

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente  
Vestiging Aalsmeer  
Linnaeuslaan 2a, 1431 JV Aalsmeer  
Tel. 0297-352525, fax 0297-352270

ISSN 1385 - 3015

## **Beheersing van nitraatgehalte in sla II**

*Invloed van licht en CO<sub>2</sub> op nitraatgehalte in sla.  
Invloed van fosfaatbeperking op het gehalte aan nitraat.*

Proefnummer 005.1821

M.G. Warmenhoven  
F. Buwaida  
P. Schrama

Aalsmeer, november 1997

Rapport 113  
Prijs f 15,00

Rapport 113 wordt u toegestuurd na storting van f 15,00 op gironummer 174855 ten name van PBG-Aalsmeer onder vermelding van 'Rapport 113, Beheersing van nitraatgehalte in sla II'.

ISN: 947659

# **INHOUD**

<b>SAMENVATTING</b>	<b>7</b>
<b>1. INLEIDING</b>	<b>9</b>
<b>2. MATERIAAL EN METHODE</b>	<b>10</b>
2.1 Opkweek	10
2.2 Watercultuur	10
2.3 Klimaatomstandigheden	10
2.4 Proefopzet	11
<b>3. RESULTATEN EN CONCLUSIES</b>	<b>12</b>
3.1 Invloed licht en CO <sub>2</sub> op het nitraatgehalte in sla	12
3.1.1 Effecten op groei, spruit/wortelverhouding en het percentage drogestof	12
3.1.2 Effecten op nitraat- en koolhydratenstatus van sla	13
3.2 Invloed van fosfaatbeperking op de accumulatie van nitraat	15
3.2.1 Effecten op groei, spruit/wortelverhouding en het percentage drogestof	15
3.2.2 Effecten op nitraat- en koolhydratenstatus van sla	16
<b>4. DISCUSSIE</b>	<b>18</b>
<b>LITERATUUR</b>	<b>19</b>
<b>BIJLAGEN</b>	<b>20</b>
1 Voedingsoplossingen	
2 Resultaten proef 3	
- vers/droog gewichten	
- analyse uitslagen spruit	
3 Resultaten proef 4	
- vers/droog gewichten	
- analyse uitslagen spruit	

## **SAMENVATTING**

Als vervolg op het onderzoek van F. Buwalda (Beheersing van nitraatgehalte in sla I), waarin gekeken is naar de invloed van temperatuur en licht op het nitraat-gehalte van sla, is in januari 1997 een proef gestart waarin de invloed van licht, CO<sub>2</sub> en fosfaatbeperking getoetst is.

Nitraat en koolhydraten spelen een belangrijke rol bij het instandhouden van de celspanning. Hypothese: de nitraatopname is een goed gereguleerd proces, de poule van koolhydraten en nitraat kan enerzijds beïnvloed worden door de fotosynthese en anderzijds door groeiremming (bv. fosfaatbeperking). Uit de literatuur is bekend dat er een negatief verband bestaat tussen nitraat en het totaal aan oplosbare koolhydraten. De hier beschreven proeven is gekeken naar de invloed van licht in combinatie CO<sub>2</sub> en van licht, CO<sub>2</sub> in combinatie met fosfaatbeperking (2%, 4%, 8% en 16% groei per dag) op het gehalte aan nitraat en de koolhydraten-status van sla. Deze proef is in de tijd herhaald.

Er is gezaaid in vermiculiet, waarna de zaailingen ca. drie weken later zijn overgebracht op watercultuur. Gedurende één week zijn ze opgekweekt onder dezelfde teeltcondities (voeding, licht, CO<sub>2</sub> en temperatuur). Hierna is bij de fosfaat gelimiteerde behandeling de standaardvoeding vervangen voor een fosfaatloze voeding. Na een fosfaatuitputtingsperiode van één week zijn de licht- en CO<sub>2</sub>-niveaus ingesteld. Per dag is een hoeveelheid fosfaat toegediend die 2, 4, 8 of 16% groei toestond. De voedingsoplossing van de licht/CO<sub>2</sub>-behandeling bevatte een normale P-concentratie en is regelmatig verversst tijdens de teelt. Gedurende de teelt is regelmatig bemonsterd om vers-/drooggewicht van spruit en wortel te bepalen. Tegelijkertijd zijn er dia-opnamen gemaakt (bovenaanzicht) om later het geprojecteerde bladoppervlak te kunnen bepalen. In het gedroogde materiaal zijn in de licht/CO<sub>2</sub>-behandeling: P-totaal, N-totaal, Nitraat, Glucose, Fructose, Sucrose, Zetmeel, Malaat en Oxalaat bepaald, in de fosfaat gelimiteerde behandelingen zijn dezelfde bepalingen gedaan, met uitzondering van zetmeel en N-totaal.

Verhoging van de lichtintensiteit leidde naast een verhoging van het spruitversgewicht ook (geheel volgens de hypothese) tot een stijging van het totaal koolhydratengehalte hetgeen gepaard ging met een daling van het nitraatgehalte in sla. Er zijn nauwelijks verschillen waargenomen tussen de verschillende CO<sub>2</sub>-niveaus op spruit/wortelgewicht en koolhydratengehalte. De CO<sub>2</sub>-concentraties werkten onder deze omstandigheden niet limiterend. In de laatste proef is een significante negatieve correlatie gevonden tussen nitraat en suikers + organisch zuren. De lage correlatie in de voorlaatste proef is waarschijnlijk toe te schrijven aan het relatief hoge chloridegehalte (resultaten niet weergegeven), gevonden in het blad van sla. Fosfaatlimitering leidde naast een verlaging van het spruitversgewicht ook tot een stijging van het totaal koolhydratengehalte, hetgeen gepaard ging met een daling van het nitraatgehalte in sla. De CO<sub>2</sub>-concentraties leidden niet tot significante verschillen. In beide proeven is een significante negatieve correlatie gevonden tussen nitraat en suikers + organische zuren. Zoals verwacht neemt de relative groeisnelheid toe bij een hogere fosfaatgift.

## 1. INLEIDING

Aan nitraataccumulatie in bladgroenten wordt al enige jaren onderzoek gedaan. Groentegewassen accumuleren vooral in de winterperiode nitraat. Een belangrijke factor die hier een rol speelt is licht (Blom-Zandstra, 1990). Bij een stijgende lichtintensiteit neemt de nitraataccumulatie af. Bij een lage lichtintensiteit is door een lage fotosynthesesnelheid de aanmaak van assimilaten gering. Assimilaten spelen onder andere een rol bij het in stand houden van de celspanning. Wanneer weinig assimilaten beschikbaar zijn om de celspanning in stand te houden kan de plant makkelijk overschakelen naar opslag van nitraat. Dit principe is vastgelegd in een wiskundig model (Seginer et al., 1997). Centraal in dit principe staat de balans tussen de aanmaak en verwerking van nitraat en koolhydraten (voornamelijk suikers en organische zuren) en de negatieve correlatie tussen beide (Drews et al. 1995, Behr and Wiebe 1992, Blom-Zandstra et al. 1988). De aanmaak van koolhydraten wordt bepaald door de fotosynthese-snelheid (afhankelijk van o.a. licht en  $\text{CO}_2$ ), terwijl de verwerking van koolhydraten (CH) beïnvloed kan worden door de groei te remmen (o.a. temperatuur, water- of voedingslimitering). Verschuivingen in de balans tussen aanmaak en verwerking leidt tot veranderingen in CH-gehalte en via de negatieve correlatie tussen CH en  $\text{NO}_3^-$  tot effecten op nitraat.

Eind 1996 is een eerste proef gedaan om een teeltmethode te ontwikkelen waarmee het nitraatgehalte in de sla zo kan worden beïnvloed dat jaarrond de nitraatnorm kan worden gehaald. In deze proef zijn twee lichtniveaus \* vier temperatuurniveaus \* drie EC-niveaus vergeleken. Bij hoog lichtniveau ( $80 \text{ J cm}^{-2}$ ) werden meer suikers en organische zuren geaccumuleerd, afhankelijk van de temperatuur. Hogere accumulatie van suikers en organische zuren leidde tot een lagere nitraataccumulatie. Dit is in overeenstemming met de literatuur, o.a. Drews et al. 1995, Behr and Wiebe 1992, Blom-Zandstra et al. 1988. Over welke invloed de  $\text{CO}_2$ -concentratie heeft op de accumulatie van nitraat is nog niet zoveel bekend. Uit de literatuur is alleen bekend dat cultivars die veel nitraat accumuleren minder  $\text{CO}_2$  opnemen (Behr and Wiebe, 1992).

Volgens Ingestad and Ågren (1992) is in een 'Steady-state' situatie (= stabiele interne voedingsconcentraties en een stabiele relative groeisnelheid (RGR)) situatie een lineair verband tussen toegestane groei per dag (bijvoorbeeld via P-limitering) en het interne voedingsgehalte van de plant. Deze theorie is gebaseerd op resultaten (o.a. Ericsson and Ingestad, 1988) waar de relatieve opnamesnelheid ( $R_u$ ) gelijk is aan de RGR. Bij ongelimiteerd aanbod aan voeding bedraagt de RGR van sla circa 16% per dag (Wikström and Ågren, 1995).

In deze proeven is gekeken naar de invloed van licht in combinatie met  $\text{CO}_2$  en van licht en  $\text{CO}_2$  in combinatie met fosfaatbeperking op de opname van nitraat. Doel van de proef is om de theorie die de basis vormt van het wiskundige model, te toetsen. Mogelijk kan het model nog worden uitgebreid met de invloed van fosfaatbeperking op de concentratie van nitraat.

## 2. MATERIAAL EN METHODE

Eind 1996 is in de eerste twee proeven gekeken naar de invloed van temperatuur, licht en EC-voeding op het nitraatgehalte in sla. Als vervolg hierop is in de hier beschreven proeven de invloed van licht en CO<sub>2</sub> op de accumulatie van nitraat onderzocht. Tevens is gekeken naar de invloed van fosfaatbeperking op het nitraatgehalte.

### 2.1 OPKWEK

Het zaad van *Lactuca sativa* cv. 'Rachel' (ENZA) is gezaaid in vermiculiet (fractie 2, Agra). In het begin zijn de zaaibakken met een verdunde voedingsoplossing beneveld (Bijlage 1, oplossing 1). De zaaibakken zijn na kieming dagelijks gedompeld in een voedingsoplossing met EC 1,5 mS.cm<sup>-1</sup> bij 25°C, om te voorkomen dat er uitputtingszones zouden ontstaan in het wortelmilieu. De temperatuur tijdens de opkweekperiode bedroeg 20°C dag/nacht. Er is gezaaid op 24 december 1996 (t<sub>3</sub>=0) en op 23 januari 1997 (t<sub>4</sub>=0).

### 2.2 WATERCULTUUR

Op t<sub>3</sub>=21 en t<sub>4</sub>=27 zijn de zaailingen overgeplaatst naar 24 liter polyethyleenbakken. De bakken zijn gevuld met voedingsoplossing 1 (zie bijlage 1). Elke bak is afgesloten met een polyethyleen deksel voorzien van elf plantgaten. Elk gat is afgesloten met een polyurethaanschijf waarin de zaailingen met behulp van 'gum' (Terostat VII) zijn opgehangen. De bakken zijn voorzien van twee luchtverdelers (aquariumsteentjes 12,5 cm) verbonden aan een ringleiding. De ringleiding werd door een blower voorzien van lucht. De luchtdoorstromingsnelheid is gereduceerd tot 1 l/min. per bak. In proef 3 is wekelijks en in proef 4 tweewekelijks de voedingsoplossing ververs.

### 2.3 KLIMAATOMSTANDIGHEDEN

De proeven zijn uitgevoerd in vier geconditioneerde kassen, van ieder 16 m<sup>2</sup> bruto. Na het overbrengen op watercultuur is gestart met een temperatuur van 20°C welke in een periode van acht dagen is teruggebracht naar 12°C dag/nacht. Tijdens de teelt is een gemiddelde temperatuur van 12,2°C (proef 3) en 12,6°C (proef 4) gerealiseerd. Het CO<sub>2</sub> gehalte is tot t<sub>3</sub>=35 en t<sub>4</sub>=40 ingesteld op 350 ppm de gerealiseerde waarde lag iets hoger. Er is per dag 14 uur extra licht gegeven tot aan zonsondergang met een intensiteit van 14,3 W.m<sup>-2</sup> (SON-T, Philips). Elk half uur zijn de gemiddelde temperatuur en relatieve luchtvochtigheid (Fluconbox) opgeslagen, evenals de lichtintensiteit (PAR-meter, Botteman).

### 2.4 PROEFOPZET

In de hoofdproef zijn twee licht niveaus (laag en hoog) gecombineerd met twee CO<sub>2</sub> niveaus (350 en 800 ppm) bij een normale fosfaat concentratie in de voeding. Op t<sub>3</sub>=35 en t<sub>4</sub>=40 zijn de CO<sub>2</sub>-behandelingen ingesteld op 350 en 800 ppm. Gelijk met

het instellen van de CO<sub>2</sub>-gehalten zijn de lichtniveaus ingesteld door de lichtbakken naar één kant van de kas te schuiven (intensiteit 28,6 W.m<sup>-2</sup>).

In de subproef zijn twee lichtniveaus (laag en hoog) gecombineerd met twee CO<sub>2</sub> niveaus (350 en 800 ppm) en vier fosfaatbeperkingen (2, 4, 8, 16% groei per dag). Voor de fosfaat gelimiteerde proef is de voedingsoplossing vervangen door een voedingoplossing zonder fosfaat op t<sub>3</sub>=28 en t<sub>4</sub>=33 (bijlage 1), waarna een uitputtingsperiode van P in de voeding begon. Deze uitputtingsperiode diende om een eventueel intern luxe-niveau te verlagen tot beperkend en het demiwater, gebruikt voor deze proeven, bevatte ook nog 0,011 mmol P/l. De proeven zijn daadwerkelijk gestart op t<sub>3</sub>=35 en t<sub>4</sub>=40. Vanaf deze data is dagelijks zoveel fosfaat gegeven in de fosfaat gelimiteerde proef dat 2, 4, 8 of 16 % groei mogelijk werd. Hierbij is uitgegaan van een kritische P-concentratie (minimale concentratie om ongelimiteerde groei mogelijk te maken) van 4 mmol/kg versgewicht. Na het bepalen van het versgewicht op t<sub>3</sub>=35 en t<sub>4</sub>=40 is per dag de P-dosering berekend en toegediend.

De slakroppen zijn op t<sub>3</sub>=38, 46, 56 en t<sub>4</sub>=43, 51, 61 geoogst. Door loting is bepaald welke twee kroppen er per bak geoogst zijn. Na elke oogst zijn de resterende planten gehergroepeerd. Om een indruk te krijgen of er mogelijk verschillen in gewicht optraden binnen een etmaal is aan het einde van proef 3 nog doorgeoogst op 13.00, 18.00, 2.30 en 8.00 uur. Resultaten staan in bijlage 2 tabel 2.5. In proef 4 is nog twee weken doorgeteeld (t<sub>4</sub>=75) en geoogst om ook in een ouder gewas de effecten te bekijken.

Op t<sub>3</sub>=38, 46, 56 en t<sub>4</sub>=43, 51, 61, 75 zijn ook dia-opnames (bovenaanzicht) gemaakt. Deze beelden zijn gescand met een HP-scanner om met behulp van beeldverwerking (Optimas) het geprojecteerd bladoppervlak te bepalen (maat voor lichtonderschepping).

Aan het gewas zijn de volgende waarnemingen gedaan:

\* het krop- en wortelversgewicht

De wortels zijn gespoeld in leidingwater en doorgedept met absorberend papier voor het wegen. Daarna zijn beide, krop en wortels, ingevroren met behulp van vloeibare stikstof. De monsters zijn bewaard bij -80°C tot het moment dat ze de vriesdroger (Edwards) in konden. Na het vriesdrogen zijn de monsters eerst bij 70°C (24 uur) geplaatst waarna

\* het krop- en worteldrooggewicht is bepaald

In het gedroogde materiaal zijn in de hoofdproef:

\* P-totaal, N-totaal, Nitraat, Glucose, Fructose, Sucrose, Zetmeel, Malaat en Oxalaat bepaald

In het gedroogde materiaal van de subproef zijn:

\* P-totaal, Nitraat, Glucose, Fructose, Sucrose, Malaat en Oxalaat bepaald

Verder zijn berekend de spruit/wortel-verhouding (g/g), het percentage drogestof (%) en de Relative Growth Rate (RGR, %) tussen t<sub>3</sub> 46 - t<sub>3</sub> 56, respectievelijk t<sub>4</sub> 51 - t<sub>4</sub> 61.

De resultaten zijn statistisch geanalyseerd met ANOVA. Indien ANOVA betrouwbare effecten gaf zijn groepsgemiddelden vergeleken met behulp van LSD-waarden.

### 3. RESULTATEN EN CONCLUSIES

Bijlage 2 en 3 geven in tabelvorm alle resultaten met betrekking tot waarnemingen aan het gewas, van respectievelijk proef 3 en 4. Per waarnemingstijdstip worden weergegeven de invloed van CO<sub>2</sub>/licht en fosfaatbeperking op het vers- en drooggewicht, spruit/wortel verhouding en het percentage drogestof. In bijlage 4 zijn de laboratoriumanalyses van de spruit weergegeven voor de proeven 3 en 4. Oxaalzuurconcentraties (niet weergegeven) zijn wel bepaald, maar zijn in beide proeven laag geweest (< 10 µmol/gDW).

#### 3.1 INVLOED LICHT EN CO<sub>2</sub> OP HET NITRAATGEHALTE IN SLA

##### 3.1.1 Effecten op groei, spruit/wortelverhouding en het percentage drogestof

De verwachting is dat bij een hoog lichtniveau de productie toeneemt. Aan het einde van de teeltperiode (t<sub>3</sub> = 56) is het versgewicht van de spruit, geteeld bij een hoog lichtniveau, inderdaad significant hoger ten opzichte van een laag lichtniveau (tabel 1). Het verhogen van de CO<sub>2</sub>-concentratie zal in de meeste gevallen leiden tot een productieverhoging. In proef 3 is er geen effect van CO<sub>2</sub> op het spruitversgewicht. Een hoger CO<sub>2</sub> geeft in proef 4 wel een significant hoger spruitgewicht. In beide proeven is er geen interactie gevonden tussen licht en CO<sub>2</sub>.

*Tabel 1 - Spruit versgewicht (g), lichtsom (PAR) in µmol.cm<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>, RGR (droog) in % tussen t<sub>3</sub>=46 - t<sub>3</sub>=56 en t<sub>4</sub>=51 - t<sub>4</sub>=61, spruit/wortelverhouding vers en percentage drogestof (%) spruit. Verschillende letters geven significante verschillen aan (p<0,05).*

proef 3	licht	laag		hoog	
	CO <sub>2</sub>	350	800	350	800
spruit vers t <sub>3</sub> = 56		55,6 a	68,4 a	82,4 b	83,1 b
lichtsom t <sub>3</sub> 46 - t <sub>3</sub> 56		42648	42515	63502	62895
RGR t <sub>3</sub> 46 - t <sub>3</sub> 56		11,0	13,7	10,5	12,1
spruit/wortel vers t <sub>3</sub> = 56		7,46 a	7,78 a	8,25 a	7,80 a
% ds spruit t <sub>3</sub> = 56		5,42 ab	5,23 a	5,76 b	5,54 ab
proef 4	licht	laag		hoog	
	CO <sub>2</sub>	350	800	350	800
spruit vers t <sub>4</sub> = 75		397 a	467 b	476 b	542 c
lichtsom t <sub>4</sub> 51 - t <sub>4</sub> 61		46875	47767	62250	65745
RGR t <sub>4</sub> 51 - t <sub>4</sub> 61		10,6	12,3	11,3	11,5
RGR t <sub>4</sub> 62 - t <sub>4</sub> 75		11,5	10,4	12,1	10,8
spruit/wortel vers t <sub>4</sub> = 75		11,69 a	11,92 a	10,65 a	10,61 a
% ds spruit t <sub>4</sub> = 75		4,76 ab	4,90 b	4,68 a	4,98 b

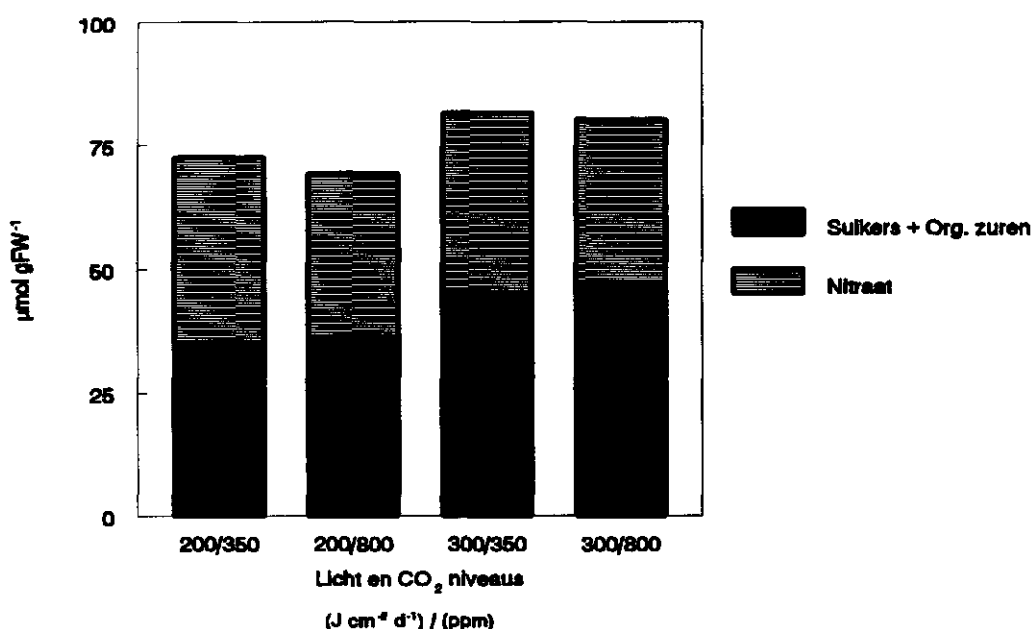
Vergelijkbare resultaten zijn waargenomen bij de drooggewichten van spruit en wortel (bijlage 2 en 3). Er zijn geen grote effecten van licht en CO<sub>2</sub> waargenomen op het geprojecteerde bladoppervlak van sla (resultaten niet weergegeven). Mogelijk is het geprojecteerde bladoppervlak van sla niet gecorreleerd met het absolute bladoppervlak. De verschillen in spruitversgewicht worden vooral veroorzaakt door zwaardere kropvorming.

In proef 4 is de lichtsom van het lage lichtniveau ca. 10% hoger geweest dan in proef 3, de lichtintensiteit buiten de kas is in die periode ook hoger geweest. De verschillen in RGR, niet statistisch getoetst, zijn gering.

In beide proeven zijn geen effecten van licht en/of CO<sub>2</sub> op de spruit/wortelverhouding waargenomen. Het percentage drogestof in de spruit neemt af in de tijd. De behandelingseffecten op het percentage drogestof zijn gering en niet eenduidig: een hoger percentage drogestof bij hoog licht in proef 3, een hoger percentage drogestof bij hoog CO<sub>2</sub> in proef 4, maar beide niet reproduceerbaar.

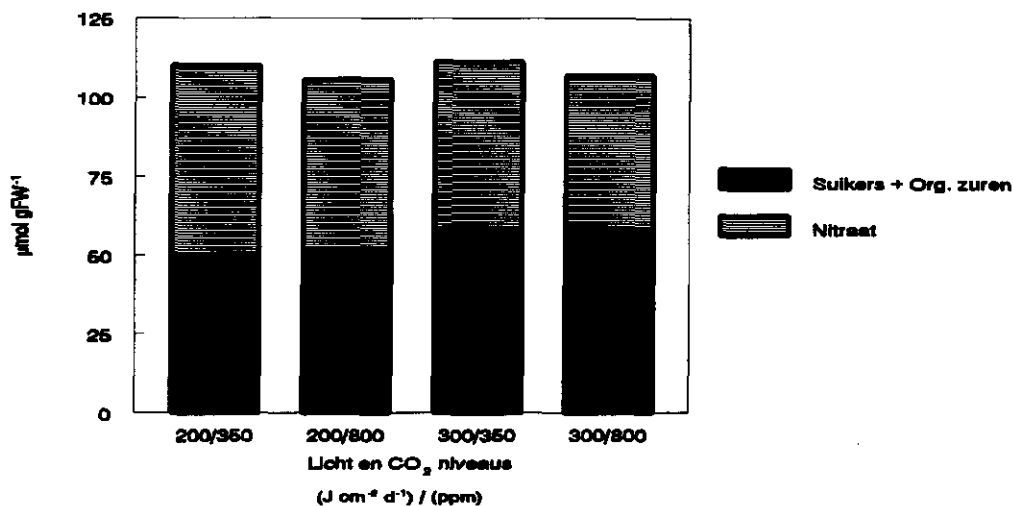
### 3.1.2 Effecten op nitraat- en koolhydratenstatus van sla

De verwachting was dat door verhoging van het lichtniveau het koolhydaatgehalte zou stijgen. Voor het instandhouden van de celspanning zou dit gecompenseerd worden door een daling van de interne nitraatconcentratie. In beide proeven is dit effect van licht bevestigd (figuur 1 en 2). Een hoger CO<sub>2</sub> geeft in deze proeven een lager nitraatgehalte maar de verschillen zijn niet statistisch betrouwbaar. De negatieve relatie, zoals vermeld in de literatuur, tussen nitraat en totaal oplosbaar koolhydraten (suikers en organischzuren) wordt weergegeven in figuur 3.



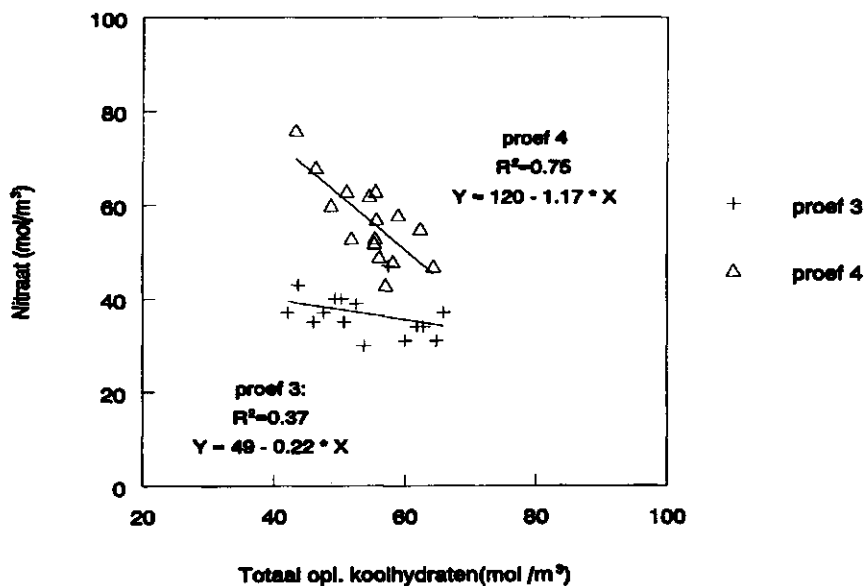
**Figuur 1 -** Invloed van licht en CO<sub>2</sub> op nitraat en oplosbare koolhydraten proef 3





**Figuur 2 - Invloed van licht en CO<sub>2</sub> op nitraat en oplosbare koolhydraten proef 4**

De correlatie is in proef 3:  $R^2 = 0,37$  en proef 4:  $R^2 = 0,75$ . De toename van de totaal oplosbare koolhydraten wordt in grote mate veroorzaakt door de stijging in de gehalten aan glucose en fructose in de spruit (bijlage 2 en 3).



**Figuur 3 - Effect van nitraat op totaal oplosbare koolhydraten van sla**

## 3.2 INVLOED VAN FOSFAATBEPERKING OP DE ACCUMULATIE VAN NITRAAT

### 3.2.1 Effecten op groei, spruit/wortelverhouding en het percentage drogestof

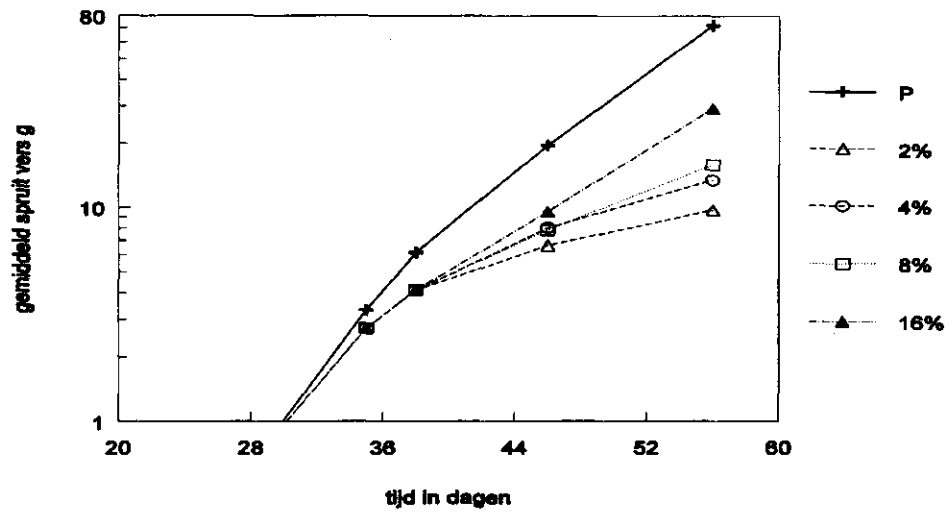
Aan het einde van de teeltperiode waren de verschillen tussen de P-gelimiteerde behandelingen goed zichtbaar. Er zijn in beide proeven significante verschillen gevonden tussen de behandelingen 2-4%, 8% en 16%. Een lagere fosfaatdosering tijdens de teelt geeft ook een significant lager spruitversgewicht (tabel 2).

Figuur 4 geeft een overzicht van het gemiddeld spruitversgewicht tijdens de teelt in proef 3 (y-schaal is log getransformeerd). De relatief lage spruit/wortel-verhouding in beide proeven wordt veroorzaakt door de limitering van fosfaat. Als gevolg van de fosfaatbeperking (wortelgroei wordt gestimuleerd) stijgt de spruit/wortelverhouding bij een toenemende fosfaatdosering tijdens de teelt.

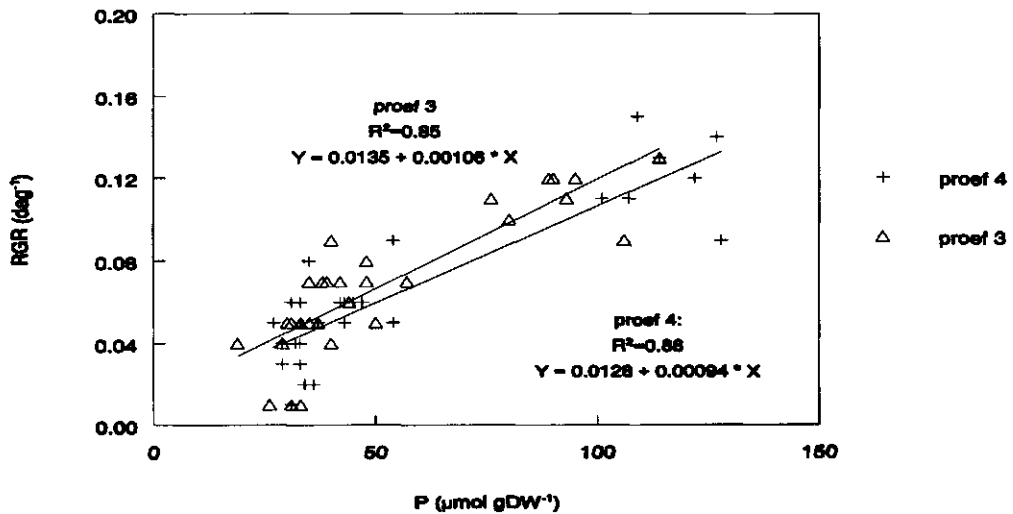
Bij een stijgende fosfaatdosering daalt het percentage drogestof in de spruit. Hoe meer P-bepanking, hoe lager de spruit/wortelverhouding en hoe hoger het percentage drogestof. De Relative Growth Rate (RGR) is tussen de laatste twee oogsten van elke proef bepaald over een periode van tien dagen. Zoals verwacht is er een positieve correlatie gevonden tussen de interne fosfaatconcentratie en de RGR (figuur 5) met een  $R^2$  van respectievelijk 0,85 en 0,94.

**Tabel 2.** - Spruitversgewicht (g), spruit/wortelverhouding vers, percentage drogestof (%) spruit, totaal oplosbare koolhydraten in spruit ( $\text{mol}/\text{m}^3$ ) nitraatgehalte spruit ( $\text{mol}/\text{m}^3$ ) en RGR (vers) in % tussen  $t_3=46$  -  $t_3=56$  en  $t_4=51$  -  $t_4=61$ . Verschillende letters geven significante verschillen aan ( $p < 0,05$ ).

proef 3	$t_3=56$	2%	4%	8%	16%
spruit vers		9,76 a	13,52 b	15,92 c	29,31 d
spruit/wortel vers		2,16 a	2,14 a	2,17 a	2,84 b
% ds spruit		11,83 d	10,76 c	9,36 b	6,57 a
Totaal opl. koolhydraten		76,1 c	72,9 c	67,0 b	49,7 a
Nitraat		22,1 a	27,7 b	41,5 c	75,4 d
RGR $t_3=46$ - $t_3=56$		3,8	5,2	7,0	11,8
proef 4	$t_4=61$	2%	4%	8%	16%
spruit vers		22,2 a	22,0 a	31,6 b	80,7 c
spruit/wortel vers		2,50 a	2,41 a	2,94 b	4,58 c
% ds spruit		11,26 c	10,94 c	9,32 b	5,66 a
Totaal opl. koolhydraten		72,9 c	71,4 c	63,4 b	43,2 a
Nitraat		21,9 a	23,3 a	35,3 b	69,2 c
RGR $t_4=51$ - $t_4=61$		3,9	3,2	6,6	12,2



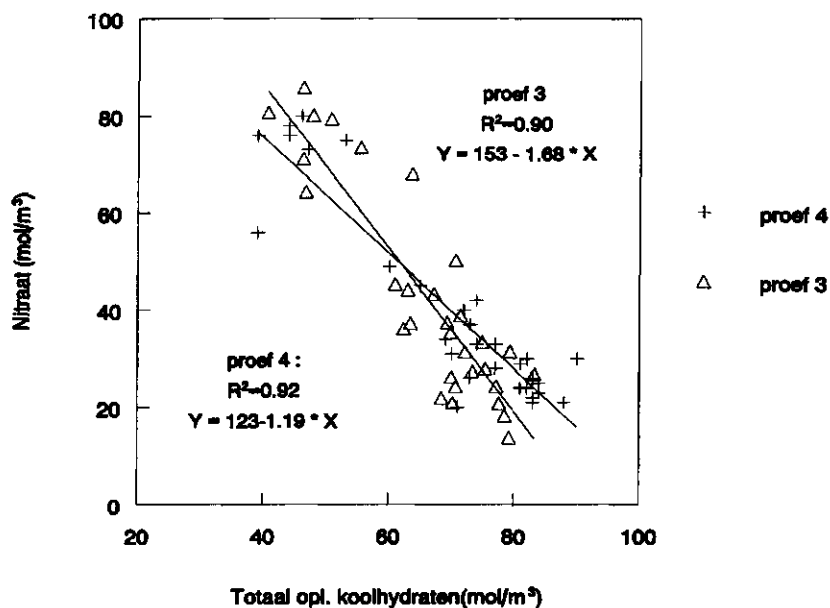
*Figuur 4 -* Gemiddeld spruitversgewicht in de tijd proef 3



*Figuur 5 -* Effect van interne P-concentratie op de RGR van sla

### 3.2.2 Effecten op nitraat- en koolhydratenstatus van sla

De fosfaatbehandelingen in het wortelmilieu zijn in de plant redelijk terug gevonden (bijlage 2 en 3). Beperking van fosfaat heeft tot gevolg dat er minder nitraat wordt geaccumuleerd terwijl de totaal oplosbare koolhydraten toenemen. Deze toename van de totaal oplosbare koolhydraten wordt voornamelijk veroorzaakt door fructose (bijlage 2 en 3). In mindere mate neemt de sucroseconcentratie in de spruit af bij een stijgende fosfaatgift.



**Figuur 6 -** Effect van nitraat op totaal oplosbare koolhydraten bij P-limitering van sla

Het effect van nitraat op totaal oplosbare koolhydraten bij P-limitering van sla is weergegeven in figuur 6. In beide proeven zijn hoge negatieve correlaties ( $R^2$ ) gevonden tussen nitraat en totaal oplosbare koolhydraten, respectievelijk 0,90 en 0,92. Fosfaat heeft, in beide proeven, geen invloed op het malaatgehalte in de plant. De  $CO_2$ -concentraties leiden niet tot significante verschillen (bijlage 3).

## 4. DISCUSSIE

Verhoging van de lichtintensiteit leidde naast een verhoging van het spuitversgewicht ook tot een stijging van het totaal koolhydratengehalte, hetgeen gepaard ging met een daling van het nitraatgehalte in sla. Terug naar het doel van de proef: effecten van licht in overeenstemming met hypothese en werk van Blom-Zandstra (1988). Er zijn nauwelijks verschillen waargenomen tussen de verschillende CO<sub>2</sub>-niveaus op vers- drooggewichten, nitraat gehalte en de gehalten aan koolhydraten. De CO<sub>2</sub>-concentraties werkten onder deze omstandigheden niet limiterend. In proef 4 is een significante negatieve correlatie gevonden tussen nitraat en suikers + organische zuren. De lage correlatie in proef 3 is niet in overeenstemming met de verwachting en is wellicht toe te schrijven aan het relatief hoge chloridegehalte (resultaten niet weergegeven), gevonden in het blad van sla (De Kreij et al. 1997).

Fosfaatlimitering leidde naast een verlaging van het spuitversgewicht ook tot een stijging van het totaal koolhydratengehalte, hetgeen gepaard ging met een daling van het nitraatgehalte in sla. In beide proeven is een significante negatieve correlatie gevonden tussen nitraat en suikers + organische zuren. Zoals verwacht neemt de RGR toe bij een hogere fosfaatgift. Terug naar de hypothese: resultaten zijn in overeenstemming: minder P ⇒ minder groei ⇒ minder verwerking van koolhydraten ⇒ hogere concentratie aan koolhydraten ⇒ lagere nitraatconcentraties.

## LITERATUUR

- Behr, U. and H.J. Wiebe, 1992. Relation between photosynthesis and nitrate content of lettuce cultivars. *Scientia Horticulturae*, 49 175-179.
- Blom-Zandsta, M., J.E.M. Lampe and F.H.M. Ammerlaan, 1988. C and N utilization of two lettuce genotypes during growth under non-varying light conditions after changing the light intensity. *Physiologia plantarum* 74: 147-153.
- Blom-Zandstra, M., 1990. Waarom een plant nitraat opslaat. *Groeten en Fruit* 9 maart, 14-15
- Drew, M., I. Schonhof and A. Krumbein, 1995. Nitrat-, Vitamine C-,  $\beta$  - carotin - und zucker gehakt von kopf salat in Jahresverlauf beim Anbau in Gewächshaus. *Gartenbauwissenschaft* 4/95: 180-187.
- Ericsson T. and T. Ingestad, 1988. Nutrition and growth of birch seedlings at varied relative phosphorus addition rates. *Physiologia plantarum* 72: 227-235.
- Ingestad T. and G.I. Ågren, 1992. Theories and methods on plant nutrition and growth. *Physiologia plantarum* 84: 177-184.
- Kreij de C., W.H.K. Post, H. Klein-Buitendijk, 1997. Nitraatgehalte en kroggewicht van sla afhankelijk van voeding en enkele andere factoren. PBG rapport nr. 94
- Seginer, I., F. Buwalda and G. van Straten, 1997. A Model for the nitrate concentration of greenhouse lettuce. In press
- Wikström F. and G.I. Ågren, 1995. The relation between the growth rate of young plants and their Total-N concentration is unique and simple: a comment. *Annals of Botany* 75: 541-544.

## BIJLAGE 1

### OPLOSSING 1

Gebruikte voedingsoplossing in P-proef

EC	2,0	mS.cm <sup>-1</sup> bij 25°C
pH	6,0	
NO <sub>3</sub>	13,3	mmol/l
NH <sub>4</sub>	1,0	
P	1,5	
K	7,5	
Ca	3,5	
Mg	1,5	
S	1,0	
Fe	40	μmol/l
Mn	5,0	
Zn	5,0	
B	3,0	
Cu	1,0	
Mo	0,66	

### OPLOSSING 2

Gebruikte voedingsoplossing voor watercultuur zonder fosfaat en ammonium in P%-proef. Fosfaat nodig voor het gewenste percentage groei per dag is per behandeling per dag toegevoegd.

EC	2,0	
pH	6,0	
NO <sub>3</sub>	13,3	mmol/l
NH <sub>4</sub>	0	
P	0	
K	6,0	
Ca	4,7	
Mg	1,0	
S	2,0	
Fe	40	μmol/l
Mn	5,0	
Zn	5,0	
B	3,0	
Cu	1,0	
Mo	0,66	

## BIJLAGE 2

**Tabel 2.1 -** Gemiddeld spruit- en wortelversgewicht (g) per oogstdatum ( $n=2$ ). Links van de dikke lijn (CO<sub>2</sub>/licht-proef) geven verschillende letters per oogstdatum significante verschillen aan ( $p<0,05$ ). Rechts van de dikke lijn (proef met P-beperking) worden de LSD-waarden per oogstdatum gegeven.

spruit	CO2/licht	normaal P	P 2%	P 4%	P 8%	%P 16	LSD
20 jan t=28		0,63			-		
27 jan t=35		3,33			2,74		
30 jan t=38	350L	5,51 a			4,22		0.75
	350H	6,38 a			3,85		
	800L	6,91 a			4,22		
	800H	6,01 a			4,27		
7 feb t=46	350L	17,41 a	7.27	8.27	8.32	8.50	1.35
	350H	18,88 a	7.07	8.07	7.95	9.23	
	800L	21,21 a	5.77	8.68	8.23	10.10	
	800H	21,25 a	6.55	7.27	7.03	10.50	
17 feb t=56	350L	55.6 a	11.26	13.69	15.60	30.25	3.65
	350H	82.4 b	9.93	12.60	15.99	28.80	
	800L	68.4 a	8.37	15.31	16.12	28.70	
	800H	83.1 b	9.49	12.49	15.95	29.51	
wortel	CO2/licht	normaal P	P 2%	P 4%	P 8%	P 16%	
20 jan t=28		0,15			-		
27 jan t=35		0,84			0,98		
30 jan t=38	350L	1.40 a			1.83		0.22
	350H	1.70 ab			1.70		
	800L	1.82 b			1.78		
	800H	1.55 ab			1.75		
7 feb t=46	350L	3.85 a	2.83	3.70	3.48	3.95	0.74
	350H	4.39 a	3.38	3.50	3.75	4.03	
	800L	4.10 a	2.30	3.35	3.53	4.08	
	800H	4.51 a	3.05	3.30	3.18	4.68	
17 feb t=56	350L	7.43 a	4.77	6.14	6.90	10.39	1.40
	350H	10.68 b	4.77	6.13	7.45	10.96	
	800L	8.44 a	3.69	6.46	6.96	9.35	
	800H	10.65 b	4.94	6.74	8.08	10.81	



**Tabel 2.2 -** Gemiddeld spruit- en worteldrooggewicht (g) per oogstdatum ( $n=2$ ). Links van de dikke lijn (CO<sub>2</sub>/licht-proef) geven verschillende letters per oogstdatum significante verschillen aan ( $p<0,05$ ). Rechts van de dikke lijn (proef met P-bepanking) worden de LSD-waarden per oogstdatum gegeven.

<b>spruit</b>	<b>CO2/licht</b>	<b>normaal P</b>	<b>P 2%</b>	<b>P 4%</b>	<b>P 8%</b>	<b>%P 16</b>	<b>LSD</b>
20 jan t=28		0.045			-		
27 jan t=35		0.19			0.16		
30 jan t=38	350L 350H 800L 800H	0.36 a 0.61 a 0.44 a 0.43 a			0.31 0.32 0.32 0.35		0.25
7 feb t=46	350L 350H 800L 800H	1.00 a 1.20 ab 1.25 ab 1.37 b	0.60 0.72 0.56 0.74	0.68 0.82 0.77 0.76	0.73 0.75 0.74 0.75	0.67 0.81 0.79 0.99	0.13
17 feb t=56	350L 350H 800L 800H	3.00 a 4.74 c 3.58 ab 4.61 bc	1.17 1.25 0.91 1.25	1.36 1.49 1.45 1.47	1.41 1.46 1.43 1.66	1.83 1.98 1.79 2.13	0.30
<b>wortel</b>	<b>CO2/licht</b>	<b>normaal P</b>	<b>P 2%</b>	<b>P 4%</b>	<b>P 8%</b>	<b>P 16%</b>	
20 jan t=28		0.009			-		
27 jan t=35		0.04			0.05		
30 jan t=38	350L 350H 800L 800H	0.08 a 0.10 a 0.10 a 0.09 a			0.10 0.10 0.10 0.10		0.02
7 feb t=46	350L 350H 800L 800H	0.24 a 0.29 ab 0.28 ab 0.32 b	0.21 0.28 0.22 0.28	0.27 0.31 0.28 0.29	0.28 0.30 0.28 0.27	0.26 0.30 0.28 0.37	0.08
17 feb t=56	350L 350H 800L 800H	0.52 a 0.75 b 0.59 a 0.76 b	0.50 0.56 0.39 0.55	0.62 0.66 0.64 0.71	0.61 0.69 0.64 0.76	0.62 0.73 0.60 0.73	0.11

**Tabel 2.3 -** Gemiddeld spruit/wortelverhouding per oogstdatum ( $n=2$ ). Links van de dikke lijn (CO<sub>2</sub>/licht-proef) geven verschillende letters per oogstdatum significante verschillen aan ( $p<0,05$ ). Rechts van de dikke lijn (proef met P-bepanking) worden de LSD-waarden per oogstdatum gegeven.

vers	CO2/licht	normaal P	P 2%	P 4%	P 8%	%P 16	LSD
20 jan t=28		4.15			-		
27 jan t=35		3.94			2.80		
30 jan t=38	350L	3.94 a			2.32		0.31
	350H	3.75 a			2.27		
	800L	3.81 a			2.37		
	800H	3.88 a			2.43		
7 feb t=46	350L	4.54 a	2.59	2.24	2.40	2.15	0.28
	350H	4.30 a	2.11	2.31	2.12	2.29	
	800L	5.16 b	2.04	2.62	2.33	2.48	
	800H	4.68 ab	2.14	2.25	2.25	2.26	
17 feb t=56	350L	7.46 a	2.34	2.25	2.26	2.94	0.45
	350H	7.76 a	2.07	2.05	2.14	2.64	
	800L	8.25 a	2.28	2.39	2.32	3.06	
	800H	7.80 a	1.92	1.86	1.98	2.75	
droog	CO2/licht	normaal P	P 2%	P 4%	P 8%	P 16%	
20 jan t=28		5.00			-		
27 jan t=35		4.67			3.52		
30 jan t=38	350L	4.44 a			3.22		1.19
	350H	6.16 b			3.32		
	800L	4.35 a			3.15		
	800H	4.71 ab			3.45		
7 feb t=46	350L	4.15 a	2.86	2.53	2.61	2.54	0.42
	350H	4.16 a	2.61	2.63	2.41	2.71	
	800L	4.54 a	2.56	2.82	2.64	2.84	
	800H	4.26 a	2.64	2.66	2.81	2.71	
17 feb t=56	350L	5.79 a	2.33	2.19	2.29	2.97	0.25
	350H	6.27 a	2.22	2.25	2.12	2.70	
	800L	6.22 a	2.32	2.25	2.26	2.99	
	800H	6.03 a	2.21	2.07	2.17	2.92	

**Tabel 2.4 - Gemiddeld percentage drogestof (%) in spruit en wortel per oogstdatum (n = 2). Links van de dikke lijn (CO<sub>2</sub>/licht-proef) geven verschillende letters per oogstdatum significante verschillen aan (p < 0,05). Rechts van de dikke lijn (proef met P-bepanking) worden de LSD-waarden per oogstdatum gegeven.**

<b>spruit</b>	<b>CO2/licht</b>	<b>normaal P</b>	<b>P 2%</b>	<b>P 4%</b>	<b>P 8%</b>	<b>%P 16</b>	<b>LSD</b>
20 jan t = 28		6.93			-		
27 jan t = 35		5.71			5.79		
30 jan t = 38	350L	6.45 a			7.21		1.72
	350H	9.15 b			8.19		
	800L	6.31 a			7.47		
	800H	7.06 ab			8.09		
7 feb t = 46	350L	5.76 a	8.26	8.21	8.70	7.87	1.18
	350H	6.39 b	10.17	10.10	9.38	8.75	
	800L	5.99 ab	9.70	8.82	9.01	7.79	
	800H	6.45 b	11.29	10.44	10.64	9.41	
17 feb t = 56	350L	5.42 ab	10.62	9.95	9.07	6.05	1.28
	350H	5.76 b	12.77	11.81	9.13	6.85	
	800L	5.23 a	10.95	9.47	8.87	6.22	
	800H	5.54 ab	12.96	11.82	10.36	7.16	
<b>wortel</b>	<b>CO2/licht</b>	<b>normaal P</b>	<b>P 2%</b>	<b>P 4%</b>	<b>P 8%</b>	<b>P 16%</b>	
20 jan t = 28		5.68			-		
27 jan t = 35		4.73			4.60		
30 jan t = 38	350L	5.71 a			5.23		0.84
	350H	5.59 a			5.59		
	800L	5.54 a			5.62		
	800H	5.81 a			5.70		
7 feb t = 46	350L	6.29 a	7.49	7.32	8.02	6.66	1.31
	350H	6.64 ab	8.21	8.86	8.25	7.36	
	800L	6.77 ab	8.13	8.23	7.99	6.80	
	800H	7.05 b	9.24	8.80	8.50	7.83	
17 feb t = 56	350L	6.95 a	10.62	10.24	8.93	5.97	1.29
	350H	7.19 a	11.86	10.76	9.24	6.67	
	800L	6.95 a	10.77	10.01	9.11	6.35	
	800H	7.19 a	11.22	10.55	9.42	6.75	

**Tabel 2.5 - Gemiddeld ( $n=2$ ) spruit- en wortelversgewicht (g), spruit/wortelverhouding (vers, droog g/g), percentage drogestof (spruit, wortel) op verschillende tijdstippen binnen een etmaal. Verschillende letters geven significante verschillen aan ( $p<0,05$ )**

	tijd	350L	350H	800L	800H	LSD
spruit vers	13.00	56.7 a	88.0 a	90.0 a	81.3 a	33.5
	18.00	62.9 a	64.7 a	76.4 a	90.7 a	30.6
	02.30	54.9 a	87.3 a	73.7 a	92.3 a	36.2
	08.00	51.6 a	66.2 ab	86.4 ab	102.4 b	28.7
wortel vers	13.00	6.95 a	10.64 b	10.15 ab	9.60 ab	2.71
	18.00	7.93 a	8.50 a	9.41 ab	11.33 b	2.00
	02.30	7.06 a	9.44 ab	9.71 ab	10.43 b	2.68
	08.00	6.46 a	9.15 ab	11.41 ab	13.55 b	4.05
spruit/wortel vers	13.00	8.09 a	8.28 a	8.94 a	8.36 a	2.08
	18.00	7.81 a	7.59 a	8.11 a	7.99 a	1.87
	02.30	7.77 a	9.25 b	7.58 a	8.75 ab	1.36
	08.00	7.89 a	7.22 a	7.72 a	7.57 a	1.81
spruit droog	13.00	3.21 a	5.06 a	5.21 a	4.98 a	2.00
	18.00	3.43 a	4.17 ab	4.44 ab	5.45 b	1.64
	02.30	3.26 a	5.07 ab	4.33 ab	5.54 b	2.06
	08.00	2.81 a	3.75 ab	4.52 bc	5.71 c	1.26
wortel droog	13.00	0.49 a	0.75 a	0.76 a	0.78 a	0.26
	18.00	0.57 a	0.68 a	0.66 a	0.83 b	0.11
	02.30	0.57 a	0.72 a	0.72 a	0.85 a	0.28
	08.00	0.47 a	0.65 ab	0.74 bc	0.92 c	0.19
spruit/wortel droog	13.00	6.52 a	6.77 a	6.85 a	6.37 a	0.75
	18.00	6.01 a	6.16 a	6.68 a	6.51 a	1.54
	02.30	5.77 a	7.05 b	5.96 a	6.45 ab	0.53
	08.00	5.91 a	5.91 a	6.22 a	6.21 a	1.52
ds % spruit	13.00	5.69 a	5.74 a	5.80 a	6.17 a	0.48
	18.00	5.55 a	6.48 a	5.82 a	5.99 a	0.93
	02.30	5.94 ab	5.81 a	5.87 ab	6.01 b	0.14
	08.00	5.46 a	5.73 a	5.25 a	5.58 a	0.74
ds % wortel	13.00	7.04 a	7.04 a	7.53 a	8.08 a	0.98
	18.00	7.24 a	8.00 a	7.06 a	7.34 a	1.39
	02.30	8.00 a	7.62 a	7.45 a	8.14 a	0.98
	08.00	7.34 a	7.13 a	6.51 a	6.80 a	1.14

**Tabel 2.6 - Gemiddelde (n = 2) gehalte P-totaal, N-totaal, NO<sub>3</sub>, Glucose, Fructose, Sucrose, Zetmeel, Malaat ( $\mu\text{mol/gDW}$ ). Totaal oplosbare koolhydraten ( $\text{mol/m}^3$ ) in proef 3 bij +P-behandeling. Verschillende letters geven significante verschillen aan ( $p < 0,05$ )**

t = 56	licht	laag		hoog	
	CO <sub>2</sub>	350	800	350	800
P-totaal		270 b	261 ab	249 ab	239 a
N-totaal		4071 b	3983 ab	4059 b	3864 a
NO <sub>3</sub>		691 a	635 a	643 a	594 a
Glucose		150 a	164 ab	191 bc	213 c
Fructose		382 a	403 ab	457 bc	500 c
Sucrose		115 a	123 ab	128 ab	133 b
Zetmeel		26 a	34 a	33 ab	38 b
Malaat		227 a	238 a	236 a	240 a
Tot. opl. koolhydraten		47.3 a	48.6 a	58.4 b	60.2 b

**Tabel 2.7 -** Gemiddelde (n = 2) gehalte P-totaal, N-totaal, NO<sub>3</sub>, Glucose, Fructose, Sucrose ( $\mu\text{mol/gDW}$ ) en Totaal oplosbare koolhydraten ( $\text{mol/m}^3$ ) in proef 3 bij %P-behandeling.

t = 56	CO <sub>2</sub> /licht	P 2%	P 4%	P 8%	P 16%	LSD
P	350L	36	35	49	105	7
	350H	26	32	46	91	
	800L	33	39	50	98	
	800H	24	31	40	78	
NO <sub>3</sub>	350L	253	270	469	1329	104
	350H	97	222	432	1054	
	800L	251	367	533	1333	
	800H	165	196	362	925	
Malaat	350L	364	395	377	366	31
	350H	290	352	397	344	
	800L	366	407	378	341	
	800H	311	338	337	340	
	CO <sub>2</sub> /licht	P 2%	P 4%	P 8%	P 16%	LSD
Glucose	350L	69	71	68	72	38
	350H	60	74	75	73	
	800L	79	62	78	69	
	800H	51	59	60	74	
Fructose	350L	72	80	108	181	50
	350H	48	88	119	187	
	800L	93	83	124	211	
	800H	59	59	83	202	
Sucrose	350L	173	174	177	135	16
	350H	161	151	159	136	
	800L	186	174	176	135	
	800H	155	163	162	152	
Totaal oplosbare koolhydraten	350L	71	79	79	75	10
	350H	72	78	69	73	
	800L	66	69	67	66	
	800H	46	51	47	55	

## BIJLAGE 3

**Tabel 3.1 -** Gemiddeld spruit- en wortelversgewicht (g) per oogstdatum ( $n = 2$ ). Links van de dikke lijn ( $\text{CO}_2$ /licht-proef) geven verschillende letters per oogstdatum significante verschillen aan ( $p < 0,05$ ). Rechts van de dikke lijn (proef met P-bepanking) worden de LSD-waarden per oogstdatum gegeven.

spruit	$\text{CO}_2$ /licht	normaal P	P 2%	P 4%	P 8%	%P 16	LSD
24 feb t=33		1.71			-		
03 mrt t=40		7.40			6.76		
06 mrt t=43	350L	13.05 a	6.98	8.22	8.30	10.18	2.69
	350H	14.08 a	7.61	8.96	8.53	9.15	
	800L	12.49 a	8.50	9.31	6.73	7.94	
	800H	14.53 a	7.39	8.80	8.48	6.88	
14 mrt t=51	350L	30.3 a	16.39	14.30	18.35	21.82	4.74
	350H	35.7 ab	13.03	15.53	13.91	26.73	
	800L	33.7 ab	12.94	16.33	17.21	20.58	
	800H	41.8 b	16.98	18.06	15.77	25.99	
24 mrt t=61	350L	112.1 a	23.11	19.94	36.23	79.19	5.27
	350H	154.6 b	21.76	22.10	25.97	73.11	
	800L	120.7 a	20.89	20.26	32.32	84.65	
	800H	176.5 b	23.10	25.68	31.91	86.02	
7 april t=75	350L	397.0 a	30.0	35.6	84.0	290.3	18.7
	350H	467.3 b	24.7	40.2	90.1	307.5	
	800L	475.6 b	27.1	37.2	90.6	332.8	
	800H	542.1 c	28.4	46.0	93.4	347.1	
wortel	$\text{CO}_2$ /licht	normaal P	P 2%	P 4%	P 8%	P 16%	
24 feb t=33		0.43			-		
03 mrt t=40		1.66			2.26		
06 mrt t=43	350L	3.31 a	2.83	3.79	3.48	4.17	0.99
	350H	3.43 a	2.81	3.74	3.70	3.71	
	800L	3.08 a	3.46	3.87	3.47	3.03	
	800H	3.51 a	3.62	3.49	3.69	2.86	
14 mrt t=51	350L	6.44 a	6.26	6.16	7.89	8.91	0.91
	350H	7.94 b	5.06	6.81	7.14	11.54	
	800L	6.28 a	5.30	6.80	7.19	8.58	
	800H	7.89 b	6.60	7.63	6.92	9.56	
24 mrt t=61	350L	15.6 a	10.38	11.61	16.69	21.03	2.60
	350H	23.7 b	10.34	9.48	13.85	22.05	
	800L	18.8 a	9.73	9.80	13.44	20.33	
	800H	23.3 b	11.37	12.10	15.96	26.25	
7 april t=75	350L	34.1 a	16.2	16.4	24.7	29.3	5.3
	350H	44.1 b	15.7	21.2	31.9	33.8	
	800L	40.4 b	13.2	16.1	27.5	33.2	
	800H	51.3 c	16.8	21.3	34.1	38.3	

**Tabel 3.2 -** Gemiddeld spruit- en worteldrooggewicht (g) per oogstdatum ( $n = 2$ ). Links van de dikke lijn ( $\text{CO}_2/\text{licht}$ -proef) geven verschillende letters per oogstdatum significante verschillen aan ( $p < 0,05$ ). Rechts van de dikke lijn (proef met P-beperking) worden de LSD-waarden per oogstdatum gegeven.

<b>spruit</b>	<b><math>\text{CO}_2/\text{licht}</math></b>	<b>normaal P</b>	<b>P 2%</b>	<b>P 4%</b>	<b>P 8%</b>	<b>%P 16</b>	<b>LSD</b>
24 feb t=33		0.10			-		
03 mrt t=40		0.44			0.44		
06 mrt t=43	350L	0.79 a	0.54	0.60	0.60	0.64	0.19
	350H	0.82 ab	0.58	0.64	0.67	0.67	
	800L	0.72 a	0.60	0.69	0.49	0.55	
	800H	0.91 b	0.62	0.72	0.66	0.56	
14 mrt t=51	350L	2.07 a	1.58	1.31	1.57	1.38	0.43
	350H	2.36 ab	1.53	1.66	1.49	1.96	
	800L	2.15 a	1.39	1.56	1.64	1.62	
	800H	2.91 b	1.89	1.89	1.63	2.15	
24 mrt t=61	350L	5.98 a	2.34	2.05	2.88	4.32	0.48
	350H	8.07 b	2.72	2.56	2.55	4.08	
	800L	6.63 a	2.27	2.16	2.98	4.86	
	800H	9.18 b	2.67	2.86	3.30	5.06	
7 april t=75	350L	18.88 a	3.07	3.25	5.15	13.50	1.26
	350H	22.91 b	3.21	4.27	6.34	14.63	
	800L	22.28 b	2.83	3.51	6.11	15.30	
	800H	27.00 c	3.17	4.63	6.78	16.28	
<b>wortel</b>	<b><math>\text{CO}_2/\text{licht}</math></b>	<b>normaal P</b>	<b>P 2%</b>	<b>P 4%</b>	<b>P 8%</b>	<b>P 16%</b>	
24 feb t=33		0.02			-		
03 mrt t=40		0.10			0.13		
06 mrt t=43	350L	0.20 b	0.18	0.21	0.20	0.24	0.06
	350H	0.18 ab	0.17	0.23	0.22	0.24	
	800L	0.17 a	0.19	0.23	0.19	0.18	
	800H	0.21 b	0.22	0.22	0.22	0.17	
14 mrt t=51	350L	0.51 a	0.57	0.52	0.63	0.57	0.15
	350H	0.60 a	0.50	0.64	0.60	0.74	
	800L	0.59 a	0.52	0.61	0.63	0.62	
	800H	0.64 a	0.66	0.73	0.65	0.74	
24 mrt t=61	350L	1.02 a	1.06	1.14	1.29	1.14	0.18
	350H	1.42 c	1.22	1.08	1.25	1.34	
	800L	1.21 b	1.07	1.05	1.34	1.31	
	800H	1.47 c	1.23	1.35	1.60	1.61	
7 april t=75	350L	1.98 a	1.66	1.68	1.74	1.62	0.48
	350H	2.44 b	1.79	2.23	2.47	1.92	
	800L	2.33 b	1.47	1.68	2.24	1.91	
	800H	3.08 c	1.72	2.15	2.79	2.09	



**Tabel 3.3 -** Gemiddeld spruit/wortelverhouding (vers, droog) per oogstdatum ( $n=2$ ). Links van de dikke lijn ( $\text{CO}_2$ /licht-proef) geven verschillende letters per oogstdatum significante verschillen aan ( $p<0,05$ ). Rechts van de dikke lijn (proef met P-bepanking) worden de LSD-waarden per oogstdatum gegeven.

vers	$\text{CO}_2$ /licht	normaal P	P 2%	P 4%	P 8%	%P 16	LSD
24 feb t=33		4.21			-		
03 mrt t=40		4.46			3.07		
06 mrt t=43	350L	3.98 a	2.46	2.17	2.40	2.42	0.36
	350H	4.10 a	2.68	2.39	2.31	2.47	
	800L	4.06 a	2.45	2.41	1.93	2.62	
	800H	4.14 a	2.06	2.52	2.31	2.42	
14 mrt t=51	350L	4.71 ab	2.60	2.31	2.32	2.44	0.38
	350H	4.47 a	2.56	2.27	1.99	2.32	
	800L	5.36 b	2.44	2.40	2.40	2.42	
	800H	5.33 b	2.57	2.57	2.28	2.72	
24 mrt t=61	350L	7.25 a	2.23	1.74	2.18	3.79	0.36
	350H	6.65 a	2.09	2.32	2.00	3.35	
	800L	6.46 a	2.15	2.11	2.41	4.16	
	800H	7.57 a	2.03	2.12	2.00	3.30	
7 april t=75	350L	11.69 a	1.85	2.17	3.43	9.92	0.81
	350H	10.65 a	1.57	1.88	2.83	9.18	
	800L	11.92 a	2.07	2.32	3.31	10.07	
	800H	10.61 a	1.70	2.17	2.73	9.11	
droog	$\text{CO}_2$ /licht	normaal P	P 2%	P 4%	P 8%	P 16%	
24 feb t=33					-		
03 mrt t=40		4.51			3.33		
06 mrt t=43	350L	4.05 a	3.07	2.84	3.07	2.69	0.37
	350H	4.43 a	3.29	2.77	3.02	2.79	
	800L	4.31 a	3.19	2.93	2.56	3.03	
	800H	4.42 a	2.80	3.27	3.01	3.33	
14 mrt t=51	350L	4.09 ab	2.78	2.51	2.51	2.48	0.44
	350H	3.97 ab	3.01	2.60	2.48	2.64	
	800L	3.65 a	2.68	2.54	2.63	2.63	
	800H	4.60 b	2.87	2.58	2.51	2.88	
24 mrt t=61	350L	5.88 ab	2.20	1.80	2.23	3.80	0.29
	350H	5.69 ab	2.21	2.37	2.05	3.08	
	800L	5.50 a	2.13	2.08	2.23	3.72	
	800H	6.24 b	2.17	2.12	2.07	3.14	
7 april t=75	350L	9.54 a	1.87	1.93	3.02	8.35	0.69
	350H	9.40 a	1.79	1.91	2.58	7.71	
	800L	9.69 a	1.94	2.09	2.73	8.09	
	800H	8.77 a	1.84	2.17	2.43	7.77	

**Tabel 3.4 - Gemiddeld percentage drogestof (%) in spruit en wortel per oogstdatum (n = 2). Links van de dikke lijn (CO<sub>2</sub>/licht-proef) geven verschillende letters per oogstdatum significante verschillen aan (p < 0,05). Rechts van de dikke lijn (proef met P-beperving) worden de LSD-waarden per oogstdatum gegeven.**

<b>spruit</b>	<b>CO<sub>2</sub>/licht</b>	<b>normaal P</b>	<b>P 2%</b>	<b>P 4%</b>	<b>P 8%</b>	<b>%P 16</b>	<b>LSD</b>
24 feb t = 33		5.81			-		
03 mrt t = 40		5.95			6.51		
06 mrt t = 43	350L	6.08 a	7.74	7.34	7.22	6.26	0.78
	350H	5.85 a	7.66	7.32	7.84	7.27	
	800L	5.79 a	7.09	7.37	7.41	6.95	
	800H	6.29 a	8.38	8.19	7.81	8.07	
14 mrt t = 51	350L	6.81 a	9.58	9.09	8.59	6.36	0.91
	350H	6.75 a	11.75	10.77	10.76	7.31	
	800L	6.41 a	10.75	9.58	9.52	7.93	
	800H	6.93 a	11.12	10.43	10.36	8.22	
24 mrt t = 61	350L	5.34 ab	10.11	10.23	7.94	5.45	0.63
	350H	5.22 a	12.50	11.68	9.81	5.58	
	800L	5.50 b	10.86	10.76	9.20	5.75	
	800H	5.20 a	11.56	11.15	10.32	5.89	
7 april t = 75	350L	4.76 ab	10.27	9.09	6.17	4.65	0.74
	350H	4.90 b	13.01	10.66	7.03	4.76	
	800L	4.68 a	10.41	9.46	6.75	4.60	
	800H	4.98 b	11.16	10.09	7.24	4.69	
<b>wortel</b>	<b>CO<sub>2</sub>/licht</b>	<b>normaal P</b>	<b>P 2%</b>	<b>P 4%</b>	<b>P 8%</b>	<b>P 16%</b>	
24 feb t = 33		5.10			-		
03 mrt t = 40		6.02			5.75		
06 mrt t = 43	350L	5.96 b	6.20	5.58	5.64	5.67	0.58
	350H	5.39 a	6.21	6.26	5.99	6.45	
	800L	5.44 a	5.47	6.06	5.60	5.96	
	800H	5.90 b	6.13	6.29	6.00	5.84	
14 mrt t = 51	350L	7.82 a	8.99	8.33	7.97	6.30	1.14
	350H	7.58 a	9.89	9.38	8.57	6.44	
	800L	9.57 b	9.78	9.02	8.71	7.24	
	800H	8.07 a	9.96	9.60	9.41	7.76	
24 mrt t = 61	350L	6.57 a	10.24	9.89	7.76	5.45	0.91
	350H	6.07 a	11.81	11.39	9.41	6.06	
	800L	6.44 a	10.97	10.70	9.94	6.44	
	800H	6.31 a	10.81	10.81	10.00	6.15	
7 april t = 75	350L	5.83 a	10.19	10.20	6.99	5.52	0.99
	350H	5.55 a	11.41	10.52	7.74	5.67	
	800L	5.78 a	11.10	10.48	8.17	5.74	
	800H	6.02 a	10.25	10.10	8.15	5.49	

**Tabel 3.5 - Gemiddelde ( $n=2$ ) gehalte P-totaal, N-totaal,  $\text{NO}_3$ , Glucose, Fructose, Sucrose, Zetmeel, Malaat ( $\mu\text{mol/gDW}$ ). Totaal oplosbare koolhydraten ( $\text{mol/m}^3$ ) in proef 4 bij +P-behandeling. Verschillende letters geven significante verschillen aan ( $p < 0,05$ )**

t = 75	licht CO <sub>2</sub>	laag		hoog	
		350	800	350	800
P		253 a	241 a	256 a	238 a
N-tot		3455 b	3239 ab	3272 ab	3134 a
NO <sub>3</sub>		1259 b	1154 ab	1080 ab	994 a
Glucose		141 a	156 a	166 a	159 a
Fructose		384 a	428 ab	461 b	485 b
Sucrose		99 a	116 ab	117 ab	133 b
Zetmeel		23 a	36 ab	35 ab	47 b
Malaat		434 a	405 a	449 a	390 a
Tot. opl. koolhydraten		50,3 a	51,7 a	58,5 b	58 b

**Tabel 3.6 - Gemiddelde (n=2) gehalte P-totaal, N-totaal, NO<sub>3</sub>, Glucose, Fructose, Sucrose (μmol/gDW) en Totaal oplosbare koolhydraten (mol/m<sup>3</sup>) in proef 4 bij %P-behandeling.**

t = 61	CO <sub>2</sub> /licht	P 2%	P 4%	P 8%	P 16%	LSD
P	350L	35	39	54	125	9
	350H	30	33	43	118	
	800L	32	34	45	112	
	800H	29	33	41	101	
NO <sub>3</sub>	350L	237	251	541	1334	104
	350H	149	162	314	1089	
	800L	197	231	375	1282	
	800H	207	223	318	1126	
Malaat	350L	358	378	360	347	44
	350H	326	306	316	333	
	800L	345	345	342	339	
	800H	326	326	322	324	
	CO <sub>2</sub> /licht	P 2%	P 4%	P 8%	P 16%	LSD
Glucose	350L	62	61	68	70	16
	350H	54	60	64	76	
	800L	67	66	68	67	
	800H	72	71	64	79	
Fructose	350L	100	107	166	220	36
	350H	86	75	132	223	
	800L	109	117	132	219	
	800H	138	111	118	254	
Sucrose	350L	151	148	130	89	15
	350H	132	145	148	101	
	800L	148	161	165	116	
	800H	131	144	144	145	
Totaal oplosbare koolhydraten	350L	68	75	73	77	6
	350H	71	68	73	74	
	800L	57	65	65	67	
	800H	40	41	42	50	