



WAGENINGEN **UR**

For quality of life

Belichting bij sla

Economische haalbaarheidsstudie

Marcel Raaphorst
Jan Janse

Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk
juni 2007

Projectnummer: 3242000149

© 2007 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

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 Wageningen UR Glastuinbouw.

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

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1 Bleiswijk
: Postbus 20, 2265 ZG Bleiswijk
Tel. : 0317-485606
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
1 Inleiding	1
2 Resultaten	2
2.1 Eenheid van licht	2
2.2 Kostprijs van belichting	2
2.3 Effect van licht op productie	3
2.4 Zware botersla	3
2.5 Lollo Rossa	5
2.6 Discussie	5
3 Conclusies en aanbevelingen	7
3.1 Conclusies	7
3.2 Aanbevelingen	7

Samenvatting

In dit onderzoek is op basis van productiecijfers tijdens proeven met sla uit de afgelopen jaren bekeken hoeveel gram sla in de winter wordt geproduceerd uit een bepaalde hoeveelheid licht. Op basis daarvan is berekend of extra groeilicht in de vorm van kunstlicht rendabel kan worden toegepast in de slateelt. Uit de cijfers blijkt dat met 1 mol licht in de winter ongeveer 15 gram botersla of 8 gram lollo rossa kan worden geproduceerd.

In dit rapport is uitgerekend wat een mol extra groeilicht kost, afhankelijk van het aantal branduren per jaar en de elektriciteitsprijs. Door ook rekening te houden met de arbeids- en afzetkosten van meerproductie is geschat dat bij belichting een extra krop botersla van 400 gram 0,53 cent en een extra krop lollo rossa van 200 gram 0,51 cent moet opleveren. Deze bedragen zouden omlaag kunnen als door betere teeltomstandigheden het licht beter kan worden benut en als meer uren per jaar kan worden belicht.

1 Inleiding

Belichting van sla is een middel om het hele jaar door voldoende sla te kunnen leveren van een goede kwaliteit. Hier tegenover staan echter hoge kosten. Het gaat hierbij ten eerste om afschrijving, rente en onderhoud van installatie en de aansluiting. Ten tweede zijn er ook de elektriciteitskosten. Het is onbekend of de teelt van sla rendabeler kan worden met belichting en in welke mate dit afhangt van het type sla.

In dit rapport wordt een inventarisatie weergegeven van de groei van verschillende typen sla in het najaar, de winter en het voorjaar. Door de groei bij verschillende hoeveelheden natuurlijk licht te vergelijken wordt bepaald wat de invloed van extra groeilicht kan zijn op de productie van verschillende slatypen. Vervolgens wordt aan de hand van een kostprijsberekening bepaald hoeveel geld ieder belichte krop sla moet opbrengen om de belichting rendabel te maken.

2 Resultaten

2.1 Eenheid van licht

Het belangrijkste groeilicht voor de glastuinbouw komt van de zon. Dit is in principe gratis, maar in de winter schaars. Aanvullende belichting (kunstlicht) kost investeringen en energie. Om een indruk te krijgen van de kosten van belichting wordt in deze paragraaf de totale kosten en energie gedeeld door het aantal eenheden kunstlicht. Nu kan licht in verschillende eenheden worden uitgedrukt:

	Eenheid per seconde	Eenheid cumulatief
Energie	Watt/m ²	J/cm ²
Lichtsterkte	lux	(lux uur)
Aantal fotonen	μmol/m ² .s	mol

Energie

Een solarimeter meet bijvoorbeeld het zonlicht in Watt/m². Op een zomerdag kan dit oplopen tot 1000 W/m². Dit is de hoeveelheid Joules globale straling die iedere seconde op een vierkante meter valt. Door iedere seconde de Watts per m² op te tellen kom je tot een cumulatief die wordt uitgedrukt in Joule per cm². Op een zomerdag kan dit oplopen tot 3000 J/cm². Niet alle energie is echter bruikbaar licht. De globale straling van de zon bestaat voor ongeveer 47% uit groeilicht en de energie van een goede hogedruk natriumlamp (SON-T) bestaat voor ongeveer 30% uit groeilicht.

Lichtsterkte

In de glastuinbouw wordt de lux nog steeds vaak gebruikt om de lichtsterkte per seconde uit te drukken. Een cumulatieve eenheid (bijv. lux uur) wordt nooit toegepast. Een luxmeter meet vooral in het geelgroene gebied van het lichtspectrum, terwijl de plant ook gebruik maakt van het blauwe en rode gebied. Daarom is de luxmeter geen geschikte eenheid om het effect van een bepaalde lamp op de groei te bepalen.

Aantal fotonen

De fotosynthese wordt voor een belangrijk gedeelte bepaald door het aantal fotonen dat op het blad terecht komt. Het aantal fotonen wordt uitgedrukt in mol en het aantal fotonen per seconde in μmol/m².s.

Voorbeeld:

Bij belichting met een Green power lamp kost 5000 lux ongeveer 46 Watt/m² aan elektriciteit. Dit geeft ±12 Watt PAR-licht en 62 μmol/m².s aan fotonen. Gedurende 20 uur belichten komt dit neer op 62 * 3600 * 20 = 4464000 μmol ofwel 4,5 mol. Bij andere lampen ligt deze verhouding weer anders. Over het algemeen geven die minder fotonen bij meer elektriciteit en meer lux

2.2 Kostprijs van belichting

De kostprijs van 1 mol kunstlicht is vooral afhankelijk van de elektriciteitsprijs. De elektriciteitsprijs kan gedurende het etmaal en gedurende het jaar sterk variëren. In de nacht en in het weekend is de elektriciteitsprijs ± 2 €ct lager dan overdag op werkdagen.

Ook is de kostprijs per mol afhankelijk van het aantal branduren per jaar. Lampen worden afgeschreven op het aantal branduren (±1000 uur), maar armaturen worden afgeschreven per jaar. Hoe meer branduren per jaar, hoe minder afschrijvingskosten van de armaturen per branduur.

Verder wordt de kostprijs lager als de lampwarmte zodanig kan worden benut dat er minder hoeft te worden gestookt. Omdat bij sla al relatief weinig warmte nodig is, kan de lampwarmte ook minder worden benut dan bij bijvoorbeeld roos en tomaat.

Tabel 1 geeft een indicatie van de prijs per mol groeilicht, afhankelijk van de elektriciteitsprijs en het aantal branduren per jaar. Deze indicatie kan worden gebruikt om te berekenen of de teelt van sla onder groeilicht rendabel is. Het aantal uren waarbij sla kan worden belicht, ligt naar schatting tussen de 1500 en de 2500. 2000 uren

belichten betekent dat van eind september tot begin maart gedurende 12 uren per etmaal wordt belicht. Als deze uren zo veel mogelijk naar de goedkope tariefuren (weekend en nacht) kunnen worden verplaatst, kan de elektriciteitsprijs beperkt blijven. Bij 2000 branduren voor een gemiddelde elektriciteitsprijs van 0,05 €/kWh komt de prijs van groeilicht neer op 15 €/kmol, ofwel 0,015 €/mol.

Tabel 1 - Indicatie voor de prijs van groeilicht (in €/kmol), afhankelijk van de elektriciteitsprijs (€/kWh) en het aantal branduren per jaar.

		Elektriciteitsprijs (€/kWh)						
		0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
Branduren per jaar	500	28	30	32	34	36	38	41
	1000	16	18	20	22	24	26	29
	1500	12	14	16	19	21	23	25
	2000	10	13	15	17	19	21	23
	2500	9	12	14	16	18	20	22
	3000	9	11	13	15	17	19	21
	3500	8	10	12	15	17	19	21
	4000	8	10	12	14	16	18	20

De intensiteit van belichten (in $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$) heeft nauwelijks invloed op de kostprijs per mol groeilicht.

2.3 Effect van licht op productie

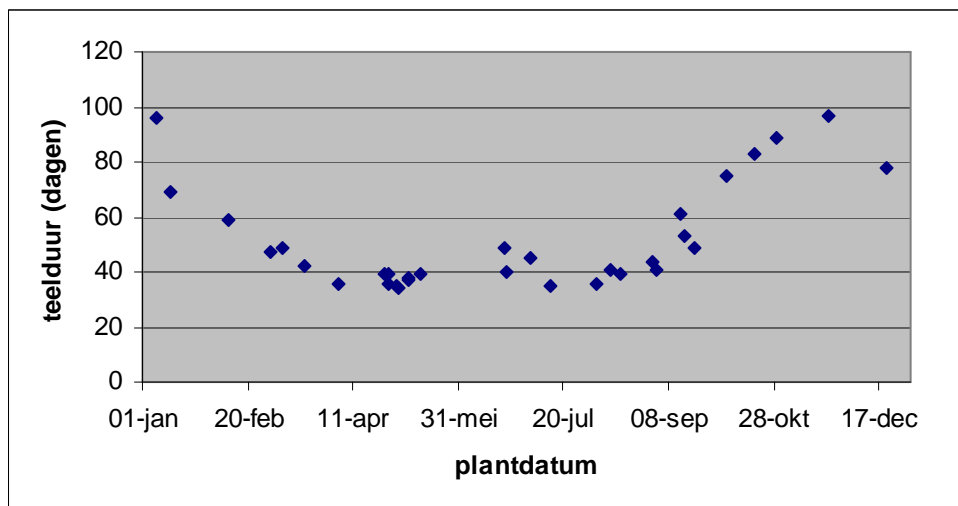
Extra groeilicht geeft extra productie door een kortere teeltduur, een zwaardere krop en/of een hogere plantdichtheid. Bij gekleurde sla zal de kleur intenser worden door belichting [Maaswinkel, 1988]. In lichtarme perioden levert 1% meer groeilicht ongeveer 1% meer productie. Deze regel is afhankelijk van andere factoren (zie paragraaf 2.6). Groeilicht wordt uitgedrukt in mol PAR. Een MJ globale straling, zoals deze buiten kan worden gemeten met een solarimeter staat voor 2,15 mol PAR-licht.

Voorbeeld:

Bij een dag met $300 \text{ J}/\text{cm}^2$ globale straling komt bij een lichtdoorlaat van de kas van 65% $300 * 0,65 * 2,15 * 10.000 / 1.000.000 = 4,2 \text{ mol}/\text{m}^2$ op het gewas. Een belichtingsinstallatie met een geïnstalleerd vermogen van $50 \text{ W}/\text{m}^2$ (5400 lux) levert ongeveer $68 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ aan PAR-licht. Als deze installatie 12 uur brandt geeft dit $68 * 3600 * 12 / 1.000.000 = 2,9 \text{ mol}/\text{m}^2$ licht op het gewas. Zo lang de andere groeifactoren, zoals CO₂ en luchtvochtigheid voldoende hoog blijven levert deze belichtingsinstallatie op deze dag ongeveer $2,9 / 4,2 = 70\%$ meer groei en productie.

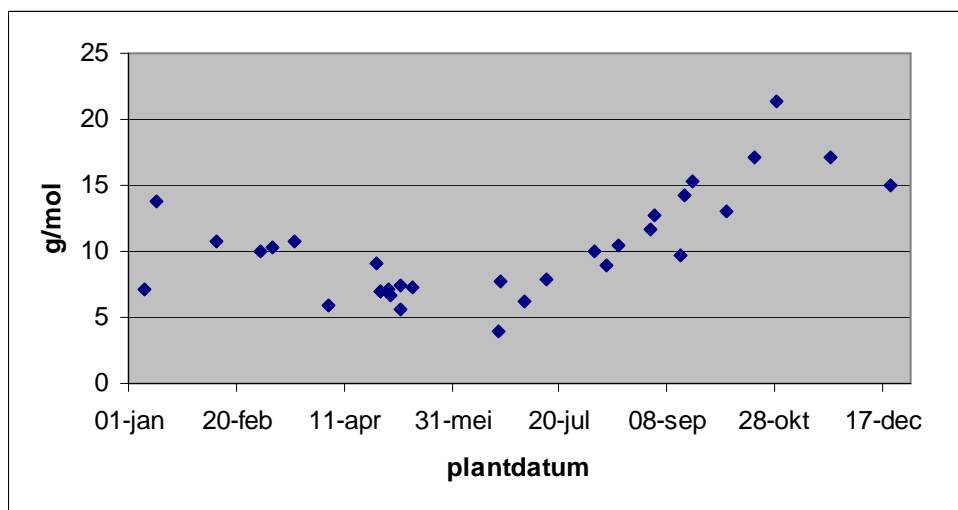
2.4 Zware botersla

In Belgisch onderzoek [Vergote en Bleyaert, 2006] is gedurende twee jaar op vier plaatsen de productie van acht teelten zware botersla gemeten. Het betrof de cultivars Burgia, Alexandria, Flandria, RZ 42-39, Brigade, Hofnar en Zendria, die onder verschillende bemestingsniveaus werden geteeld. Door de teeltduur van alle teelten in een grafiek uit te zetten tegen de plandatum wordt duidelijk, dat in de zomer de teeltduur van zware sla rond de 40 dagen is, terwijl de teelten in de winter meer dan twee keer zo lang kunnen duren.



Figuur 1 - Teelduur van botersla als functie van de plantdatum bij de proeven in België [naar Vergote en Bleyaert, 2006]

Bij de proeven is naast de teelduur ook het gemiddelde kropgewicht gemeten. De lichtdoorlatendheid van de kassen en de plantdichtheid (planten/m²) zijn helaas niet geregistreerd. Door uit te gaan van een lichtdoorlatendheid van 60% en een plantdichtheid van 14 planten/m² kan worden berekend hoeveel gram sla iedere mol natuurlijk licht heeft opgeleverd. In onderstaande grafiek is de lichtopbrengst weergegeven in grammen productie per mol licht in de kas. Uit de grafiek blijkt dat iedere mol licht in de zomer veel minder groei oplevert dan in de winter. In de zomer levert 1 mol licht in de kas ongeveer 7 gram en in de winter meer dan 15 gram sla op.

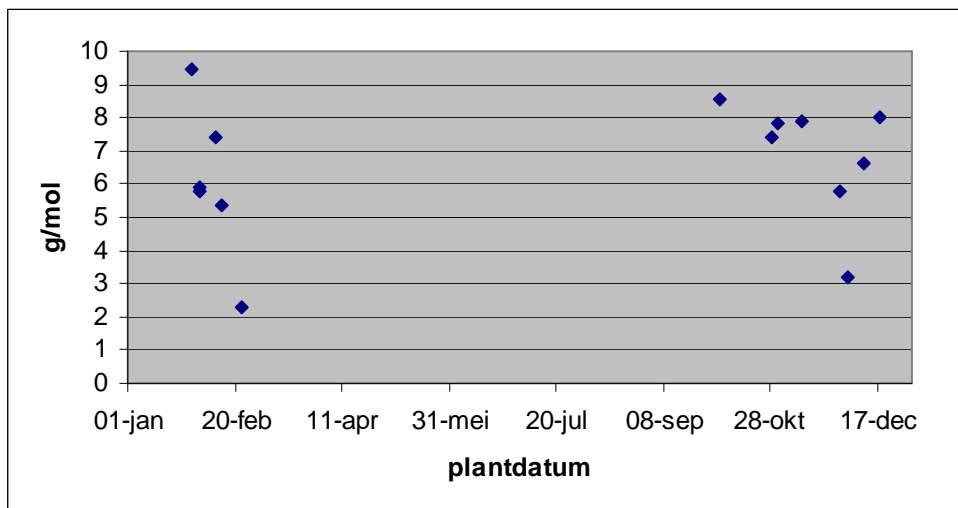


Figuur 2 Het aantal grammen productie botersla per mol licht in de kas, afhankelijk van de plantdatum

Als volgens Figuur 2 ervan wordt uitgegaan dat botersla in de winter ongeveer 15 gram sla per mol licht in de kas oplevert, dan zou een krop sla van 400 gram $400/15 = 27$ mol licht nodig hebben. Bij een elektriciteitsprijs van 0,05 cent per kWh en 2000 branduren per jaar kost een mol licht volgens Tabel 1 $15/1000 = 0,015$ euro. Iedere krop meerproductie moet dan $27 * 0,015 = 0,40$ euro plus een vergoeding voor de variabele kosten opleveren. De variabele kosten zijn vooral de kosten van plantmateriaal, arbeid en afzet (tezamen $\pm 0,13$ €/krop). Belichting wordt dan rendabel bij een verkoopprijs hoger dan $0,4 + 0,13 = 0,53$ €/krop. Als in plaats van 2000 uur slechts 1000 uur wordt belicht, dan stijgt volgens Tabel 1 de prijs van 1 kmol van 15 naar 20 euro. De benodigde prijs van een krop botersla van 400 gram wordt dan $27 * 0,020 + 0,13 = 0,67$ €/krop. Hier tegenover staat dat bij 1000 uur belichten deze prijs in ongeveer 3 maanden nodig is, terwijl bij 2000 uur belichten gedurende ongeveer een half jaar een prijs van 0,53 €/krop nodig is.

2.5 Lollo Rossa

In de afgelopen 20 jaar zijn in Nederland en België vele proeven met Lollo Rossa in de winter geweest. Van 13 van deze proeven zijn de data van teeltduur, plantdichtheid en oogstgewichten verzameld. De plantdichtheid varieerde hierbij van 12 tot 18 planten per m². Door het totale oogstgewicht te vergelijken met de hoeveelheid zonlicht ontstaat Figuur 3. De resultaten zijn minder consistent dan die van de proeven met zware botersla in Figuur 2. Blijkbaar hebben bij deze proeven andere factoren (bijvoorbeeld temperatuur, ras, kleur, CO₂) een rol gespeeld bij de lichtefficiëntie. Wel kan gesteld worden dat de productie per mol licht bij Lollo Rossa lager ligt dan bij zware botersla. In de winter lijkt een productie van 7 tot 8 g/mol licht haalbaar.



Figuur 3 Productie van Lollo Rossa in g/mol licht bij verschillende proeven met verschillende plantdata.

Als met Lollo Rossa 1 mol licht in 8 gram productie kan omzetten dan is voor een krop van 200 gram 25 mol licht nodig. De benodigde prijs van een krop Lollo Rossa van 200 gram zal dan niet veel afwijken dan wat is berekend voor botersla, dat 27 gram nodig heeft voor een krop van 400 gram. Uitgaande van een lichtprijs van 0,015 euro per mol zal iedere krop meerproductie $25 * 0,015 = 0,38$ euro plus een vergoeding voor de variabele kosten (0,13 €/krop) moeten opleveren, wat neerkomt op $0,38 + 0,13 = 0,51$ €/krop.

2.6 Discussie

In deze studie is verondersteld dat per mol licht een vaste hoeveelheid product kan worden geproduceerd. In werkelijkheid is deze relatie niet lineair. Zo kan op donkere dagen zo weinig fotosynthese ontstaan, dat de onderhoudsademhaling nog maar nauwelijks wordt gecompenseerd en het gewas amper groeit. Op deze donkere dagen zal 1% extra groeilicht veel meer dan 1% extra groei leveren. Op zonnige dagen daarentegen, kan een tekort aan CO₂, of een te lage luchtvochtigheid het extra groeilicht juist minder effectief maken. Dit betekent dat een teelt die voor de jaarwisseling wordt geplant meer gram productie per mol groeilicht zal geven dan een teelt die in maart wordt geplant. Op jaarbasis (dus inclusief de zomer) zal 1% meer licht ongeveer 0,8% meer productie geven [Marcelis et.al., 2004]

Uit de in dit onderzoek beschouwde proeven blijkt botersla ongeveer twee maal zo efficiënt met licht om te gaan dan lollo rossa. De gestelde lichtefficiëntie van 8 en 15 gram/mol licht voor respectievelijk botersla en lollo rossa zijn bepaald op basis van proeven die niet zijn toegespitst op lichtefficiëntie en waarbij het niet zeker is of de CO₂-concentratie overal op peil is gehouden. Mogelijk dat in de praktijk de lichtefficiëntie hoger is, en dat belichting daardoor eerder rendabel is.

Uitgegaan van zware botersla. Bij oogst van minder zware sla, bijv. uit het middensegment en daaraan gekoppeld hogere plantdichtheden (bijv. 16 pl/m²), zal de kostprijs lager liggen.

Bij bijzondere slasoorten die onbelicht niet in de winter kunnen worden geteeld, kan belichting wel voor jaarrond productie zorgen. Dit voordeel is in dit onderzoek niet gekwantificeerd. Jaarrond productie of een gelijkmatiger productie over het jaar kan het vertrouwen van de afnemer vergroten. Als dit vertrouwen wordt omgezet in een hogere verkoopprijs, wordt belichting eerder terugverdiend. Bovendien gaat een gelijkmatige productie gepaard met een gelijkmatiger arbeidsfilm, wat kansen biedt om meer vast personeel aan te trekken.

De in dit rapport berekende benodigde verkoopprijs van 0,53 of 0,51 €/krop voor respectievelijk 400 gram zware sla en 200 gram Lollo Rossa kan lager worden als de lichtefficiëntie van het gewas (het aantal grammen per mol licht) kan worden verbeterd. Hierbij kan worden gedacht aan de teelt op mobiele goten, het doseren van meer CO₂ (bijv. OCAP) en kwaliteitsverbetering. Deze kwaliteitsverbetering kan bijvoorbeeld worden verkregen door een betere kleur van Lollo rossa.

1. Door de teelt op mobiele goten wordt efficiënter met het belichte oppervlak omgegaan. Door in het begin van de teelt de goten dicht op elkaar te zetten kan met dezelfde hoeveelheid lampen een groter aantal planten worden belicht.
2. Ook bij weinig licht stimuleert CO₂ de fotosynthese. Belichting maakt CO₂ nog belangrijker. Als de CO₂-concentratie van 1000 ppm wegzakt naar 400 ppm daalt de fotosynthese met ongeveer 20%.
3. Belichting zorgt voor een gelijkmatiger klimaat over het seizoen wat betreft hoeveelheid licht, temperatuur en luchtvochtigheid. Dit kan de kwaliteit van sla verbeteren en het uitvalpercentage verlagen.

3 Conclusies en aanbevelingen

3.1 Conclusies

Belichting is rendabel bij een prijs tussen oktober en april van respectievelijk € 0,53 per krop van 400 gram botersla en bij een prijs van € 0,51 per krop van 200 gram lollo rossa. Hierbij is uitgegaan van een lichtefficiëntie van 15 gram/mol voor botersla en 8 gram/mol voor lollo rossa. De elektriciteitsprijs is gesteld op 0,05 €/kWh en het aantal branduren van de lampen op 2000 per jaar. Bij minder belichtingsuren wordt de kostprijs hoger, maar is deze hogere prijs gedurende een kortere periode nodig.

Belichting bij sla wordt eerder rendabel als voldoende CO₂ kan worden gedoseerd en als de oppervlaktebenutting kan worden geïntensiveerd met bijvoorbeeld mobiele goten.

De intensiteit van belichten (in $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$) heeft nauwelijks invloed op de kostprijs per mol licht. De intensiteit van de belichtingsinstallatie wordt bepaald op basis van de benodigde kwaliteit en de lichtbehoefte van het gewas.

3.2 Aanbevelingen

Hoe langer in een etmaal kan worden belicht, hoe lager de belichtingskosten per mol licht worden. Hierbij zal rekening moeten worden gehouden met de elektriciteitsprijs, de benodigde nachtlengte en het installeren van schermen die lichtuitstoot voorkomen. Ook zou moeten worden onderzocht of het effect van belichting op de etmaaltemperatuur de groei positief of negatief beïnvloedt.

Literatuur

Maaswinkel, R., 1988. Gewenste kleur kost wel erg veel geld. Effect van licht op roodkleuring Lollo Rosso. Tuinderij 15 september 1988, p. 38-39.

Marcelis, L., G. Broekhuijzen, E. Meinen, L. Nijs en M. Raaphorst (2004) Lichtregel in de tuinbouw. 1% licht = 1% productie? Plant Research International. Nota 305. Wageningen

Vergrote, N. en P. Bleyaart (2006) Stikstofaanbod bij serresla op de juiste plaats en op het juiste moment. Provinciaal Proefcentrum voor de Groenteteelt, Kruishoutem en Provinciaal Onderzoeks- en Voorlichtingscentrum voor Land-en Tuinbouw, Rumbeke-Beitem