (aanmaak) en Temperatuur (verbruik).

De kracht van de sturing neemt af van 1 naar 3 terwijl de reactiesnelheid toeneemt van 1 naar 3. Dus de sturing van de plantbelasting is sterk maar is langzaam bij te sturen.

Voor Jan Voogt is het begrip plantbalans primair gekoppeld aan de source / sink verhouding in combinatie met het groeitempo van de plant. Dus feitelijk aan de source / sinksterkte. Het idee hierachter is dat de plant altijd zelf de balans zoekt tussen de beschikbaarheid van assimilaten en de behoefte hieraan. Als er weinig assimilaten beschikbaar zijn zal de plant niet investeren in het aanmaken van extra sinks. Hierin speelt de RTR (Ratio Temperature to Radiation) een belangrijke rol. Voor een stabiele ontwikkeling van de plant moet je de behoefte aan assimilaten (Sink grootte x Sink activiteit, waarbij de gemiddelde etmaal temperatuur wordt genomen als maatstaf voor de sink activiteit) op dagelijkse basis afstemmen op de beschikbaarheid van assimilaten waarvoor dan de gerealiseerde stralingsom (J/cm²) of lichtsom (mol/m²) als maatstaf wordt genomen. Voogt geeft ook aan dat dit een versimpelde benadering is, omdat dit een constante lichtbenutting efficiëntie (LBE of LUE) veronderstelt, en bovendien veronderstelt dat al het licht wordt opgevangen door het gewas. Als dat niet het geval is, of als de lichtinterceptie varieert in de teelt, dan moet hiervoor gecorrigeerd worden. Een hoge RTR (hoge etmaaltemperatuur bij lage assimilaten beschikbaarheid) leidt in het algemeen tot gerekte dunne planten. Terwijl een lage RTR (lage etmaal temperatuur bij hoge assimilaten beschikbaarheid) leidt tot korte, bossige planten. Door een bepaalde constante RTR aan te houden kan de teler daarmee zelf sturen naar de gewenste plant balans. Hij geeft ook aan dat dat niet altijd dezelfde hoeft te zijn, maar bijvoorbeeld af kan hangen van het seizoen. Het mooie is dan dat de plant dan zelf de gewenste balans gaat zoeken en handhaven. En dat is dus heel anders dan wat de meeste telers op dit moment doen, namelijk de etmaal temperatuur aanpassen als ze zien dat het gewas "uit balans" raakt of al geraakt is.

Peter van Weel gaat bij plantbalans uit van de balans tussen de dagelijkse aanmaak en consumptie van assimilaten. Hij vermeldt daarbij dat dit geldt op basis van de veronderstelling dat omzetting van zetmeel in bladmassa of cellulose om extra dikke celwanden te vormen als verspilling geldt. Het belangrijkste hulpmiddel om deze balans te sturen is de RTR (ratio temperature to radiation) dagelijks te sturen op basis van een plan dat voorafgaand aan de teelt is opgesteld. Hij noemt ook nog dat het verschil tussen kasluchttemperatuur en planttemperatuur een aandachtspunt is bij sturing op RTR. Bij de rozenteelt hangt de ontwikkeling en uitloop van ogen samen met de plantbelasting. Doordat bloemknoppen in de zomer behoorlijk warmer worden dan de omringende lucht, gaan ze eerder open en blijven dus kleiner waardoor de plantbelasting nadelig wijzigt in die zin dat er te veel ogen uitlopen. Luchtbeweging kan de bloemtemperatuur terugbrengen naar de luchttemperatuur en daarmee niet alleen grotere knoppen opleveren maar ook een andere plantbalans. Hij geeft daarom aan dat we zouden moeten leren om te gaan sturen op planttemperatuur in plaats van de luchttemperatuur. Hij geeft ook aan dat hij bij tomaat een toename in de beworteling heeft gezien als de plantbelasting (aantal trossen) omlaag werd gebracht.

Anne Elings geeft als aanvulling dat de assimilatenbalans (de vraag naar assimilaten / het aanbod van assimilaten) dimensieloos is en dat deze waarde alleen met een model kan worden berekend, zoals ook aangegeven in Hogewoning, 2020 (zie 3.5.6). Hij geeft ook aan dat sommigen de plantbalans gebruiken om de verhouding generatief/vegetatief aan te geven, maar dat dit eigenlijk niet te kwantificeren is en daarmee meer een impressie is dan een duidelijk getal.

Voor Martin van der Mei is plantbalans een subjectief begrip. Wanneer teeltadviseurs zoals Martin het over plantbalans hebben, geven zij een oordeel over de totale groei (een visuele beoordeling van de LAI), compact/ gerekt gewas, gewaskleur, aantal bloemen die boven het gewas uit steken, aantal bloemen in het gewas, kwaliteit van de bloemsteel, bloemdiameter en wortel vitaliteit (te beoordelen door een plant met substraat uit de pot te halen).

Fokke Buwalda geeft 2 definities van plantbalans:

4. De verhouding tussen groei en ontwikkeling. Dit is een nuttige manier van kijken als je naar de hele ontwikkeling van een plant kijkt van poten tot oogst.
5. De verhouding tussen de assimilatenvraag (de potentiële groei) en het aanbod (uit netto assimilatie). Deze manier van kijken heeft vooral voor de korte termijn (weekbasis) nut. Deze balans bepaalt ook de fenologische effecten zoals het uitlopen van zij scheuten en abortie, en kan bij sommige gewassen de reactietijd beïnvloeden (bv. bij chrysanthe).

3.2.2 Plantbelasting

Bij de start van dit project zijn de deskundigen ook gevraagd naar een definitie van het begrip plantbelasting voor sierteeltgewassen. Na analyse en discussie van onderstaande reacties en bestudering van informatie over de plantfysiologische duiding en processen (3.5) is toegewerkt naar een eenduidige definitie van het begrip plantbelasting voor sierteeltgewassen in 3.6.1. Hieronder een overzicht van de reacties.

Jan Voogt geeft aan dat de plantbelasting in de benadering van HNT/Plant Empowerment wordt gekoppeld aan de sink grootte per m² kas. Bij vruchtgroenten is dit het aantal vruchten/m². Uiteraard gaat het niet alleen om vruchten, want ook de andere plantdelen hebben assimilaten nodig. Dus feitelijk zou hiervoor ook een basis post opgenomen moeten worden. Voor het gemak wordt dat overigens meestal niet gedaan. Eigenlijk zou er ook rekening gehouden moeten worden met het groeistadium van de plant en van de vruchten, omdat de behoefte aan assimilaten hiermee samenhangt. Alweer voor vruchtgroenten is dan de aanname dat er in de productiefase altijd vruchten in verschillende groeistadia aan de plant hangen, en dat de gemiddelde assimilaten behoefte daardoor redelijk constant is. Hoe je dit begrip invult bij sierteelt hangt uiteraard af van het type teelt en de teeltmethode. Bij een rozen gewas of gerbera's e.d. kan het aantal stelen/m² wellicht een redelijke maatstaf zijn. Ook hier geldt dan meestal dat er takken in verschillende groeistadia zijn, dus dat de gemiddelde assimilaten behoefte dan redelijk constant is. Bij andere gewassen zoals chrysanthe, freesia, e.d. maar ook veel potplanten zou je kunnen kijken naar het aantal planten/m², maar dan moet waarschijnlijk wel expliciet rekening gehouden worden met het groeistadium om dit te kunnen gebruiken als maatstaf voor de sink grootte. Als er bijvoorbeeld knoppen en bloemen verschijnen zal dat een verandering geven in de sink grootte.

Voor Anne Elings is plantbelasting: het aantal oogstbare organen per m². Dit is bij vruchtgroenten het aantal vruchten dat aan de plant hangt, alle leeftijden bij elkaar. Bij siergewassen met bloemen het aantal bloemen. In zijn optiek alleen de generatieve delen van het gewas. Bij groene siergewassen gaat deze aanpak niet op. De dimensie per m² is erg belangrijk omdat daarmee eenheid wordt gecreëerd. De draagkracht van een gewas moet per m² worden bekeken, en de plantdichtheid is hierbij een factor.

Sander Hogewoning geeft aan dat plantbelasting bij sierteeltgewassen vooral relevant is bij bloeiende siergewassen, aangezien bij groene planten de organen waar de interesse naar uitgaat zelf 'source' (bladeren) zijn. Hij omschrijft plantbelasting bij bloeiende siergewassen als aantal te oogsten bloemen of bloemtakken per m².

Ep Heuvelink geeft een bredere definitie die als rode draad gezien kan worden: Plantbelasting is een maat voor de hoeveelheid sink organen aan de plant én het ontwikkelingsstadium van die organen. Bij tomaat is dat het aantal vruchten (waarbij het ontwikkelingsstadium van die vruchten ook van belang is: 5 vruchten van 1 week na zetting is een veel lagere plantbelasting dan 5 vruchten die halverwege hun ontwikkeling zijn, die trekken veel harder aan de assimilatenstroom). Hij geeft ook aan dat bij siergewassen met blad aan de bloemscheuten, deze ook een source van assimilaten kunnen zijn. Een siergewas heeft dan een zware plantbelasting als er veel uitgroeiende scheuten op zitten die nog niet netto exporteur van assimilaten zijn, omdat het blad aan de scheut pas later in de ontwikkeling van sink naar source verandert.

Frank van der Helm formuleert plantbelasting bij sierteeltgewassen als de belasting van het totaal aantal generatieve sinks (totale sinksterkte van de generatieve delen) ten opzichte van de totale productiecapaciteit van de groene delen (sources).

Voor Peter Geelen staat plantbelasting voor de sinkgrootte van het plantendeel dat zorgt voor de meeste vraag naar assimilaten. Bij vruchtgroenten zijn dat de vruchten/m², bij snijbloemen het aantal bloemen/m² (of stengels/m²). Bij bloeiende potplanten zijn dat het aantal bloemen/m² (als die bloemen voor een hoge vraag naar assimilaten zorgen) en bij groene potplanten die vertakken het aantal stengels (groeipunten) per m². Bij niet vertakkende groene planten kun je dan uitgaan van het aantal planten/m².

Fokke Buwalda geeft 2 definities van plantbelasting. De eerste is een praktische definitie van de telers. Vruchtgroententelers hebben het dan meestal over het aantal uitgroeïende vruchten per m². Gerberatelers kijken dan naar het aantal uitgroeïende knoppen en bloemen per m². Voordeel is vooral dat dit eenvoudig valt waar te nemen. Nadeel is dat het eigenlijk een te grote versimpeling is, omdat de assimilatenvraag van de uitgroeïende vruchten of bloemen niet alleen van het aantal afhangt, maar ook van de temperatuur en van het ontwikkelingsstadium. Dat laatste middelt weer uit als je alle stadia aanwezig hebt zoals bij tomaat, maar dat temperatuureffect is verraderlijk. Bij het zelfde aantal vruchten of bloemen per m² kan een graad temperatuurverhoging zomaar 5-10% extra vraag naar assimilaten opleveren. De tweede definitie van plantbelasting betreft de potentiële groei van de vruchten of bloemen, die bepalend is voor de assimilatenvraag. Sommige vruchtgroente telers hanteren deze maat ook wel, dan noemen ze het 'energiebelasting'. Maar hier zit dan vaak wel het stadium-effect in maar niet het temperatuur-effect. De plantbelasting is een van de factoren die de plantbalans bepaalt. De vraag is in hoeverre de plant in staat is om aan deze assimilatenvraag te voldoen. De integraal daarvan over de uitgroeïduur van de bloem of vrucht bepaalt de eindkwaliteit. Dit verklaart bv het effect van temperatuur maar ook van vruchtdunning op de grofheid bij vruchtgroenten.

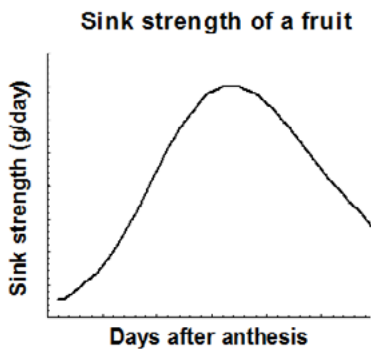
Volgens Martin van der Mei wordt plantbelasting bij Gerbera in de praktijk gemonitord als het totaal aantal bloemen en knoppen per m² langer dan 2 cm.

Volgens Marco de Groot wordt plantbelasting bij Alstroemeria gemonitord als het totaal aan bovengronds zichtbare scheuten en bloemtakken. Marco geeft ook aan dat bij Alstroemeria het takgewicht een belangrijke kwaliteitskenmerk is voor de telers omdat dat is waar zij hun verdienmodel op baseren. Net als in chrysaant gaat het naast het aantal stelen per m² ook om het takgewicht.

3.3 Definitie plantbelasting in vruchtgroenten en plantfysiologische duiding

3.3.1 Plantbelasting = Totale vraag naar assimilaten per m² kas

Bij de vruchtgroente wordt de plantbelasting vaak uitgedrukt in het aantal vruchten per m² kas, maar het gaat eigenlijk om de totale vraag naar assimilaten per m² kas (Heuvelink en Marcelis, 2005). De vraag naar assimilaten wordt ook wel aangeduid als sinksterkte. De potentiële sinksterkte kan worden vastgesteld door heel weinig vruchten aan de plant te laten, zodat de vrucht krijgt wat hij vraagt. Op deze manier is vastgesteld dat de sinksterkte bij een net gezette vrucht laag is, vervolgens toeneemt en in de afrijpingsfase weer afneemt (Figuur 3). Overigens worden vruchten als komkommer, aubergine en courgette al in een eerder stadium geoogst voordat de vruchten afrijpen en is de assimilatenvraag op het moment van de oogst nog vrij hoog. Tomaten rijpen wel meer af voordat ze geoogst worden en daar neemt de sinksterkte wel meer af in de periode voor de oogst.



Figuur 3 Verloop van sinksterkte van een vrucht (Bron: J. Janse, 2013). In het begin van de ontwikkeling (na de bevruchting) is de sinksterkte laag, neemt vervolgens snel toe en daarna weer af als de vrucht afrijpt.

3.3.2 Assimilatenvraag varieert met ontwikkelingsstadium

Omdat de behoefte aan assimilaten varieert met de leeftijd/ontwikkelingsstadium van de vrucht, zou er dus eigenlijk rekening gehouden moeten worden met de leeftijd en/of het ontwikkelingsstadium van de vruchten. Voor de vruchtgroenten is de aanname dat er in de productiefase altijd vruchten in verschillende ontwikkelingsstadia en in dezelfde verhouding aan de plant hangen. De gemiddelde assimilaten behoefte van de vruchten is daardoor, met name bij hogedraadteelten, redelijk constant (J. Voogt, pers. med. 2020). Daarom wordt in de definitie van plantbelasting bij vruchtgroenten meestal geen rekening gehouden met het ontwikkelingsstadium van de vruchten. Bij sierteeltgewassen waarbij er ook altijd verschillende ontwikkelingsstadia van oogstbare organen in een vaste verhouding op de plant staan (bv. gerbera of roos) wordt eveneens geen rekening gehouden met het ontwikkelingsstadium. Bij gewassen waarbij de organen (bloemen, bloemtakken of gehele planten) allemaal in hetzelfde ontwikkelingsstadium verkeren, kan het echter wel van belang zijn om in de definitie van plantbelasting rekening te houden met de leeftijd (of beter nog het ontwikkelingsstadium) van de organen, aangezien de sinksterkte per ontwikkelingsfase kan variëren. Omdat de uitgroeiduur sterk bepaald wordt door de temperatuur, is het van belang dat het niet de leeftijd in dagen is, die de assimilatenvraag bepaalt, maar de leeftijd in relatie tot de totale uitgroeiduur (Heuvelink en Marcelis, 2005). Een oogstbare vrucht geteeld bij hoge temperatuur heeft een geringe assimilatenvraag omdat deze al bijna rijp is, terwijl een zelfde vrucht na een zelfde aantal dagen bij een lage temperatuur nog lang niet oogstbaar is en nog een hoge assimilatenvraag heeft.

3.3.3 Sinksterkte van overige plantendelen

Aangezien het om de totale vraag naar assimilaten per m² kas gaat, moet ook rekening gehouden worden met de assimilatenvraag van de vegetatieve² delen van de plant. Dit zijn de niet oogstbare delen van het gewas. Bij de vruchtgroenten wordt voor het gemak de vraag van vegetatieve delen meestal weggelaten. Normaal gesproken is de assimilatenvraag van de vegetatieve delen veel lager dan de assimilatenvraag van de gezamenlijke vruchten (Heuvelink en Marcelis, 2005). Voor de vegetatieve delen wordt vaak uitgegaan van een constante assimilatenvraag, die toeneemt met de temperatuur. De assimilatenvraag van niet oogstbare plantendelen verschilt per gewas. Bij tomaat wordt ervan uitgegaan dat circa 33% van de assimilaten wordt geïnvesteerd in (vegetatieve) niet oogstbare delen van de plant. Op basis van metingen en ervaringen bij de Perfecte roos projecten wordt bij roos uitgegaan van circa 10-15% wat ingebogen wordt in het bladpakket. Gezien de grote verschillen in gewasopbouw in de diverse sierteeltgewassen zal het aandeel van de assimilatenvraag van de niet oogstbare plantendelen in de totale assimilatenvraag per gewas sterk kunnen verschillen.

² In de groenteteelt maakt men onderscheid in vegetatieve groei (= bladeren en stengels) en generatieve groei (= aanleg van bloemen en vruchtvorming en uitgroei). Men streeft voortdurend naar een balans tussen vegetatieve en generatieve groei. Vegetatieve groei zorgt voor de opbouw van bladeren en stengels, nodig voor voldoende lichtonderschepping en aanmaak van assimilaten, maar tegelijkertijd moet voorkomen worden dat niet onnodig veel assimilaten in (jong) blad en stengels geïnvesteerd worden, wat ten koste gaat van de assimilatenverdeling naar de aanleg van bloemen en (uit)groei van vruchten. Omdat in de sierteelt afhankelijk van het gewas ook blad mee geoogst wordt, kan voor de sierteelt beter gesproken worden over verdeling van assimilaten over oogstbare en niet oogstbare plantendelen.

Bij snijchrysan zijn er bv. nauwelijks niet-oogstbare plantendelen (alleen het onderste stukje stengel), terwijl er bv. bij een gewas als *Cymbidium* veel meer niet oogstbare plantendelen zijn (bulben, scheuten en bladeren) en worden alleen de bloemtakken geoogst. Daarom is het van belang om in de definitie van plantbelasting voor sierteeltgewassen wel rekening te houden met assimilatenvraag van andere plantendelen. Dit kan ook inzicht geven in sturingsmogelijkheden om onnodige investering van assimilaten in niet oogstbare plantendelen te verkleinen. Zo worden chrysanten vaak op een vaste lengte terug geknipt na de oogst. De droge stof in het afgeknipte onderdeel wordt dus niet verkocht. Daarom wordt de groei van snijchrysanten zodanig gestuurd dat het afgeknipte stuk zo klein mogelijk is.

Voor gewassen met opslagorganen zoals bol- en knolgewassen of orchideeën met bv. (pseudo)bulben zoals bv. *Cymbidium* is de rol van overige plantendelen nog belangrijker en complexer. Het is dan ook van belang om te weten of en wanneer er een sinkvraag is vanuit de opslagorganen. Als er tijdens de uitgroei van oogstbare organen ook een sinkvraag is vanuit de opslagorganen kan dit ten koste gaan van de assimilatenverdeling naar de oogstbare organen. Anderzijds kunnen opgeslagen reserves uit de opslagorganen echter ook als source dienen voor de groei van de oogstbare organen. Het in bloei trekken van tulpen kan bv. nagenoeg volledig uit de opgeslagen reserves in de bol, waardoor assimilatenaanmaak in het blad in de trekfase (nagenoeg) niet meer nodig is. Bij gewassen die zowel voor bloemen als voor de bol of de knol geteeld worden (bv. *amaryllis* en *Freesia*) wordt de sturing nog complexer. Een goede kennis van de groei en sturingsmogelijkheden van het gewas in de verschillende teeltfasen is dan nog belangrijker.

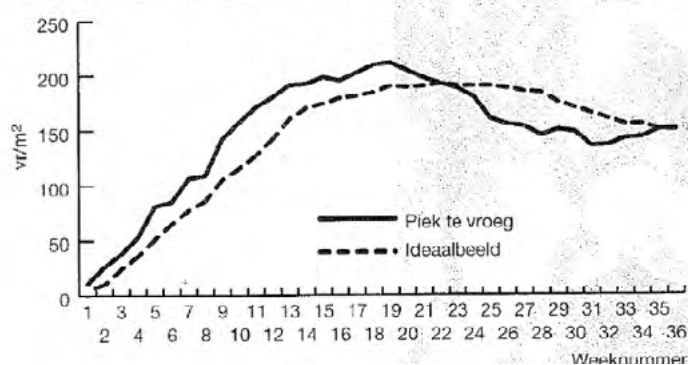
3.4 Meten en sturen van plantbelasting en plantbalans bij vruchtgroenten

Bij de vruchtgroenten wordt meestal gestreefd naar een uniforme vruchtgrootte. Daarom zijn schommelingen in plantbelasting ongewenst. Bij een gelijk assimilatenaanbod geeft een hoge plantbelasting namelijk kleine vruchten (met meestal een lager drogestofgehalte) en een lage plantbelasting grote vruchten (Heuvelink en Marcelis, 2005). Daarom wordt het aantal vruchten dat uit mag groeien beperkt door het weghalen van jonge vruchten of vruchtbeginsels (komkommer, paprika) en/of beperking van het aantal vruchten per tros (tomaat). Bij paprika is het niet eenvoudig om een gelijkmatige vruchtzetting na te streven, maar het beperken van het aantal vruchten per stengel of per m² kan wel helpen. Daarnaast kan het helpen om met temperatuur bij te sturen. Een verlaging van de temperatuur, verlaagt de assimilatenvraag en zou daardoor nieuwe vruchtzetting kunnen bevorderen. Deze werkwijze wordt toegepast bij het eerste zetsel in de vroege paprikateelt. Bij sierteeltgewassen zijn schommelingen in plantbelasting ongewenst om een uniforme kwaliteit van de oogstbare plantendelen in de tijd te realiseren (bloemen, bloemstelen of hele planten) en bv. bloemknopabortie te voorkomen.

Sturing van plantbelasting bij vruchtgroente kan verdeeld worden in verschillende stappen. De sturing loopt van acties gericht op langere termijn naar acties voor steeds kortere termijn:

1. Om de beschikbare hoeveelheid natuurlijk licht door het jaar heen maximaal te benutten, wordt de plantbelasting bij de vruchtgroenten door het jaar heen afgestemd op de beschikbare hoeveelheid assimilaten die met de beschikbare hoeveelheid licht en temperatuur aangemaakt kan worden. Zo wordt er in het voorjaar bij tomaat op een gegeven moment een extra stengel aangehouden om het aantal trossen en vruchten per m² te verhogen vooruitlopend op toenemende natuurlijke lichtsom in voorjaar en zomer (Figuur 4). Bij sierteeltgewassen als chrysan wordt dit gerealiseerd door een hogere plantdichtheid bij teelten in lichtrijke periodes en lagere plantdichtheid in de winter. Bij roos wordt het aantal bloemstelen per m² bijgestuurd door een andere knipstrategie per jaargetijde. Dit zijn acties die vooraf gepland en doorgevoerd worden op basis van een lange termijn verwachting van de lichtsom en daarbij verwachte assimilatenproductie en kunnen niet op korte termijn bijgestuurd worden. Vraag is of bij de diverse sierteeltgewassen hier nog kansen liggen om met gewassturing de plantbelasting (=assimilatenvraag) nog beter af te stemmen op de potentiële assimilatenaanmaak op basis van de beschikbare hoeveelheid licht door het jaar heen. Bijvoorbeeld door het aantal planten per m² bij potplanten bij te sturen naar de verwachte lichtsom, door in periodes met een lage lichtsom sneller wijder te zetten en een lagere plantdichtheid aan te houden dan in periodes met een hoge lichtsom.

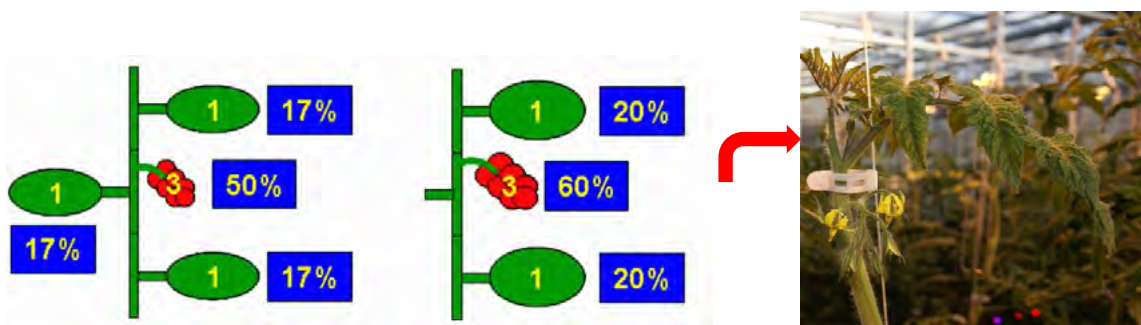
FIGUUR 1: Plantbelasting ronde tomaat praktijkvoorbeeld
Een hoge plantbelasting vroeg in het jaar leidt tot problemen in de tweede helft van het seizoen.



Figuur 4 Praktijkvoorbeeld van het verloop van de plantbelasting (aantal vruchten/m²) bij tomaat, waarbij de plantbelasting in het voorjaar te snel omhoog is gegaan, waardoor later in het jaar problemen zijn ontstaan (doorgetrokken lijn). De stippellijn geeft een opbouw van de plantbelasting die in dit geval beter zou zijn geweest (Bron: Lips, A. en Dechering A., 1995).

2. Een volgende stap is het bijsturen van het aantal vruchten/m² met behulp van trossnoei. Dit is minder lange termijn dan een extra stengel en werkt door zolang deze tros aan de plant hangt.
3. Om de plantbelasting op kortere termijn (weekbasis) af te stemmen op het aanbod aan assimilaten en algehele plantbalans bij te sturen worden bij tomaat en komkommers aan de hogedraad wekelijks gewasmetingen uitgevoerd en op basis van deze gewasmetingen de plantbelasting en/of teeltomstandigheden naar behoefte bijgestuurd om de plantbalans in evenwicht te houden. Daarbij wordt niet alleen gekeken naar de assimilatenbalans maar ook naar de verdeling over vegetatieve (=niet oogstbare) plantendelen en oogstbare (=vruchten) plantendelen om potentiële productiemogelijkheden van het gewas optimaal te benutten. Dit roept de vraag op of dergelijke metingen bij sierteeltgewassen ook bij kunnen dragen aan een betere sturing van de plantbalans. Daarom hieronder een overzicht van de metingen en bijstuuracties die bij tomaat uitgevoerd worden:
 - Toename in koplengte sinds vorige meting.
 - Geringe toename kan wijzen op tekort aan water of assimilaten of te lage koptemperatuur.
 - Bladlengte vanaf hoofdstengel tot top van het blad.
 - Te lange bladeren kan erop wijzen dat de plant relatief veel assimilaten in niet oogstbare delen investeert. Mogelijke acties om bij te sturen:
 - Verhoging van temperatuur/verlaging RV.
 - Vergroting verschil tussen dag- en nachttemperatuur (DIF).
 - Blad plukken (in top of halverwege de plant):
 - Verwijderen van een jong blad in de top van de plant zorgt voor meer assimilaten voor vruchten (Figuur 5), omdat een jong blad meer assimilaten verbruikt dan aanmaakt (sink). Daarnaast komt er meer licht dieper in het gewas wat zorgt voor sterkere trossen en meer kans op grovere tomaten.
 - Verwijderen van blad halverwege de plant: plant heeft al assimilaten geïnvesteerd in dit blad. Geeft meer licht in het gewas en op de vruchten en betere luchtcirculatie. Blad plukken onderin de plant reduceert de LAI (met blad plukken wordt gestuurd naar optimale LAI van ca. 3 à 4 afhankelijk van de beschikbare hoeveelheid licht). Minder blad betekent minder onderhoudsademhaling.
 - Minder trossnoei om sinkgrootte te verhogen (dit duurt enige tijd).
 - Hogere EC in watergift.
 - Minder vaak met grotere beurten water geven.
 - Later starten en eerder stoppen met water geven.

- Stengeldikte. Dit wordt gemeten ter hoogte van het groeipunt in voorgaande week. Dit punt wordt gemarkeerd door een streepje op het touw ter hoogte van het groeipunt elke week.
 - Te dikke stengel wijst op overschot aan assimilaten gecombineerd met lage temperatuur. Mogelijke acties om bij te sturen:
 - Verhogen etmaaltemperatuur om ontwikkelingssnelheid te versnellen.
 - Meer vruchten per tros aanhouden.
 - Verwijderen (jong) blad.
 - Aanpassen EC/watgift.
 - Paars (anthocyaan) in de kop.
 - Dit wijst eveneens op een overschot aan assimilaten.
 - Acties zie boven bij stengeldikte.
 - Tellen aantal trossen en bloemen door het noteren van tros- en bloemnummer van meest recente bloemtros en volgen gedurende de tijd. Geeft een indicatie van ontwikkelingssnelheid, wordt vooral door temperatuur en in mindere mate door lichthoeveelheid bepaald.
 - Aantal gezette nieuwe vruchten, door noteren van laatst gezette vrucht op de tros.
 - Plantbelasting = aantal vruchten per m².
 - = aantal vruchten van vorige week + nieuwe vruchten – aantal geplukte vruchten.
 - Te hoog: hoge assimilatenvraag.
 - Te laag: overschot assimilaten, wordt grotendeels geïnvesteerd in niet oogstbare plantendelen => suboptimale productie (Figuur 9).
4. Om op dagelijkse basis de vraag naar assimilaten af te stemmen op de aanmaak van assimilaten wordt gestreefd naar een hogere temperatuur naarmate er meer licht is. Een hogere temperatuur verhoogt de ontwikkelingssnelheid en daarmee de sinksterkte van alle aanwezige plantendelen. Bovendien zullen er bij een hogere temperatuur relatief meer assimilaten naar de generatieve delen gaan. De afstemming van vraag en aanmaak van assimilaten wordt gedaan met behulp van de verhouding tussen etmaaltemperatuur en lichtsom per dag. Zo wordt bij tomaat een streefwaarde voor de temperatuur aangehouden afhankelijk van de lichtsom per dag én het aantal aanwezige vruchten per m² (J. Janse, pers. med. 2021). Dit wordt gerealiseerd door een lichtverhoging op de ventilatietemperatuur overdag of de dag te verlengen met een hogere temperatuur. Door de lichtverhoging op de ventilatietemperatuur kunnen CO₂ en RV bij hoog licht ook makkelijker wat hoger gehouden worden wat ten goede komt aan optimalisatie van de fotosynthese en een maximale lichtbenutting, terwijl de temperatuur (sinksterkte) afgestemd wordt op de hoeveelheid licht (aanmaak assimilaten). Dit is ook gunstig vanuit energetisch oogpunt omdat de hogere temperatuur gerealiseerd wordt via de ventilatietemperatuur met warmte van natuurlijk licht (met licht mee telen). Als het gewenst is om alleen de temperatuur van de afrijpende vruchten te verhogen kan met een groeibuis in plaats van met de buisrail warmte lokaal worden gegeven. In de klimaatcomputer kan ook een regeling worden gebruikt die door sturing van de nachttemperatuur de etmaaltemperatuur stuurt naar een gewenste waarde afhankelijk van de gerealiseerde lichtsom. Aandachtspunt daarbij is wel de lengte van de nachtperiode. In de winter met korte dagen aan natuurlijk licht is de nacht lang, maar in de zomer met lange natuurlijke dagen is de nacht kort. Bij lange nachten is er meer ruimte in de regeling om een gewenste temperatuur na te streven.



Figuur 5 Effect van plukken van jong blad in de kop van tomaat (Bron: Janse, 2013). In percentages is de behoefte aan assimilaten uitgedrukt per orgaan. Door het verwijderen van een jong blad (wat meer assimilaten verbruikt dan aanmaakt), komen procentueel meer assimilaten beschikbaar voor de vruchten en overgebleven bladeren.

De sturing van plantbelasting genoemd onder punt 2 en 3 laat zien dat bij tomaten de gewasontwikkeling en plantbelasting elke week wordt gemonitord en met gewashandelingen wordt bijgestuurd om een uniforme vruchtgrootte te realiseren. Dit zijn dus interveniërende acties. De meest ideale situatie is om een gewas zonder gewashandelingen in evenwicht te houden en alleen via punt 1 en 4 het gewenste evenwicht te realiseren.

Marcel Raaphorst (2011) geeft aan dat de sturing op plantbelasting niet alleen een sturing van het aantal vruchten per m² is, maar het nastreven naar een breder evenwicht waarbij gekeken wordt naar de stand van het gewas, zoals kopdikte, bladlengte en plantlengte. Bij tomaat is de bijsturing van de plantbelasting o.a. via aantal stengels, trossnoei en groeibuiswarmte naar de afrijpende vruchten. Hij maakt in zijn rapport (*Teeltbegeleiding geconditioneerde tomaat, 2011*) onderscheid tussen twee soorten gewasbalansen en schrijft daarover: 'Het voornaamste teeltdoel is het in balans houden van het gewas. Over deze balans bestaan meerdere definities. De eerste is de balans tussen generatieve en vegetatieve groei. De tweede definitie is de balans tussen een zwakke of een sterke gewasstand.' In het rapport van Raaphorst wordt de eerste definitie plantbalans genoemd en de tweede definitie assimilatenbalans (Tabel 1). Als belangrijkste vuistregel voor het in stand houden van de plantbalans is dat je het gewas moet 'pesten' voor een generatieve groei en het 'in de watten' moet leggen voor vegetatieve groei (Tabel 2).

Tabel 1

Symptomen betreffende de assimilatenbalans en de plantbalans (Bron: Raaphorst, 2011).

		Plantbalans	
		generatief	vegetatief
Assimilatenbalans	zwak	Korte trossen Laag maximaal vruchtgewicht Laag maximaal bladgewicht	
	sterk	Hoge plantbelasting pH daalt (K-opname) Dunne kop Donkergrijs blad	Kort blad (<35 cm) Lage bloei (>15 cm) Dunne malse kop Steektrosje
		Dikke krulkop (>11 mm) Platte kop Stekerige lange tros Bladeren in de kop kort geschakeld Welige "vet"-groene kop Grote bloemen Groevlekken Lichte plantkleur Lang zwaar blad pH stijgt (N-opname)	

Tabel 2

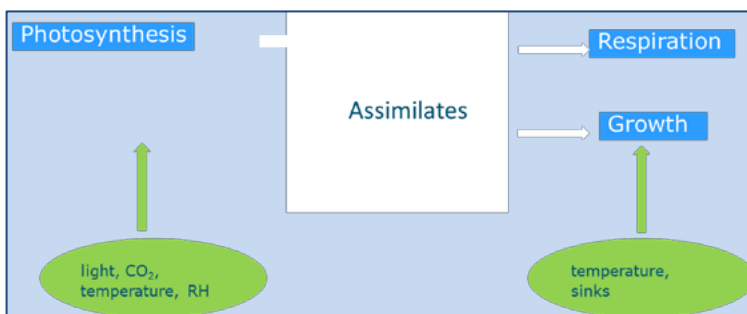
Maatregelen bij onbalans (Bron: Raaphorst, 2011).

		Plantbalans	
		generatief	vegetatief
Assimilatenbalans	zwak	voorkomen stress Vlak laag etmaaltemp. Clippen ipv indraaien Koude kop	Verhoging CO ₂ Lage voornacht
	sterk	Verlaging CO ₂ Hoge etmaaltemperatuur Hoge worteltemperatuur (cytokinine)	Hoge etmaaltemperatuur Hoge temperatuur einde middag Hoge koptemperatuur Hoge EC (m.n. K) Beperkte watergift Weinig en grote druppelbeurten CO ₂ > 1500 ppm Blaadje wegnemen Bladplukken Stimuleren verdamping

3.5 Duiding van processen

3.5.1 Onderhoudsademhaling gaat voor groei

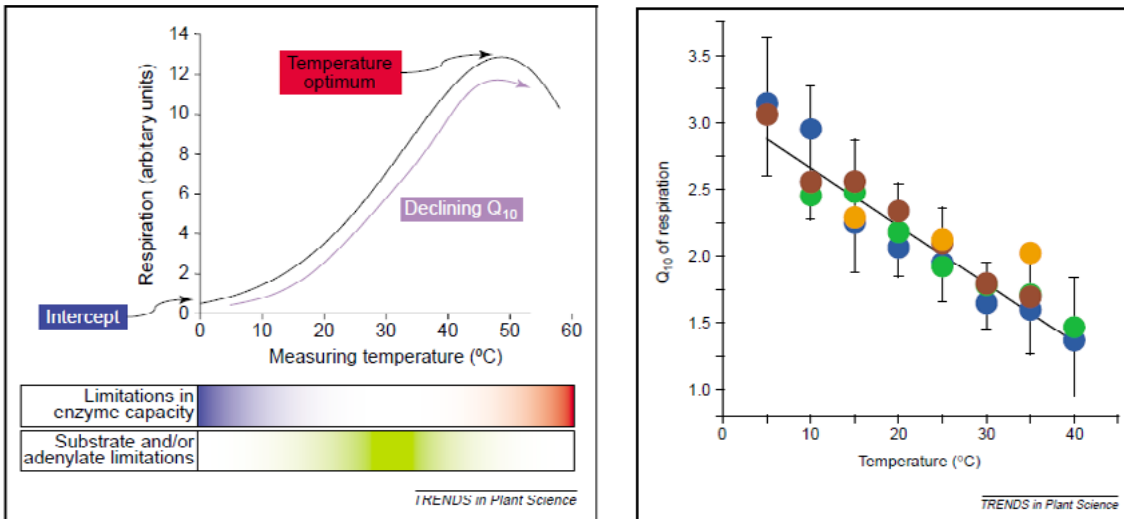
Voor de plantfysiologische duiding of het begrijpen van de assimilaten balans is het goed om te beseffen dat een deel van de beschikbare assimilaten nodig zijn voor de onderhoudsademhaling. Dit is voor de processen in de plant die continu op gang gehouden moeten worden en energie kosten en ook voor vervanging van bv. enzymen die niet eindeloos meegaan (Heuvelink en Kierkels, 2007). De assimilatenvraag voor de onderhoudsademhaling (ook wel respiratie genoemd) gaat altijd vóór de groei. Voor de groei van de plant is het dus van belang hoeveel assimilaten er netto overblijven nadat alle plantorganen voorzien zijn van benodigde assimilaten voor de onderhoudsademhaling (Figuur 6). Indien er minder assimilaten nodig zijn voor onderhoudsademhaling blijft er meer over voor groei.



Figuur 6 Schematische weergave van de balans tussen aanmaak van assimilaten (source) en verbruik van assimilaten (sink) (Bron: Janse, 2013).

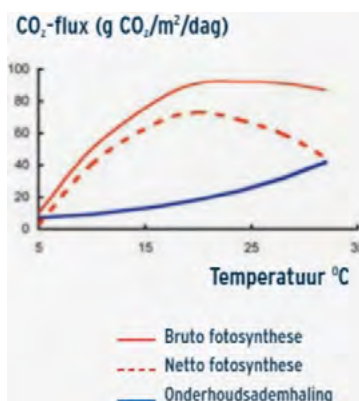
3.5.2 Onderhoudsademhaling verdubbeld bij elke 10°C temperatuurverhoging

In de donkerperiode geldt dat de respiratie lager is naarmate de nachttemperatuur lager is. Er blijven dan meer assimilaten over voor de groei van de plant. Overdag kan een hogere temperatuur bij veel licht en veel CO₂ echter zorgen voor een hogere aanmaak van assimilaten waardoor er ondanks de hogere ademhaling, netto wel meer assimilaten overblijven (Zie metingen bij Gerbera in Tabel 4 in 4.1). Een algemene stelregel is dat de ademhaling verdubbelt bij elke 10 graden temperatuurverhoging. In wetenschappelijke literatuur wordt het effect van temperatuur op ademhaling uitgedrukt in de Q₁₀ (Figuur 7 - rechts). De Q₁₀ is de ratio van de ademhaling bij een bepaalde temperatuur gedeeld door de ademhaling bij een 10 graden lagere temperatuur. Een grotere Q₁₀ betekent dus een grotere proportionele verandering in ademhaling bij een 10 graden temperatuurverschil. Bij een groot scala aan gewassen uit verschillende oorsprongsgebieden is de Q₁₀ bij een lagere temperatuur iets groter dan 2 en neemt geleidelijk af tot iets onder de 2 naarmate temperatuur lager is (Figuur 7 - rechts). Bij gewassen uit koudere herkomstgebieden is de Q₁₀ bij lagere temperaturen groter dan bij tropische gewassen. Figuur 7 - links geeft het verloop van de ademhaling uitgezet tegen de temperatuur. Na een langzame stijging bij lage temperatuur, neemt de onderhoudsademhaling steeds sterker toe, tot het in een lineair stuk komt. Bij hele hoge temperaturen vlakt de stijging af en gaat dalen als de temperatuur zo hoog worden dat enzymcapaciteit de beperkende factor wordt.



Figuur 7 Toename van ademhaling in relatie tot temperatuur (links) en (rechts) Q_{10} van bladademhaling in relatie tot temperatuur (Bron: Atkin et al. 2003. pag. 345). De Q_{10} is de ratio van de ademhaling bij een bepaalde temperatuur gedeeld door de ademhaling bij een 10 graden lagere temperatuur. Een grotere Q_{10} betekent dus een grotere proportionele verandering in ademhaling bij een 10 graden temperatuurverschil. Bij een groot scala aan gewassen uit verschillende oorsprongsgebieden is er een zelfde lineair verband tussen de Q_{10} en de temperatuur (Figuur 7 – rechts). Alleen bij tropische gewassen (oranje bolletjes) is de toename bij lage temperaturen wat minder groter dan bij gewassen uit gematigde (bruin), noordelijkere (groen) en arctische (blauw) klimaatzones.

Figuur 8 geeft een voorbeeld hoe bij toenemende temperatuur de onderhoudsademhaling en bruto fotosynthese toenemen en wat er dan netto overblijft voor de groei. Als de bruto fotosynthese niet veel meer toeneemt, maar de onderhoudsademhaling nog wel, blijven er minder assimilaten over voor groei (netto fotosynthese). Dit is afhankelijk van lichtniveau en CO_2 (Heuvelink en Kierkels, 2007). In het algemeen wordt het optimum voor de bruto fotosynthese hoger naarmate het lichtniveau en CO_2 gehalte hoger is.



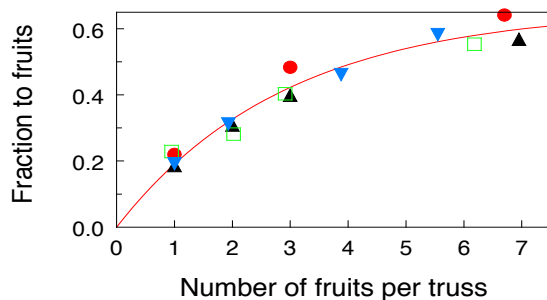
Figuur 8 Bij toenemende temperatuur nemen de onderhoudsademhaling en bruto fotosynthese toe. Als de bruto fotosynthese niet veel meer toeneemt, maar de onderhoudsademhaling nog wel, blijven er minder assimilaten over voor groei (netto fotosynthese). Dit is afhankelijk van lichtniveau en CO_2 en verschilt per gewas, cultivar en gewasstadium (Bron: Heuvelink en Kierkels, 2007).

3.5.3 Negatieve feedback bij lage plantbelasting

Onderzoek naar potentiële sinksterkte bij vruchtgroente heeft laten zien dat er bij een hele lage plantbelasting een negatieve feedback plaats kan vinden op de fotosynthese (Li et al. 2015 en referenties daarin)³. Als de vraag aan assimilaten lager is dan de productie van assimilaten, wordt de productie van assimilaten naar beneden bijgesteld. Dit geeft een lagere productie dan potentieel haalbaar is. Een negatief feedbackmechanisme is ook bij roos gezien van temperatuur, licht, CO₂, EC en luchtvochtigheid in fasegestuurde rozenteelt (Eveleens et al. 2004). In eerder onderzoek (García Victoria et al. 2002), werd bij enkele rozenplanten de plantbelasting beperkt door slechts één scheut te laten ontwikkelen; deze bleek slechts 1/3 van het gewicht te bereiken van alle takken samen uit de planten met onbeperkte scheuten ontwikkeling.

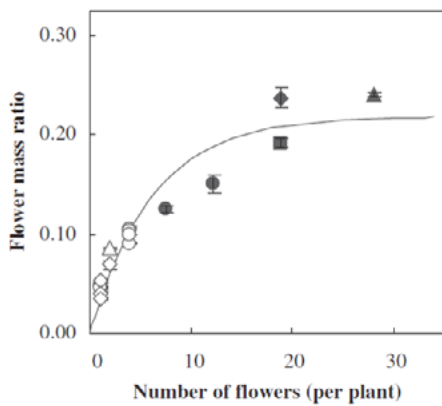
3.5.4 Assimilatenverdeling afhankelijk van plantbelasting

De plantbelasting heeft invloed op de verdeling van assimilaten over de verschillende onderdelen van de plant. Bij een laag aantal vruchten per tros, gaat een groter aandeel van de assimilaten naar vegetatieve (niet oogstbare) plantendelen en minder naar de vruchten (Figuur 9). Bij een hoog aantal vruchten per tros gaat er juist een groter aandeel van de assimilaten naar de vruchten. Dit is ook bij chryasant vastgesteld (Figuur 10). Bij chryasant wordt echter niet alleen de bloemen, maar de hele bloemstengel geoogst en gaat het om de minimaal gewenste takkwaliteit (o.a. gewicht en stevigheid). Verwijderen van bloemen en zijscheuten bij chryasant heeft laten zien dat de zijscheuten ook sinks zijn (Carvalho et al. 2006). De aanwezigheid van zijscheuten (zonder bloemen) had een negatief effect op het bloemgewicht en bloemgrootte van de resterende bloemen ten opzichte van planten waarbij de zijscheuten zonder bloemen verwijderd waren. Dit wordt benut om de bloem van pluischrysanthen groter te laten worden. Bij troschrysanthen zijn de zijscheuten noodzakelijk voor de gewenste plantopbouw.



Figuur 9 Effect van aantal vruchten per tros op de assimilatenverdeling naar de vruchten bij tomaat (Bron: Janse, 2013). Meer vruchten zorgt ervoor dat een groter aandeel van de totale assimilatenaanmaak naar de vruchten gaat.

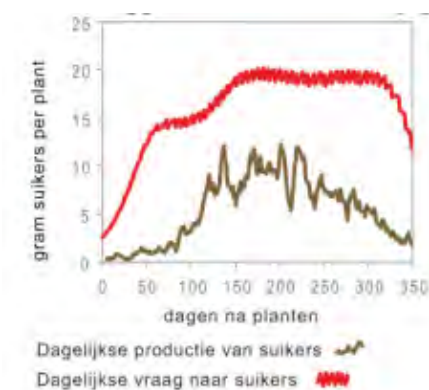
³ Limited sink demand could result in feedback regulation of photosynthesis as it may down-regulate the net photosynthetic activity through carbohydrate accumulation in source leaves (Iglesias et al. 2002; Franck et al. 2006; McCormick et al. 2006; Velez-Ramirez et al. 2014).



Figuur 10 Effect van totaal aantal bloemen en bloemknoppen per plant en assimilatenverdeling naar de bloemen bij chrysanthe (Bron: Carvalho et al. 2006). Meer bloemen per plant zorgt ervoor dat een groter aandeel van de totale assimilatenaanmaak naar de bloemen gaat.

3.5.5 Assimilatenvraag groter dan assimilatenproductie

Normaal gesproken is de theoretische assimilatenvraag wel twee of drie keer groter dan de assimilatenproductie door de fotosynthese (Figuur 11). Alle plantorganen groeien dan minder snel dan dat ze zouden kunnen op basis van hun potentiële groeisnelheid. De verdeling van de assimilaten over de verschillende onderdelen van de plant zal plaats vinden in evenredigheid met de onderlinge sinksterkte van de verschillende onderdelen van de plant. Het begrip assimilaten'balans' suggereert dat er een evenwicht is, maar dit is dus niet het geval. Eigenlijk is er altijd een tekort aan assimilaten ten opzichte van de totale vraag aan assimilaten. Het gaat dus eigenlijk meer om een door de teler gekozen verhouding tussen aanmaak en vraag van assimilaten waarbij de plant en oogstbare organen aan de plant groeien op de manier zoals de teler dat wil om de gewenste productie, inwendige en uitwendige kwaliteit en oogsttijdstip te realiseren.



Figuur 11 Voorbeeld van vraag en aanbod van assimilaten bij een vruchtgroentegewas (Bron: Heuvelink en Marcelis, 2008).

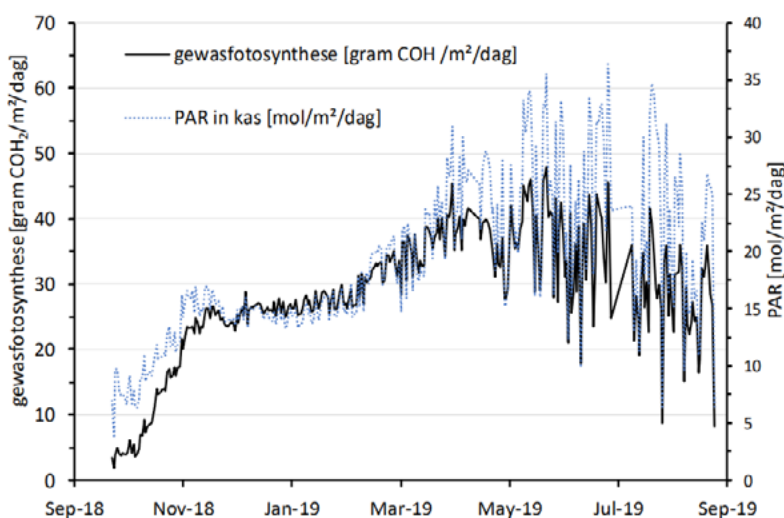
3.5.6 Temperatuur afstemmen op assimilatenaanmaak in plaats van lichtsom

In een presentatie van onderzoek bij paprika zijn enkele beperkingen bij het volledig sturen op temperatuur/licht verhouding getoond (Hogewoning, 2020). Daarom wordt in die presentatie gesteld 'Stap voorwaarts om in balans te kunnen telen: Rekenen met assimilatie in plaats van lichtsom om plantbelasting te bepalen.' Sander Hogewoning komt tot deze stelling omdat de lichtsom niet 1 op 1 vertaalbaar is in assimilatenproductie, vanwege:

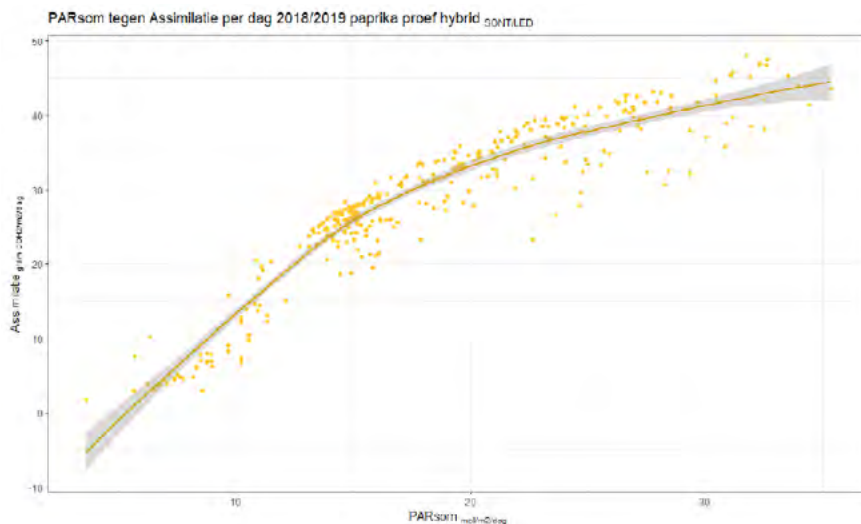
- Licht wordt minder goed benut in het begin van de teelt door lage lichtonderschepping (Figuur 12)
- Licht wordt minder goed benut bij hogere lichtintensiteiten (Figuur 13).
- Licht wordt minder goed benut bij laag CO₂ (als bv. in zomer veel gelucht wordt).

In een paprikaproef laat hij de gewasfotosynthese en lichtsom (PAR) in de kas zien (Figuur 12). Alleen in de winter nadat de LAI hoog was, was de lichtsom wel redelijk 1:1 vertaalbaar in assimilatie, omdat de lichtintensiteit altijd laag en CO₂ altijd hoog is. In een grafiek waar de assimilatie is uitgezet tegen de lichtsom (Figuur 13) is ook te zien dat de assimilatie bij hoge lichtsommen niet rechtlijnig meer toeneemt met de lichtsom maar afvlakt. In dat traject zal de lichtverhoging op de temperatuur boven een bepaalde lichtsom dus kleiner moeten worden naarmate de lichtsom hoger is. Zo'n afvlakking in temperatuurverhoging bij hoge lichtsommen is ook bij andere vruchtgroentegewassen en een aantal siergewassen vastgesteld (o.a. Freesia en Alstroemeria). Het berekenen van totale assimilatie van een gewas met een gewasmodel en deze uitzetten tegen de lichtsom (zoals in Figuur 13 gedaan is) kan een hulpmiddel zijn om streefwaardes voor RTR van een gewas vast te stellen. Overigens is het effect van 1% lichtverlaging op de productie sterk gewasafhankelijk (Marcelis et al. 2004). In de presentatie van Sander Hogewoning wordt ook opgemerkt dat veel siergewassen een gedetermineerde groei vertonen, waardoor de productie van en vraag naar assimilaten steeds verandert totdat de cyclus eindigt (oogst bloem/potplant).

Bij een gelijke daglichtsom/dag kan ook de daglengte en het lichtspectrum nog van invloed zijn. Bij paprika zijn 4 lichtspectra vergeleken bij een daglengte van 15 en 18 uur bij een gelijke lichtsom/dag (Boonman en Hogewoning, 2022). Bij 15 uur daglengte was de fotosynthese en huidmondjesopening relatief wat hoger, was er minder chlorose en was de totale opbrengst ook hoger dan bij 18 uur daglengte. Een spectrum van witte LED's gaf een betere huidmondjesgeleidbaarheid, fotosynthesesnelheid, verdamping en opbrengst, terwijl een spectrum met veel rood en verrood meer chlorose liet zien. Ook bij andere gewassen, zoals bv. Aubergine zijn nadelige effecten gezien van lange daglengtes in de winter. Bij diverse sierteeltgewassen wordt op dit moment onderzoek gedaan naar het effect van daglengte en lichtspectrum zoals bv. Gerbera, Alstroemeria (in het onderzoeksproject: Fundamentele kennisontwikkeling LED-belichting voor praktische toepassing in de kas), Lelie en Lisanthus (in het project: Kennisontwikkeling daglengte-gevoelige siergewassen voor energie-efficiëntere teelt).



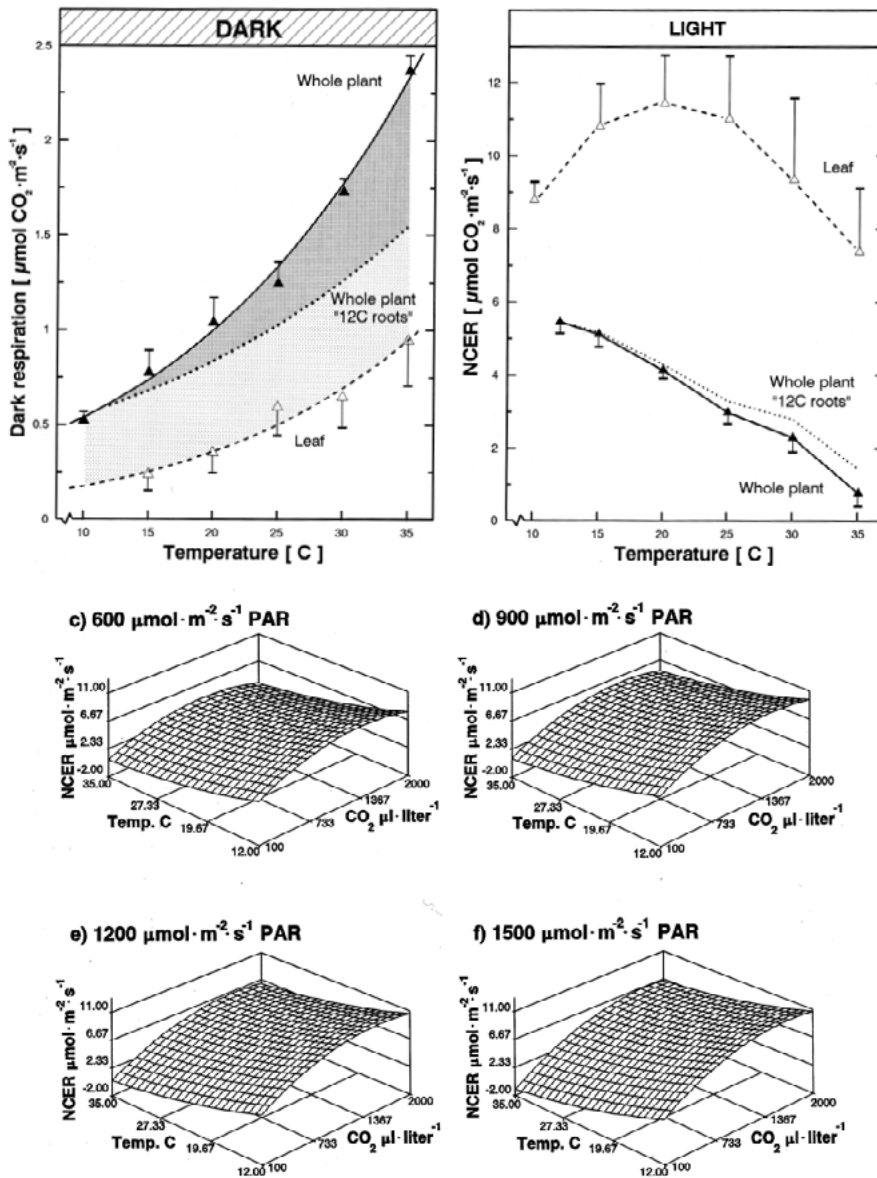
Figuur 12 PAR-som en gewasfotosynthese in de tijd in een paprikaproef (Bron: Hogewoning, 2020).



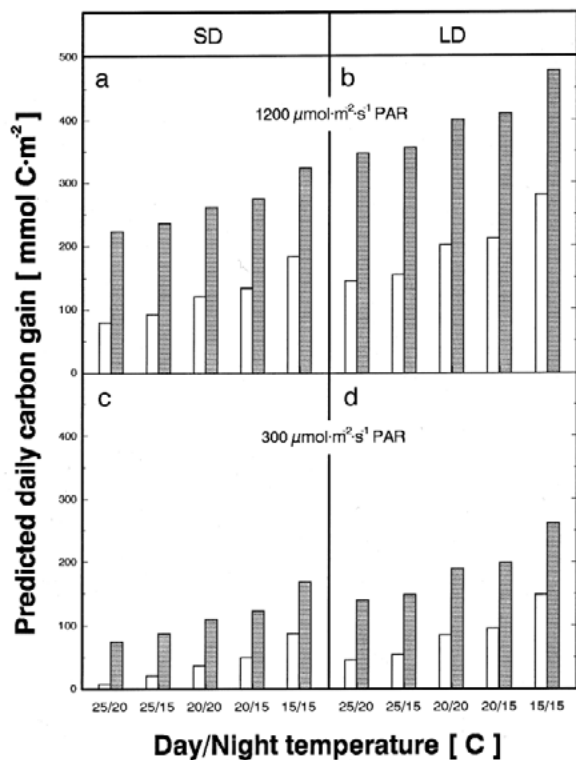
Figuur 13 Berekende assimilatie uitgezet tegen de PAR-som voor een paprikaproef (Bron: Hogewoning, 2020).

3.5.7 Effect temperatuur op netto fotosynthese verschilt per gewas

Het effect van temperatuur op de onderhoudsademhaling, bruto en netto fotosynthese verschilt per gewas, cultivar en gewasstadium. Daarbij speelt ook nog het onderscheid tussen nacht- en dagtemperatuur en de lengte van de dag en nacht periode. Een verlenging van de dagperiode binnen een etmaal van 24 uur betekent automatisch een kortere nachtperiode. Bij veel onderzoeken wordt wel geschreven over het effect van de daglengte, maar niet gewezen op het feit dat daarmee de nachtlengte ook verandert. Voor bijvoorbeeld sierteeltgewassen uit koelere herkomstgebieden (zoals bv. Freesia en Alstroemeria) ligt het temperatuuroptimum lager dan bij de vruchtgroentegewassen. Bij Alstroemeria zijn uitgebreide metingen gedaan aan de donkerademhaling 's nachts en netto koolstofuitwisseling overdag onder verschillende klimaatcondities (Leonardos et al. 1994). De respiratie in de donkerperiode nam toe naarmate de nachttemperatuur hoger was (Figuur 14 - linksboven). Het optimum voor de fotosynthese in de bladeren lag tussen de 17 en 23 °C, maar de totale CO₂ opname van de gehele plant nam al vanaf 12°C af naarmate de temperatuur hoger was (Figuur 14 - rechtsboven). Dit gebeurde zowel bij hoge als bij lage licht- en CO₂-niveaus (Figuur 14-onder). Op basis van deze metingen is een voorspelling gemaakt voor de vastgelegde koolstof bij verschillende dag- en nachttemperatuur combinaties (Figuur 15). Voor Alstroemeria laat dit zowel bij lage als hoge lichtintensiteit en korte en lange daglengte een hogere koolstoftoename zien naarmate de temperatuur lager was. In een vervolg onderzoek (Leonardus et al. 1996) is niet alleen de aanmaak van assimilaten, maar ook de export van assimilaten uit de source naar de sinks onderzocht, met behulp van gelabeld koolstof (14C). Zij concluderen dat bij een bladtemperatuur tussen 12 en 20°C, de export en verdeling van koolstof (C) gelijk was. Bij hogere temperaturen nam de fotorespiratie toe, en die verminderde zowel fotosynthese als koolstofexport. Bij 35°C was er zelfs helemaal geen export van koolstof. Dit veranderde niet als de wortels gekoeld werden.



Figuur 14 Ademhaling tijdens de nacht (linksboven), netto koolstof uitwisseling overdag (rechtsboven) in relatie tot temperatuur en netto koolstof uitwisseling (NCER) in relatie tot licht, temperatuur en CO_2 (onder) bij *Alstroemeria* (Bron: Leonardus et al. 1994).



Figuur 15 Voorspelling van de toename in koolstof vastlegging op basis van respiratie- en fotosynthesemetingen bij *Alstroemeria* bij 300 en 1200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PAR licht onder korte dag (SD) en lange dag (LD) en verschillende dag-/nachttemperatuurcombinaties (Bron: Leonardus et al. 1994).

3.5.8 Effect van temperatuur op andere plantprocessen

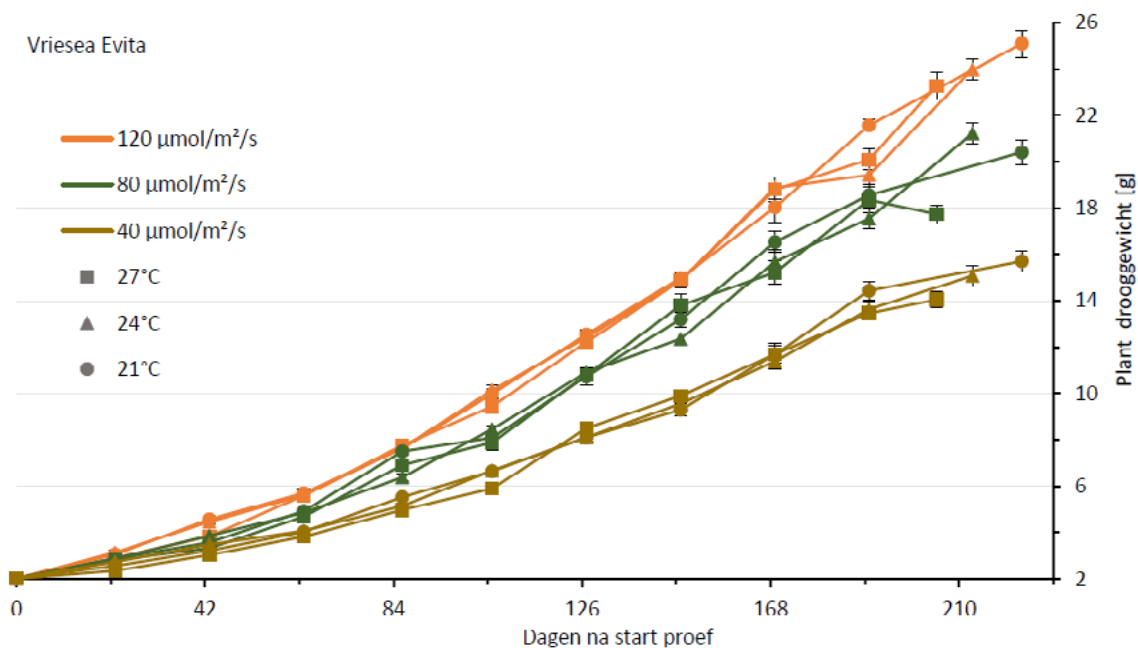
Naast de benodigde afvlakking in temperatuur bij hoge lichtsommen als gevolg van afnemende meeropbrengst van netto assimilatieaanmaak bij hoge lichtsommen (zie 3.5.6) kan er ook een nadelig effect van (hoge) temperatuur zijn op andere plantprocessen. Zo kan er bij diverse sierteeltgewassen bloeivertraging optreden bij te hoge kastemperaturen (o.a. chrysanthe, freesia, *Spathiphyllum*), kunnen bloemafwijkingen ontstaan bij hoge temperaturen (bv. bij *Cymbidium* en *Anthurium*) en/of kan de bloemkwaliteit afnemen bij hoge temperaturen (bv. kleinere knopgrootte bij roos en lichtere bloemtakken bij *Gerbera*). De temperatuurgevoeligheid kan verschillen per ontwikkelingsfase. Chrysanthe en poinsettia zijn bv. met name tijdens de beginfase van de korte dag (waarin de bloei-inductie plaats vindt) gevoelig voor temperatuurafwijkingen (Figuur 22). Daarnaast kan ook het onderscheid tussen nacht- en dagtemperatuur een rol spelen. Een bekend voorbeeld is het effect van het verschil tussen dag- en nachttemperatuur (DIF) op de strekking en compactheid bij pot- en perkplanten. Dit zijn een paar voorbeelden van extra aspecten om rekening mee te houden bij sturing van plantbalans bij sierteeltgewassen.

3.5.9 Effect van dag- en nachtlengte op ontwikkelingsprocessen

Van kortedag gewassen zoals Chrysanthe, Kalanchoë, Poinsettia is bekend dat bloeiinductie wordt gestuurd door de daglengte. In belichtingsonderzoek blijkt dat veel meer gewassen voor een goede ontwikkeling een periode van donker nodig hebben. Voor tomaat is 24 uur belichten ongewenst omdat dan de ontwikkeling niet meer normaal verloopt. Bij het sturen van de plantbalans moet naast het effect van de etmaaltemperatuur, ook rekening worden gehouden met het effect van de dagtemperatuur – als de plant natuurlijk licht ontvangt of belicht wordt – en het effect van de nachttemperatuur als de plant in het donker staat en de duur van de dag en nacht binnen een etmaal.

3.5.10 Kleine bandbreedte licht en temperatuur bij schaduwgewassen

Schaduwgewassen zijn gewassen die in herkomstgebieden in de schaduw staan van andere (grotere) gewassen. Dit zijn bv. gewassen die onder het bladerdek van bomen groeien zoals Anthurium, sommige Bromelia, Phalaenopsis en andere kamerplanten. Deze planten groeien in de herkomstgebieden onder vrij constante licht- en temperatuurniveaus. De bandbreedte waarbij licht en temperatuur mogen variëren zonder schade aan het gewas te veroorzaken, is daardoor beperkt. Zo is de bandbreedte voor temperatuur bij bepaalde Anthurium rassen beperkt tussen de 19 en 23/24°C. Lagere etmaal temperaturen leiden tot wortelafsterving en hogere temperaturen geven misvormingen en verkleuringen bij de bloemuitgroei, die pas 4 tot 6 maanden later zichtbaar worden. Het maximum voor de lichtsom ligt rond de 13 mol/m².dag en de maximum lichtintensiteit rond de 500 µmol/m².s (afhankelijk van het ras). Voor Vriesea Evita gaf een verhoging van de teelttemperatuur geen verhoging van het plant drooggewicht en een kleinere bloeiwijze (Figuur 16 en Tabel 3). Een hogere etmaaltemperatuur dan 21 °C heeft dus geen meerwaarde, ongeacht de lichtintensiteit en lichtsom. De optimale lichtsom ligt bij dit gewas rond de 10 mol/m².dag en de optimale licht intensiteit op 200-300 µmol/m².s.



Figuur 16 Plant drooggewicht van Vriesea Evita bij drie belichtingniveaus en drie temperaturen (Bron: van den Boogaart et al. 2019b).

Tabel 3

Drooggewicht van Guzmania Ostara en Vriesea Evita na een teelt bij 21, 24 en 27°C. De data zijn gemiddelden van drie lichtintensiteiten (40, 80 en 120 µmol/m².s) omdat er geen betrouwbare interactie was met het lichtniveau (Bron: van den Boogaart et al. 2019b).

Drooggewicht	Guzmania Ostara			Vriesea Evita		
	21°C	24°C	27°C	21°C	24°C	27°C
Totaal [g]	27.9 ^{ns}	28.1 ^{ns}	26.3 ^{ns}	20.4 ^a	20.1 ^a	18.3 ^b
Blad/schijnstam [g]	14.5 ^{ns}	15.0 ^{ns}	14.8 ^{ns}	12.2 ^{ns}	12.3 ^{ns}	11.6 ^{ns}
Bloem [g]	13.4 ^a	13.1 ^{ab}	11.5 ^b	8.2 ^a	7.8 ^a	6.7 ^b

3.6 Definities

Als afsluiting van dit hoofdstuk wordt in de volgende subparagrafen een algemene definitie/omschrijving gegeven voor plantbelasting, assimilatenbalans en plantbalans.

3.6.1 Definitie plantbelasting

Plantbelasting = de totale sink / m² kas / week

Dit wordt bepaald door:

- **het aantal oogstbare organen per m² per week.**
- **het ontwikkelingsstadium van deze organen.**
- **de assimilatenbehoefte van overige plantendelen.**

Bij de assimilatenbehoefte van overige plantendelen gaat het bijvoorbeeld om:

- Jong blad.
 - In een jong stadium heeft een blad meer assimilaten nodig dan het zelf produceert. Bij anthurium kan het jonge blad een dusdanig grote sink zijn dat deze de ontwikkeling van de bloem kan vertragen als er weinig assimilaten beschikbaar zijn. Bij snijanthurium wordt gebruik gemaakt van deze kennis: weghalen van het jonge blad in een vroeg stadium kan de bloemontwikkeling versnellen.
- Oud blad dat weinig licht ontvangt.
 - Oud blad onderin de plant dat nog maar weinig licht krijgt, kan op gegeven moment meer assimilaten verbruiken dan wat het zelf produceert en wordt dan een sink in plaats van een source. Minder bladlagen aan de steel bij chrysant of bij bloeiende potplanten als poinsettia door eerder met bloei inductie te beginnen kan dit (deels) voorkomen.
- Wortels.
 - Hier wordt doorgaans weinig rekening mee gehouden, maar met name bij de start van een teelt kan het van belang zijn dat er voldoende assimilaten beschikbaar zijn voor een goede wortelvorming. Slechte wortelvorming in het begin van de teelt, kan bijvoorbeeld bij snijchrysant een groeiachterstand geven die in rest van de teelt niet meer ingehaald kan worden.
- Opslagorganen zoals bollen, knollen, wortelstokken, bulben, stengels etc.
 - Indien deze opslagorganen nodig zijn voor vervolgteelten moeten er ook voldoende assimilaten beschikbaar zijn voor deze organen.
- Als deze opslagorganen niet nodig zijn voor vervolgteelten kan er nagedacht worden of er stuurmiddelen zijn om juist geen assimilaten richting deze opslagorganen te laten gaan en/of alle assimilaten uit het opslagorgaan zoveel mogelijk te benutten voor de oogstbare plantendelen.
 - Andere overige plantendelen zoals stengels of ingebogen takken bij roos.

3.6.2 Definitie assimilatenbalans

“Assimilatenbalans” is een zodanig op elkaar afgestemde verhouding tussen de vraag naar assimilaten (=sinkvraag) en het aanbod van assimilaten (=source) dat de plant kan groeien en de productkwaliteit levert die gewenst is.

De term ‘balans’ suggereert dat er een evenwicht is, maar de totale assimilatenvraag is meestal 2x tot 3x groter dan de assimilatenproductie. Het gaat dus niet om een evenwicht, maar om een gekozen verhouding waarbij productie, kwaliteit en oogsttijdstip gerealiseerd wordt, wat de teler voor ogen heeft: zwaar of licht, compact of meer gestrekt en meer of minder blad en bloemen en ook op langere duur een gezonde groei en ontwikkeling geeft.

Het sturen op assimilatenbalans is breder dan het sturen op een vaste temperatuur/lichtsom (RTR) verhouding omdat:

- Gewenste temperatuur/lichtsom verhouding afhankelijk kan zijn van het aantal sinks/m² en het ontwikkelingsstadium van de aanwezige sinks. Om dan de minimaal gewenste kwaliteit te realiseren zal de RTR lager moeten zijn naarmate er meer sinks/m² zijn of als het betreffende gewasstadium op dat moment een hogere assimilatenvraag heeft.

Sturing van assimilatenbalans is ook:

- Sturing van aantal sinks/m² en sinksterkte met bv. plantdichtheid, stengeldichtheid, tophoogte, knipstrategie, inbuigen, wegbreken van jong blad etc. waarbij aantal sinks afgestemd wordt op de te verwachten lichtsom in uitgroeiperiode.
- Sturing van (tijdstip van) bloei inductie (=aanleg van sinks) met bv. daglengte (of omgekeerd gezegd de nachtlengte), ethyleen, verlaging van temperatuur of bodemtemperatuur.

Bij het sturen op RTR is het ook van belang om rekening te houden met:

- Ademhaling neemt toe met temperatuur waardoor er op bepaald moment, netto minder assimilaten over kunnen blijven voor groei. Wanneer dit optreedt, zal per gewas verschillend zijn, mede afhankelijk van de natuurlijke groeiomstandigheden. Bij gewassen uit koelere klimaatzones kan dit eerder optreden dan bij gewassen uit meer tropische oorsprongsgebieden.
- De aanmaak van assimilaten is niet altijd lineair gerelateerd aan de lichtsom. In de beginfase van de teelt (bij lage LAI) en in situaties met laag CO₂ of lage RV (bv. als veel gelucht wordt in de zomer) kan de aanmaak van assimilaten lager zijn dan verwacht. Dan is een aangepaste RTR nodig afhankelijk van de lichtonderschepping, CO₂ -gehalte en/of RV. Beter zou zijn om te rekenen met assimilatie in plaats van lichtsom en de assimilatenbalans met een model te berekenen. Daarnaast kan er ook een invloed zijn van de daglengte en het lichtspectrum.
- De temperatuur kan ook invloed hebben op andere plantprocessen zoals bloei inductie of bloeiuitstel waardoor de bandbreedte waarin de temperatuur mee mag bewegen met de lichtsom per gewas of per gewasfase beperkt kan zijn. Dit is bv. het geval bij chrysanthe of poinsettia waarbij te grote afwijkingen in temperatuur tijdens de bloei inductie, bloeivertraging kunnen geven.
- Het gaat om een verhouding tussen vraag en aanbod van assimilaten die ook op langere duur een gezonde groei en ontwikkeling geeft. Dit betekent een maximale benutting van licht op de langere duur en verwerking en verdeling van assimilaten naar de verschillende plantendelen zodanig dat de plant ook op langere duur kan blijven groeien en de productkwaliteit levert op de manier zoals de teler dat wil.
- Het gaat niet alleen om de assimilaten verdeling naar oogstbare organen, maar ook naar andere plantorganen. Hierin wijken diverse bloemgewassen af van de groentegewassen. Verder moet bij gewassen met opslagorganen ook nog rekening gehouden worden met assimilaten die vrij komen uit opslagorganen.

3.6.3 Definitie plantbalans

“Plantbalans” is evenwicht in aanmaak en groei van oogstbare en niet oogstbare plantendelen, zodanig dat de plant kan groeien en de productkwaliteit levert op de manier zoals de teler dat wil. Dit is breder dan de assimilatenbalans en heeft ook betrekking op andere aspecten zoals sturing in evenwicht in de energiebalans en waterbalans, hormoonbalans en nutriëntenbalans.

Sturing van de plantbalans is dus inclusief sturing van assimilatenverdeling over oogstbare en niet oogstbare plantendelen en inclusief sturen met andere teelfactoren zoals bv. watergift en/of EC. De term plantbalans geldt voor het totaal van alle balansen. Bij sturen van plantbalans kan dus ook gedacht worden aan bijsturen met watergift of EC en monitoren en bijsturen van verdeling van assimilaten over oogstbare en niet oogstbare plantendelen zoals bij de vruchtgroente toegepast wordt.

4 Plantbalans in sierteelt: uitgewerkte voorbeeldgewassen

Naar aanleiding van vragen van telers in de begeleidingscommissie onderzoek (BCO) zijn een aantal voorbeeldgewassen gekozen om het sturen op plantbalans verder uit te werken.

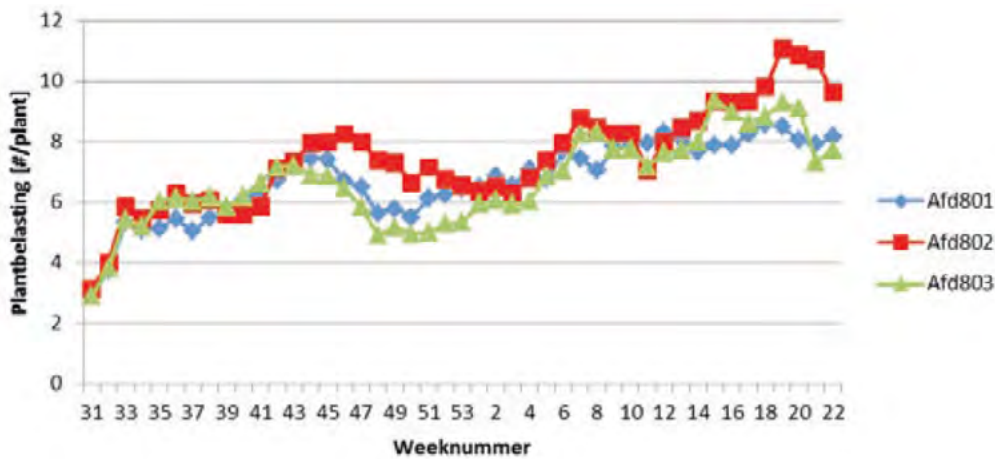
4.1 Plantbalans Gerbera

Bij Gerbera doen telers onder begeleiding van de voorlichters van de FloriConsultGroep en ondersteund door het platform FloriFocus al enkele jaren ervaring op met het registreren van de plantbelasting en de uitgroei duur. Daarnaast is in een aantal onderzoeksprojecten met verschillende klimaatbehandelingen ervaring opgedaan met registratie van plantbelasting (García Victoria et al. 2017a; García Victoria et al. 2017b; Dueck et al. 2015) en zijn veel gewasmetingen uitgevoerd op zoek naar handvatten voor sturingsmogelijkheden. De groei van Gerbera is redelijk te modeleren (Eveleens, et al. 2011). Een gebruiksvriendelijke versie van het model gevalideerd met datasets uit bovengenoemde proeven wordt momenteel afgerond door B-Mex in opdracht van de gewascoöperatie Gerbera. Ook is er door WUR een vision techniek ontwikkeld om met de camera van een mobiele telefoon de plantbelasting te meten in een Gerberagewas. Vanwege deze ervaringen is Gerbera als voorbeeldgewas uitgewerkt.

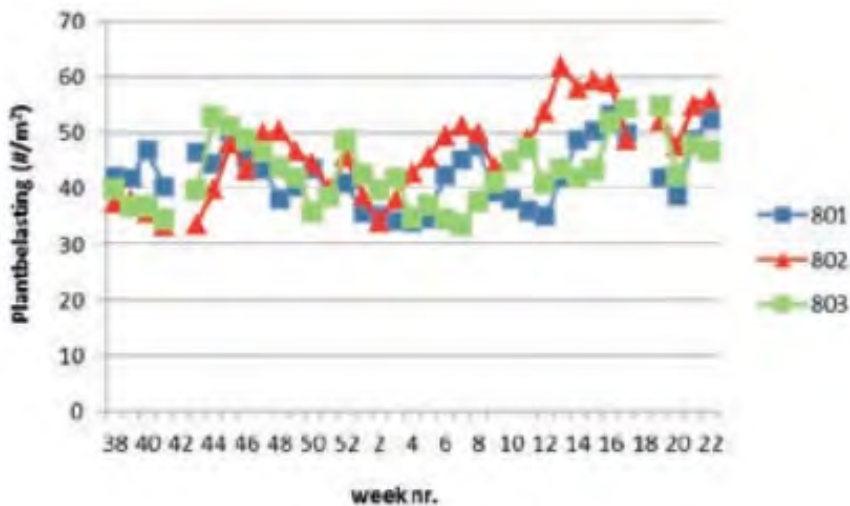
Gerbera is een van oorsprong Zuid-Afrikaanse bloem op bladloze steel, met een meermalige oogst. De plant gaat enkele jaren mee. De vaste plantdichtheid (ca. 6 pl/m²) is een gegeven; telers kiezen bij de start daarom vaak voor verlengd opgekweekte planten om sneller in productie te zijn. De bloemen ontwikkelen zich uit het hart van een rozet van bladeren; in de loop van de teelt maakt de plant nieuwe scheuten aan; hoe meer scheuten, des te meer knoppen worden aangelegd en des te groter de bloemproductie. Geoogst wordt door de bloem uit het hart te trekken. De bladeren blijven staan, er wordt dus geen source verwijderd. Er zijn dus weinig mogelijkheden om met de knipmethode zoals bij roos de productie of de kwaliteit te sturen.

Plantbelasting bij Gerbera

Plantbelasting wordt bij Gerbera gedefinieerd als het aantal bloemen en knoppen met een steellengte groter dan 1 cm op een m². Er wordt geteld op twee planten en dit wordt omgerekend naar waarden voor één vierkante meter. De tellingen van plantbelasting in de tijd lijken op hoofdlijnen te correleren met een op basis van productie en uitgroei duur berekende plantbelasting (García Victoria et al. 2017a en b). Verschillen tussen de tellingen en berekeningen worden waarschijnlijk verklaard door bloemknopabortie, "zittenblijvers" en plantverschillen, aangezien de plantbelasting per plant sterk kan variëren. De plantbelasting loopt op naarmate de planten ouder worden en meer scheuten krijgen die bloemen kunnen geven (Figuur 17). In twee proeven met verschillende temperatuur/daglengte behandelingen (Figuur 17 en Figuur 18) varieerde de plantbelasting niet al te sterk. In de demokas 2030 is in winter 2020/2021 gebleken dat met daglengte bewust naar een hoge piekproductie met feestdagen gestuurd kan worden, maar dat daarna een productiedip volgt en het moeilijk is om de plantbelasting dan weer in evenwicht te krijgen.



Figuur 17 Verloop van de plantbelasting bij Gerbera bij drie behandelingen: 801=lichtafhankelijk telen bij daglengte van 11,5 uur in winter conform praktijk, 802=koel telen met 13 uur daglengte in winter en 803=met steilere verhouding lichtafhankelijk telen met 13 uur daglengte in de winter bij gelijke lichtsommen (Bron: García Victoria et al. 2017a, Teelt Gerbera in Balans).



Figuur 18 Verloop van de plantbelasting in de tijd (gemiddelde van vier Gerbera rassen) bij drie behandelingen: 8.01 = daglengte 13 uur dag in winter en sterkere temperatuurstijging bij toename lichtsom; 8.02 = praktijk met 11.5 uur daglengte jaarrond en gangbare temperatuur/licht verhouding; 8.03 = tot 15 uur daglengte midwinter en sterkere temperatuurstijging bij toename lichtsom (Bron: García Victoria et al. 2017b, Gerbera: maximale isolatie en lichtonderschepping).

Uitgroei duur van bloemen sterk beïnvloed door temperatuur

De uitgroei duur van bloemen (in dagen) varieert sterk met de temperatuur: van 16 tot 41 dagen voor hetzelfde ras. Na aftrek van een basistemperatuur van tussen de 5.9 en 7.5°C komt dit overeen met een temperatuursom van 276 tot 335 graaddagen. De hogere temperatuursommen treden op bij lagere lichtsommen in de winter. Laag licht vertraagt dus de uitgroei duur, mogelijk een gevolg van assimilatie tekort voor het aantal bloemstelen wat op dat moment op de plant staat. De uitgroei duur (in dagen) is sterk afhankelijk van de teelttemperatuur en vormt daardoor een grotere component in de sinksterkte. Een gelijk aantal bloemen moet bij toenemende temperatuur immers in kortere tijd tot ontwikkeling komen, waarvoor meer assimilaten per dag nodig zijn. Een te korte uitgroei duur als gevolg van hoge etmaaltemperaturen om een bepaalde RTR na te streven heeft in een aantal proeven geleid tot te lichte bloemen, met zwakke stelen die tijdens het vaasleven knikken. Een gevolg van onvoldoende aanmaak van sclerenchym (steunweefsel). Als de uitgroei duur veel korter wordt dan die in b.v. oktober of april, dan zou dit een signaal kunnen zijn dat de etmaaltemperatuur te hoog is. Telers registreren uitgroei duur in de tijd door knoppen te labelen.

Generativiteit bepaald door daglengte

Gerbera wordt gerekend onder de "kwantitatief daglengte gevoelige gewassen". Daglengte bepaalt bij gerbera sterk de generativiteit⁴ van het gewas. Bij een daglengte van 16 uur worden minder knoppen gevormd dan bij een daglengte van 11 uur en is de productie dus lager (Wessels en Verberkt, 2005). In recent onderzoek (García Victoria et al. 2017a en 2017b) is gebleken dat daglengtes variërend van 11.5 en 15 uur in de winter *bij gelijke lichtsom* weinig productie kosten. Mogelijk komt dit door een raseffect en/of dat lichtsom dan de beperkende factor is. Uit eerder onderzoek blijkt korte dag in de zomer (verduisteren) wel hogere producties te geven. Uit destructieve metingen aan planten uit de praktijk (productie onbekend) in 2018 en 2019 geteeld onder lange dag omstandigheden werd een langere bladlengte gemeten en werd bij 2 van de 4 rassen minder blad geteld. Er was geen duidelijk verschil in aantal scheuten en aantal bloemknoppen.

Daglengte beïnvloedt ook blad- en bloemsteellengten

Bladlengte (gemeten als de gemiddelde lengte van de 5 langste bladeren) wordt sterk beïnvloed door de daglengte: bij Gerbera onder lange dag is het blad langer. Het verschil liep in proeven (daglengte behandelingen in de winter) op tot 10 cm. Bij telers met verschillende daglengte behandelingen in de zomer, was de bladlengte bij lange dag omstandigheden tot gemiddeld 5 cm langer (bij meerdere rassen).

Een ander opvallend verschil tussen lange en korte dag planten is de steellengte van de bloemen. Hoe langer de dag, hoe langer de stelen worden. Het verschil kon oplopen tot 10 cm. Omdat de daglengte zowel invloed heeft op de generativiteit van het gewas als de bladlengte en steellengte, zouden de bladlengte en bloemsteellengte mogelijk goede en makkelijk te meten indicatoren kunnen zijn van de generativiteit van een Gerbera gewas.

Uitgroei duur van het blad

De uitgroei duur van het blad is snel, een zeer jong blad kan al binnen vier weken volgroeid zijn. Blad dat beschaduwd wordt, groeit en ontwikkelt langzamer. Het blad sterft ook vrij snel af als dit onderaan de plant komt en weinig licht ontvangt. De levensduur van een blad wat met afnemend licht is aangemaakt (in oktober), is ongeveer 3 maanden. Blad aangemaakt met toenemend licht (in januari) is na 4 maanden nog goed. Het afsterven van het blad lijkt dus meer gevolg van lichtomstandigheden dan van bladleeftijd.

Aantal bladeren per plant en LAI

De LAI (totale bladoppervlak per m² grondoppervlak) is alleen destructief goed te meten. Bij een vaste plantdichtheid is het afhankelijk van a) het aantal bladeren aan de plant, en b) de grootte van het blad. Gemiddeld over het jaar heen heeft een gerbera gewas bij 6 pl/m² een LAI van ca. 5.1. De grootbloemige rassen hebben gemiddeld een grotere LAI (5.3- 6.1) dan de kleinbloemige rassen (4.5- 4.6). De LAI neemt geleidelijk maar licht toe met de leeftijd van het gewas (door toename van aantal scheuten). Het aantal bladeren per plant varieert grofweg tussen 50 en 180 en is sterk afhankelijk van het jaargetijde, ras en plant (grote verschillen tussen planten). Uit metingen blijkt een duidelijke afname naar de winter toe, met het laagste aantal bladeren in februari. Dit is een gevolg van meer afsterving van oud blad onderin de plant. In het voorjaar en zomer neemt het aantal bladeren weer toe. Het lijkt erop dat in winter bij laag lichtniveau meer bladeren onderin de plant verdrogen dan in het voorjaar en zomer bij toenemend licht. Eerder onderzoek (Leffring, 1981) heeft laten zien dat het aantal bladeren voordat de eindbloem wordt gevormd sterk seizoens- en cultivar afhankelijk is. Onder langere daglengte (zowel in winter als in zomer) hebben de planten minder bladeren. Het aantal bladeren is nauwelijks met de geteste temperatuurregiems te beïnvloeden. Zoals gezegd, worden verschillen in LAI ook veroorzaakt door de grootte van het blad. De toename in bladoppervlak in de kassen met een langere dag is niet te danken aan meer blad maar aan de langere, grotere bladeren. De grotere bladlengte en bladoppervlak in kassen met dagverlenging in de winter gaat ook gepaard met een groter totaal bladgewicht. Het aantal bladeren aan de plant correleert vrij goed ($R^2=0.6$) met het aantal bloemknoppen aan dezelfde plant. Daarom lijkt het aantal bladeren per plant en de lengte van het blad een betere indicatie om de generativiteit van de plant te beschrijven dan de LAI.

⁴ Generativiteit bij Gerbera is de mate waarin de plant meer of minder bloemknoppen aanlegt. Een generatief gewas is een gewas wat veel bloemknoppen aanlegt.

Is het dan mogelijk om door middel van gerichte bladsnoei de plantbelasting/ de productie/ de kwaliteit te sturen? Bladeren breken/ handmatig plukken of verwijderen, zoals gebruikelijk bij tomaat, leidde bij Gerbera (bij 1 ras) altijd tot een (soms kleine) afname van de productie in aantal bloemen, of het nu ging om regelmatig verwijderen van jong blad of oud blad. Dit zou wellicht een manier kunnen bieden om de plantbelasting handmatig iets te verlagen in de winter om zo de totale sinkvraag naar beneden bij te sturen. Bij een ander ras leidde het niet tot een verandering in productie. Na drie maanden waren alle planten waar blad geplukt werd, wel zichtbaar kleiner. Dat de productie niet verbeterde, eerder verslechterde, is te verklaren uit het feit dat al het blad aan de plant lijkt bij de dragen aan de fotosynthese (zie hieronder). De plant laat zelf oud blad afsterven in de lichtarme maanden van het jaar. Binnen drie maanden is er in droge stof bijna evenveel dood blad onder aan de pot als levend blad aan de plant.

Fotosynthese capaciteit bij verschillende leeftijden

Uit fotosynthesemetingen van bladeren van verschillende leeftijd en positie op de plant gedurende de seizoenen blijkt dat de volgroeide en jonge bladeren het efficiëntst zijn bij zowel hoog als laag licht. Het zeer jonge blad is duidelijk geen sink en draagt goed bij aan de gewasfotosynthese. Vooral bij lage lichtniveaus tot 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ verschilt het nauwelijks met de fotosynthese van het jonge en volgroeide blad. Het zeer jonge blad is wel sneller verzadigd (boven de 400 μmol licht) en heeft een iets hogere respiratie. Het oude blad is in het najaar bij 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ licht al verzadigd, maar in april ligt het lichtverzadigingsniveau van het oude blad hoger, bij ca. 400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$. Het oude blad hangt onderaan de plant en ontvangt minder licht. In januari moet het blad het maar doen met lichtniveaus van 100-200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$. Bij deze lage lichtniveaus is de fotosynthese van het jonge en oude blad ongeveer gelijk aan die van het volgroeide blad. De fotosynthese van het zeer jonge blad is ongeveer de helft (deels vanwege een iets hogere donkerademhaling; de eerste micromolen licht zijn nodig om hiervoor te compenseren). Opvallend is dat oud blad efficiënt met weinig licht om kan gaan (40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$) en dus goed aangepast lijkt aan de laag licht condities waarin ze zich waarschijnlijk bevinden. Het lijkt erop dat het blad wat helemaal onderaan de plant zit en gedurende langere tijd weinig licht krijgt, fotosynthetisch inactief wordt (gesloten huidmondjes). Een deel van deze oude bladeren sterft af, andere oude bladeren blijven functioneren, mogelijk gestuurd door de hoeveelheid licht die nog opgevangen wordt. Deze waarneming is ontleend uit metingen aan oude bladeren in verschillende posities (in het pad, waar ze nog licht opvangen, en tussen twee rijen, waar ze onderaan de buurplanten nauwelijks licht ontvangen). De bladleeftijd is dus niet de enige bepalende factor in de efficiëntie van het blad, maar ook de positie van het blad is van belang.

Nachtrespiratie neemt met de teelttemperatuur toe

Uit metingen aan de nachtrespiratie blijkt dat de huidmondjes snel sluiten na het donker worden, maar de geleidbaarheid was nooit 0 (García Victoria et al. 2017b). De geleidbaarheid van de huidmondjes neemt 's ochtends vroeg vanaf 5.00 uur al toe, terwijl het in de bladkamer nog donker is; mogelijk wordt de huidmondjesopening gestuurd door het circadiaans ritme (de biologische klok van de plant), alsof op het natuurlijke licht geanticipeerd wordt. Deze metingen zijn uitgevoerd bij planten die in het voorjaar (April) vanuit de kas naar een klimaatkamer zijn geplaatst. In de klimaatkamer ging om 7.00 uur 's ochtends het licht aan. De respiratie fluctueert gedurende de nacht in een min of meer cyclisch patroon, met een periode van ongeveer 1.5 uur per cyclus. De gemiddelde nacht respiratie neemt toe met de temperatuur van $-0.54 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$ bij 15°C naar $-0.82 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$ bij 20°C en $-0.96 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$ bij 25°C. Uitgaande van een zelfde temperatuur overdag en 17 mol licht is naar schatting 3.6 tot 5.4 % van de aangemaakte suikers nodig voor de nachtrespiratie (Tabel 4).

Tabel 4

Gemeten nachtrespирatie, berekende dag fotosynthese en totale netto fotosynthese bij Gerbera bij 3 temperaturen (Bron: García Victoria et al. 2017b).

temperatuur	Gemiddelde respирatie	Totale respирatie nacht	Gemiddelde netto fotosynthese bij 17 mol licht	Totale netto fotosynthese	% nacht respирatie op totale netto fotosynthese
	$\mu\text{mol CO}_2 / \text{m}^2 \text{ s}$	$\text{mol CO}_2 / \text{m}^2 \text{ d}$	$\mu\text{mol CO}_2 / \text{m}^2 \text{ s}$	$\text{mol CO}_2 / \text{m}^2 \text{ d}$	%
15	-0.54	0.024	16.2	0.67	3.6 %
20	-0.81	0.037	17.7	0.73	5.0 %
25	-0.96	0.043	19.2	0.79	5.4 %

Bloemkwaliteit afhankelijk van temperatuur

De bloemkwaliteit (uitgedrukt als bloemgewicht bij 50 cm, bloemdiameter en steelstevigheid/ houdbaarheid) blijkt, net als de uitgroeiduur, sterk afhankelijk van de temperatuur. Waar de productie grotendeels door de daglengte gestuurd wordt, blijkt daglengte weinig effect te hebben op de bloemkwaliteit (wel op de bloemsteellengte, zie boven). Door Flori Consult Groep is een strategie ontwikkeld voor lichtafhankelijk telen (een RTR-strategie). In het onderzoek van García Victoria et al. 2017 is geconcludeerd dat er bij gerbera voor gewaakt moet worden dat de temperatuur niet al te hoog oploopt door een scherpe helling van de lijn bij hoge daglichtsommen. Gevolgen van het nastreven van te hoge temperaturen in relatie tot de daglichtsom leiden in het voorjaar en zomer tot ongewenste warmtevraag, waardoor energetisch nadelig, en leidde een sterk lichtafhankelijke strategie tot lichtere bloemen, kleinere diameters, en een te snelle uitgroei met als resultaat onvolledig "ge vulde" stelen die knikten tijdens het vaasleven. In vervolgonderzoek is de RTR bij hoge lichtsommen afgevlakt; desondanks waren er nog steeds nadelige effecten van de hoge etmaaltemperaturen op de takgewichten ondanks meer licht. De takgewichten waren van week 18 tot week 44 enkele grammen lager. De bloemdiameters vertoonden bij de vier rassen de grootste daling over de hele proefperiode vanaf week 16-20. Ook de houdbaarheid lijkt een seizoen patroon te vertonen waarbij de bloemen geteeld onder lagere etmaaltemperaturen (als gevolg van de lagere lichtniveaus) langer houdbaar zijn dan de bloemen die onder hoog licht en hoge temperatuur in najaar en voorjaar zijn geteeld. Waar de drempelwaarde voor temperatuur ligt is niet onderzocht, maar als we de periode tussen week 16 en week 44 bekijken, dan zou voorzichtig gezegd kunnen worden dat het nastreven van een etmaal temperatuur boven de 20°C niet bevorderlijk is voor de kwaliteit bij gerbera.

Samenvatting sturen op plantbalans bij Gerbera:

Lichtsom, daglengte (verduistering in de zomer) en etmaaltemperatuur zijn alle drie knoppen in de regulatie van de plantbalans die gebruikt kunnen worden om tot een optimale productie in stuks en kwaliteit te komen, gegeven een vaste plantdichtheid. In onderstaande Tabel zijn enkele "indicatoren van onbalans" gegeven om de plantbalans te monitoren met mogelijke sturingsacties, en of ze eenvoudig te meten zijn. De grenswaarden voor de etmaaltemperatuur voor de sturing van de temperatuur/lichsom verhouding (RTR) bij Gerbera liggen bij een minimum van ca. 13°C en maximum van ca. 21°C. Bij hogere etmaaltemperaturen zijn een snelle uitgroei met kleine bloemen en holle knikgevoelige stelen gezien. In de demokas 2030 zijn bij Gerbera goede ervaringen opgedaan met sturing op RTR met een basistemperatuur van 14,6°C en een verhoging van de etmaaltemperatuur met 0,4 °C per extra mol licht per dag.

Waarde/indicator	Teken dat	Actie	Eenvoudig te meten?
Toenemende bladlengte	plant vegetatiever wordt	daglengte verkorten	Ja. 5 grootste bladeren per plant. Waarde ras afhankelijk.
Toenemende bloemsteellengte	plant vegetatiever wordt	daglengte verkorten	Ja. Bij oogsten, voordat steel op lengte wordt geknipt. Waarde ras afhankelijk.
Afnemend aantal bladeren/ plant	licht te kort (winter situatie) plant vegetatiever wordt	Geen of licht verhogen daglengte verkorten	Tellen bewerkelijk, kan niet-destructief. Waarde ras afhankelijk.
Afnemende bloemdiameters	Temperatuur/lichtsom te hoog	temperatuur verlagen	Ja. Na oogsten, enkele bloemen per oogstdatum. Waarde ras afhankelijk.
Afnemende bloemgewichten	Temperatuur/lichtsom te hoog	temperatuur verlagen	Ja. Na oogsten, enkele bloemen per oogstdatum. Waarde ras afhankelijk.
Sterk afnemende uitgroeiduur (in dagen)	Temperatuur/lichtsom te hoog	temperatuur verlagen	Ja, wordt al gedaan; door stelen te labelen in jong stadium en labels noteren op oogstdatum.
Veranderingen in plantbelasting	Diverse oorzaken	onduidelijk	Ja, wordt al gedaan; door bloemknoppen te tellen op de plant. Bewerkelijk, kan met beeldverwerking.
Veranderingen in LAI	Diverse oorzaken	onduidelijk	Bewerkelijk, kan alleen destructief nauwkeurig of met beeldverwerking geprojecteerd bladoppervlak. Is afgeleide van twee waardes die makkelijker te meten zijn.

4.2 Plantbalans Chryasant

Een van de gewassen waarvoor gevraagd is om nader in te gaan op plantbalans is chryasant. Bij chryasant is onderscheid te maken tussen pot- en snijchryasant, waarbij voor snijchryasant verder onderscheid is te maken tussen pluis, tros en santini. Afhankelijk van het marktsegment wordt bij troschryasant een verschillend aantal knoppen en takgewicht nagestreefd dat cultivar specifiek is. Er is dus een reeks van varianten mogelijk. De vraag doet zich dan voor: is er een algemene omschrijving te geven voor de plantbalans voor een chryasant?

Bij Chryasant zijn het takgewicht en het aantal geoogste takken per m² bepalende factoren voor de productie in kg/m². De productie is tijdens de teelt afhankelijk van de daglengte, lichtintensiteit, de lichtonderschepping en de efficiëntie van de fotosynthese. Het takgewicht moet binnen een vastgestelde bandbreedte liggen voor de afzet van een jaarrond uniform product. Takgewicht en aantal takken geven samen de productie in kg/m² over de teeltduur. Bij elke teelt hoort een lichtsom die per m² kas op het gewas is gekomen en afhankelijk van de bodem bedekking is geabsorbeerd. De kg productie gedeeld door de lichtsom geeft de licht efficiëntie van het gewas in die teelt.

Goede start van de teelt cruciaal

Uit de onderzoeken voor De Perfecte Chrysanthe (DPC) komt naar voren dat de start van de teelt direct na het planten cruciaal is voor een goede groei en ontwikkeling daarna. Dit is ook de praktijkervaring. Ongelijkheid bij de start leidt tot een heterogeen gewas en dat is niet meer te corrigeren in de teelt. Een achterstand in het begin van de teelt kan niet meer ingehaald worden. Voor de ongelijkheid bij de start zijn niet de assimilaten balans en de temperatuur/licht verhouding de belangrijkste factoren maar is de mate waarin de wortelontwikkeling vanuit de perspot in de bodem verloopt doorslaggevend. Deze wortelgroei wordt beïnvloed door de vochtigheid van de perspot en de aansluiting van de perspot op de bodem. Voor goede wortelgroei is wel assimilaten aanbod nodig. Die is er echter voldoende. Bij het project de Perfecte Chrysanthe blijkt het droge stof % van planten aan het eind van de lange dag fase, 7-10 dagen na het planten, duidelijk hoger dan bij het planten en algemeen ook hoger dan in de rest van de teelt, dit wijst op een voldoende aanbod van assimilaten. Een uniforme wortelontwikkeling met goede uitgroei vanuit de perskluit in de bodem geeft alle planten een gelijke start ontwikkeling. Verschillen in het begin van de teelt zijn later moeilijk te corrigeren. Voor een goede start is daarom een uniforme watergift met een goede keuze van beurtgrootte en periode van indroging het belangrijkste stuurinstrument.

Plantdichtheid afgestemd op lichtsom in komende 10 weken

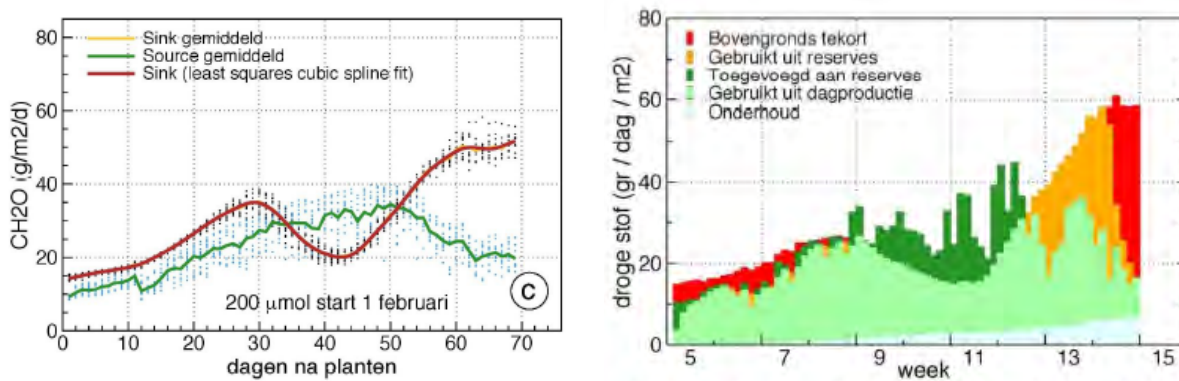
Het aantal takken per m² ligt vast bij het planten. Daarna kan dit niet meer worden aangepast. De plantdichtheid varieert over het jaar omdat de lichtsom per dag over het jaar varieert. In de winter wordt een lagere plantdichtheid gehanteerd dan in de zomer. Bij de keuze van de plantdichtheid is het belangrijk om rekening te houden met de lichtintensiteit gedurende de teeltperiode van ca 10 weken die volgen (Figuur 19). Dat is dus altijd vooruit denken, omdat een te hoge plantdichtheid in het najaar leidt tot een tekort aan assimilaten in de winter om alle takken een voldoende takgewicht bij de oogst te geven en een te lage plantdichtheid in het voorjaar wel zware takken geeft, maar niet de optimale productiecapaciteit van het aanwezige natuurlijke licht benut. Door verhogen van de belichtingsintensiteit in de winter zoals in de praktijk plaatsvindt wordt de plantdichtheid in de winter vrijwel gelijk aan die in de zomer. In de zomer wordt een deel van het licht niet optimaal benut, maar verder verhogen van de plantdichtheid in de zomer is niet zinvol omdat de plant dan te weinig ruimte heeft om goed uit te groeien.



Figuur 19 Plantdichtheid (aantal pl/m²) gedurende 2 jaar bij het onderzoek naar De Perfecte Chrysanthe waarbij de plantdichtheid is afgestemd op de verwachte lichtsom (natuurlijk licht + assimilatiebelichting) in de teeltperiode van 10 weken na het planten. (Figuur gemaakt met data uit: Raaphorst et al. 2020).

Groeimodellen voor assimilatenbalans

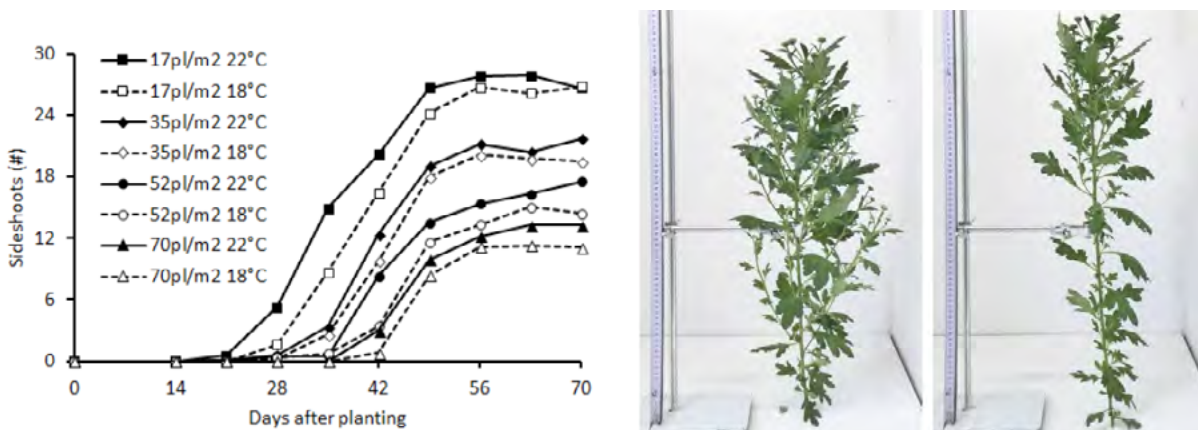
De assimilaten balans bij Chrysant is goed te modelleren en dit wordt daarom ook in groeimodellen gedaan. Gegeven de lichtintensiteit en lichtonderschepping door het gewas en de klimaatfactoren CO₂, temperatuur en RV is de aanmaak van assimilaten te berekenen. De verwerking van assimilaten in groei (= biomassa) is te modelleren aan de hand van plantgrootte, plandichtheid en klimaatfactoren. Uit de vele waarnemingen bij het project De Perfecte Chrysant (DPC) blijkt dat de groei in de eerste weken vooral plaatsvindt in de ontwikkeling van de bladeren, dan een fase van stengelgroei en tenslotte de uitgroei van de bloemen. De opvolging van deze stadia wordt gestuurd door de start van de korte dag behandeling. Met de korte dag behandeling stopt de aanleg van nieuwe bladeren, dat aantal ligt daarmee vast als gegeven. Het aantal bladeren kan dus gestuurd worden met starttijdstip korte dag. Bij de Perfecte chrysant (DPC) zorgde elke dag verlenging van de lange dag fase voor gemiddeld 1 blad extra. Dit zorgt ook voor een langere teeltduur en meer lengte. De lengte wordt tijdens de teelt met remmiddelen bijgestuurd tot gewenste eindhoogte. Dit kan per plantvak en soms zelfs per plant (selectief remmen) apart. Het aantal dagen lange dag is volgens een vooraf gekozen plan, waarbij ervaringen van eerdere jaren meetellen. Ook de cultivar en het teeltdoel spelen mee. Als de bladeren zijn uitgegroeid en de bloem nog moet ontwikkelen zal de plant de beschikbare assimilaten stoppen in stengelgroei, wortelgroei en/of ontwikkeling van lager gelegen knoppen. In de periode van 35 tot ca. 50 dagen na planten (in het voorbeeld in Figuur 20-links) is de berekende sinksterkte lager dan het assimilatenaanbod. Vanuit de gedachte om het aanbod aan assimilaten in evenwicht te houden met de sinksterkte rijst dan de vraag of in die periode niet op belichting bespaard zou kunnen worden. Onderzoek van Chrysant in balans (Boogaart et al. 2019a) wijst er echter op dat de extra geproduceerde assimilaten in die periode als reserves worden opgeslagen, en later in de teelt weer gebruikt kunnen worden voor structurele groei (Figuur 20-rechts). Besparing op belichting in de periode met lagere sinkvraag, kan dan nadelig zijn voor latere groei. Uit de metingen bij De Perfecte Chrysant blijkt dat in de periode van dag 30 tot 50 na planten de stengelgroei het sterkste is. Dit geeft gemiddeld een stevigere stengel wat voor de uiteindelijke sierwaarde beter is.



Figuur 20 Gesimuleerd verloop van source en sink (links) in het onderzoek naar Chrysant in balans bij een plantdichtheid van 48 pl/m² met 200 μmol/m².s belichting en startdatum 1 februari. Rechts het gesimuleerd gebruik van assimilaten van dag tot dag. In week 10 en 11 worden reserves gevormd die rond week 13 alsnog worden gebruikt voor structurele groei (Bron: Boogaart et al. 2019a). De gemiddelde sink (gele lijn in Figuur links) is nauwelijks zichtbaar omdat deze bijna geheel onder de bruine gefitte lijn ligt.

Sturing generatief/vegetatief met daglengte

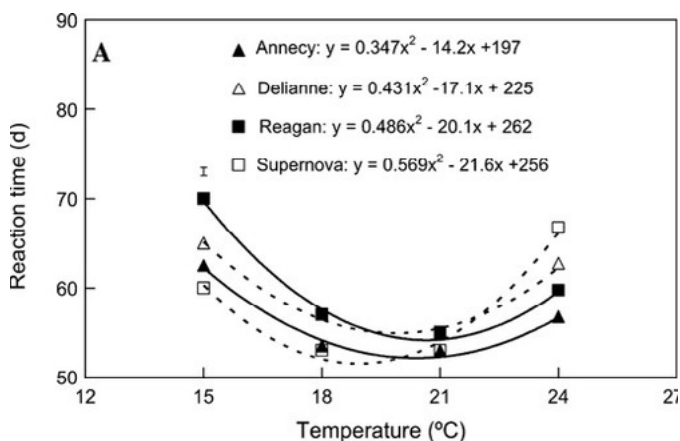
In de fase van aanleg en ontwikkeling van de bloemen kan door middel van daglengte – die in de praktijk wordt gestuurd op 5 minuten nauwkeurig- de verhouding tussen generatieve en vegetatieve ontwikkeling van het gewas worden gestuurd. Het gewas wordt generatief genoemd als de takken klein blad en weinig zijscheuten hebben en is ook te zien aan een relatief laag bladgewicht ten opzichte van het stengelgewicht (Raaphorst et al. 2020). De beoordeling van mate van generatief/vegetatief is vooral op basis van bladlengte, zijscheut ontwikkeling en wijze waarop de blaadjes en knoppen ontwikkelen. Dat wordt nu visueel beoordeeld en met de ervaring van de telers wordt er op gereageerd. In principe zou dit met vision, machine learning en Artificial Intelligence wel aan een algoritme te leren moeten zijn om in beelden te kunnen herkennen, maar dat zal niet eenvoudig zijn. Dat is waarschijnlijk een langdurig en intensief onderzoek zoals een promotie onderzoek. Op basis van jarenlange ervaring is er vaak een jaarplan voor de daglengte door het jaar heen als basis, maar uiteindelijk wordt bijgestuurd op basis van de stand van het gewas. In de winter wordt bij een lage lichtsom een langere dag (kortere nacht) aangehouden dan in de zomer. Dit kan door het jaar heen tot een uur per etmaal verschillen. Dit sturen met daglengte is inspelen op de ontwikkeling van de plant zoals die door de assimilaten balans wordt gevoed. Bij veel assimilaten zal de plant vegetatief ontwikkelen met meer zijscheuten dan bij een tekort aan assimilaten. Hetzelfde is ook te zien bij een lagere plantdichtheid (Figuur 21). De vegetatieve groei moet dan worden opgevangen met een langere nacht. Voor zover mogelijk kan de daglengte per vak worden gestuurd door de belichting aan te zetten en tussengevels te sluiten. Dat is wel maatwerk op de tuin. De keuze voor daglengte is cultivar afhankelijk. Dit sturen op vegetatief – generatief wordt verder nog beïnvloed door het verschil tussen dag- en nachttemperatuur en door de luchtvochtigheid. Dit geldt vaak voor de hele tuin, soms voor een aantal vakken bij elkaar als dat technisch mogelijk is.



Figuur 21 Aantal zijscheuten groter dan 5 cm in een voorjaarsteelt van chrysanthe bij verschillende standdichtheden en twee temperaturen (links). Rechts: foto van zijscheutontwikkeling bij Baltica bij 22°C op dag 49 geteeld op plantdichtheid van 17 pl/m² (links) en 52 pl/m² (rechts). Er zijn niet alleen meer zijscheuten ontwikkeld, maar ook van grotere lengte. (Bron: Boogaart et al. 2019a).

Beperkingen voor sturing op temperatuur/lichtsom

De etmaaltemperatuur is bij Chrysant een groot deel van het jaar te sturen naar een vooraf te bepalen niveau afhankelijk van de lichtsom per dag. Bij het project voor de perfecte chrysant is een indicatielijnt ontwikkeld die jaarrond aangehouden wordt. In de praktijk wordt dit nog weinig toegepast omdat bij Chrysant in de praktijk alle teeltstadia in één compartiment voorkomen. Bij moderne bedrijven wordt er dagelijks geplant en geoogst. Bij een teeltduur van 10 weken kan dit betekenen dat er 70 teeltstadia aanwezig zijn waarbij het sturen per teelt elke dag anders kan moeten. In de start met LD fase is er meer licht en de voorkeur is dat er dan een hogere etmaaltemperatuur wordt gerealiseerd. Dit is niet altijd mogelijk. De KD fase beslaat een groter deel van de teeltduur en daar zal dan ook meer op gestuurd worden. Bovendien is de bandbreedte voor temperatuuraanpassingen tijdens de KD fase kleiner dan in de LD fase omdat hoge en lage temperaturen bij chrysant kunnen zorgen voor een langere reactietijd (Figuur 22). Ervaring in de praktijk is dat het gewas het meest gevoelig is voor bloeivertraging als het gewas ca. 3 weken in KD fase is. Bij het Perfecte Chrysant project mag de etmaaltemperatuur tussen de ca. 19 en 24°C mee bewegen met de lichtsom. Vanwege de lagere planttemperatuur onder LED belichting worden bij DPC ca. 1°C hogere grenswaarden aangehouden dan in het onderzoek van Ploeg et al. 2007 (Figuur 22). In de praktijk kan soms m.b.v. tussengevels wel enigszins gecompartmenteerd worden waarbij de lampen dan voor hogere temperaturen in de LD fase zorgen, maar voor sturen van de assimilaten balans is het een compromis.



Figuur 22 Reactietijd van 4 chrysanten cultivars in relatie tot temperatuur (Bron: Ploeg et al. 2007).

Invloed van spectrum op de ontwikkeling

Bij de sturing van de ontwikkeling komt naast daglengte en klimaat met de introductie van LED belichting nog een extra stuurfactor naar voren die van belang is: de invloed van spectrum op de ontwikkeling. Omdat de overgang naar LED in de praktijk vaak gepaard gaat met een lagere planttemperatuur en een hogere lichtintensiteit kan het gewas door de aanmaak van meer assimilaten en lagere planttemperatuur een meer vegetatieve groei geven (in vorm van meer zij scheuten). Dit kan worden opgevangen door een hogere etmaaltemperatuur of door een langere nachtlengte. Een hogere etmaaltemperatuur zal niet de ontwikkelingsduur van de bloemen verkorten, maar tussen bedrijven komen verschillen voor in reactietijd bij hetzelfde ras wat kan wijzen op een temperatuur effect hierop. Bij de eerste ervaringen met LED werd vaak opgemerkt dat de gewassen trager in bloei kwamen. Bij DPC met full led belichting wordt daarom een hogere etmaal temperatuur nagestreefd dan onder SON-T belichting. In Chrysant in Balans (Boogaart et al. 2019a) wordt aangegeven dat nog niet duidelijk is of alleen de assimilatenbalans verantwoordelijk is voor de extra scheutuitloop onderin de plant bij een lage plantdichtheid. Het verschil in scheutuitloop door verschillen in plantdichtheid zou ook (deels) gevolg kunnen zijn van een veranderde rood/verrood verhouding onderin het gewas. Bij een hoge plantdichtheid zal het aandeel verrood onderin de plant hoger zijn en mogelijk daardoor de zij scheutontwikkeling remmen. Dit roept de vraag op of ongewenste scheutuitloop in vroeg stadium voorkomen zou kunnen worden door extra verrood licht. Eerder onderzoek met verrood nabelichting in de lange dag fase of in de eerste 3 weken van de teelt met een hybride belichting gaf bij chrysant echter ongewenste strekking (Meinen et al. 2015) en bij een spectrum proef in het IDC-LED gaf verrood licht bij chrysant meer strekking, bloeivertraging en werden de bloemtrossen niet goed gevormd (Dieleman en Weerheim, 2019). De laatste ontwikkelingen zijn dat met End of Day verrood in de winter gestuurd kan worden op voldoende taklengte. In voorjaar en zomer is deze extra sturing niet nodig. End of Day verrood leidt in combinatie met full led (RB 95/5%) tot een iets kortere reactietijd.

Bladafsterving en bloemkleur

Bij chrysant zijn nog andere kwaliteitsaspecten belangrijk. Een probleem bij meerdere rassen is het afsterven van de onderste bladeren tijdens de teelt. Dode bladeren aan de steel betekent extra arbeid tijdens de oogst en algemeen een mindere bladkleur/kwaliteit. Dit is deels een genetische eigenschap waar telers rekening mee houden door in de winter minder dicht (lagere plantdichtheid) te planten. Onbekend is of dit met de assimilaten balans van het gewas te maken heeft. Bij andere gewassen kan bij een te hoge LAI onderin het gewas bladvergeling optreden als het onderste blad meer assimilaten verbruikt dan het aanmaakt. Anderzijds lijken bij foto's van de spectrumproef met chrysant in het IDC-LED ook verschillen in bladvergeling zichtbaar als gevolg van een ander lichtspectrum (zie foto's in presentatie BCO in bijlage 2). Een tweede aspect is de kleur van de bloem, deze kan door voldoende assimilaten intenser zijn of bij gebrek minder intens. Aan het einde van de teelt wordt het grootste deel van het licht onderschept door de bloemen en is de assimilaten aanmaak lager dan in de fase daarvoor wanneer de bladeren nog wel al het licht opvangen.

Voorkomen onnodige onderhoudsademhaling en minimale niet oogstbare plantdelen

Bij de assimilaten balans hoort verder nog dat het deel van de plant dat assimilaten gebruikt voor onderhoud zo klein mogelijk is. Onnodig gebruik van assimilaten voor onderhoud verkleint het deel dat voor het oogstbare product beschikbaar is. Daarnaast moet investering van assimilaten in plantdelen die niet verkocht worden zo laag mogelijk gehouden worden. Zo moet bij de oogst het verlies in afgesneden steel en verwijderd blad beperkt blijven. Daarom wordt de lengte nauwkeurig gestuurd naar ca. 80 cm bij de oogst door middel van een lengtegroei remmer. Het remmen is naar behoefte van het gewas en verschilt per teelt en kan zo nodig zelfs handmatig plant specifiek gedaan worden.

Het denken in assimilatenbalans kan bij Chrysant ondersteund worden met groeimodellen en kan meer worden gedaan dan nu de praktijk is. Het doorrekenen van verschillende scenario's kan mogelijk meer inzicht geven in nieuwe teeltsturingmogelijkheden. (Zie bijvoorbeeld de inspanning die bij Gerbera worden gedaan middels een groeimodel). De verfijning naar sturing van de ontwikkeling in generatief-vegetatief is moeilijker omdat dan factoren als daglengte en stand van het gewas belangrijk zijn en daar moet de teler na goede waarneming op inspelen. Inzicht in de assimilaten balans kan de teler daarbij wel ondersteunen.

Er is enige tijd gewerkt aan een camera en beeldverwerking om de gewasgroei te volgen bij chrysanth. Het was mogelijk om een goed 3D beeld te maken van de bovenste 5 cm van het gewas en om de rijpheid/reactie tijd en het aantal bloemen te tellen. Verder kon ook de hoogte van het gewas bepaald worden. Als de beelden door de tijd aan elkaar gekoppeld zouden kunnen worden, zou mogelijk ook een 3D gewasmodel gebouwd kunnen worden. Vanwege de grote investering en uitdagende data verwerking is hier niet mee verder gegaan. Voor onderzoek zijn 3D modellen van Chrysanth ontwikkeld.

Samenvatting sturen op plantbalans bij chrysanth:

Voorafgaand aan de teelt wordt voor elke plantdatum een plan opgesteld voor:

- Afstemming plantdichtheid op te verwachte lichtsom in komende 10 weken
- Gewenst aantal dagen lange dag (op basis van ervaring in eerdere jaren)
 - Voor sturing van aantal bladeren, teeltduur en potentiële lengte en gewicht van de bloemtak
- Gewenste daglengte tijdens korte dag fase (op basis van ervaring in eerdere jaren)
 - Voor sturing verhouding vegetatief/generatief. In winter bij lagere lichtsom wordt een langere dag (kortere nacht) aangehouden dan in zomer.
 - Wordt gestuurd op 5 minuten nauwkeurig en kan tot een uur verschillen in zomer en winter
 - Sturing vegetatief/generatief wordt ook beïnvloed door verschil tussen dag- en nachttemperatuur en RV.
- Gewenste eindhoogte zodanig dat afval van afgesneden tak onderin minimaal is (max. 10 cm) om onnodige investering in assimilaten in niet oogstbare plantendelen te voorkomen.

Tijdens teelt kunnen onderstaande indicatoren wekelijks gemeten/gevolgd worden om plantbalans te monitoren en bij te sturen:

Waarde/indicator	Teken dat	Actie	Eenvoudig te meten?
Toename strekking	Te weinig geremd	Verkleinen DIF of meer remmen.	Ja, meten lengte en vergelijken met streefwaarde voor lengte.
Toename bladlengte en zijscheutontwikkeling	Gewas wordt meer vegetatief, te lage temperatuur/lichsom verhouding	Temperatuur verhogen ten opzichte van lichtsom*, daglengte verkorten (langere nacht), bijsturen met RV en/of verschil dag-/nacht-temperatuur indien mogelijk	Meten bladlengte, tellen en meten zijscheuten. Is bewerkelijk. Gebeurt nu nog visueel op basis van opgebouwde ervaring en gewaskennis.
Afname stengeldikte	Te hoge temperatuur/lichsom	Temperatuur verlagen ten opzichte van lichtsom*	Meten met schuifmaat. Gebeurt nu nog visueel op basis van opgebouwde ervaring en gewaskennis.
Afname aantal bloemen	Te hoge temperatuur/lichsom	Temperatuur verlagen ten opzichte van lichtsom*	Tellen bloemen of met camera en beeldverwerking. Gebeurt nu nog visueel op basis van opgebouwde ervaring en gewaskennis.
Teveel strekking bloemsteeltjes van zijscheuten (mogen niet boven hoofdbloem uit strekken)		Daglengte verkorten, meer remmen.	Meten met liniaal of duimstok. Gebeurt nu nog visueel op basis van opgebouwde ervaring en gewaskennis.

* Bij chrysanth kan bij te hoge of te lage temperatuur bloeivertraging ontstaan. In het onderzoek van Ploeg et al. 2007 lagen de minimum- en maximumwaarden rond de 18 en 23 °C. In het project 'De Perfecte Chrysanth' met 200 µmol/m².s LED belichting wordt 1°C hogere minimum en maximum temperatuur aangehouden (vanwege lagere planttemperatuur onder LED-belichting) en mag de temperatuur tussen ca. 19 en 24 °C meebewegen met de lichtsom.

4.3 Plantbalans Roos

Wanneer is een rozengejas in balans? Roos is voor het denken in een balans een lastig gewas. Om het snee-effect te omzeilen wordt gestart met stekken die niet gelijktijdig zijn gemaakt. Twee plantingen door elkaar met twee weken leeftijd verschil geeft al direct verschillen in plantontwikkeling. De plantdichtheid staat vast aan het begin van de teelt, die doorgaans 4 tot 7 jaar duurt. In het begin is er weinig concurrentie tussen planten. Op de jonge planten ontwikkelen stekscheuten (=primaire scheut) totdat er een bloemknop in komt. De bloemknop is een sterke sink en zorgt via apicale dominantie dat lager gelegen ogen niet uitlopen. De lichtonderschepping is nog niet optimaal en elke plant krijgt dat licht wat het kan opvangen. Het bladvolume van de individuele planten is verschillend en daarmee is ook de assimilaten aanmaak verschillend. Dit betekent source verschillen tussen planten, met alleen de tak met knop als gelimiteerde sink. Eventuele assimilaten overschotten kunnen worden vastgelegd in houtvezels.

Plantopbouw bij start van de teelt

Zodra de knop uit de plant wordt gehaald is een deel van de apicale dominantie weg en ontwikkelen zich zijscheuten (de "pluizen"). De hogere ogen lopen eerder uit dan de lager gelegen ogen (correlatieve inhibitie van uitloop). Als vervolgens de tak met zijscheuten wordt omgelegd/ ingebogen is de apicale dominantie weg, waardoor oudere ogen onder het stekblad uitlopen en worden de zogenaamde grondscheuten aan de basis van de plant gevormd. Het aantal grondscheuten dat in dit stadium kan uitlopen is rasafhankelijk en gemiddeld 1.5 tot 2.5 per plant. De mate van ontwikkeling is afhankelijk van het bladpakket van de ingebogen scheut en eerder vastgelegde reserves die gemobiliseerd worden. In het begin van de teelt is er nog relatief weinig weefsel voor het opslaan van reserves in vergelijking met oudere gewassen. Hoe groter de source hoe sterker de ontwikkelende tak. Het moment van inbuigen is daarom een bepalende factor voor de ontwikkeling van de grondscheuten. De ontwikkeling van de grondscheuten is bovendien te beïnvloeden met de temperatuur. Een hogere temperatuur geeft een gemiddeld kortere en lichtere tak. De grondscheuten zijn meestal bloemdragende scheuten van zware kwaliteit. Als deze oogstrijp zijn, worden ze "hoog" geknipt (boven een 5-blad) en dienen als basis voor de plantopbouw.

Ingebogen bladpakket en kniphoogte

Dit principe van ontwikkeling onder invloed van het bladpakket dat licht onderschept, temperatuur, sinksterkte van de knop en eventuele opgeslagen reserves zie je later in een ouder gewas nog steeds. De mate van ontwikkeling is afhankelijk van het bladpakket van de ingebogen scheut en eerder vastgelegde reserves die gemobiliseerd worden. Het gewicht van het ingebogen bladpakket loopt per plant sterk uiteen en er is een correlatie tussen de hoeveelheid ingebogen blad en de hoeveelheid en vooral het gewicht van de uitlopende scheuten (Baas et al. 2005). Voor voldoende scheutgewicht is het dus van belang om voldoende ingebogen blad aan te houden. Daarnaast is de kniphoogte heel bepalend voor de uitloopsnelheid en kwaliteit van de scheut. Dit geldt zowel voor het begin van de teelt (Baas et al. 2005) als later in de teelt. Bij het oude gewas wordt die invloed versterkt doordat je meerdere vertakkingen terug kunt knippen. De kniphoogte/wijze van knippen heeft invloed op meerdere factoren: het aantal knoppen die kunnen uitlopen, de ontwikkelingssnelheid, de kwaliteit van de resulterende bloemtak en of een knop een bloem vormt of een "blinde/loze" scheut geeft. Door het jaar heen worden verschillende knipstrategieën aangehouden om het aantal nieuwe scheuten af te stemmen op de hoeveelheid licht die verwacht wordt tijdens de uitgroei van de bloemtakken. Van oudsher wordt daarom in het najaar onderdoor geknipt (in het oudere hout, onder een vertakking) zodat er minder nieuwe scheuten uitlopen naar de winter toe als er minder licht beschikbaar is. Als er meer scheuten mogen uitlopen (richting periode met meer licht) wordt er hoger geknipt (in jonger hout met jonge ogen die sneller uitlopen).

De plantopbouw en de knip- en inbuigstrategie zijn voor een rozengejas dus bepalend voor het aantal scheuten dat er per m² ontwikkeld en voor de kwaliteit. De knipmethode bepaalt niet zo zeer hoeveel biomassa er gemaakt kan worden, maar wel hoe die biomassa wordt verdeeld. Daarbij staan de scheuten/takken van verschillende planten door elkaar heen zodat moeilijk is te zien wat bij een bepaalde plant hoort. Het opdelen van een teeltvak in stukjes per plant is praktisch gezien niet uitvoerbaar. Voor de biomassa productie per m² is de individuele plant echter niet relevant. Gaten die ontstaan door b.v. plantuitval worden meestal snel door de naburige planten opgevuld, zonder grote verschillen voor de totale productie per m².

Lichtonderschepping

In een ouder gewas met voldoende bladpakket kan de lichtonderschepping meer dan 90% zijn. Het maakt daarbij niet uit of dit blad aan opstaande takken zit of op ingebogen takken. Is er minder blad aanwezig dan zal de lichtonderschepping te kort komen om al het beschikbare licht om te zetten in assimilaten. In onderzoek van Kool (1996) kon 86% van de productie verklaard worden door de lichtonderschepping (de Hoog, 1998). Een dikker bladpakket resulteerde dankzij de hogere lichtonderschepping in een groter productiegewicht. Voor sturen op plantbalans is een goed bladpakket dus een voorwaarde. Dit bladpakket is niet constant doordat bij de oogst een deel van het bladpakket mee geoogst wordt. Dit is een groot verschil met groentegewassen en ook met Gerbera. Om een goede source te houden moet na het knippen voldoende blad overblijven. Dit kan het geval zijn als er veel ingebogen blad is of als er veel takken van diverse leeftijd op het gewas staan, zodat er voldoende blad aan opstaande takken zit. Als er bijvoorbeeld 5 takken per m² per week worden geoogst en de ontwikkeling van een tak van knippen tot knippen bij bovendoor knippen 6 weken duurt, dan moeten er 30 takken per m² verdeeld over de verschillende ontwikkelingsstadia zijn. Kool (1996) heeft ook vastgesteld dat ca. 82% van de totale droge stof ten goede komt aan het oogstbare product (oogstindex). Verder zag hij ook dat een zwaardere stengelmasse (door vooral dikkere grondscheuten en vertakkingen) de bloemproductie stimuleert.

Plantbelasting

De sinkgrootte wordt voor een belangrijk deel bepaald door het aantal takken dat in de verschillende stadia van ontwikkeling zijn. Een net uitlopend oog is nog geen grote sink, maar als de scheut ontwikkelt zal dit eerst een sterkere sink worden. Als de bladeren bij gaan dragen aan de fotosynthese en er meer assimilaten worden gevormd dan er voor de ontwikkeling van bloem en blad nodig is, zal de scheut een source worden. Om dit te volgen moet je dus weten hoeveel takken er van verschillende stadia in een gewas aanwezig zijn. Dit is te meten, maar met een complex gewas als roos is dit heel arbeidsintensief. Dit lijkt voorlopig nog niet mogelijk met beeldanalyse. In het verleden is hier wel aan gewerkt en leek ook haalbaar maar vanwege beperkte belangstelling is dit niet voortgezet.

De knopvorming is afhankelijk van de source en van de temperatuur. Als er te weinig assimilaten zijn zal een tak geen bloem vormen. Een "loze" tak kan worden ingebogen en zo weer een source zijn voor nieuwe takken. Als er te weinig loze takken zijn, kan het nodig zijn om bij goede maar kleine takken de knop uit te nemen en in te buigen om zo voldoende blad over te houden. Een permanente meting van de lichtonderschepping kan een teler helpen om continu inzicht in de lichtonderschepping te houden.

Voor de kwaliteit van rozen is naast taklengte, takgewicht en bladgrootte de knopgrootte een belangrijke eigenschap. De knopgrootte is te beïnvloeden via de temperatuur. Een hogere temperatuur geeft een snellere ontwikkeling en daardoor een kleinere knopgrootte. De temperatuur heeft niet alleen een directe invloed op de ontwikkelingssnelheid maar heeft ook invloed op de hormonale ontwikkeling van de bloem en die heeft invloed op de bloemgrootte.

Plantbalans

Het sturen op plantbalans en het in balans houden van een rozen gewas is daarmee een lastige opgave. Met het toenemen van de belichtingsintensiteit wordt het echter wel beter mogelijk om op een constant niveau van lichtsom door het jaar heen te sturen. Bij een belichtingsintensiteit van 300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ en 24 uur belichting ontvangt de plant in de winter al minimaal 25.9 mol per dag. Daar bovenop kan de natuurlijke instraling afhankelijk van het jaar nog 1 tot 35 mol per dag toevoegen. Het afschakelen van de lampen op buitenlicht en wegschermen van hogere natuurlijke lichtintensiteiten maakt het mogelijk om minder variërende lichthoeveelheden door het jaar te realiseren en maakt het makkelijker om een evenwichtige ontwikkeling te realiseren. De plantontwikkeling vertoont dan minder variatie door het jaar heen dan in een situatie met weinig of geen belichting. Overigens zijn er in het verleden negatieve effecten op de houdbaarheid van roos gezien bij 24 uur belichten. Deze effecten houden verband met de inactiviteit van de huidmondjes bij 24 uur belichting en continu aanhoudend hoge RV in de winter. De huidmondjes blijven beter functioneren als er regelmatig een sluitingsprikkel gegeven wordt, bijvoorbeeld door het aanhouden van een donkerperiode van minimaal 4 uur, voldoende lage RV, periodieke verlaging van RV, verhoging van de nachttemperatuur (waardoor RV daalt) en/of sterke luchtbeweging (Garcia et al. 2016).

Bij roos zorgt 1 MegaJoule natuurlijk licht voor 2,5 gram droge stof aanmaak (Kool, 1996). In het onderzoek naar Perfecte Roos is in de laatste 3 teeltjaren op jaarbasis gemiddeld 2.0 tot 2.5 gram geoogste roos per mol licht geproduceerd (versgewicht). Bij hogere temperatuur geeft dit meer bloemen van lager gemiddeld gewicht en bij lagere temperatuur minder bloemen met hoger gewicht. De lichtsom is met afschakelen van belichting en eventueel schermen of krijten de rest van het jaar ook redelijk te sturen naar een gewenst niveau. De etmaaltemperatuur is echter veel minder goed te sturen. In de zomer zal deze hoger worden dan in de winter en juist de hoge temperaturen versnellen de takontwikkeling en verminderen de kwaliteit. Het aantal ontwikkelende takken is in de winter afgestemd op de juiste combinatie van temperatuur en lichtsom. Als de lichtsom naar de zomer toe dan relatief minder stijgt dan de temperatuur, zal (hoe tegengesteld het ook voelt) het aantal takken per m² moeten worden verlaagd om een goede takkwaliteit in de zomer te behouden, doordat de source dan over minder tegelijk ontwikkelende takken wordt verdeeld. Daarbij moet wel bedacht worden dat de temperatuur een versnelling van de ontwikkeling geeft die niet volledig door hoog assimilaten aanbod is te compenseren. In de zomer kan het goed zijn om bij meer lichte takken de knop uit te halen en in te buigen om zo voor het najaar een goede basis van lichtonderschepping en mogelijk reserves voor groei in de winter te creëren.

Onderhoudsademhaling

Vanuit de BCO is de vraag gesteld hoeveel energie het een rozenplant kost om een struik te onderhouden en of er bij een oud rozengewas verschil is in onderhoudsademhaling tussen een hoog- of laag opgebouwd gewas. Dat is op dit moment specifiek voor roos niet eenvoudig te beantwoorden. In het algemeen geldt dat de onderhoudsademhaling toeneemt als de biomassa toeneemt, waarbij globaal gezien de onderhoudsademhaling van stengels en wortels circa de helft lager is dan de onderhoudsademhaling van blad en de onderhoudsademhaling bij oudere gewassen afneemt (Heuvelink en Kierkels, 2007). Of het dan in het geval van een rozengewas gaat om relevante verschillen blijft de vraag. Bovendien kunnen ook andere zaken invloed hebben zoals verschillen in bladpakket (hoogte en dikte), hormoonhuishouding, onderdoor/bovendoor knippen, diameter van geknipte stengel, inbuigstrategie en cultivareigenschappen. Bovendien groeien jong gewassen gemakkelijker door de juveniliteit van een jong gewas. Voor roos is binnen Wageningen UR Glastuinbouw een uitgebreid gewasmodel ontwikkeld op basis van experimentele gegevens en publicaties (Elings, pers. med.). Omdat veel plantprocessen bij roos veel variatie vertonen (zoals aantal uitgelopen knoppen, drogestof verdeling over bloeiende en ingebogen takken, uitgroei duur, en nog veel meer) gaf dit model niet in alle gevallen een goede weergave van de praktijk. Daarom is een eenvoudiger model gemaakt met een aantal vaste aannames. Daarmee kunnen effecten van het klimaat op de totale groei zichtbaar worden gemaakt, wat met een vaste verdeelsleutel wordt vertaald naar aantal geoogste takken. In dit model wordt o.a. rekening gehouden met extra onderhoudsademhaling als gevolg van meer oud hout en de lichtsom. Scenarioberekeningen met dit model kan mogelijk meer inzicht geven.

Sturen plantbelasting en assimilatenbalans

Een andere vraag die vanuit BCO gesteld werd, is het uitlopen van teveel ogen als de plant onder hoge druk staat. Dit is gevolg van wegvallen van apicale dominantie als stelen geoogst zijn en is te voorkomen door niet op snee te telen en door loze en dunne takken te toppen en laten staan, later in te buigen en later te knippen op een moment dat meer scheutuitloop gewenst is. Dit wordt in praktijk al toegepast door sommige telers.

Bij variërende lichtonderschepping kan ingebogen blad wel of niet bijdragen aan de assimilatenpool. Berekeningen bij Paprika laten zien dat bladsnijden onderin het gewas positief is voor productie. In de praktijk is dit effect te klein om toe te passen. Blijkbaar levert dit te weinig assimilaten op voor de netto groei van de plant om de arbeid lonend te maken. Blad breken bij tomaat en komkommer in een jongstadium levert wel gunstige effecten op. Vertaald naar roos: het oudere blad kost een beperkte hoeveelheid energie en als het niets meer bijdraagt, wordt het door de plant zelf afgestoten. Het is nuttiger om jonge scheuten die niet tot een goede tak zullen leiden er vroeg uit te breken. Dit kan bijvoorbeeld als er twee scheuten op een net geknipte tak gaan ontwikkelen.

Een aspect dat bij sturen op assimilaten balans bij roos ook een rol speelt in de zomer is het tekort aan CO₂ in de kas. In de winter is de beschikbaarheid van voldoende CO₂ geen probleem, maar in de zomer kan bij open luchtramen de CO₂ concentratie dalen en daardoor ook de aanmaak van assimilaten lager zijn dan verwacht. Dit betekent dat er nog minder takken aangehouden zouden moeten worden om een goede kwaliteit te behouden.

Het monitoren en bijsturen van de plantbalans met de gewaskenmerken en sturingsacties in onderstaande Tabel biedt handvaten om de plantbalans en gewenste bloemkwaliteit door het jaar heen meer constant te houden.

Waarde/indicator	Teken dat	Actie	Eenvoudig te meten?
Afnemende knopgrootte	Ontwikkeling versnelt	kastemperatuur verlagen Of dunnere takken knippen/inbuigen	Ja, wordt standaard gemeten bij het sorteren
Afnemende steellengte	Ontwikkeling versnelt	Kastemperatuur verlagen Of ontwikkeling vertragen door b.v. onderdoor knippen	Ja, wordt standaard gemeten bij sorteren.
Afname lichtonderschepping door afnemende bladmassa (veel oogst, of b.v. bladval)	licht te kort (winter situatie)	Extra takken inbuigen Of knop breken van dunne of loze takken en tijdelijk laten staan	Lastig te meten voor telers, mogelijk met camera's of een permanente meting van lichtonderschepping onder het bladpakket
Afnemende bloemgewichten	verschillende oorzaken	Kas temperatuur verlagen, Dunnere uitloop verwijderen	
Sterk afnemende uitgroeiduur	temperatuur te hoog of te hoog geknipt	temperatuur verlagen onderdoor of lager (dichter bij uitgroeipunt) knippen	Ja, wordt gedaan; door stelen te markeren en tijd van oogst tot oogst te registreren.
Teveel uitloop/te veel stelen/m ²	te hoog geknipt, cultivar eigenschap	Lager of onderdoor knippen, meer takken inbuigen en hele dunne takken laag knippen	Tellen uitloop punten
Te weinig uitloop/te weinig stelen/m ²	Te lage LAI, te veel blad weg geknipt, te weinig knippunten (door bv. onderdoor knippen/te laag geknipt), cultivar eigenschap	Blaadje breken, hoger knippen, (extra inbuigen*), knop breken, dunne takken of loze takken koppen en tijdelijk laten staan	Tellen uitloop punten

* Extra inbuigen is soms heel moeilijk bij te weinig uitloop

4.4 Plantbalans Freesia

Als voorbeeld van een gewas met opslagorganen wordt in deze paragraaf nader ingegaan op de plantbalans van Freesia. Freesia is een knolgewas. In de herkomstgebieden (Kaapprovincie van Zuid Afrika) beginnen de knollen in de herfst te bewortelen en te spruiten. De knollen vormen een kort gelede stengel waarvan de bladeren dicht op elkaar staan. Het groeipunt blijft daardoor lange tijd in de grond. Bij lage bodemtemperatuur wordt de bloei geïnduceerd en volgt een bloemstengel die in de winter bloeit. De basis van de nieuwe scheut verdikt tot nieuwe knol en in het voorjaar sterft het gewas bovengronds af. De nieuwe knol en eventuele kralen gaan in rust en blijven in rust tijdens de warme zomerperiode.

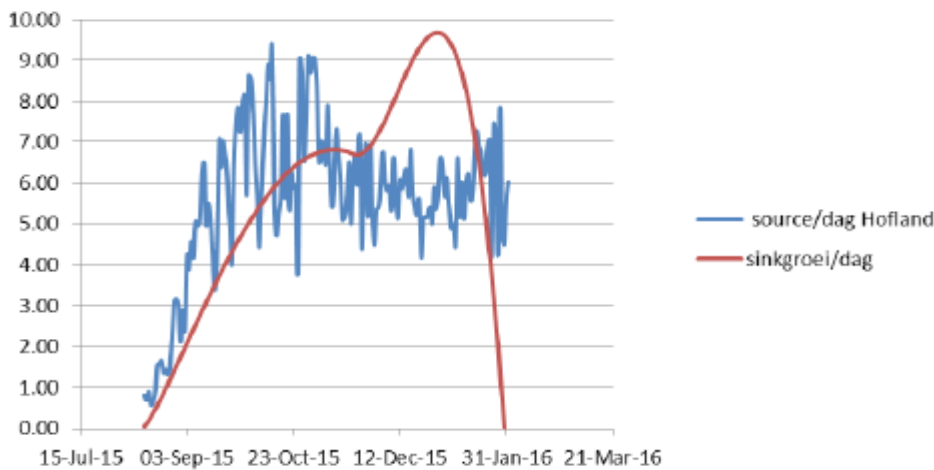
Bij Freesia zijn het aantal geoogste takken per m² en het takgewicht bepalende factoren voor de productie in kg/m². Het takgewicht moet een minimaal gewicht hebben voor de gewenste afzetmarkt. Bij de productie en kwaliteit wordt onderscheid gemaakt in hoofdtakken en haken (zijscheuten). De hoofdtakken zijn in het algemeen zwaarder en beter van kwaliteit dan de haken. Bij een goede uniforme weggroei na het planten en goede bloei-inductie is het aantal hoofdtakken/m² gelijk aan de plantdichtheid. De weggroei wordt bepaald door de kwaliteit en preparatie van de knollen voor het planten en de juiste uniforme groeicondities na het planten zoals de juiste vochtigheid van de grond. De totale productie (hoofdtakken en haken samen) wordt sterk bepaald door het aantal oogstbare haken. Afhankelijk van de bodemtemperatuur en de cultivar kunnen in de oksels van de hoofdtak maximaal zo'n 6 tot 8 haken geïnduceerd worden. De haakproductie wordt niet alleen bepaald door de inductie van het maximale aantal haken, maar ook door de hoogte van de haken op de hoofdtak en voldoende assimilaten om alle aangelegde haken te laten uitgroeien. Afhankelijk van het seizoen duurt de teelt 5 tot 7 maanden. De nieuw gevormde knollen en kralen worden na het rooien gedroogd, gesorteerd, bij hoge temperatuur geprepareerd in een bewaarcel en hergebruikt voor vervolgteelten. Door elke week een nieuw teeltvak te planten, kunnen jaarrond bloemen geoogst worden. Dit betekent dat alle gewasstadia van jong tot oud bij elkaar in één kas staan en maakt dat er bovengronds beperkt mogelijkheden zijn om de temperatuur per teeltfase/teeltvak aan te passen. De bloei-inductie wordt wel per teeltvak en per cultivar apart gestuurd met de bodemtemperatuur.

Plantdichtheid afgestemd op lichtsom tijdens uitgroei en oogst van hoofdtak en haken

De plantdichtheid varieert over het jaar omdat de lichtsom per dag over het jaar varieert. Bij de teelten waarbij de oogst in de winter valt, wordt een lagere plantdichtheid gehanteerd dan bij teelten waarbij in de zomer wordt geoogst. Bij de keuze van de plantdichtheid is het belangrijk om rekening te houden met de lichtsom gedurende de periode met de hoogste sinkvraag. Dat is de periode van de uitgroei en oogst van hoofdtak en haken (Figuur 23). Een te hoge plantdichtheid leidt tot onbalans bij de oogst en geeft een laag takgewicht en minder productie als er onvoldoende assimilaten zijn om alle haken te laten uitgroeien. Daarbij is niet alleen de verwachte lichtsom maar ook de buitentemperatuur van belang. Freesia wordt in winter geteeld bij lage temperaturen (stooktemperatuur van 8°C) en realisatie van kastemperatuur is daardoor sterk afhankelijk van de buitentemperatuur. Hogere buitentemperaturen in de winter hebben een nadelig effect op de kwaliteit en productie. Pot et al. (2016) hebben onderzocht of de lichtbenutting omhoog zou gaan bij een iets hogere temperatuur, maar dat bleek niet het geval. Onderzoek naar effect van kastemperatuur van 11.5, 14.5 en 17.5°C en belichting met 135 en 200 µmol/m².s gedurende 16 uur per dag heeft laten zien dat de teelt source gelimiteerd is (Boogaart et al. 2020). Bij 135 µmol/m².s belichting was de productie hoger naarmate temperatuur lager was. Bij 200 µmol/m².s was er weinig verschil in aantal stuks/m² tussen 11.5°C en 14.5°C, maar de droge stof productie was bij 11.5°C wel hoger dan bij 14.5°C. Blijkbaar was de source in deze omstandigheden nog steeds limiterend. Dit maakt dat in de praktijk bij lage temperatuur wordt geteeld.

Sinkgrootte afhankelijk van gewasfase Freesia

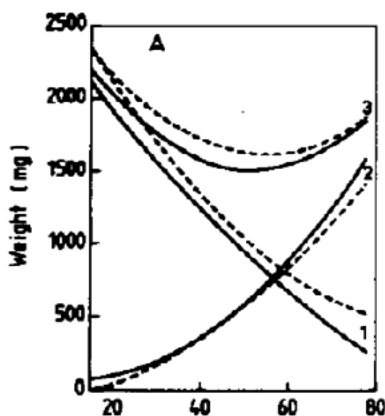
In het onderzoek "Telen op basis van plantbalans bij koude teelten: Freesia" (Pot et al. 2016), is gerekend aan de source (op basis van fotosynthese karakteristieken, lichtintensiteit aan de kop van het gewas, bladoppervlak en lichtonderschepping) en een schatting gemaakt van de sinkgroei. Omdat deze niet berekend kon worden, is aangenomen dat de maximale sinkgroei gelijk was aan de groei als er geen enkele beperking is in het assimilatenaanbod. Hiervoor zijn de hoogste groeicijfers van alle oogsten gebruikt om een verdeling van de sinkgroei over de tijd te simuleren op basis van temperatuur (Figuur 23). Dit laat zien dat de sinkgroei in het begin van de teelt laag is, toeneemt naarmate de teelt vordert en er vooral een hoge sinkgroei is bij de uitgroei van de haken. Bij de planting van 5 augustus was er in het eerste deel van de teelt tot half november meer source beschikbaar dan sinkgroei, en later in de oogstfase was er meer sinkgroei dan source. De sinkwerking van de knol is in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten.



Figuur 23 Berekende source en geschatte sink bij een Freesiateelt geplant op 5 augustus in de praktijk berekend door Pot et al. 2016.

Oude knol source van droge stof bij start van teelt

In de eerste fase na het planten fungeert de knol als een source voor de blad- en wortelontwikkeling. Het drooggewicht van de knol daalt en het bladgewicht neemt toe (Figuur 24). Bij een lage kasttemperatuur wordt de oude knol langzamer leeg getrokken dan bij een hoge kasttemperatuur (Boogaart 2020). Tijdens en/of na de oogst van de hoofdstengel verdikt de basis van de scheut en vormt deze een nieuwe knol met daarnaast soms nog een aantal kleine nieuwe knollen (kralen). Dit zijn dus extra sinks die tijdens en/of na de bloei (kunnen) concurreren met de bloemtakken om assimilaten. Bij teelten die in het voorjaar en zomer eindigen blijft het gewas na het einde van de oogst nog ca. 2 weken in de kas om de knol- (en kralen-) groei te bevorderen en op die manier geschikte knollen voor uitgangsmateriaal van vervolgteelten te maken. Omdat er dan nauwelijks sinks meer zijn van bloemen, gaat nagenoeg alle source dan naar de nieuwe knollen en kralen.



Figuur 24 Verloop van drooggewicht van knol (1), bladeren (2) en totaal drooggewicht (3) bij twee Freesia behandelingen uitgezet tegen het aantal dagen na het planten (Berghoef et al. 1989).

Sturing aantal bladeren, bladlengte en lichtonderschepping

Afhankelijk van de knolgrootte wordt er in de eerste 2-3 weken een hoge bodemtemperatuur ($>20^{\circ}\text{C}$) aangehouden. Een hoge bodemtemperatuur bevordert het spruiten van de knollen en houdt het groeipunt (dat in de grond zit) vegetatief waardoor er meer bladeren worden afgesplitst. Hiermee kan gestuurd worden hoeveel bladeren gevormd worden en hoe hoog het gewas wordt. Bij te vroege start van de bloei-inductie worden er minder bladeren aangelegd en kan het bladpakket later in de teelt te klein blijven, waardoor niet al het licht onderscheept wordt. Bij te late bloei-inductie duurt de teelt onnodig lang, wordt het blad te lang en kan het bovenste stuk van het blad om gaan vallen. Dit zorgt voor minder en ongelijke lichtdoordringing onderin het gewas en maakt het oogsten arbeidsintensiever. Om dit te voorkomen worden toppen van te lang blad, verwijderd voordat het om gaan vallen. Dit kost extra arbeid en is onnodig verlies van geïnvesteerde assimilaten.

Het aantal weken of dagen hoge temperatuur in het begin van de teelt gebeurt volgens een vooraf vastgesteld plan op basis van gewaskennis, cultivareigenschappen en ervaring en is langer voor kleinere knolmaten. Op basis van de gewasgroei in het begin van de teelt en de stand van het gewas kan dit soms nog enigszins worden aangepast rondom de start van de koeling. Dit gebeurt op het oog en ervaring. De strekking en vorm van het blad en de plant kan ook beïnvloed worden door de temperatuur/licht verhouding. Bij een lage kastemperatuur/lichtsom verhouding wordt het blad korter en breder met dikkere bladnerven en wordt ook de plant breder. Het kan dan langer duren, voordat er volledige lichtonderschepping is et al. het beschikbare licht benut wordt. Omdat alle gewasfasen bij elkaar in 1 kas staan en vanwege de gewenste lage bodem- en kastemperatuur later in de teelt is sturing met kastemperatuur lastig. Sturing zal dan met lichtsom moeten plaats vinden. Mogelijk zijn er nog wel manieren om met aanpaste (lagere) lichtsom een snellere volledige lichtonderschepping te bereiken.

Sturing bloeitijdstip, haak- en bloemaanleg

Om de bloei te induceren en haken aan te leggen wordt de bodemtemperatuur verlaagd naar 15,7 tot 16,5°C (afhankelijk van de cultivar). Het eindgroeipunt (dat nog steeds in de bodem zit) wordt dan generatief, waardoor een hoofdtak met ca. 6 à 8 haken (bloeiende zijscheuten in de oksels van de hoofdtak) worden aangelegd. Het nauwkeurig sturen van de bodemtemperatuur (op tienden van graden) is in deze fase van groot belang om kwaliteitsafwijkingen te voorkomen (zoals duimen en andere afwijkingen in de bloemkam) en het maximale aantal haken op de gewenste hoogte aan de hoofdtak aan te leggen. Te hoge temperatuur tijdens de aanleg kan er voor zorgen dat de haken te hoog op de bloemtak worden aangelegd. Dit is nadelig voor de productie omdat hoge haken (vanwege de minimaal gewenste lengte van de hoofdtak) met de hoofdtak mee geoogst worden en dus niet meer als aparte bloemtak geoogst kunnen worden. Daarnaast is de ervaring in de praktijk (b.v. bij hittegolf van augustus 2020) dat een hoge kastemperatuur bovengronds, de bloemaanleg in de grond kan vertragen. Om bloeivertraging te voorkomen wordt in de zomer het kasdek gekrijt of geschermd en verneveld om de temperatuur laag te houden. Bij het sturen op RTR (temperatuur/lichtsom verhouding) wordt de kastemperatuur daarom niet verder verhoogd dan maximaal 20°C (Rappoldt et al. 2019). Omdat alle gewasstadia bij elkaar in 1 kas staan geldt dit dan voor de hele kas en alle gewasstadia.

Monitoring inductie en haakaanleg

De knopontwikkeling wordt in de praktijk gemonitord door wekelijks destructief het bloemknopstadium vast te stellen. De knoplengte geeft aan hoe snel de inductie heeft plaatsgevonden en hoe snel de uitgroei vervolgens verloopt. Bovendien kan het aantal aangelegde haken geteld worden en kan gevolgd worden of haken in jong stadium achterblijven of aborteren. Men blijft dit doen totdat de hoofdknop uit het gewas komt. Daarna wordt de snelheid en kwaliteit van het gewas op het oog gemonitord (op basis van ervaring en gewaskennis). Ca. 8-10 weken na de start van de inductie heeft de hoofdtak een lengte van ca. 4 cm (afhankelijk van de cultivar) en wordt de ontwikkelingsnelheid bepaald door de kastemperatuur boven de grond. De hoofdtak groeit in een periode van ca. 6-8 weken verder uit, waarbij elke week een verdubbeling van de knophoogte op kan treden. Na de hoofdtakken worden gedurende ca. 4-5 weken haken geoogst.

Kwaliteit

De kwaliteit van de bloemtakken wordt bepaald door de gerealiseerde bodemtemperatuur en door de source/sinkverhouding (assimilatenbalans) tijdens de uitgroei van de hoofdtak en haken. Kleine afwijkingen in de bodemtemperatuur kunnen zorgen voor duimen (1^e bloem op het verticale deel van bloemtak in plaats van op de horizontale kam) of andere afwijkingen in de bloemkam. De source/sinkverhouding speelt een grote rol voor het takgewicht. Een lage source/sinkverhouding geeft een laag takgewicht en slappe stengels. Omdat het gewas bij de huidige belichtingsniveaus in de praktijk vaak source gelimiteerd is, wordt in de praktijk meestal een lage kastemperatuur na gestreefd om voldoende productie en takgewicht te realiseren. In de fossielvrije demokas 2030 is in de winter 2019/2020 ervaring opgedaan met sturen op een vaste verhouding van etmaaltemperatuur/lichtsom met een toename van 0,73 °C per mol licht tot een maximumtemperatuur van 23°C. Deze sturing gaf tijdens de haakuitgroei een te licht takgewicht. Mede op basis van onderzoek met verschillende temperatuur/lichtcombinaties is er nu een aangepaste streeflijn vastgesteld (Boogaart et al. 2020). Om ongewenste effecten op de bloeiinductie te voorkomen wordt in de praktijk in de zomer veel gekrijt en geschermd. Dit kan echter in sommige gevallen zoveel licht wegnemen dat dit ten koste gaat van het takgewicht en productie (Pronk, pers. med. 2021). Meer licht toe laten, gebruik van een lichtmeter op gewashoogte en monitoring en sturing van de temperatuur/lichtsom verhouding kan dit voorkomen en een beter resultaat geven.

Voor een goede kwaliteit van de bloemtakken is ook een goede waterbalans belangrijk. Bij een plotseling hoge verdamping kunnen bloemtakken slap gaan en kromme takken ontstaan als er onvoldoende worteldruk is om de turgor helemaal te herstellen. Een hoge RV en hogere temperatuur aan het eind van de dag (na 15.00 uur ramen dicht) kan dit voorkomen en er voor zorgen dat de bloemtakken wel weer geheel op turgor komen en recht worden. Te hoge verdamping kan voorkomen worden door verneveling en bij scherpe weersovergangen in het voorjaar het scherm eerder dicht te trekken en het gewas geleidelijk aan te laten wennen aan meer licht door het schermniveau geleidelijk in stappen te verhogen.

Sinkwerking van nieuwe knol en kralen

Tijdens en/of na de oogst van de hoofdstengel verdikt de basis van de scheut en vormt deze een nieuwe knol met daarnaast soms nog een aantal kleine nieuwe knollen (kralen). Dit zijn extra sinks die tijdens of na de oogst mogelijk met hoofdtak en haken kunnen concurreren om assimilaten. Er is nog weinig bekend over mogelijkheden om de knolvorming in deze fase te sturen. Als er factoren gevonden kunnen worden om de knolvorming (en daarmee de assimilatenvraag van de knollen) uit te stellen, zouden meer assimilaten ten goede kunnen komen aan de bloemtakken. Bovendien kan dan in teelten waarvan de knollen na de teelt niet worden hergebruikt, onnodige investering van assimilaten in nieuwe knollen en kralen (en onnodig verlies van assimilaten) voorkomen worden. Mansour (1968) heeft gezien dat korte dag omstandigheden de nieuwe knolvorming mogelijk kunnen vertragen.

Samenvattend

De planning van de Freesiateelt gebeurt op basis van gewaskennis en ervaring die gedurende vele jaren is opgebouwd. Beoordeling van de stand van het gewas is op het oog op basis van opgebouwde ervaring en gewaskennis. Er vinden nog weinig gewasmetingen plaats. Wel wordt wekelijks een destructieve meting van het knopstadium uitgevoerd wat inzicht geeft in de snelheid van de bloemknopinductie, de haakaanleg en de snelheid van de bloemtakontwikkeling. Er is nog weinig ervaring met het sturen op een vaste temperatuur/lichtsom verhouding (RTR). Vanwege negatieve effecten van hoge kasttemperaturen wordt het mee bewegen van de etmaaltemperatuur met de lichtsom begrensd op maximaal 20°C. Omdat verschillende gewasstadia bij elkaar in 1 kas staan is de temperatuur voor alle gewasfasen begrensd. Mogelijk kan er wel meer worden gedaan met het sturen van de lichtsom per gewasfase, als meer bekend is over de gewenste temperatuur/lichtsom verhouding per gewasfase en het lichtniveau per teeltvak gestuurd kan worden. In de laatste winterteelten in de fossielvrije Kas2030 bij WUR in Bleiswijk, is de lichtsom geleidelijk opgebouwd op basis van metingen aan de gewashoogte.

In onderstaande Tabel zijn de "indicatoren" samengevat die bij metingen tijdens de teelt helpen om de plantbalans te monitoren, en de mogelijke sturingsacties.

Waarde/indicator	Teken dat	Actie	Eenvoudig te meten?
Toename bladlengte/ planthoogte.	Temperatuur/lichtsom te hoog.	Kasttemperatuur verlagen ten opzichte van lichtsom en meer licht toe laten. Bodemtemperatuur verlagen als gewas nog in vegetatieve fase is.	Ja, met liniaal vanaf bodem tot hoogste bladpunt of visueel op basis van opgebouwde ervaring en gewaskennis.
Afname bladbreedte en afname plantbreedte	Temperatuur/lichtsom te hoog.	Kasttemperatuur verlagen ten opzichte van lichtsom en meer licht toe laten. Bodemtemperatuur verlagen als gewas nog in vegetatieve fase is.	Metten blad- of plantbreedte met liniaal. Gebeurt nu visueel op basis van opgebouwde ervaring en gewaskennis.
Dikke bladnerven	Overschot assimilaten.	Hogere kasttemperatuur toelaten i.r.t. lichtsom.	Metten met schuifmaat. Gebeurt nu door te voelen en visueel op basis van opgebouwde ervaring en gewaskennis.

Waarde/indicator	Teken dat	Actie	Eenvoudig te meten?
Minder bladeren/plant	Bodemtemperatuur in vegetatieve fase te laag of te vroeg gestart met bloei inductie (bodemkoeling).	Kan na start koeling niet meer aangepast worden. Bij nieuwe teelten bodemtemperatuur in vegetatieve fase verhogen en/of later starten met bodemkoeling.	Tellen aantal bladeren per plant bij start koeling. Gebeurt nu visueel op basis van opgebouwde kennis en ervaring. Afhankelijk van ras en knolgrootte bij start van teelt.
Trage toename knoplengte (in cm).	Bodemtemperatuur niet optimaal (tijdens koelfase) of lage kasttemperatuur (tijdens uitgroei bloemtak bovengronds).	Bodemtemperatuur aanpassen tijdens koeling of kasttemperatuur verhogen.	Ja, wordt al gedaan; door na start bodemkoeling elke week knopstadium te meten.
Afname aantal aangelegde haken.	Bodemtemperatuur niet optimaal	Na haakaanleg niet meer te verbeteren. Controleren bodemkoeling en aanpassen bij volgende teelten.	Ja, wordt al gedaan; door bij knopstadiumonderzoek aantal aangelegde haken te tellen.
Verdroging haken	Assimilaten- of vochttekort	Kasttemperatuur verlagen ten opzichte van lichtsom en meer licht toe laten. Verdamping beperken en vochtgehalte in grond controleren.	Ja, wordt al gedaan. Knopstadiumonderzoek aangelegde haken onderin de plant.
Slap gaan bloemtakken en kromme takken	Verstoring waterbalans (te hoge verdamping). Kromme takken zijn gevolg van eerdere verstoringen in de waterbalans die niet meer volledig hersteld zijn.	Verdamping beperken (RV verhogen) en temperatuur en RV einde van middag hoog houden om waterbalans te herstellen. Vochtgehalte van grond controleren.	Metten met sapstroommeter of stengeldiktemeter. Gebeurt nu visueel en door voelen van stevigheid van bloemtakken.
Dunnere bloemstelen van hoofdtakken en haken.	Temperatuur/lichtsom te hoog.	Kasttemperatuur verlagen ten opzichte van lichtsom en meer licht toe laten.	Metten met schuifmaat. Gebeurt nu visueel op basis van opgebouwde ervaring en gewaskennis.
Afnemend bosgewicht van hoofdtakken en haken.	Temperatuur/lichtsom te hoog.	Kasttemperatuur verlagen ten opzichte van lichtsom en meer licht toe laten.	Ja, wordt al gedaan. Na de oogst aantal bossen hoofdtakken en haken wegen.
Haken hoog op hoofdtak/toename aantal haken op geogoste hoofdtakken.	Bodemtemperatuur te hoog geweest tijdens haakaanleg	Is na aanleg niet meer te beïnvloeden. Bij volgende teelten instellingen bodemkoeling aanpassen.	Visueel op basis van opgebouwde ervaring en gewaskennis en telling aantal haken aan hoofdtakken na de oogst. Is rasafhankelijk.
Paarsverkleuring blad.	Planttemperatuur te laag.	Eerder/meer schermen om uitstraling te beperken, minimum kasttemperatuur verhogen.	Visueel aan gewas en meten planttemperatuur.

5 Groepsindeling sierteeltgewassen op basis van plantbelasting

5.1 Inleiding

De sierteelt bestaat uit een groot scala aan snijbloemen en potplanten gewassen met uiteenlopende teeltwijzen en plantenorganen die van invloed zijn op de plantbelasting. In dit hoofdstuk wordt een groepsindeling beschreven op basis van teelt- en gewaseigenschappen die van belang zijn voor het meten en sturen van de plantbelasting, assimilatenbalans en plantbalans.

5.2 Snijbloemen met meermalige, continue oogst

Net als bij groentegewassen met meermalige oogst moet bij de snijbloemen met meermalige oogst onderscheid gemaakt worden in de startfase, de vol productieve fase en de eindfase. In de startfase zijn niet alle stadia al aanwezig. Het gewas is vooral vegetatief in opbouw en de generatieve sinks moeten ontwikkelen. In de vol productieve fase is er een continue productie met een constante verhouding in vegetatieve en generatieve ontwikkeling. Dan moet het gewas in balans zijn en het aantal sinks waarvan product geoogst kan worden, gestuurd worden naar een evenwicht waarbij voldoende assimilaten beschikbaar zijn om de gewenste kwaliteit te realiseren. In de eindfase is de sturing gericht op maximale oogstbare product dat ten koste mag gaan van het gewas. Dit wordt na de laatste oogst geroid.

In de groep van snijbloemen met meermalige oogst staan er in de vol productie fase meerdere ontwikkelingsstadia in een min of meer vaste verhouding op de plant. Bij het meten van plantbelasting kan dan uitgegaan worden van het totaal aantal oogstbare organen per m² per week ongeacht het ontwikkelingsstadium. Wanneer gewassen op snee worden geteeld (bv. roos) of op andere manier gestuurd worden naar piekproductie voor bepaalde feestdagen (zoals valentijnsdag of moederdag) en de sinkvraag per ontwikkelingsfase verschilt, kan het van belang zijn om ook te kijken naar de assimilatenbehoefte per ontwikkelingsstadium. Voorbeelden van deze gewasgroep zijn Gerbera, roos, Alstroemeria en snij-Anthurium. Vergelijkbaar met de groente gewassen moet rekening gehouden worden met het licht aanbod in de komende periode tussen aanleg van een scheut/bloem en het moment van oogst. Bij deze gewassen kan dan ook naar een verhouding tussen lichtsom en etmaaltemperatuur worden gestreefd. Het is daarom verklaarbaar dat bij bijvoorbeeld Gerbera al veel aandacht aan de plantbalans en assimilaten balans is gegeven.

5.3 Snijbloemen met eenmalige oogst uit stek of zaad

Bij snijbloemen met eenmalige oogst uit stek of zaad (zoals bv. chrysanthe in paragraaf 4.2) zijn alle planten per plantdatum in hetzelfde gewasstadium. Omdat de sinkgrootte kan variëren met het ontwikkelingsstadium van het gewas is voor de plantbelasting niet alleen het aantal oogstbare organen per m² per week van belang, maar ook het ontwikkelingsstadium van het gewas op dat moment. Als het om gewassen gaat waarbij uiteindelijk 1 bloemsteel per plant wordt geoogst, ligt het aantal oogstbare organen per m² vanaf het planten vast en is gelijk aan de plantdichtheid. De plantdichtheid is dan het belangrijkste stuurmiddel om de plantbelasting af te stemmen op de verwachte lichtsom. Daarom wordt bij deze gewassen de plantdichtheid afgestemd op de beschikbare source die verwacht wordt in de rest van de teelt. Ofwel lagere plantdichtheid in de winter bij minder licht en hogere plantdichtheid naar de zomer toe als de hoeveelheid licht toeneemt. De ontwikkelingsfase met de hoogste sinkvraag is dan bepalend.

Een ander voorbeeld uit deze gewasgroep zijn de zomerbloemen. Bij vroege plantdata van bv. violieren en leeuwenbek in de winter kan een lage intensiteit LED belichting de plantbalans dusdanig verbeteren dat het bloeitijdstip wordt vervroegd (van der Helm et al. 2015). Bij violier gaf een dagverlenging met $5 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ LED belichting 10 dagen vervroeging ten opzichte van een onbelichte teelt. De vervroeging nam toe van 10 tot 20 dagen bij een toename in lichtintensiteit van 5 naar $20 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. De lage intensiteit LED belichting zorgde bij alle gewassen ook voor een verbeterde bladkleur. Fotosynthesemetingen bij violier hebben later laten zien dat het lichtcompensatiepunt onder de lage intensiteit LED-belichting lager was dan bij de onbelichte controle.

Het sturen van de plantbalans en assimilaten balans bij gewassen met een eenmalige oogst is per teelt goed mogelijk, maar omdat vaak meerdere plantdata naast elkaar in een afdeling staan is de sturing een compromis. Waarbij de sturing vooral gericht zal zijn op een goed eindproduct, maar of dit wordt bereikt door een goede sturing bij de start, in het midden van een teeltperiode of juist aan het eind is gewasafhankelijk. Als fases gescheiden kunnen worden is dit gunstig voor de sturing. De eerste fase van groei uit zaad of de beworteling van het stek, is in de regel een aparte teelt en vindt vaak op gespecialiseerde bedrijven plaats.

5.4 Sierteeltgewassen met opslagorganen zoals bollen, knollen, wortelstokken of bulben

Gewassen waarbij de assimilatenbehoefte van overige plantendelen een grotere rol speelt zijn gewassen met opslagorganen zoals bollen, knollen, wortelstokken of bulben. Naast de sinkvraag van de oogstbare organen en bladeren kan er, afhankelijk van het ontwikkelingsstadium van de opslagorganen, ook een sinkvraag zijn van de opslagorganen. Anderzijds kunnen de opslagorganen ook een bron (source) van droge stof zijn voor de gewasgroei. Voor de eerste groeifase na het planten van bv. Freesia knollen of Lelie bollen wordt voornamelijk droge stof uit de knol/bol gebruikt. Het is dan van belang om te weten in welke fases de opslagorganen source of sink zijn en of er teeltmaatregelen zijn om dit te kunnen sturen en nuttig te gebruiken.

Deze groep van sierteeltgewassen kan onderverdeeld worden in:

1. Gewassen waarvoor in principe voldoende assimilaten in het opslagorgaan aanwezig zijn voor de gehele bloemproductie.
 - a. Een bekend voorbeeld van deze groep is tulp. Het in bloei trekken van tulpen kan volledig plaats vinden op basis van de droge stof die in de bol aanwezig is. De sturing van de plantbalans richt zich dan niet zozeer op de assimilatenbalans maar meer op andere gewenste gewaseigenschappen en vooral op het geplande oogsttijdstip. Met stuurlicht in verschillende gewasfasen wordt dan gestuurd naar gewenste gewas kleur en gewasarchitectuur om bv. bladkiep te voorkomen. Niet alleen de omstandigheden tijdens de trek zijn van belang, maar ook de bewaarduur en bewaar temperatuur voorafgaand aan de trek. Zo wordt de ontwikkelingssnelheid na het planten mede beïnvloed door de bewaring (temperatuur en bewaarduur) voorafgaand aan de trek. Bewaring bij 5°C resulteerde bv. in een snellere ontwikkeling van de bloemsteel en een snellere bloei na het planten (Lambrechts, H., et al. 1994). Dergelijke na-effecten van bewaarduur en bewaar temperatuur op de ontwikkelingssnelheid na de bewaring zijn ook bij andere bolgewassen bekend.
 - b. Een ander voorbeeld is amaryllis. Bij dit gewas vindt de bloemproductie in de snijbloemeteelt ook (nagenoeg) volledig plaats op basis van assimilaten in de bol en komt de bladgroei (en daarmee ook de fotosynthese) meestal pas aan het eind van of na de oogst op gang. Bij de droogbloei of gewaxte amaryllis bollen is zelfs bloei zonder watergift en wortelvorming mogelijk. Verschil met tulp is dat in de snijbloemeteelt van amaryllis de bol wordt hergebruikt voor volgende teeltjaren of volgende teelten. Bij tulp is dat soms ook het geval wanneer een snellere opbouw van de bollenkraam gewenst is. Bij de snijbloemeteelt van amaryllis moeten na de bloei ook nog voldoende assimilaten in de bol beschikbaar zijn voor de blad uitgroei en voorkomen van bloemknopabortie van reeds aangelegde bloemknoppen in de bol voor het volgende bloeiseizoen.

2. Gewassen die fotosynthese nodig hebben om een bloem te kunnen maken zoals bv. freesia en lelie. Bij deze gewassen wordt in de beginfase van de teelt droge stof uit de knol of bol gebruikt voor de groei, maar is later wel fotosynthese en aanmaak van assimilaten nodig om de bloemsteel goed uit te laten groeien. Deze groep kan onderverdeeld worden in:
 - a. Gewassen waarbij de opslagorganen niet worden hergebruikt (zoals bv. lelie). Voor dit soort gewassen kan de bol in principe zoveel mogelijk worden leeg getrokken om alle droge stof uit het opslagorgaan maximaal te benutten. Bij de start van de teelt is de leliebol een source, maar later in de teelt als er veel assimilaten geproduceerd worden, kunnen ook weer assimilaten richting de bol gaan. Dit is eigenlijk verlies aan assimilaten omdat de bol na de teelt wordt weggegooid. Dit heeft geleid tot een strategie voor energiebesparing bij lelie (Hogewoning, et al. 2014, 2015 en 2016) waarbij tot 45% besparing op elektra mogelijk is met nauwelijks kwaliteitsverlies met behulp van CO₂ dosering, aanpassing belichting op verschillen in assimilatenvraag door het gewas en temperatuurintegratie.
 - b. Gewassen die behalve voor de bloem ook voor de bol of knol geteeld worden (bv. freesia). Bij deze gewassen zijn de sink-source relaties en daarmee het begrip plantbalans nog complexer, omdat hier ook de source én sink werking van de bol/knol in moet worden meegenomen. Zo begint bij freesia tijdens de bloemtakgroei en oogst al de vorming van de nieuwe knol aan de basis van de plant.
3. Gewassen met bovengrondse opslagorganen zoals bv. pseudobulben bij orchideeën (*Cymbidium*, *Oncidium*, *Odontoglossum*, *Dendrobium nobile*, *Cattleya*, *Miltonia*, *Zygopetalum*). Een pseudobulb is een verdikt deel van de stengel van één (*Miltioniopsis* en *Odontoglossum*) of meerdere internodiën (*Cymbidium* en *Dendrobium*) en dient als opslagorgaan voor water en assimilaten. De assimilaten kunnen gebruikt worden voor vorming van bloemtakken (als er bloei inductie optreedt) of nieuwe scheuten (Baas, 2011). Over de omstandigheden die bepalen wanneer pseudobulben gevormd worden, is nog weinig bekend. Scheutleeftijd en aantal bladeren lijken van belang, samen met factoren die een rol spelen bij de bloei inductie in orchideeën, zoals lage temperatuur. Voor de bloei inductie van orchideeën moeten de okselknoppen vaak een bepaalde fysiologische leeftijd hebben voordat inductie op kan treden, is een bepaalde kouperiode nodig en voor sommige orchideeën speelt daglengte ook een rol. Verder heeft het assimilatengehalte in het groeipunt een positief effect, kan een hoog stikstofniveau de bloei-inductie vertragen en kan de rood:verrood verhouding in het lichtspectrum de bloei-inductie beïnvloeden. Dit maakt het sturen van de plantbalans bij orchideeën met opslagorganen een complex proces.

5.5 Potplanten

In de potplantenteelt wordt de plantbelasting (=totale vraag naar assimilaten per m² kas) bepaald door het aantal planten/m², het aantal bloeiwijzen, bloemen of scheuten per plant en het ontwikkelingsstadium van de plant. Het sturen van de assimilatenbalans is niet alleen van belang voor bloeiende planten, maar ook voor groene potplanten. Zo is bv. bladval bij *Ficus benjamina* een gevolg van gebrek aan licht in de winter (tekort assimilaten). Vergelijkbaar met andere gewassen moet rekening gehouden worden met het licht aanbod dat verwacht wordt in de periode tussen oppotten en het moment van verkoop van de planten. De ontwikkelingsfase met de hoogste sinkvraag is dan bepalend.

Zo wordt bv. voor goede kwaliteit poinsettia's uitgegaan van een maximaal aantal bloemschermen per m² in de eindfase. Dit is het aantal planten/m² * het aantal bloemschermen/plant en geldt zowel voor kleine als grote planten. Vanuit dit maximum bloemschermen/m² en het gewenste aantal bloemschermen/plant volgt dan een maximum plantdichtheid aan het eind van de teelt. Bij poinsettia is er 1 bloemscherm per scheut en kan het aantal bloemschermen per plant gestuurd worden met de tophoogte (het aantal okselknoppen wat na het toppen achterblijft bepaalt het aantal scheuten wat kan ontwikkelen). Verder kan het aantal bladeren/internodiën per scheut gestuurd worden met het starttijdstip van de korte dag. Naarmate de korte dag later start en/of de temperatuur tijdens de lange dag fase hoger is, worden meer fytoeren (een fytoere = 1 internodium met blad en okselknop) gevormd. Bij een te hoog aantal bladeren per scheut kunnen in de eindfase gele bladeren onderin de plant ontstaan door lichtgebrek onderin het gewas. Dit kan voorkomen worden door op tijd met korte dag te starten. Op deze manier kan vanuit de ontwikkelingsfase met de hoogste sinkvraag, het te verwachte lichtaanbod en het gewenste eindproduct een plan voor de plantbelasting tijdens de verschillende teeltfasen worden uitgewerkt.

Voor potplanten is naast licht en temperatuur, het wijderzet schema een belangrijke sturingsfactor én is ook de toestand van het gewas zelf een belangrijke invloedsfactor (Buwalda, 2002 en van Noort *et. al.*, 2004). Die toestand van de plant wordt bepaald door de leeftijd van de plant en de voorgeschiedenis. Bij relatief veel licht in de beginfase van de teelt kunnen bv. veel zijscheuten gevormd worden, waardoor later in de teelt relatief minder bloemen worden gevormd (doordat er minder assimilaten over blijven voor de bloemvorming). Het sturen van het gewas wordt daardoor een dynamisch probleem, waarbij de voorgeschiedenis invloed heeft op hoe de plant nu reageert, en de effecten van stuuracties die nu worden uitgevoerd door werken in de toekomst. Dit geldt niet alleen voor potplanten, maar ook voor snijbloemen en groentegewassen. Om hier goed rekening mee te kunnen houden, zijn diverse licht- en temperatuurstrategieën getest bij Kalanchoë, potchrysan, Begonia en Saintpaulia en is voor Kalanchoë een dynamisch gewasmodel ontwikkeld (van Noort *et. al.*, 2004). Resultaten van berekeningen met het gewasmodel en de wisselproeven lieten zien dat bij Kalanchoë het wisselen van een lichte naar een zware plantbalans aan het begin van de korte dag of enkele weken later, kan leiden tot een betere gewaskwaliteit, met significant zwaardere bloemschermen dan een standaardteelt bij een constante temperatuur of plantbalans. Verder bleek bij sommige gewassen de gevoeligheid voor (forse) temperatuurafwijkingen afhankelijk van de groeifase van het gewas. Met name in de vroege bloei-inductiefase was er bij sommige gewassen een kleinere bandbreedte voor temperatuur dan in andere teeltfasen. Bij potchrysan gaf zowel een lagere als hogere temperatuur tijdens de inductiefase een vertraging van de bloei. Als in de praktijk verschillende ontwikkelingsfasen in dezelfde kasruimte bij elkaar staan, wordt de bandbreedte voor temperatuur dan beperkt door de meest gevoelige gewasfase. Mogelijk valt er dan vooruitgang te boeken door een bedrijf in verschillende afdelingen te verdelen voor de verschillende ontwikkelingsfasen waarbij de belichting (en indien mogelijk de temperatuur) per ontwikkelingsfase apart gestuurd kan worden. Zo wordt de PAR-som in de teelt van Phalaenopsis bijvoorbeeld stapsgewijs verhoogd door de tafels met planten telkens naar een volgende kap op te schuiven met steeds een iets hogere lichtsom.

Dynamische gewasmodellen zijn ook ontwikkeld voor Poinsettia, Ficus en Hortensia (Buwalda, 2012 a, b, c). Met deze gewasmodellen kunnen verschillende teeltscenario's en het effect daarvan op kasklimaat en energiestromen worden doorgerekend en geëvalueerd. De evaluatie van de teeltscenario's liet zien dat verbeterde wijderzetschema's en het laten mee variëren van de temperatuur met het licht en het ontwikkelingsstadium van het gewas, opties waren voor verbetering van de energie efficiëntie. Bij Ficus werd o.a. geconcludeerd dat stoken voor meer snelheid in de winter weinig meerwaarde heeft omdat de bladafplitsing dan geremd wordt door het lage lichtniveau. Verlaging van de teelttemperatuur bij weinig licht in de winter houdt de plant dan beter in balans, bespaart energie en heeft weinig effect op de teeltsnelheid. Voor poinsettia werd geconstateerd dat er energiewinst behaald kan worden door in de beginfase bij hoge lichtsommen hogere kastemperaturen toe te laten en aan het eind van de teelt de temperatuur relatief laag te houden.

6 Mogelijkheden voor energiebesparing

Door de plantbelasting aan te passen aan de verwachte lichtsom tijdens de uitgroei van de snijbloem of potplant kan er bij sierteeltgewassen meer met het natuurlijk licht mee geteeld worden. Inzicht in de plantbelasting door inzicht in de sinkgrootte van het gewas is daarvoor belangrijk. Met een lagere plantbelasting in de winter kan in donkere periodes bespaard worden op warmte en elektriciteit door een lagere temperatuur en lagere lichtsom na te streven (energiebesparing) en op lichtere dagen kan de kastemperatuur (en daarmee de sinksterkte) verhoogd worden om het zonlicht optimaal te benutten voor de aanmaak en verwerking van assimilaten. Dit kan met behulp van een vaste verhouding tussen de etmaaltemperatuur en lichtsom per dag (RTR). Bovendien kan op lichtrijke dagen bespaard worden op elektriciteit en warmte door geen assimilatie belichting te gebruiken. Belichten zou kunnen leiden tot een hogere gewenste etmaal temperatuur die gerealiseerd moet worden met verwarming. Maar als licht en warmte van de zon komen kan hier goed van geprofiteerd worden. Daarbij is wel van belang om rekening te houden met gewas specifieke temperatuurgrenzen voor bepaalde ontwikkelingsprocessen en een gewas specifieke afvlakking van de RTR bij hoge lichtsommen. Bij gewassen uit koelere herkomstgebieden zoals Freesia, Gerbera en Alstroemeria liggen deze temperatuurgrenzen lager dan bij gewassen uit meer tropische herkomstgebieden.

De temperatuurverhoging kan het beste worden gerealiseerd met een lichtverhoging op de ventilatietemperatuur overdag of de dag te verlengen met een hogere ventilatietemperatuur. Door de lichtverhoging op de ventilatietemperatuur blijft het CO₂- gehalte en de RV in de kas hoger, wat bij draagt aan een hoger fotosyntheseniveau en een maximale lichtbenutting, terwijl tegelijkertijd de temperatuur (sinksterkte) afgestemd wordt op de hoeveelheid licht (aanmaak assimilaten). Dit is ook gunstig vanuit energetisch oogpunt omdat de hogere temperatuur gerealiseerd wordt via de ventilatietemperatuur met warmte van natuurlijk licht (met licht mee telen). Verder kan de klimaatcontroller in de klimaatcomputer gedurende de nacht de ruimte krijgen om bij de gerealiseerde lichtsom overdag, de nachttemperatuur zodanig bij te sturen dat de gewenste etmaaltemperatuur gerealiseerd wordt. De eerste ervaringen met sturing op een vaste RTR bij Gerbera en Alstroemeria liet in het voorjaar op zeer zonnige maar nog koele dagen een hoger energieverbruik zien dan bij een traditionele teeltwijze. Door de regeling werd bij hoge lichtsommen in het voorjaar soms bijgestookt om de gewenste etmaaltemperatuur te halen. Dit is vanuit energieverbruik ongewenst en onnodig. Als de gewenste etmaaltemperatuur niet volledig met natuurlijke warmte gerealiseerd kan worden (door hogere ventilatietemperatuur en natuurlijke warmte in namiddag en nacht langer vasthouden), is het beter om de stooktemperatuur te begrenzen en een lagere etmaaltemperatuur (en zwaardere kwaliteit) te accepteren in het voorjaar om onnodig energieverbruik te voorkomen. Indien de zwaardere kwaliteit ongewenst is, kan ook gedacht worden aan verlaging van het lichtniveau of lichtsom per dag door meer te schermen.

Het meten en sturen van de plantbalans kan een hulpmiddel zijn om bij implementatie van nieuwe energiezuinige klimaat strategieën (zoals bv. bij Het nieuwe telen potplanten of Grip op licht door van Noort in 2010 en 2013) de extra aanmaak van assimilaten beter te monitoren. Hierdoor worden veranderingen in de plantbalans snel zichtbaar, kan snel worden bijgestuurd naar de gewenste plantkwaliteit en kan de aanmaak van extra assimilatenaanmaak optimaal benut worden.

Het monitoren en bijsturen van de plantbalans is ook een hulpmiddel om ongewenste veranderingen in de plantbalans (bv. meer sprout onder in het gewas bij introductie van LED-belichting in snijchrysan) snel te signaleren en snel bewust bij te kunnen sturen. Kennis van indicatoren om de plantbalans te monitoren en teeltmaatregelen tegen onbalans om de plantbelasting, assimilatenbalans en plantbalans in de juiste richting bij te sturen, zorgt er voor dat nieuwe teeltstrategieën of nieuwe teeltmaatregelen (zoals bv. het sturen op RTR of andere energiebesparende maatregelen) sneller en succesvoller kunnen worden toegepast, omdat de teler weet hoe hij de plantbalans kan bijsturen in gewenste richting.

Bij de huidige hoge energieprijzen kan het sturen op plantbelasting en plantbalans een hulpmiddel zijn om gericht keuzes te maken voor andere alternatieve teeltstrategieën om met minder energieverbruik in de winter sierteeltgewassen te kunnen blijven telen.

Inzicht in plantbelasting en plantbalans in termen van sinksterkte en source helpt ook bij het optimaal inzetten van schermen om energie te besparen.

Omdat de begrippen plantbelasting, plantbalans en assimilaten balans per gewas een andere invulling krijgen is het niet mogelijk om in het algemeen aan te geven hoe groot het effect van betere sturen hierop zal zijn op de energie input. Het is wel te verwachten dat een strategie met een temperatuur die is afgestemd op de lichtintensiteit energetisch en in termen van plantbalans gunstiger is dan het streven naar een constante etmaal temperatuur ongeacht de lichtsom die het gewas ontvangt. Een goed begrip van de ontwikkeling van een gewas geeft ook meer mogelijkheden om energieschermen beter in te zetten. Op een donkere koude dag kan het energetisch zelfs gunstiger zijn om een energiescherm te sluiten en het verlies aan licht te accepteren omdat het op temperatuur houden van de kas dan minder energie kost. Het is niet mogelijk om een kwantitatieve schatting te geven van de energie input voor de verschillende teelten. Dit is gewas en teeltplan specifiek.

7 Inzichten en aanbevelingen

Naar aanleiding van verschillende definities van plantbelasting en plantbalans in onderzoeksrapporten en -artikelen, heeft Wageningen UR Glastuinbouw & Bloembollen in opdracht van Kas als Energiebron, een deskstudie uitgevoerd om te komen tot een goede definitie en plantfysiologische duiding van de begrippen plantbelasting, assimilatenbalans en plantbalans voor sierteeltgewassen. Deze begrippen zijn voor sierteeltgewassen gedefinieerd als (zie ook 3.6 tot 3.6.3):

Plantbelasting = de totale sink / m² kas / week

Dit wordt bepaald door:

- Het aantal oogstbare organen per m² per week.
- Het ontwikkelingsstadium van deze organen.
- De assimilatenbehoefte van overige plantendelen.

Assimilatenbalans is een zodanig op elkaar afgestemde verhouding tussen de vraag naar assimilaten (=sinkvraag) en het aanbod van assimilaten (=source) dat de plant kan groeien en de productkwaliteit levert op de manier zoals de teler dat wil.

Plantbalans is evenwicht in aanmaak en groei van oogstbare en niet oogstbare plantendelen, zodanig dat de plant kan groeien en de productkwaliteit levert op de manier zoals de teler dat wil. Dit is breder dan de assimilatenbalans en heeft ook betrekking op andere aspecten zoals sturing in evenwicht in de energiebalans, waterbalans, hormoonbalans en nutriëntenbalans.

Gewas specifiek

Voor vier gewassen (Gerbera, Chrysant, Roos en Freesia) is beschreven hoe de toepassing van sturen op plantbelasting, assimilatenbalans en plantbalans doorwerkt in het begrijpen van de teelt, productie en energie input. Dit blijkt voor elk gewas maatwerk en complex. Wel wordt de teeltwijze meer inzichtelijk. De genoemde "indicatoren van onbalans" voor Gerbera, Chrysant, Roos en Freesia zijn een hulpmiddel om afwijkingen in de plantbalans snel te kunnen herkennen en bewust bij te kunnen sturen als correctie nodig is. In het ideale toekomstscenario van het sturen op plantbalans zijn geen correcties meer nodig omdat er dan zoveel kennis is opgebouwd dat afwijkingen in plantbalans vooraf voorkomen kunnen worden. In hoofdstuk 5 is een indeling voor de sierteelt gewassen beschreven, waarbij per groep kort is ingegaan op wat toepassing van de definities en de aanpak van Het Nieuwe Telen voor elke gewasgroep betekent.

Energiebesparing door meer met licht mee te telen

Door de plantbelasting aan te passen aan de verwachte lichtsom tijdens de uitgroei van de snijbloem of potplant kan er bij sierteeltgewassen meer met het natuurlijk licht mee geteeld worden. Inzicht in de plantbelasting door inzicht in de sinkgrootte van het gewas is daarvoor belangrijk. Met een lagere plantbelasting in de winter kan in donkere periodes bespaard worden op warmte en elektriciteit door een lagere temperatuur en lagere lichtsom na te streven (energiebesparing). Op lichte dagen (of bij belichting op momenten dat de stroom goedkoop is) kan de kastemperatuur (en daarmee sinksterkte) verhoogd worden om het extra licht optimaal te benutten voor de aanmaak en verwerking van assimilaten. Dit kan met behulp van een vaste verhouding tussen de etmaaltemperatuur en lichtsom per dag (RTR). Op lichtrijke dagen kan door minder of geen assimilatie belichting te gebruiken bespaard worden op elektriciteit en warmte. Bij veel siergewassen moet wel rekening gehouden worden met gewas specifieke minimum- en maximumtemperaturen per teeltfase en een snellere afvlakking van de RTR en lagere maximumtemperaturen bij siergewassen uit koele herkomstgebieden. Bij de huidige hoge energieprijzen kan het sturen op plantbelasting en plantbalans een hulpmiddel zijn om gericht keuzes te maken voor andere alternatieve teeltstrategieën om met minder gas- en energieverbruik in de winter sierteeltgewassen te kunnen blijven telen.

Hulpmiddel bij implementatie van nieuwe energiebesparingsmaatregelen

Daarnaast is het monitoren en bijsturen van de plantbalans een hulpmiddel om ongewenste veranderingen in de plantbalans snel te signaleren en snel bewust bij te kunnen sturen. Kennis van indicatoren om de plantbalans te monitoren en teeltmaatregelen om de plantbelasting, assimilatenbalans en plantbalans in de juiste richting bij te sturen zorgt er voor dat nieuwe teeltstrategieën of nieuwe teeltmaatregelen (zoals bv. het sturen op RTR of andere energiebesparende maatregelen) sneller en succesvoller kunnen worden toegepast, omdat de teler weet hoe hij de plantbalans kan bijsturen in gewenste richting. Gezien de huidige energieprijzen zijn telers genoodzaakt om drastische keuzes te maken voor de teeltstrategie in de winter 2022/2023. Het is een grote uitdaging om dan bij die veel lagere temperaturen en lichtniveaus dan gangbaar in de laatste jaren de plantbalans goed te houden. Hoewel veel kennis van deze nieuwe omstandigheden en het op de grens telen nog ontbreekt, kan het denken en sturen op plantbalans daar mogelijk wel bij helpen.

Literatuur

Atkin, O. K. and Tjoelker, M. G. 2003.

Thermal acclimation and the dynamic response of plant respiration to temperature. *Trends in plant science* 87: 343-351.

Baas, R. 2005.

Effect van factoren in het wortelmilieu op de scheutuitloop na planten bij roos : onderzoek naar effecten van pH, NH₄, EC, B, mattype, fungiciden, kniphogte en cultivar. Rapport Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Business Unit Glastuinbouw.

Baas, R. 2011.

Consultancy groei- en bloeisturing scheutvormende potorchidee: literatuuroverzicht en praktijkervaringen. Rapport *FytoFocus*.

Berghoef, J. and A. Zevenbergen 1989.

The effect of air and soil temperature on assimilate partitioning and flower bud initiation of Freesia. V International Symposium on Flower Bulbs 266.

Boogaart S.A.J. van den, S.W. Hogewoning, R. Muilwijk, G. Trouwborst, C. Rappoldt en A. Schapendonk. 2019a. Chrysant in balans. *Plant Lighting B.V.*, Bunnik. 78p.

Boogaart S.A.J. van den; G. Trouwborst en S.W. Hogewoning. 2019b.

Plantbalans Bromelia: Optimale benutting van licht en warmte. *Plant Lighting B.V.*, Bunnik. 41p.

Boogaart, S. A. J. v. d., S. W. Hogewoning, C. Rappoldt, H. Pronk, S. Pot and J. Sanders 2020.

Freesiateelt toekomstbestendig. Bunnik, *Plant Lighting*.

Boonman A. & Hogewoning S.W.. 2022.

Paprika: effecten van fotoperiode en lichtspectrum. Deelrapport VI in project "Fundamentele kennisontwikkeling LED-belichting voor praktische toepassing in de kas". *Plant Lighting B.V.* Bunnik. 45p.

Buwalda, F. 2003

Grenswaarden voor temperatuurintegratie: een definitiestudie. Rapport Praktijkonderzoek Plant & Omgeving PPO GT 12053.

Buwalda, F., F. v. Noort en B. d. Jong 2012a.

Energiezuinige teeltplanning voor potplanten. Een rekenplatform voor energie-efficiënte scenario's in de Ficus-teelt. Rapport GTB-1165 Wageningen UR Glastuinbouw Bleiswijk.

Buwalda, F., Van Noort F., Houter B., Benninga J., Dijkstra T. en de Rooij E. 2012b.

Energiezuinige teeltplanning voor potplanten. Een rekenplatform voor energie-efficiënte scenario's in de Hortensiateelt. Rapport GTB-1166 Wageningen UR Glastuinbouw Bleiswijk.

Buwalda, F., F. v. Noort, B. Houter, J. Benninga en E. de Rooij 2012c.

Energiezuinige teeltplanning voor potplanten. Een rekenplatform voor energie-efficiënte scenario's in de poinsettiateelt. Rapport GTB-1167 Wageningen UR Glastuinbouw Bleiswijk.

Carvalho, S. M. P., H. Abi-Tarabay and E. Heuvelink 2005.

Temperature affects Chrysanthemum flower characteristics differently during three phases of the cultivation period. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 80(2): 209-216.

Carvalho, S.M.P., Heuvelink, E., Harbinson. J. en O. van Kooten. 2006.

Role of sink-source relationships in chrysanthemum flower size and total biomass production. *Physiologia Plantarum* 128: 263-273.

Dieleman A., en K. Weerheim, 2019.

Resultaten verschillende lichtkleuren bij chrysant. <https://www.kasalsenergiebron.nl/nieuws/resultaten-verschillende-lichtkleuren-bij-chrysant/>

Dueck, T., F. Kempkes, P. d. Visser, P. Lagas and M. d. Groot 2015.

Besparen op groeilicht en warmte bij Gerbera. Rapport GTB-1377, Wageningen UR Glastuinbouw Bleiswijk.

Eveleens, B., F. v. d. Helm and P. H. B. d. Visser 2011.

Literatuuronderzoek bloei Gerbera: Verkenning informatie voor gewasgroeimodel Gerbera. Rapport GTB-1098, Wageningen UR Glastuinbouw Bleiswijk.

Eveleens, B., N. Garcia, D. Kouwenhoven, T. v. d. Wurff and H. J. v. Telgen 2004.

Fasegestuurde rozenteelt : effecten van temperatuur, licht CO₂, EC en luchtvochtigheid op de lengte en synchronie van drie onderscheiden ontwikkelingsfases. Aalsmeer, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business unit Glastuinbouw. Rapport Praktijkonderzoek Plant & Omgeving PPO, PPO nrs. 41300062, 41304019 en 41313008.

- García Victoria, N., A. d. Gelder, F. Kempkes and E. Dings 2017.
Teelt Gerbera in Balans. De invloed van lichtsom, etmaaltemperatuur en daglengte op productie, energiegebruik en plantbalans. Rapport GTB-1417 Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw Bleiswijk.
- García Victoria, N., A. d. Gelder, F. Kempkes, K. Weerheim, P. Lagas, B. v. Haaster and E. Dings 2017.
Gerbera: maximale isolatie en lichtonderschepping. De invloed van spouwscherm, lichtsom, daglengte in winter, balans licht-temperatuur, en bladsnoei in de winter op productie, kwaliteit en energiegebruik. Rapport WPR-698 Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw Bleiswijk.
- García Victoria, N., C. Slootweg, N. Marissen. 2016.
Snijbloemen telen bij hoge RV met behoud van kwaliteit: literatuuronderzoek in opdracht van Kas als Energiebron. Rapport GTB-1410 Wageningen UR Glastuinbouw.
- García Victoria N. H.J. van Telgen, T. Kern, N. van Mourik, J. Klap, F. van Leeuwen, F. Akse., 2002.
CO₂ dosering bij roos onder verschillende temperaturen en belichtingniveaus. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving Sector Glastuinbouw. Publicatienummer 532.
- Geelen, P.A.M., Voogt, J.O. and Van Weel, P.A.. 2020.
Plant Empowerment. De basisprincipes.
- Helm, F. van der en A. Kromwijk. 2015.
Lage intensiteit LED belichting in zomerbloemen en trekheesters. WUR- Glastuinbouw Rapport GTB-1348.
- Heuvelink, E., en Marcelis, L.. 2005 (laatste update 2008).
Plantbelasting en assimilatenvraag. <https://www.gfactueel.nl/Home/Achtergrond/2005/9/Plantbelasting-en-assimilatenvraag-GFA121347W/>.
- Heuvelink, E. en Kierkels, T.. 2007.
Ademhaling van plant is nodig voor groei en onderhoud : groeisnelheid in zomer tien keer hoger dan in winter. Onder Glas 4 200711, pag. 14-15. https://www.ouderglas.nl/magazines/?wur=true#dflipe-df_999/14/.
- Hogewoning, S. W., 2020.
Sturen op assimilatenbalans bij belichte vruchtgroenten. Presentatie 'Lichtevent 12 februari 2020'
- Hogewoning, S.W., Trouwborst, G. en Van der Spek, R.. 2016.
Belichten naar gewasbehoefte: Een voorstudie met lelie als proefgewas. Plant Lighting B.V., Bunnik. 35p.
- Hogewoning S.W., Trouwborst G., Slootweg G., Van Aanholt J.T.M., Pot C.S., Kok B.J. 2014.
Belichting, CO₂ en stuurlicht in de lelieteelt: een strategie voor energiebesparing. Plant Lighting B.V., Bunnik. 42p.
- Hogewoning S.W., Trouwborst G, Slootweg G, Van Aanholt JTM, Kok BJ, Van Baar PH, Van der Burg R, Schapendonk AHCM en Rappoldt C. 2015.
Belichting en CO₂ in de lelieteelt II: een strategie voor energiebesparing. Plant Lighting B.V., Bunnik. 52p.
- Hoog, J. d. 1998.
Teelt van kasrozen. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente.
- Janse, J. 2013,
Plant measurements and registration in tomato. Presentatie Wageningen UR Greenhouse Horticulture, 22-1-2013.
- Kool, M. T. N., J. Tromp and P. A. v. d. Pol 1996.
System development of glasshouse roses.
- Kromwijk, A., Kaiser, E., Kempkes, F., Dueck, T., Trouwborst, G., Hogewoning, S.W. en Van de Spek, R.. 2017.
Bloemtak-uitloop Phalaenopsis: Effect van temperatuur, lichtspectrum en daglengte. WUR- Glastuinbouw Rapport GTB-1441.
- Lambrechts, H., Rook, F. and Kolloffel, C. 1994.
Carbohydrate Status of Tulip Bulbs during Cold-induced Flower Stalk Elongation and Flowering'. Plant Physiol. 1994 104: 515-520.
- Leffring, 1981.
De bloemproductie van Gerbera. Proefschrift. Universiteit Wageningen. ISN:123063
- Leonardos, E. D., Tsujita, M. J. & Grodzinski, B. 1994.
Net carbon dioxide exchange rates and predicted growth patterns in Alstroemeria 'Jacqueline' at varying irradiances, carbon dioxide concentrations, and air temperatures. - J. Am. Soc. Hortic. Sci. 119: 1265-1275.
- Leonardos, E. D., M. J. Tsujita and B. Grodzinski 1996.
"The effect of source or sink temperature on photosynthesis and 14C-partitioning in and export from a source leaf of Alstroemeria." Physiologia Plantarum 973: 563-575.

- Li T, Heuvelink E. and Marcelis L.F.M. 2015
Quantifying the source–sink balance and carbohydrate content in three tomato cultivars. *Front. Plant Sci.* 6:416.
- Lips, A., Dechering A., 1995.
Plantbelasting sturen voor beter resultaat. *Groenten & Fruit*, week 9, 3 maart 1995.
- Mansour, B.M.M., 1968.
Effects of temperature and light on growth, flowering and corm formation in Freesia. Promotie-onderzoek Wageningen UR.
- Marcelis, L., G. Broekhuijsen, E. Meinen, L. Nijs & M. Raaphorst. 2004.
Lichtregel in de tuinbouw. -1% licht = 1% productie? PRI/PPO Nota 305.
- Meinen, E., F. Kempkes, M. Raaphorst, T. Dueck and G. Wageningen Universiteit en Research Centrum 2015.
Energiezuinige belichting bij chrysant. Rapport GTB-1341 Wageningen UR Glastuinbouw Bleiswijk.
- Noort, F. van, Buwalda, F. en de Gelder A. 2004.
Grenswaarden voor temperatuurfluctuaties van verschillende duur bij siergewassen - Samenvatting. *Rapport WUR Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, 41505074–5.
- van Noort, F., Kromwijk, J. Snel, M. Warmenhoven, E. Meinen, T. Li, Kempkes F. en Marcelis L. 2013.
'Grip op licht' bij potanthurium en bromelia. - Meer energie besparing bij Het Nieuwe Telen Potplanten met meer natuurlijk, diffuus licht en verbeterde monitoring. WUR- Glastuinbouw Rapport GTB 1287.
- Noort van F., Kempkes F. en De Zwart F. 2010.
Het Nieuwe Telen Potplanten. WUR- Glastuinbouw Rapport GTB 1093.
- Ploeg, v. d. A., Kularathne R. J. K. N., Carvalho S. M. P. and Heuvelink E. 2007.
Variation between cut chrysanthemum cultivars in response to suboptimal temperature. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 132(1): 52-59.
- Pot S., Schapendonk A.; Snel J. en Pronk H.. 2016.
Telen op basis van plantbalans bij koude teelten vergelijkend praktijkonderzoek bij Freesia. *Plant Dynamics B.V.* 40p.
- Raaphorst, M. 2011.
Teeltbegeleiding geconditioneerde tomaat. Rapport GTB-1063 Wageningen UR Glastuinbouw Bleiswijk.
- Raaphorst, M., Elings A., De Gelder A., Schuddebeurs L., De Veld P, 2020.
De perfecte chrysant teelt 1-9: energiezuinige demonstratieteelten bij Delphy Improvement Centre. Rapport WPR-939, Wageningen University & Research, Business unit Glastuinbouw Bleiswijk.
- Rappoldt, E., Hogewoning, S.W., Pot, S., Pronk, H., 2019.
Freesiateelt toekomst-proof. Verkenning van kansen voor een fossielvrije teelt. *Ecocurves rapport* 29 – 65 p.
- Schapendonk, A., Pot, S., en Rappoldt, K. 2010.
Luchttemperatuur-gradiënt bij roos Deel 2 Fysiologie en Scenario analyse. *Plant Dynamics B.V., Wageningen.* 84p.
- Telgen van, H.J., Van der Hulst J., Garcia Victoria, N. 2004.
Bevordering winterbloei potanthurium. Effect van belichting op groei en bloei van potanthurium. PPO nr. 41313003/41313007.
- Trouwborst, G., Pot, C.S. en Schapendonk, A.H.C.M.. 2010.
Haalbaarheid van LED-tussenbelichting bij roos: praktijkonderzoek op Marjoland. *Plant Dynamics B.V., Wageningen.* 35p.
- Wessels, G., Verberkt, H. and Meester, H. 2005.
Invloed van lichtintensiteit en daglengte op de productie van Gerbera: verslag. Wageningen, DLV Facet.
- Yin, Xinyou, Martin J. Kropff, Graham McLaren, Romeo M. Visperas. 1995.
A nonlinear model for crop development as a function of temperature. *Agricultural and Forest Meteorology* 77 1- I 6.

Bijlage 1 Geraadpleegde deskundigen

Buwalda, Fokke.

Oprichter en partner van B-Mex. Heeft daarvoor 23 jaar gewerkt als gewasfysioloog en gewasmodeller bij WUR.

Elings, Anne.

Senior Wetenschappelijk Onderzoeker en teamleider bij WUR. Plantfysioloog met veel ervaring op het gebied van gewasmodellering.

Geelen, Peter.

Eigenaar van Plantmonitoring.nl. Geeft trainingen (o.a. voor het cursusprogramma Het Nieuwe Telen), advies en doet onderzoek. Mede auteur van het boek 'Plant Empowerment'.

Groot, Marco de.

Eigenaar van Kairos Tuinbouwadvies (onderdeel van de FloriConsultGroup), internationaal consultant voor alstroemeria en gerbera.

Helm, Frank van der.

Docent en onderzoeker bij Hogeschool Inholland. Pleitbezorger van het uitbreiden van de balansen in Het Nieuwe Telen met een mineralenbalans, een hormoonbalans en een ecologische balans.

Heuvelink, Ep.

Universitair hoofddocent professor bij Wageningen University. Expertise op het gebied van o.m. gewasgroeimodellen, gewasmonitoring en gewasfysiologie.

Hogewoning, Sander.

Directeur Plant Lighting BV. Onderzoek en advies gericht op innovatie in de tuinbouw- en plantenveredelingsector, met name op het gebied van fotosynthese en (bij)belichting van gewassen.

Mei, Martin van der.

Senior consultant gerbera bij FloriConsult BV.

Voogt, Jan.

Eigenaar van PlantPhysiLogics. Meer dan 40 jaar betrokken geweest bij de ontwikkeling van kasklimaatbeheersingssystemen. Geeft trainingen (o.a. voor het cursusprogramma Het Nieuwe Telen), advies en doet onderzoek. Mede auteur van het boek 'Plant Empowerment'.

Weel, Peter van.

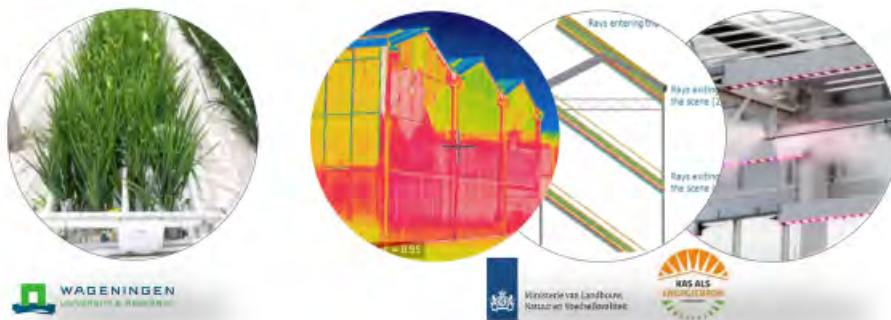
Eigenaar van Weel.Invent. Heeft bijna 42 jaar gewerkt bij WUR als onderzoeker waarin hij diverse (teelt-) systemen voor de glastuinbouw heeft ontwikkeld. Geeft cursussen, doet onderzoek en geeft advies. Mede auteur van het boek 'Plant Empowerment'.

Bijlage 2 Presentatie 1^e BCO

Plantbelasting bij sierteeltgewassen

BCO Plantbelasting sierteeltgewassen, 8 februari 2021

Arca Kromwijk, Arie de Gelder



Agenda BCO Plantbelasting

- Aanleiding
- Voorstelronde en uitwisseling praktijkervaringen
 - Wat wordt nu geregistreerd?
 - Of wat zien jullie op het oog? Is dat te kwantificeren?
 - Welke stuuracties worden gebruikt?
- Toelichting project plantbelasting tot dusver
- Gezamenlijk vast stellen:
 - Welke kennis ontbreekt, waar is behoefte aan?
- Afsluiting

Aanleiding en doel

Aanleiding:

- Verschillende definities van plantbelasting (en plant- en assimilatenbalans)
- Doel project:
 - Wat is goede definitie voor plantbelasting bij sierteeltgewassen?
 - Plantfysiologische duiding begrip 'plantbelasting'
 - Hoe plantbelasting en sinksterkte meten?
 - Hoe plantbelasting en sinksterkte sturen?
 - Hoe kan met meten en sturen plantbelasting in sierteelt:
 - toepassing van HNT verbreed en
 - energieverbruik verminderd worden?

Voorstelrondje

- Uitwisseling praktijkervaringen
 - Wat wordt nu geregistreerd?
 - Of wat zien jullie op het oog? Is dat te kwantificeren?
 - Welke stuuracties worden gebruikt?



Project plantbelasting tot dusver

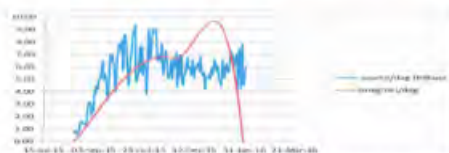
- Deskstudie/inventarisatie:
 - Inventarisatie gebruikte definities plantbelasting bij siergewassen.
 - In literatuur
 - In- en externe deskundigen gevraagd
 - Definitie plantbelasting in andere teelten (bv. tomaat)
 - Hoe wordt daar plantbelasting gemeten en gestuurd.
 - Definitie plantbelasting sierteeltgewassen opgesteld en
 - Plantfysiologische duiding begrip 'plantbelasting'

Definitie Plantbelasting

Plantbelasting = de totale sink grootte / m² kas / week.

Dit wordt bepaald door:

- **het aantal oogstbare organen per m² per week én**
- **het ontwikkelingsstadium van deze organen én**
- **de assimilatenbehoefte van overige plantendelen**

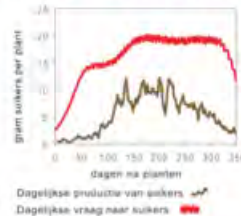


Verloop van source en sink bij Freesia, berekend door Pot et al., 2016.

Definitie Assimilatenbalans

“Assimilatenbalans” is een zodanig op elkaar afgestemde verhouding tussen de vraag naar assimilaten (=sinkvraag) en het aanbod van assimilaten (=source) dat de plant kan groeien en de productkwaliteit levert op de manier zoals de teler dat wil.

- ‘balans’ suggereert evenwicht, maar totale assimilatenvraag meestal 2x (tot 3x) groter dan assimilatenproductie.
- Gaat om gekozen verhouding waarbij productie, kwaliteit en oogsttijdstip gerealiseerd wordt wat teler voor ogen heeft.



Discussie/bespreking Assimilatenbalans

Assimilatenbalans is breder dan sturen op temperatuur/lichtsom (RTR):

- Gewenste RTR afhankelijk van aantal sinks/m² + ontwikkelingsstadium sinks.
- Assimilatenbalans is ook:
 - Sturing van aantal sinks en sinksterkte met plantdichtheid, stengeldichtheid, tophoogte, knipstrategie, inbuigen, wegbreken van jong blad etc.
 - Sturing bloei inductie (=aanleg van sinks) met bv. daglengte, ethyleen, verlaging van temperatuur of bodemtemperatuur
- Zijn er sturingsmechanismen in sierteelt die nog niet worden benut?

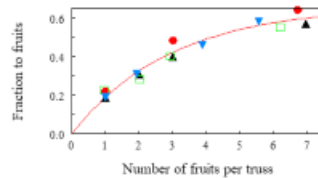
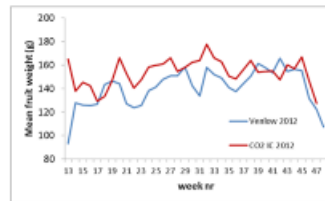
Definitie Plantbalans

“Plantbalans” is evenwicht in aanmaak van oogstbare en niet oogstbare plantendelen, zodanig dat de plant kan groeien en de productkwaliteit levert op de manier zoals de teler dat wil. Dit is breder dan de assimilatenbalans en heeft ook betrekking op andere aspecten zoals sturing in evenwicht in de energiebalans, waterbalans, hormoonbalans en nutriëntenbalans.

- Plantbalans is dus inclusief sturing verdeling assimilaten over oogstbare en niet oogstbare plantendelen en inclusief sturen met andere teeltfactoren zoals bv. watergift of EC.
- Zijn er sturingsmechanismen in sierteelt die nog niet worden benut?

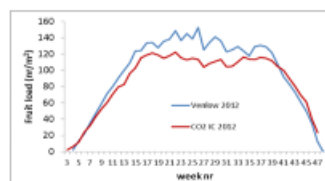
Sturing op plantbalans in tomaat (ter inspiratie)

- Doel: uniforme vruchtgrootte en vruchtkwaliteit door het jaar heen en maximale benutting zonlicht voor vruchten
- Volgens vooraf opgesteld plan:
 - sturen plantbelasting op verwachting lichtsom
 - wekelijkse gewasmetingen om plantbelasting en verdeling assimilaten over oogstbare/niet oogstbare plantendelen bij te sturen.
 - Afstemming klimaat op gemeten gewasstand, plantbelasting en lichtsom



Sturing op plantbalans in tomaat (ter inspiratie)

- Sturing op verschillende niveaus:
 1. op basis van vooraf opgesteld plan verhogen/verlagen plantbelasting op basis van verwachting lichtsom door het jaar heen:
 - A. Lange termijn:
 - Extra stengel in voorjaar
 - B. Op middellange termijn:
 - Aanpassen aantal vruchten per tros (trossnoei)



Sturing op plantbalans in tomaat (ter inspiratie)

2. Wekelijks meten:
 - koplengte, koplengte en bladlengte
 - A. korte kop => tekort assimilaten naar kop (of te lage kopT)
 - B. lang blad en/of dikke stengel => teveel assimilaten naar niet oogstbare plantendelen
 - Acties: verhoging sinkgrootte door meer vruchten per tros aan te houden (NB: werkt langer door) of hogere T/lagere RV, grotere DIF, blad plukken in kop of halverwege, hogere EC, minder beurten, later starten/eerder stoppen watergift
 - Aantal bloemtrossen (=ontwikkelingsnelheid)
 - Plantbelasting = aantal vruchten / m²

Sturing op plantbalans in tomaat (ter inspiratie)

3. Bijsturen op etmaalbasis:

- Streefwaarde etmaaltemperatuur o.b.v. lichtsom én plantbelasting
 - Vooral door verhoging op ventilatietemperatuur (vanwege betere vruchtkwaliteit en lagere ademhaling* bij lage nachtT)

4. Bijsturen op 5 minutenbasis:

- Door verhoging op ventilatietemperatuur ook makkelijker om CO₂ en RV hoger te houden op 5 min. basis

NB: bij sierteeltgewassen temp. ook invloed op andere processen (bv. bloei uitstel bij hoge temp.)

*ademhaling verdubbeld bij +10°C via exponentiele lijn => netto minder over voor groei

Metten en sturen plantbelasting sierteelt?

- Welke kennis ontbreekt nog, waar is behoefte aan?
- Voor welke gewassen uitwerken?
- Wat uitwerken?
- Volgende bijeenkomst?

Hartelijk dank voor uw aandacht!

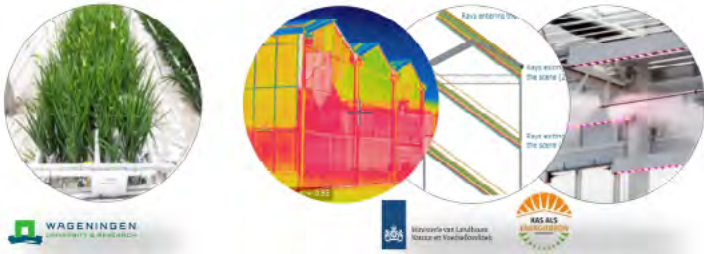
- Met dank aan Nieves Garcia, Mary Warmenhoven, Myrthe Mahakena, Eric Poot, Jan Janse en alle andere geraadpleegde in- en externe deskundigen



Bijlage 3 Presentatie 2^e BCO

Plantbelasting bij sierteeltgewassen

2^e BCO Plantbelasting sierteeltgewassen, 11 mei 2021
Arca Kromwijk, Arie de Gelder



Agenda BCO-2 Plantbelasting sierteeltgewassen

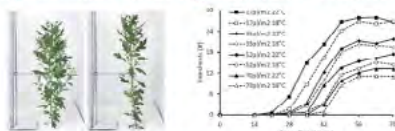
- Uitwerking gestelde vragen in vorige BCO:
 - chrysant (sprot, geel blad, bandbreedte temperatuur)
 - gerbera (gewasindicatoren, effect bladpakket)
 - roos (gewasleeftijd, gewasopbouw, uitloop)
 - algemeen (afname LBE, rol hormonen)
 - diverse (vison, steellengte, schaduwgewassen)
- Voortgang project plantbelasting sierteeltgewassen
- Rondvraag/Afsluiting



11

Chrysant: Sprot

- Hoe sprot/zij scheuten onderin gewas verminderen? (bij overgang naar LED)
- Twee verklaringen mogelijk:
 1. Meer sprot door hogere aanmaak assimilaten/lagere planttemperatuur
→ Sprot verminderen door hogere temperatuur en/of plantdichtheid
 2. Meer sprot door meer rood licht onderin gewas
=> sprot te verminderen door meer verrood licht, NB: In IDC-LED verrood bij chrysant: meer strekking, meer blad en bloeivertraging!

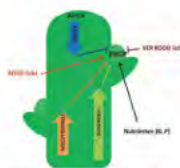


Figuur. Effect plantdichtheid op zij scheuten (bron: v.d. Boogaart et al, 2019)

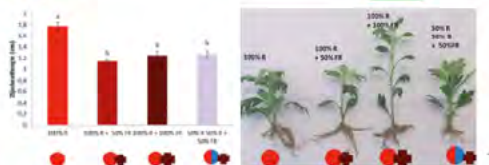
7

Rol hormonen en rood/verrood bij knopuitloop

- Auxinen van topmeristeem (APEX) remmen uitloop
- Cytokinen vanuit wortels stimuleren uitloop
- Strigolactonen uit wortels remmen uitloop
- Onderlinge balans van deze 3 hormonen is bepalend
- Rood licht: bevordert uitloop, verrood licht: remt uitloop
- Balans rood/verrood is bepalend



Figuren: Dierck, 2015



4

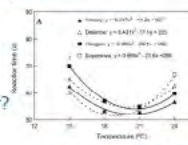
Chrysantheum: Geel blad

- Hoe verminderen geel blad onderin gewas?
- Oorzaak onbekend
 - Verschillen tussen cultivars: genetische eigenschap
 - Lichttekort? -> lagere plantdichtheid planten
 - Mogelijke invloed spectrum? (Foto's IDC LED)



Chrysantheum - bandbreedte temperatuur

- Bij te lage nachttemp vertraging in knopaanleg => veel scheutuitloop onderin => hoge plantbelasting (zware kop) bovenin en geel blad onderin.
- Te voorkomen door: verhogen temperatuur
 - Chrysantheum: bloei-uitstel bij lage én hoge temperatuur
 - Precieze oorzaak onbekend
 - Tragerere ontwikkeling door lage temperatuur?
 - Onvoldoende transport assimilaten?
 - Hormonaal effect?
 - Ervaring: meest gevoelig als gewas ca. 3 weken in KD is
 - Bij Perfecte Chrysantheum:
 - etmaaltemperatuur mag tussen ca. 19 en 24°C meebewegen met lichtsom.



Figuur: Carvalho, 2007

Gerbera/Algemeen

- Is sturing bij tomaat te vertalen naar bv. Gerbera?
- Nee, sturing plantbalans is gewas specifiek.
 - Veel meten en per gewas ontwikkelen.
- Op basis van gewasmetingen Gerbera in KaE-projecten tabel gemaakt met indicatoren voor monitoren en bijsturen plantbalans Gerbera:



Waarde/ indicator	Indicatie dat	Actie
Toenemende bladlengte	plant vegetatiever wordt	daglengte verkorten
Toenemende bloemsteelengte	plant vegetatiever wordt	daglengte verkorten
Afnemend aantal bladeren/ plant	licht te kort (winter situatie) plant vegetatiever wordt	Geen of licht verhogen of daglengte verkorten
Afnemende blaasdiameters	Temperatuur/lichtsom te hoog	temperatuur verlagen
Afnemende bloemgewichten	Temperatuur/lichtsom te hoog	temperatuur verlagen
Sterk afnemende uitgroei duur (in dagen)	Temperatuur/lichtsom te hoog	temperatuur verlagen
Veranderingen in plantbelasting	Diverse oorzaken	onduidelijk
Veranderingen in LAI	diverse oorzaken	onduidelijk

Gerbera: Sturing etmaaltemperatuur op lichtsom (RTR) tussen 13°C en ca. 21°C.
Bij te hoge etmaaltemperatuur: kleine bloemen, holle stelen en knikgevoelig

Gerbera

- Moet RTR bij Gerbera afgestemd worden op plantbelasting?.
- Nee
 - Ervaring demokas 2030:
 - Je blijft altijd achter feiten aan lopen (leidt tot overreactie)
 - Als plant uit evenwicht: lastig om weer in evenwicht te krijgen, productie blijft schommelen
 - Beter om met daglengte plantbelasting stabiel te houden
 - Als plantbelasting heel laag wordt => zwaardere bloemen ten koste van productie



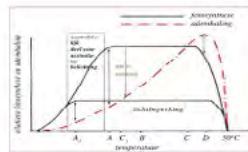
Gerbera

- Is hoge dag- en lage nachttemperatuur positief voor bloemknopaanleg Gerbera?
 - Minder relevant.
 - Goede ervaringen demokas 2030 (200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ Full LED) met:
 - sturing etmaaltemperatuur op lichtsom (RTR)
 - nachttemp. gebruiken om etmaaltemp. te realiseren
 - Bij Full LED: streefwaarde etmaaltemp. 1°C hoger dan bij SON-T



Gerbera/algemeen

- Is onnodig dik bladpakket nadelig bij hittegolf?
 - Algemeen: bij elke 10°C verdubbeling onderhoudsademhaling
 - Groter bladpakket: meer ademhaling => Netto minder over voor groei
 - NB: voldoende LAI voor lichtonderschepping



Figuur: website Kas als Energiebron

temperatuur (°C)	netto fotosynthese (mmol CO ₂ /m ² /s)	bruto fotosynthese (mmol CO ₂ /m ² /s)	netto ademhaling (mmol CO ₂ /m ² /s)	netto fotosynthese (mmol CO ₂ /m ² /s)	netto fotosynthese (mmol CO ₂ /m ² /s)
15	-0.54	0.024	16.2	0.67	3.6 %
20	-0.81	0.037	17.7	0.73	5.0 %
25	-0.96	0.043	19.2	0.79	5.4 %

Berekende ademhaling/fotosynthese Gerbera o.b.v. temperatuur response curves (Garcia, 2017)

Roos: Effect gewasleeftijd en -opbouw?

- Ervaring in praktijk:
 - sturing bij ouder gewas anders dan bij jong gewas?
 - En verschil tussen lage en hoge gewasopbouw bij oud gewas?



Meerdere factoren die invloed kunnen hebben:

- Invoel van juveniliteit: jong gewas groeit makkelijker/geeft meer productie
- In groeiemodel roos (WUR) zit rekenfactor voor onderhoudsademhaling bij meer oud hout. Model moet eerst over naar nieuwe programmeertaal.
 - Algemeen: ademhaling stelen/wortels lager dan ademhaling blad
- Ook andere zaken kunnen invloed hebben: verschil in bladpakket (hoogte en dikte), hormonen, onderdoor/hovendoor knippen, diameter geknipte stengel, inbuigstrategie, cultivar

-> Monitoren gewaskenmerken en bijsturen plantbalans (zie tabel)

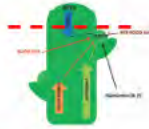
Roos: monitoren en bijsturen plantbalans

Waarde/ indicator	Indicatie dat:	Actie	Eenvoudig te meten?
Afname knopgrootte	Ontwikkeling versnelt	Kastemp. verlagen of dunneren takken knippen/ inbuigen	Ja, standaard bij sorteren
Afname steallengte	Ontwikkeling versnelt	Kastemp. verlagen of ontwikkeling vertragen door bv. onderdoor knippen	Ja, standaard bij sorteren.
Afname lichtonderschepping door afname bladmassa (veel oogst, of bv. bladval)	licht tekort (winter situatie)	Extra takken inbuigen of knop breken van dunne takken of loze takken tijdelijk laten staan	Lastig te meten. Mogelijk met camera's
Afname bloemgewicht	verschillende oorzaken	Kas temperatuur verlagen, dunneren uitloop verwijderen	
Sterk afnemende uitgroeiduur	temperatuur te hoog/ te hoog geknipt	temperatuur verlagen, onderdoor of lager (dichter bij uitgroeipunt) knippen	Ja, wordt gedaan; tabelen en tijd van oogst tot oogst resulteren.
Te veel uitloop/te veel stelen/m ²	In hoog geknipt, cultivar eigenschap	Lager of onderdoor knippen, meer takken inbuigen en hele dunne takken laag knippen	Tellen uitloop punten
Te weinig uitloop/te weinig stelen/m ²	te lage LAI, te veel blad weg geknipt, te weinig knippunten (dour, bv. onderdoor knippen/te laag geknipt), cultivar eigenschap	Blaadje breken, hoger knippen, (extra inbuigen*), knop breken dunne takken of loze takken koppen en tijdelijk laten staan	Tellen uitloop punten

* Extra inbuigen is soms heel moeilijk bij te weinig uitloop.

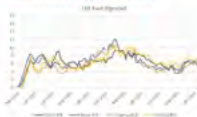
Roos

- Soms als plant onder hoge druk staat meer ogen die uitlopen.
 - Hoe kun je dit voorkomen/tegen gaan?
- Door wegvallen apicale dominantie als stelen geoogst zijn
 - Te voorkomen door:
 - Niet op snee telen
 - Loos en dunne takken toppen en laten staan en later inbuigen, deze later knippen op moment dat je meer scheuten wilt (wordt al gedaan in praktijk)



Bij hoge belichting lagere lichtbenutting (LBE)

- In praktijk bij hoog belichte bedrijven lagere LBE (g/mol) dan bij laag belichtende bedrijven. Wat is oorzaak?
 - Is algemeen en wordt bij meer gewassen gezien
 - In winter is licht beperkende factor:
 - Eerste licht is voor onderhoudsademhaling
 - Volgende lichtverhoging wordt direct omgezet in productie
 - Daarboven: afnemende meeropbrengst van extra mol licht
 - Extra licht in najaar/voorjaar: minder rendement per extra mol licht
 - In zomer is licht niet beperkend en zijn CO₂ en RV minder optimaal
 - Alstroemeria: 70 vs. 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ belichting
 - Bij 200 meer productie dan bij 70 μmol
 - Bij 200 lagere LBE dan bij 70 μmol



Vision/automatisering?

- Is er al vision technologie om gewassenmerken/plantbelasting te volgen?
 - Gerbera: wordt gewerkt aan oogstrobot en meten plantbelasting met Vision (WUR).
 - Chrysanth: Deliflor is bezig geweest met volgen stadia met vision.
 - Roos: is haalbaar, is in verleden onderzocht, geen voortgang gekregen vanwege onvoldoende interesse uit de markt (HortiKey)
 - Veel ontwikkelingen n.a.v. autonoom telen (o.a. Gearbox)

Steellengte Anthurium



- In praktijk bij Anthurium: ouder gewas reageert vaak trager. Wat is oorzaak?
 - Oud gewas: komt minder licht in gewas => meer strekking van blad (=shade avoidance respons).
 - Tegen gaan met meer licht in gewas brengen door aangepast gewasmanagement.
 - Belichting geeft bij Anthurium meer strekking van bloemstelen
 - Mogelijk effect van spectrum: nu proef bij potanthurium
 - Algemeen:
 - Invloed van juveniliteit van jong gewas:
 - jong gewas groeit makkelijker/geeft meer productie

Schaduwgewassen

- Verschil in sturing tussen schaduwgewassen en licht minnende gewassen?
- Ja, bij schaduwgewassen:
 - Beperkte bandbreedte licht (max. lichtintensiteit én max. lichtsom)
 - En beperkte bandbreedte temperatuur
 - Bv. SnijAnthurium:
 - bandbreedte temperatuur van 19-23/24°C
 - Bij hoge temp. bloemmisvorming 4-6 maand later
 - bij ca. max. 13 mol/dag en ca. max. 500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (afh. ras).
 - Bv. Bromelia:
 - temperatuur = 21°C ongeacht lichtintensiteit en lichtsom
 - Bij sturing op RTR: kleinere bloeiwijze (Boogaart, 2019)
 - max. 10 mol/m²/ dag en 200-300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$

Plantbalans sierteeltgewassen

- Kennis van monitoren en bijsturen plantbalans bij sierteeltgewassen kan helpen bij:
 - Sturing naar uniforme kwaliteit door het jaar heen en bij veranderende teeltsituaties
 - Sturing naar gewenste plantbalans na implementatie van nieuwe (energiebesparende) teeltmaatregelen zoals bv. LED belichting
- Opbouwen kennis plantbalans kan door:
 - opbouwen kennis en ervaring van het gewas door intensieve gewasmetingen en/of ontwikkeling van groeimodel om verschillende scenario's door te rekenen.

Hartelijk dank voor uw aandacht!

- Met dank aan Nieves Garcia, Mary Warmenhoven, Myrthe Mahakena, Eric Poot, Jan Janse en alle andere geraadpleegde in- en externe deskundigen



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



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

Rapport WPR-1162

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, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.