

Gewasmiddag

Witlof

d.d. 4-10-'96

van 13.30-17.00 u.

op het PAGV

te Lelystad

Voorwoord

Het is een traditie geworden dat het PAGV in de even jaren in het najaar een gewasmiddag witlof organiseert. Ook in 1996 is dit weer het geval. De gewasmiddag witlof is met name bedoeld voor witlofforceerders, maar ook voor belangstellenden van toeleverende of afnemende bedrijven, voorlichting, onderwijs en onderzoek.

Op deze gewasmiddag wordt een vijftal onderzoeksprojecten nader toegelicht door onderzoek(st)ers van het praktijkonderzoek, het AB-DLO en de LUW. Het betreft verslaggeving van lopend onderzoek. Het doel van deze middag is tweërlei: enerzijds wordt de praktijk snel geïnformeerd over de onderzoeksresultaten en anderzijds houdt de confrontatie met de praktijk het onderzoek scherp.

Witlof is een belangrijk groentegewas. Door voortdurende druk op de prijzen is het areaal wortelteelt en het aantal bedrijven met witloftrek de laatste jaren afgenomen. In 1996 is er sprake van een licht herstel. Dit is weergegeven in onderstaande tabel.

	1992	1993	1994	1995	1996
wortelteelt (ha) CBS-meitelling	4842	5161	4519	3889	4006
wortelteelt (ha) CBS-najaarstelling	5238	5572	4615	4480	.
aantal bedrijven met witloftrek	551	488	453	405	.
veilingprijs (ct/kg)	155	196	173	176	.

Nu de witlofsector onder grote druk staat, worden er hoge eisen aan het onderzoek gesteld.

Het gaat erom oplossingen aan te dragen die de rentabiliteit kunnen verhogen.

Ik hoop dat deze middag daaraan een steentje kan bijdragen.

ir. P.H.M. Dekker,

hoofd afdeling Teeltonderzoek Groenten

Inhoud

	blz.
Trekstrategie op basis van wortelkwaliteit	4
<i>ir. G. van Kruistum, PAGV Lelystad</i>	
Met het oog op recirculatie! Effecten van voedingsschema's op nutriënten in het proceswater	16
<i>ir. R.C.F.M. van den Broek (Proeftuin Zwaagdijk) en P. Dekker (student LUW)</i>	
Temperatuur bij ontdooien witlofwortels	25
<i>ing. H.P. Versluis, ROC-Westmaas</i>	
Inhullen of bevochtigen van witlofwortels tijdens de bewaring	29
<i>ing. H.P. Versluis, ROC-Westmaas</i>	
Natrot in witlof; handreikingen ter beperking	34
<i>ir. B.M. Schober, Landbouwwuniversiteit Wageningen</i>	
Roodverkleuring bij witlof beheersen	40
<i>dr. B.W. Veen, AB-DLO</i>	

Ontwikkeling trekstrategie op basis van wortelkwaliteit

ir. G. van Kruistum, PAGV Lelystad

Inleiding en probleemstelling

De uitgangskwaliteit van wortelpartijen kan sterk variëren als gevolg van jaarinvloeden, groeiplaats van de wortels en voedingstoestand van de grond. Tot voor enkele jaren werd er bij het forceren onvoldoende rekening gehouden met de uitgangskwaliteit van de wortel. Het advies voor de forceertemperaturen, EC-waarde, pH, bemesting tijdens de trek etc. was voor alle partijen in een bepaalde trekperiode gelijk. CABO-DLO onderzoek (nu AB-DLO geheten) van enkele jaren geleden, heeft enkele handvaten aangereikt om deze problematiek in het praktijkonderzoek verder uit te werken. Zo dient voor stikstofrijke wortels de trektemperatuur in de loop van het seizoen sneller en verder verlaagd te worden dan voor stikstofarme wortels. Wortels met een relatief hoog stikstofgehalte zijn beter geschikt om te forceren na een korte koude bewaring, terwijl stikstofarme wortels betere resultaten opleveren na een lange koude bewaring. Ook kan het stikstofgehalte van de wortels aanleiding zijn om de samenstelling van de voedingsoplossing tijdens de trek aan te passen. Evenals stikstof kan ook een verhoogde kaliumbemesting of hoge kaliumtoestand bij de wortelteelt de kwaliteit van zowel wortel als lof, negatief beïnvloeden.

In het seizoen 1993/'94 is door het PAGV in samenwerking met enkele ROC's een onderzoek gestart om na te gaan hoe een partij witlofwortels afhankelijk van het gehalte aan enkele inhoudsstoffen, het beste kan worden behandeld tijdens bewaring en trek. In het kort wordt verslag gedaan van een aantal bereikte resultaten over de drie proefjaren. Een gedetailleerde uitwerking van de resultaten gebeurt in de komende winterperiode.

Proefopzet

Wortelteelt en bemesting

Tijdens de wortelteelt in 1993, 1994 en 1995 op drie locaties met eenzelfde zaadpartij van een

middenvroege tot late cultivar (Salsa) is de N- en K-bemesting gevarieerd: 2 N-trappen (0 en 150 kg N) en 2 K-trappen (0 en 600 kg K₂O) in Creil en Wieringerwerf en 2 N-trappen (0 en 200 kg N) en 2 K-trappen (0 en 600 kg K₂O) in Westmaas, in 4-voud leveren 16 veldjes op. Gezaaid werd tussen 10 en 15 mei.

Na het rooien zijn de wortels ter plaatse geschoond en gesorteerd en is alleen de diametersortering 4,0-5,5 cm apart in veilingkisten opgeslagen. Teeltlocaties ROC De Waag te Creil, ROC Westmaas en ROC Van Bemmelenhoeve te Wieringerwerf. Teeltwijze: 75 cm ruggenteelt (Creil en Westmaas) of 50 cm ruggen (Wieringerwerf). Grondsoort Creil: lichte zavel; afslibbaar circa 9 %, organische stof circa 1,5 %; Westmaas: zware zavel; afslibbaar circa 27 %, organische stof circa 2,2 % en Wieringerwerf: matig lichte zavel; afslibbaar circa 18 %, organische stof circa 1,9 %.

Bewaring

De wortels zijn op het PAGV te Lelystad in veilingkisten bewaard, maximaal 32 kisten per pallet, 8 hoog gestapeld waarbij de onderste en bovenste laag bestond uit bruto wortels (rand). Opslagtemperatuur: circa -0,5 °C (worteltemperatuur). Tijdens en direct na het inkoelen zijn de wortels bevochtigd en zijn de pallets vervolgens ingehoesd met ongeperforeerde PE-folie. Aan de bovenzijde is een kleine opening aangebracht om ophoping van warme lucht te voorkomen. Tijdens de bewaring is incidenteel bevochtigd.

Trek

De wortels zijn op enkele tijdstippen op het PAGV te Lelystad geforceerd bij verschillende temperatuur- en bemestingregimes. De lofoogst vond plaats na visuele beoordeling, waarbij werd gestreefd naar een pitlengte van maximaal 50 %. Trekperioden: november, februari, april en juni. De eerste trek in november is bedoeld om aan de hand van de inhoudstoffen van de wortel en de kropontwikkeling inzicht te verkrijgen in de potentie voor kropvorming tijdens de latere trekken: een vorm van een versnelde bewaar-of forceertoets. Bij aanvang van de trek in november is het drogestofgehalte van de wortels bepaald en is een analyse uitgevoerd op mineralen en suikers. Bij de trek in februari, april en juni zijn de wortels één week voor het opzetten gedurende 3 of 10 minuten gedompeld in een 3 % oplossing van CaCl₂ en is in de worteldrogestof de suikersamenstelling bepaald. De lofproductie is steeds weergegeven in kg per 100 geoogste kroppen. Daar de locaties op ongeveer gelijke wijze reageren wordt hier alleen ingegaan op de resultaten van teeltplaats Creil.

Wortelsamenstelling in relatie tot de lofproductie in november

Een N/K-bemesting op het veld vertaalt zich in een hoger N- en/of K-gehalte van de wortel bij een lager drogestofgehalte. Het effect van N is hierbij veel sterker dan dat van K (figuur 1.1). De opname van K is meestal hoger bij een N-bemesting. De resultaten van de proeftrek in november wijzen vooral op een lage klasse-I-productie bij een hoger N-niveau van de wortels (figuur 1.2). De reactie op een hoger N-niveau komt op alle drie proefplaatsen goed met elkaar overeen. Een hoog N-niveau gecombineerd met een hoog K-niveau leidt tot een verdere verlaging van de lofproductie. Gezien het hogere aandeel kort lof en de kortere pit, is in een aantal gevallen ook sprake geweest van een tragere kropontwikkeling. Het nulobject (0 N/0 K) van Creil gaf reeds een vrij hoge lofproductie te zien bij een hoog aandeel klasse I-lof. Bij een hoger N-niveau komt de gevoeligheid voor natrot naar voren.

Het drogestofgehalte van de wortels in november, over de jaren 1993, 1994 en 1995 varieerde sterk: van 20,6 tot 24,5 %. Bij een toename van het drogestofgehalte neemt de klasse-I-productie bij de trek in november sterk toe (figuur 1.3). Hoewel de spreiding groter is, geldt dit eveneens voor het fructosegehalte van de wortel (figuur 1.4). Het sucrose- of sacharosegehalte van de wortel vertoonde geen relatie met de lofproductie. Bij de andere teeltplaatsen Westmaas en Wieringerwerf werd eveneens een sterke variatie in het drogestofgehalte van de wortels aangetroffen. In tabel 1.1 zijn deze voor alle drie proefplaatsen per jaar en veldobject vermeld. De variatie wordt in hoofdzaak bepaald door de N-voeding op het veld. De teeltplaats Wieringer-werf geeft ook een vrij sterk jaareffect te zien. Ook bij de teeltplaatsen Westmaas en Wieringer-werf is er een verband tussen het drogestofgehalte van de wortel en het forceerresultaat in november.

Wortelsamenstelling en lofproductie tijdens het seizoen

In figuur 1.5 is voor Creil, gemiddeld over de veldobjecten, het drogestofgehalte van de wortels weergegeven bij aanvang van de trek. Vooral in de periode van november tot begin februari treedt een vrij forse afname plaats van circa 2 % punt. Daarna is de afname zeer beperkt. In deze periode neemt het fructosegehalte af, terwijl het sucrosegehalte stijgt (figuur 1.6 en 1.7). Het fructosegehalte wordt wat sterker door het N/K-gehalte van de wortel beïnvloed dan het sucrosegehalte.

Uit figuur 1.8 blijkt dat voor alle bemestingsobjecten, de productie aan kwaliteit I-lof in fe-

bruari een maximum bereikte. Een verschuiving van het maximum, afhankelijk van het veldobject werd niet waargenomen. De trekrijpheid was voor alle objecten gelijk. De N/K-bemesting leidde echter wel tot een niveauverlaging van de kwaliteit-I-productie.

Aanpassing forceercondities

februari/maart

Bij de trek in februari/maart komt naar voren dat het nulobject van de wortels uit Creil zich het beste laat forceren bij het forceerregiem 17-15 °C en een voedingschema > 1,0 % N (figuur 1.9). Een lagere forceertemperatuur gaf bij het nulobject een minder goed resultaat. Verlaging van de forceertemperatuur leidde daarentegen bij 150 kg N/600 kg K₂O tot een hogere lofproductie bij een betere lofkwaliteit, vooral bij het forceerobject 15/1 (figuur 1.10).

april/mei

Bij de trek in april werd over het geheel genomen een goede lofproductie behaald bij een redelijke kwaliteit. Het beste resultaat van de wortels uit Creil werd door het veldobject 0 N/0 K bereikt bij een forceerregiem van 17-15 °C (figuur 1.11). De N/K-rijke wortels produceerden het best bij het regiem 16-14 °C (figuur 1.12).

juni/juli

De trek in juni gaf gemiddeld over de proefjaren een verdere verlaging van de lofproductie te zien. De hoogste lofproductie van de 0 N/0 K wortels zijn behaald bij de forceerobjecten 16/7 en 16/1 (figuur 1.13). Bij het veldobject 150 N/600 K bleven de verschillen tussen de forceerobjecten beperkt. Alleen bij het forceerobject 14/1 werd minder klasse-I-lof geproduceerd (figuur 1.14).

Voorlopige conclusies

Door bemesting met stikstof en kali kan een grote variatie in de uitgangskwaliteit van de wortel worden bewerkstelligd. Vooral een hoger N-gehalte gaf bij dit ras (cv. Salsa) een (veel) slechtere lofkwaliteit. Dit effect wordt door een hoger K-gehalte versterkt. Bij de proeftrek in november bleek een hoger drogestofgehalte in de wortel samen te gaan met een

hogere productie van klasse-I-lof. Behalve door de N/K-voeding op het veld, wordt het drogestofgehalte ook beïnvloed door het groeijaar. Bij bepaling van de suikersamenstelling bleek een toename van het fructosegehalte eveneens positief gecorreleerd te zijn met de klasse-I-productie in november. Het gehalte aan transportsuiker, sucrose of sacharose bleek echter geen verband aan te geven met de lofproductie. Bij het forceren van de wortels later in het seizoen bleek elk veldobject de hoogste productie reeds in februari te bereiken. Een verschuiving van het productie-maximum in de tijd, afhankelijk van de voeding op het veld, is niet opgetreden. Derhalve heeft een proeftrek in november een beperkte voorspellende waarde ten aanzien van het juiste forceermoment van partijen witlofwortels. Wel wordt een zekere productiepotentie aangegeven. Later in het seizoen blijven de niveauverschillen gehandhaafd waarbij echter de verschillen in klasse-I-productie tussen de veldobjecten geringer worden, met andere woorden, de N-arme objecten vallen na februari relatief sterker terug. In beperkte mate kan het forceerresultaat van N-rijke wortels worden verbeterd door trek bij lagere temperaturen en/of een minder N-rijke voedingsoplossing te geven. De suikersamenstelling en het verloop daarvan tijdens de bewaring lijken op dit moment onvoldoende aangrijpingspunten te bieden om de forceerbaarheid c.q. de juiste trekstrategie te bepalen. Alvorens deze conclusie te bevestigen zullen nadere rekenmodellen worden getoetst. Het gehalte aan fructose en sucrose wijzigt vooral in de periode van november tot februari om daarna redelijk constant te blijven. Vooral de verschillen in hoeveelheden transportsuikers (sucrose) tussen de veldobjecten blijven beperkt.

Samenvatting

Tot voor enkele jaren werd er bij het forceren onvoldoende rekening gehouden met de uitgangskwaliteit van de wortel. Tot nu toe bestaat er alleen een praktijkadvies hoe men op basis van de kennis van het N-gehalte van de witlofwortel, de samenstelling van de voedingsoplossing tijdens de trek aanpast.

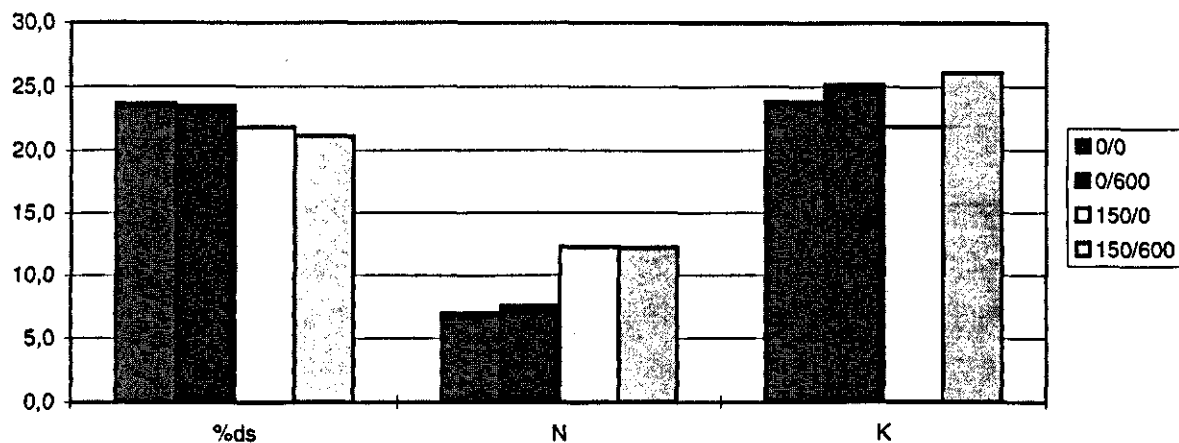
In seizoen 1993/'94 is door het PAGV in samenwerking met enkele ROC's onderzoek gestart om na te gaan hoe, afhankelijk van het gehalte aan enkele inhoudstoffen, partijen witlofwortels het beste kunnen worden behandeld tijdens bewaring en trek. Uit de eerste resultaten komt naar voren dat een hoog N-gehalte van de gebruikte cultivar Salsa leidt tot een slecht trekresultaat, ongeacht de wortelherkomst en dat deze slechts in beperkte mate gecorrigeerd kan worden door aanpassing van de bewaarduur, forceertemperatuur en/of samenstelling van de voedingsoplossing. Een hoog K-gehalte van de wortel versterkt het negatieve

effect van een hoog N-gehalte. Bij de proeftrek in november bleek een hoger drogestofgehalte in de wortel samen te gaan met een hogere productie van klasse-I-lof. Behalve door de N/K-voeding op het veld, wordt het drogestofgehalte ook beïnvloed door het groeijaar. Bij bepaling van de suikersamenstelling bleek een toename van het fructosegehalte eveneens positief gecorreleerd te zijn met de klasse-I-productie in november. De suikersamenstelling en het verloop daarvan tijdens de bewaring lijken op dit moment onvoldoende aangrijpingspunten te bieden om de forceerbaarheid c.q. de juiste trekstrategie te bepalen. Alvorens deze conclusie te bevestigen zullen nadere rekenmodellen worden getoetst.

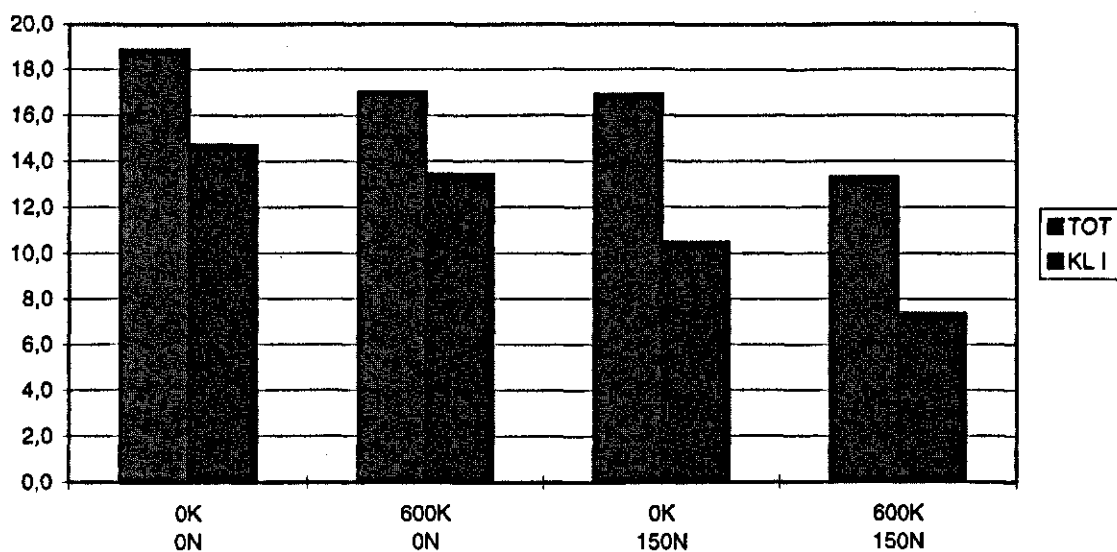
Tabel 1.1. Invloed van teeltjaar en N/K-bemesting op het drogestofgehalte van cv. Salsa in november.

kg N/K	1993			1994			1995			gem.
	Creil	Westm.	W'werf	Creil	Westm.	W'werf	Creil	Westm.	W'werf	
0/0	24,5	23,7	24,1	22,9	23,3	22,0	23,6	23,3	21,6	23,2
0/600	24,4	23,6	22,3	23,4	23,3	21,8	22,7	22,8	21,3	22,8
150/0	21,2	21,6	22,0	21,6	22,5	21,2	22,6	21,8	21,0	21,7
150/600	20,6	22,1	21,5	21,0	22,5	21,4	21,9	21,4	19,7	21,3
gem.	22,7	22,8	22,5	22,2	22,9	21,6	22,7	22,4	20,9	22,3

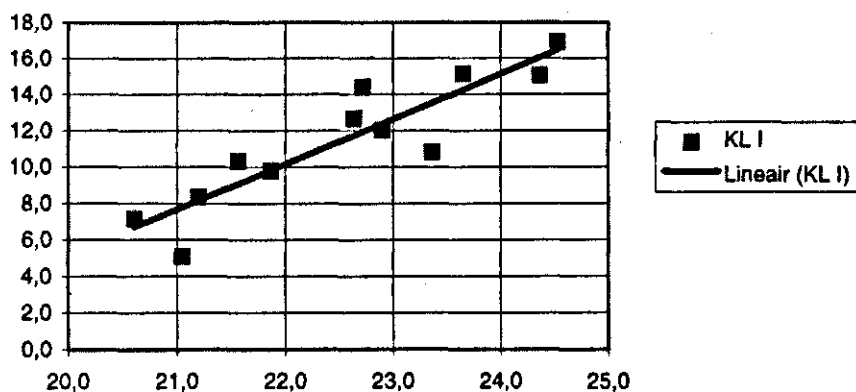
Figuur 1.1. Creil, november 1993-95, % droge stof, N-, K-gehalte (g/kg ds)



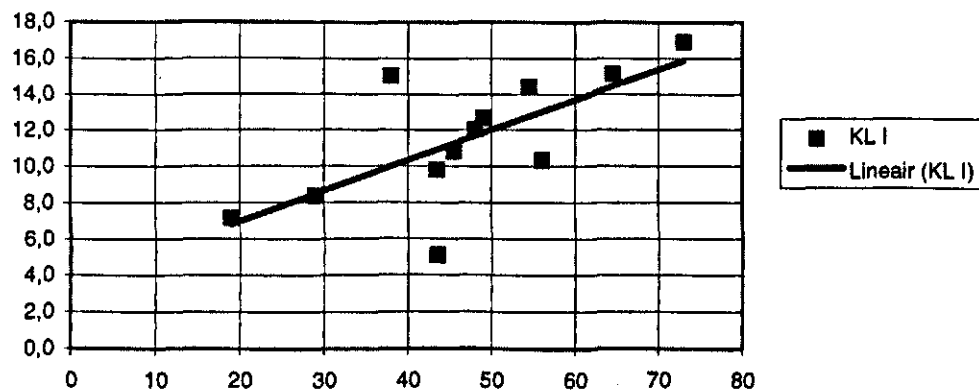
Figuur 1.2. Creil, lofproductie en -kwaliteit november 1993-95, in kg per 100 geoogste kroppen



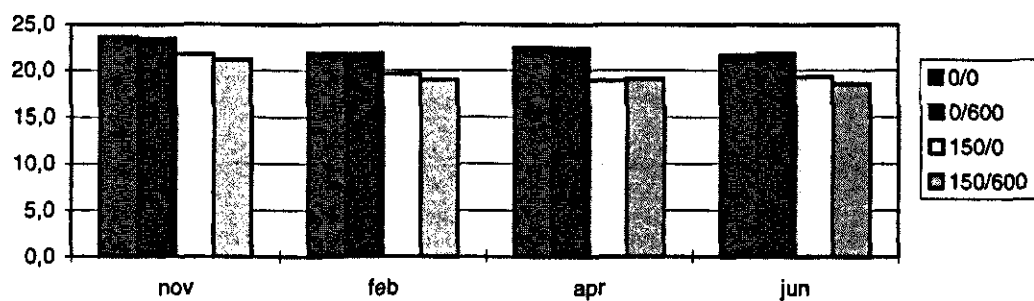
Figuur 1.3. Creil, november 1993-95, droge stofgehalte wortel in relatie tot de lofproductie in klasse I (kg/100 geoogste kroppen)



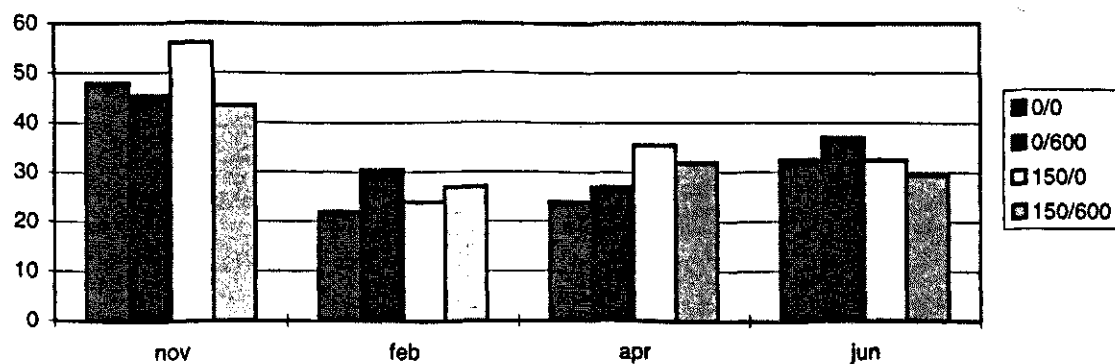
**Figuur 1.4. Creil, november 1993-95, fructose gehalte (g/kg ds)
wortel in relatie tot de lofproductie in klasse I
(in kg/100 geoogste kroppen)**



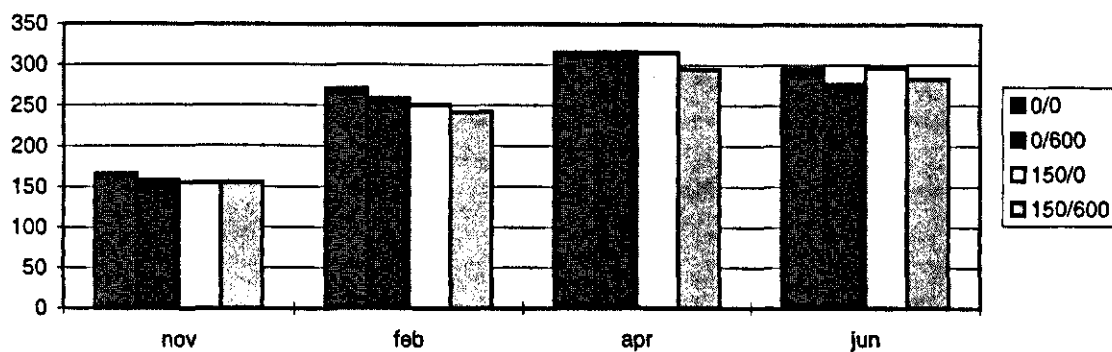
Figuur 1.5. Verloop droge stof wortel (in %), Creil 1993-96



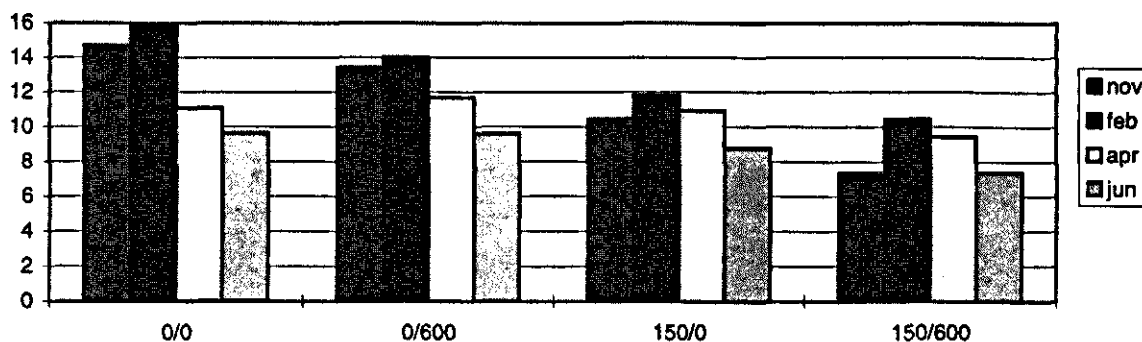
Figuur 1.6. Verloop fructosegehalte wortels (g/kg ds), 1994/95 Creil



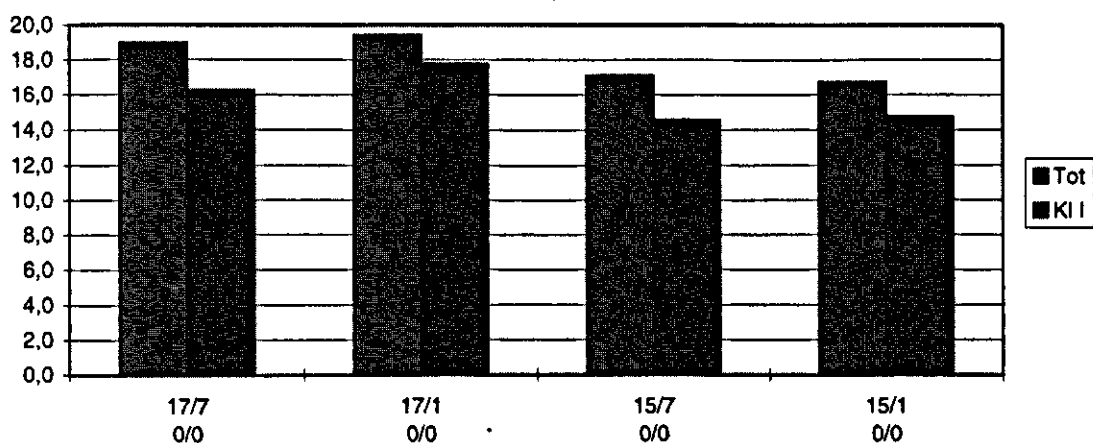
Figuur 1.7. Verloop sucrose gehalte wortels (g/kg ds), 1994/95 Creil



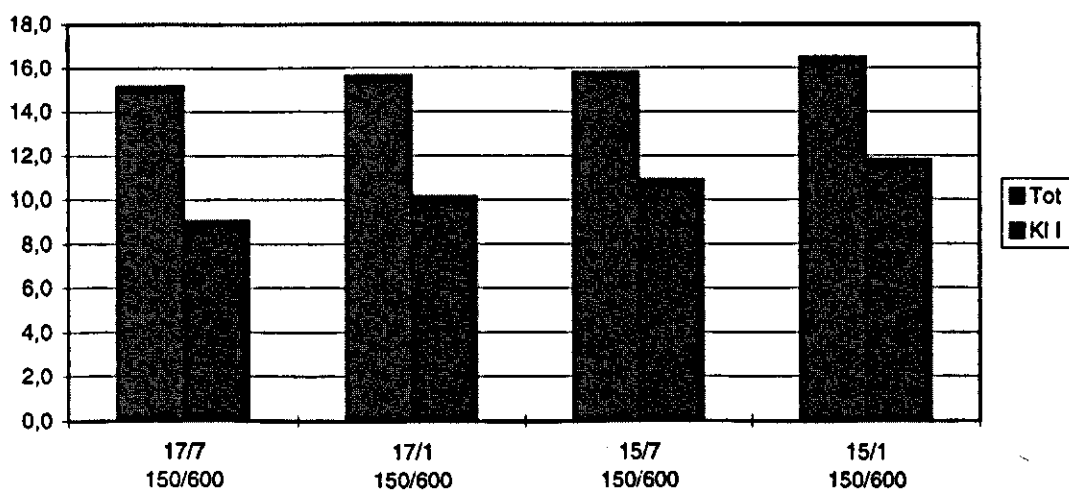
Figuur 1.8. Klasse I productie (kg/100 geoogste kroppen), gemiddeld over 1993-96 Creil



**Figuur 1.9. Lofproductie (kg/100 geoogste kroppen) februari-trek
wortels 0 N/0 K, Creil 1994-96**



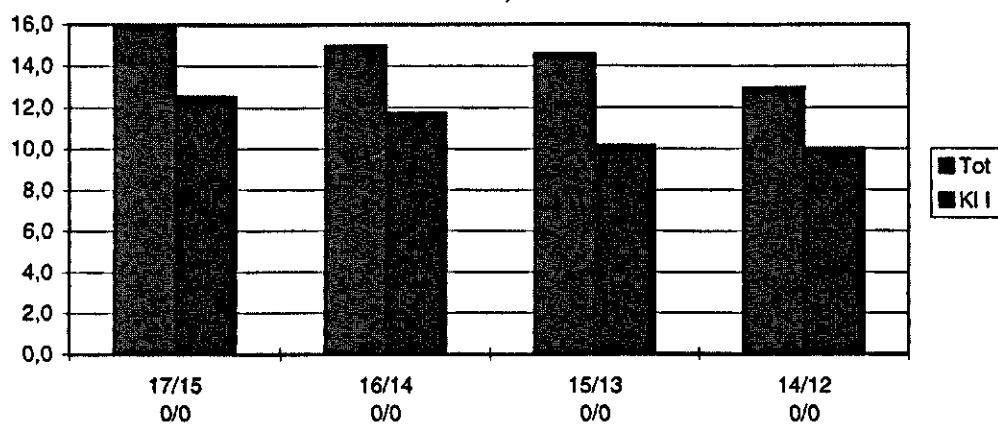
**Figuur 1.10. Lofproductie (kg/100 geoogste kroppen) februari-trek
wortels 150 N/600 K, Creil 1994-96**



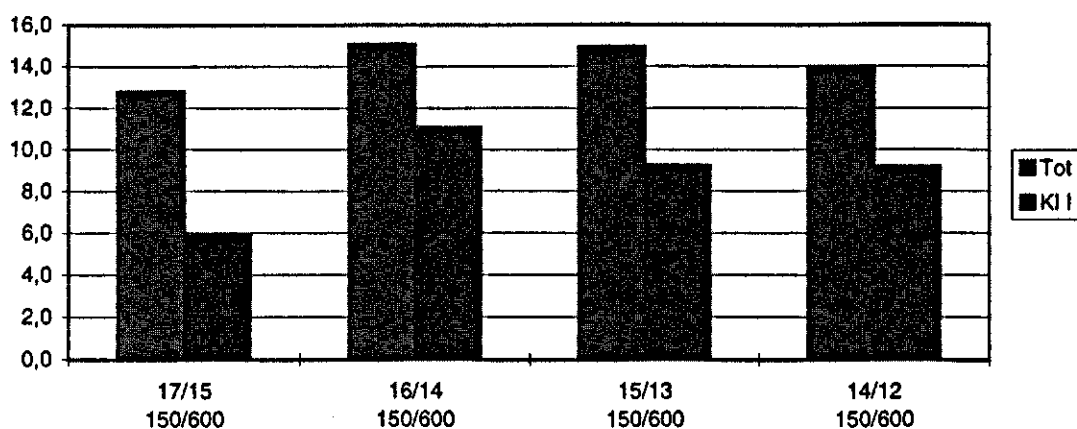
17/7 resp. 17/1 : forceertemp. 17-15 °C en voeding volgens PAGV-schema < 0,7 % N of > 1,0 % N

15/7 resp. 15/1 : forceertemp. 15-13 °C en voeding volgens PAGV-schema < 0,7 % N of > 1,0 % N

**Figuur 1.11. Lofproduktie (kg/100 geoogste kroppen) april-trek
wortels 0 N/0 K, Creil 1994-96**

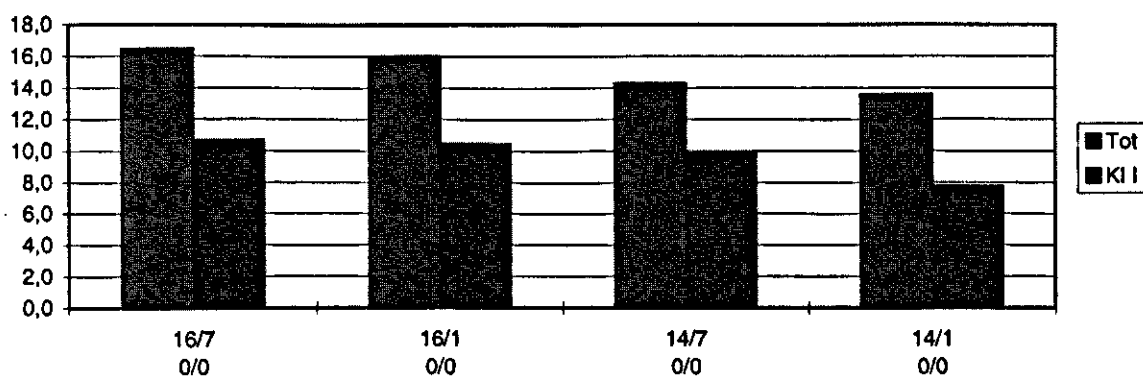


**Figuur 1.12. Lofproduktie (kg/100 geoogste kroppen) april-trek
wortels 150 N/600 K, Creil 1994-96**

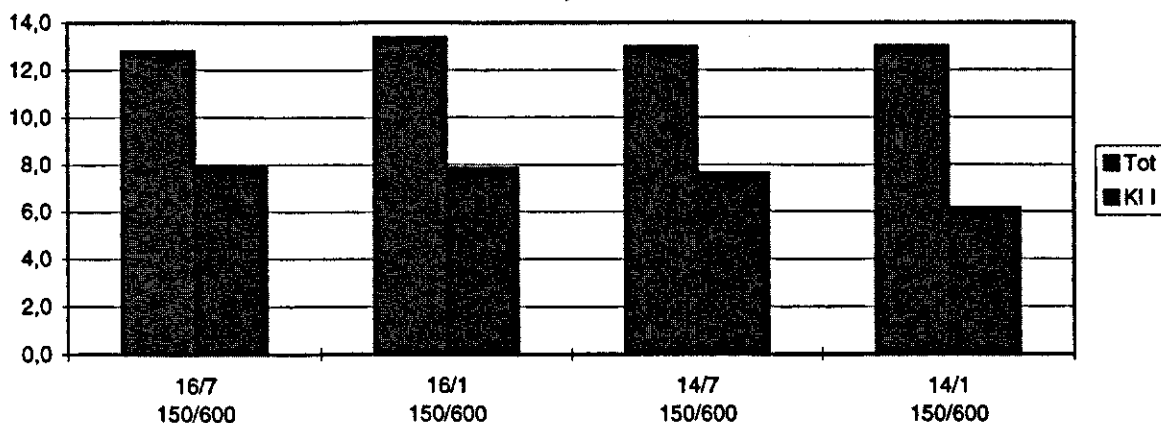


forceertemperatuur van resp. water en lucht, voeding volgens PAGV-schema 0,7-1,0% N

**Figuur 1.13. Lofproductie (kg/100 geoogste kroppen) juni-trek wortels
0 N/0 K, Creil 1994-96**



**Figuur 1.14. Lofproductie(kg/100 geoogste kroppen) juni-trek wortels
150 N/600 K, Creil 1994-96**



16/7 resp. 16/1 : forceertemp. 16-14 °C en voeding volgens PAGV-schema < 0,7 % N of > 1,0 % N

14/7 resp. 14/1 : forceertemp. 14-12 °C en voeding volgens PAGV-schema < 0,7 % N of > 1,0 % N

Met het oog op recirculatie !

Effecten van voedingsschema's op nutriënten in het resterende proceswater

ir. R.C.F.M. van den Broek (ROC Zwaagdijk) en P. Dekker (student LUW)



Proeftuin Zwaagdijk

Inleiding

Vanuit de overheid wordt aangegeven dat de belasting van de bodem, grond- en oppervlaktewater met "ongewenste" stoffen voorkomen moet worden. Dit heeft ook consequenties voor de witloftrekker. Hij zal in de toekomst het restwater niet meer mogen lozen. Een mogelijkheid om deze emissie te verminderen is het resterende proceswater uit de vorige trek opnieuw te gebruiken. Problemen met nutriënten-ophoping en ziekteverspreiding in het proceswater moeten dan nog wel overwonnen worden.

In dit onderzoek is de ziekteverspreiding niet bekeken maar is gezocht naar een zodanige bemestingsstrategie dat aan het einde van de trek de nutriëntenconcentratie zo laag mogelijk is. Hierdoor kan het proceswater zonder problemen hergebruikt worden voor een volgende trek of aan het einde van de trek geloosd worden. De gestelde voorwaarde hierbij is dat de lofkwaliteit en -kwantiteit gehandhaafd blijft.

Een manier om problemen met nutriënten-ophoping te verminderen is het voedingsschema aan te passen, zodat aan het einde van de trek zoveel mogelijk voedingselementen zijn opgenomen. Een andere mogelijkheid is om een aantal dagen voor het einde van de trek de toevoer van water en nutriënten te stoppen.

Ontwikkeling van het voedingsschema

Aanvankelijk vond de trek van witlof op water plaats in water zonder toevoeging van meststoffen. Later bleek dat de witlofkrop beter sloot en zwaarder werd wanneer voedingselementen werden toegevoegd. Vooral stikstof in de vorm van nitraat bleek een gunstig effect te hebben op de opbrengst. Gebruikt werd een bemestingsschema dat ook voor de substraatteelt van komkommer goed voldeed namelijk kalksalpeter met Nutriflora-t.

Later werd het PAGV-schema ontwikkeld. Dit schema houdt rekening met het N-totaal (N_{tot}) gehalte in de droge stof van de wortel. Daarnaast wordt het schema aangepast aan de waterkwaliteit. Wanneer de hoeveelheid nutriënten aan het einde van de trek naar beneden moet, zal dit schema verder aangepast worden, zodat het geschikt wordt voor recirculatie.

Bij recirculatie van de voedingsoplossing kan de concentratie van enkele elementen oplopen. Ophoping vindt plaats wanneer de nutriënten niet in dezelfde verhouding worden opgenomen als ze worden aangeboden. De dosering zal dan verlaagd moeten worden.

Een andere mogelijkheid is om een aantal dagen voor het einde van de trek de toevoer van water en nutriënten te verlagen of helemaal te stoppen.

Door een aantal dagen voor het einde van de trek te stoppen met de toevoer van water en nutriënten worden met name problemen verwacht met NO_3^- en K^+ . De opname van deze elementen is aan het einde van de trek groot. Verondersteld wordt dat bepaalde fysiologische afwijkingen, bijvoorbeeld roodverkleuring, betrekking hebben op een tekort aan bepaalde ionen. In het onderzoek is het lof één week bewaard om na te gaan of er fysiologische afwijkingen optreden.

Materiaal en methoden

Gebruikte installatie

Het onderzoek is uitgevoerd op ROC Zwaagdijk. Hier wordt gewerkt met een computergestuurde bemestingsunit die enkelvoudige vloeibare meststoffen direct in de reservoirs doseert. In het totaal zijn 16 onafhankelijk van elkaar opererende systemen aanwezig. Elk systeem bestaat uit een eigen pomp en waterbassin met daarop aangesloten drie trekbakken ($\pm 3 \text{ m}^2$ witlof) en een PH- en EC-meter. Daarnaast heeft elk systeem zijn eigen verwarming en koeling. In het systeem bevindt zich 200 l water dat continu wordt rondgepompt (600 l/uur).

De 16 waterreservoirs worden van meststoffen voorzien door een soort "trein" die zes maal per dag, gedurende een kwartier, boven hetzelfde waterreservoir staat. Is de EC lager dan de ingestelde waarde dan worden er meststoffen toegediend. De hoeveelheid is afhankelijk van het gebruikte bemestingsschema. Bemest wordt met zes enkelvoudige meststoffen, die als een 10% oplossing worden gedoseerd. Dit zijn:

- ammoniumnitraat NH_4NO_3 (18 % N);
- fosforzuur H_3PO_4 (42,5% P_2O_5);
- kaliloog KOH (41,6% K_2O);
- kalksalpeter $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (8,7% N, 17,5% CaO);
- magnesiumnitraat $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ (7 % N, 10 % MgO);
- salpeterzuur HNO_3 (8,4 %N).

Proefopzet

Dit onderzoek bestond uit twee na elkaar uitgevoerde witloftrekken. De proefopzet wordt in onderstaand schema samengevat.

proefgegevens	proef 1	proef 2
ras	Final	Final
zaai	eind mei	eind mei
rooi	4 nov.	4 nov.
worteldiameter	3-4 cm	3-4 cm
bewaard bij	- 1°C	- 1°C
start trek	7 maart	1 mei
temp. water	16°C	14,5 -> 13,5°C
lucht	14°C	13,5 -> 12,5°C
trekduur	21 dagen	21 dagen
RV	85 %	90 %
pH	7,2	6,8
objecten	8	4
herhalingen	2	4

Bij de eerste trek werd de water- en luchttemperatuur constant gehouden. Tijdens de tweede trek werd de eerste week een water- en luchttemperatuur van 14,5 en 13,5°C aangehouden. Daarna werd de temperatuur verlaagd tot 13,5 en 12,5°C. In de laatste week liep de water-temperatuur op tot 14°C.

Objecten

In de eerste trek zijn acht objecten onderzocht en in de tweede trek zijn de beste vier objecten

herhaald. Deze objecten zijn in tabel 2.1 en 2.2 weergegeven. Indien de EC niet in de tabel staat weergegeven is een EC van 2,0 m's/cm aangehouden.

Tabel 2.1. Toegepaste voedingsschema's in de eerste trek.

code voedings-	schema	aantal dagen gebruikte schema		
		0-11	12-18	19-21
A.	PAGV	PAGV	PAGV	PAGV
B.	PAGV -> -WN	PAGV	PAGV	-WN
C.	PAGV -> -N	PAGV	PAGV	-N
D.	PAGV -> hoog K/Ca	PAGV	K/Ca=7,4/2,0	K/Ca=7,4/2,0
E.	-1 K ⁺ ->hoog K/Ca	-1 mol K ⁺ ,NO ₃ ⁻	K/Ca=7,4/2,0	K/Ca=7,4/2,0
F.	1 NH ₄ ⁺ ->PAGV	EC=1,4 +1 mol NH ₄ ⁺	PAGV	PAGV
G.	PAGV ->EC=1,4	PAGV	EC=1,4	EC=1,4
H.	PAGV ->EC=1,4-WN	PAGV	EC=1,4	-WN

Tabel 2.2. Toegepaste voedingsschema's in de tweede trek.

code voedings-	schema	aantal dagen gebruikte schema		
		0-11	12-18	19-21
A.	PAGV	PAGV	PAGV	PAGV
B.	PAGV -> -WN	PAGV	PAGV	-WN
D.	PAGV -> hoog K/Ca	PAGV	K/Ca=5,0/2,0	K/Ca=5,0/2,0
H.	PAGV ->EC=1,4-WN	PAGV	EC+1,4	-WN

: in tweede trek is de K/Ca verlaagd omdat K⁺ ophoopte

De wortels hadden een N_{tot}-gehalte van 1074 mg per 100 g droge stof, dus iets boven de 1% van de totale droge stof. Op grond van eerdere trekken bij een tuinder werd besloten om een aangepast PAGV-schema te gebruiken, welke uitging van een N_{tot}-gehalte tussen de 0,7 en 1,0%. De toe te voegen hoeveelheid NO₃⁻ werd wel verlaagd van 12 naar 9,5 mmol/l.

Waarnemingen

Om de invloed van de voedingsschema's op de nutriëntenconcentratie in het proceswater en in het gewas te volgen, werd een groot aantal monsters genomen en geanalyseerd.

Bij de oogst is de opbrengst bepaald volgens de veilingnormen. De lofopbrengst is uitgedrukt in kg/100 pennen. Na de oogst werden 25 kropjes één week bewaard bij 12°C waarna de pit- en kroplengte gemeten is en het lof beoordeeld is op:

- inwendig rood;
- bruinrand;
- bruine pit;
- appel pit;
- glazigheid;
- natrot.

Resultaten

Resultaten eerste trek

De lofopbrengst, de houdbaarheid en de inwendige kwaliteit van het lof staan samengevat in tabel 2.3 en 2.4. Zoals uit tabel 2.3 blijkt had de keuze van het voedingsschema geen effect op de opbrengst en het percentage kort lof. De houdbaarheid en inwendige kwaliteit staan weergegeven in tabel 2.4. Alleen bruinrand en inwendig rood werden aantoonbaar beïnvloed door de keuze van het voedingsschema. Ten opzichte van het PAGV-schema werd meer inwendig rood gevonden bij het schema waarbij in de eerste elf dagen van de trek 1 mmol NH_4^+ extra was toegediend. Meer bruinrand werd gevonden bij de schema's PAGV waarbij de laatste drie dagen de bemesting is uitgezet en bij het schema met een EC van 1,4 waarbij drie dagen voor het einde van de trek de water-aanvoer en bemesting zijn uitgezet.

Tabel 2.3. Lofopbrengst per 100 pennen en percentage kort lof voor de eerste trek.

voedingsschema	opbrengst/100 pennen				% kort
	tot	kw 1	kw 2	kw 3	lof
A. PAGV	14,7	12,2	1,5	1,0	22,8
B. PAGV -> -WN	14,5	12,7	1,7	0,2	22,2
C. PAGV -> -N	14,7	13,5	0,9	0,4	20,1
D. PAGV -> hoog K/Ca	14,8	12,0	1,0	1,7	20,7
E. -1 K ⁺ -> hoog K/Ca	14,5	13,1	1,1	0,4	33,6
F. 1 NH_4^+ -> PAGV	14,8	11,5	2,8	0,6	19,2
G. PAGV -> EC=1,4	13,9	12,8	0,6	0,5	19,9
H. PAGV -> EC=1,4 -WN	14,3	12,3	0,9	1,1	15,2

Tabel 2.4. Houdbaarheid en inwendige kwaliteit van het lof na één week bewaren bij 12°C, voor de eerste trek.

voedingsschema	pit			krop	
	rel. pit%	appel %	bruin %	bruin- rand	rood- index
A. PAGV	81	2	0	14	54
B. PAGV -> -WN	82	0	0	20	59
C. PAGV -> -N	81	2	0	45	57
D. PAGV -> hoog K/Ca	82	4	0	28	55
E. -1 K ⁺ -> hoog K/Ca	86	2	0	35	53
F. 1 NH ₄ ⁺ -> PAGV	83	0	0	24	68
G. PAGV -> EC=1,4	80	0	0	20	56
H. PAGV -> EC=1,4 -WN	84	2	0	44	49

De elementen die aan het einde van de trek in het proceswater aanwezig zijn, staan in tabel 2.5 weergegeven. Een hoge kalium-, natrium- en fosfaatconcentratie werd gevonden bij de schema's met een hoge K/Ca- verhouding en de schema's met een EC van 1,4 mS/cm. De PAGV-schema's en bij de extra ammonium (1 mmol NH₄⁺), toegediend in het begin van de trek, scoorden het laagst. De calcium- en chloorconcentratie was bij de PAGV-schema's en bij de extra ammonium (1 mmol NH₄⁺) het hoogst. De andere schema's hadden duidelijk een lagere calciumconcentratie in het proceswater aan het einde van de trek. De chloorconcentratie was aantoonbaar het laagst bij een EC van 1,4 waarbij drie dagen voor het einde van de trek de water- en nutriëntenaanvoer werd gestopt.

De hoogste nitraatconcentratie werd gemeten bij het PAGV-schema, het PAGV-schema waarbij drie dagen voor het einde van de trek de toevoer van nutriënten werd gestaakt en het schema waarbij extra ammonium werd toegediend. Bij de schema's PAGV + 3 dagen voor het einde van de trek stoppen met toevoer van water en nutriënten, de schema's met een hoog K/Ca-verhouding en het schema met een EC van 1,4 ligt de nitraat-concentratie aantoonbaar lager. De laagste nitraat-concentratie wordt gemeten bij het schema met een EC van 1,4 waarbij drie dagen voor het einde van de trek de water- en nutriëntenaanvoer stopt.

In de schema's waarin de water- en nutriëntentoevoer drie dagen voor het einde van de trek werd gestopt, hadden de pennen na de trek een duidelijk lagere NO₃⁻-concentratie.

Tabel 2.5. Elementen in het proceswater aan het einde van de eerste trek (in mmol/l).

voedingsschema	K ⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	P _{opl}	NO ₃ ⁻	Cl ⁻
A. PAGV	0,0	5,5	2,5	0,1	15,2	2,8
B. PAGV -> -WN	0,0	4,8	2,4	0,1	9,2	3,0
C. PAGV -> -N	0,1	5,7	2,5	0,1	14,3	2,7
D. PAGV -> hoog K/Ca	9,5	0,5	3,0	3,2	9,3	1,8
E. -1 K ⁺ -> hoog K/Ca	9,9	0,4	2,9	3,3	10,3	1,4
F. 1 NH ₄ ⁺ -> PAGV	0,0	5,9	2,5	0,2	16,4	2,9
G. PAGV -> EC=1,4	5,3	1,1	3,0	2,1	8,5	2,1
H. PAGV -> EC=1,4 -WN	2,7	0,3	2,8	1,1	3,3	1,0

Resultaten tweede trek

De lofopbrengst, de houdbaarheid en de inwendige kwaliteit van het lof staan samengevat in tabel 2.6 en 2.7. Ook in de tweede trek hadden de voedingsschema's geen aantoonbaar effect op de opbrengst en het percentage kort lof (tabel 2.6).

Alleen het optreden van inwendig rood werd aantoonbaar beïnvloed door de keuze van het voedingsschema. Het schema waarbij een EC van 1,4 werd aangehouden en waarbij drie dagen voor het einde van de trek de toevoer van water en nutriënten werd gestopt, liet over de gehele linie een goede houdbaarheid en inwendige kwaliteit zien (tabel 2.7).

Tabel 2.6. Lofopbrengst per 100 pennen en het percentage kort lof voor de tweede trek.

voedingsschema	opbrengst/100 pennen				% kort lof
	tot	kw 1	kw 2	kw 3	
A. PAGV	9,9	9,0	0,8	0,1	95,8
B. PAGV -> -WN	10,5	10,1	0,4	0,1	83,2
D. PAGV -> hoog K/Ca	10,3	9,6	0,6	0,1	82,2
I. PAGV -> EC=1,4 -WN	9,9	9,4	0,4	0,0	93,2

Aan het einde van de trek was al het kalium opgenomen, waardoor er geen verschillen meer zijn tussen de schema's (tabel 2.8).

De calciumconcentratie was aan het einde van de trek alleen voor het schema EC van 1,4 en drie dagen voor het einde stoppen met water en nutriëntenaanvoer, aantoonbaar lager.

De natrium-concentratie lag voor het PAGV schema niet aantoonbaar hoger dan van de andere objecten. Dit werd veroorzaakt door de grote spreiding in de metingen.

Tabel 2.7. Houdbaarheid en inwendige kwaliteit van het lof na één week bewaren bij 12°C, voor de tweede trek.

voedingsschema	pit			krop	
	rel. pit%	appel %	bruin %	bruin- rand	rood- index
A. PAGV	61	2	1	0	21
B. PAGV -> -WN	64	2	0	1	24
C. PAGV -> hoog K/Ca	58	6	0	0	24
D. PAGV -> EC=1,4 -WN	59	2	0	0	17

De oplosbare fosfaat was aan het einde van de trek voor de verschillende voedingsschema's niet verschillend en lag rond de 0,2 mmol/l.

De NO_3^- -concentratie voor het schema met een EC van 1,4 en aan het einde van de trek stoppen met de toevoer van nutriënten en water, ligt 9 mmol/l lager dan het standaard PAGV-schema. De variatie tussen de monsters was echter zo groot dat er geen significant verschil kon worden aangetoond.

Aan het einde van de trek lag de chloor-concentratie bij het standaard PAGV-schema aantoonbaar hoger dan bij de andere objecten. De laagste chloor-concentratie werd gemeten bij een schema met een EC van 1,4 en aan het einde van de trek de toevoer van water en nutriënten stoppen.

Tabel 2.8. Elementen in het proceswater aan het einde van de tweede trek (in mmol/l).

voedingsschema	K^+	Ca^{2+}	Na^+	P_{opl}	NO_3^-	Cl^-
A. PAGV	0,0	6,0	2,2	0,2	19,9	2,7
B. PAGV -> -WN	0,0	5,7	0,8	0,2	14,0	1,8
C. PAGV -> hoog K/Ca	0,0	5,9	1,2	0,2	13,3	2,1
D. PAGV -> EC=1,4 -WN	0,0	3,6	0,9	0,3	10,4	1,3

Samenvatting

Door gebruik te maken van een aangepast PAGV-schema kan de ionen-concentratie in het resterende proceswater verlaagd worden. Dit had geen aantoonbaar effect op de opbrengst. De inwendige kwaliteit en de houdbaarheid van de krop werden, na zeven dagen bewaren bij een temperatuur van 12°C, nauwelijks beïnvloed. Het voedingsschema waarbij na twaalf dagen de EC verlaagd

wordt van 2,0 naar 1,4 en drie dagen voor het einde van de trek de watertoevoer en de bemesting werd uitgezet, voldeed in deze proeven goed. Er waren wat minder problemen met de roodverkleuring maar iets meer problemen met bruinrand ten opzichte van het PAGV-schema. De ionenconcentratie in het resterende proceswater lag duidelijk lager. Ook het PAGV-schema waarbij drie dagen voor het einde van de trek de water- en nutriëntentoevoer werd gestopt en het schema waarbij vanaf dag 12 een K/Ca-verhouding van 5/2 werd aangehouden, gaven een duidelijke reductie van de ionenconcentratie aan het einde van de trek te zien.

De concentratie van de verschillende ionen in het proceswater werd duidelijk verlaagd ten opzichte van het standaard PAGV-schema. De ionenconcentratie was echter nog veel te hoog voor de basiskwaliteitsnormen voor lozing van stikstof en fosfaat op het oppervlaktewater. De laagst gemeten concentraties stikstof en fosfaat lagen respectievelijk 21 en 11 maal hoger dan de norm.

Voor hergebruik is het voedingsschema, waarbij na twaalf dagen de EC verlaagd wordt van 2,0 naar 1,4 mS/cm en drie dagen voor het einde van de trek de watertoevoer en de bemesting werd uitgezet, zeer geschikt. Er vond vrijwel geen ophoping van ionen plaats bij dit schema. Daarnaast was de hoeveelheid proceswater dat aan het einde van de trek overbleef, veel lager dan bij het PAGV-schema.

Bij het gebruik van "zout leidingwater" ($\text{Na}^+ = 3,4$ en $\text{Cl}^- = 4,2$ mmol/l) hoeft de ophoping van deze elementen geen probleem te zijn. Deze ionen kunnen in grote hoeveelheden uit het proceswater worden opgenomen. Hierdoor kan er aan het einde van de trek minder natrium en chloor in het proceswater zitten dan er in het "zoute leidingwater" zit.

Opgemerkt dient te worden dat dit onderzoek heeft plaatsgevonden in slechts één jaar, bij één periode (maart-mei), bij één ras en één partij pennen. Het is bekend dat resultaten per jaar en bij verschillende partijen pennen en rassen kunnen verschillen. Daarnaast is het de vraag of in de zomerperiode de wateraanvoer kan worden gestopt, omdat de pitgroei dan moeilijker te remmen is. Het schema waarbij de EC vanaf dag 12 wordt verlaagd van 2,0 tot 1,4 mS/cm en drie dagen voor het einde de water- en nutriëntenaanvoer wordt gestaakt, biedt zoveel perspectief dat nader onderzoek gewenst is. Het effect van dit schema op fysiologische afwijkingen, met name bruinrand, zal nader moeten worden bestudeerd. Op praktijkbedrijven ligt de hoeveelheid beschikbaar water per pen lager, waardoor slechts één dag voor het einde van de trek de wateraanvoer kan worden stopgezet. Ook hieraan zal in het onderzoek aandacht besteed moeten worden.

Temperatuur bij ontdooien witlofwortels

ing. H.P. Versluis, ROC-Westmaas



Inleiding

In de praktijk werden verschillen geconstateerd binnen partijen witlof die onder verschillende omstandigheden werden ontdooid. In dit onderzoek wordt het effect nagegaan van de omgevingstemperatuur bij ontdooien van witlofwortels op de lofproductie en kwaliteit van het geproduceerde lof. Mogelijke effecten worden voorzien van enerzijds uitdroging van wortels, vooral aan de buitenzijde van de kist, en anderzijds van de "temperatuurstoot" die bij hogere temperaturen gegeven wordt. Een temperatuurstoot zou effect kunnen hebben vanwege suikeromzettingen die erdoor geïnduceerd worden.

Proefopzet

De behandelingen bestaan uit drie temperaturen waarbij de wortels te ontdooien worden gezet. Er wordt naar gestreefd de wortels, die in kuubskisten worden bewaard, een dag voor opzetten geheel ontdooid te hebben. Dit betekent dat de kisten die bij 5°C worden ontdooid eerder uit de bewaring worden gehaald dan die bij 17°C worden ontdooid (tabel 3.1).

Tabel 3.1. Opzet van de proef.

behandeling	tijdstip	temperatuur
t5	9 dagen voor opzetten	5°C
t12	6 dagen voor opzetten	12°C
t17	5 dagen voor opzetten	17°C

In iedere kist wordt onderscheid gemaakt naar twee plaatsen in de kist:

- monster 1: halverwege de kist in het midden;
- monster 3: bovenop de kist in het midden.

Er worden twee trekken uitgevoerd: - trek1;
- trek2.

In iedere proef wordt driemaal geoogst met tussenpoos van 1 à 2 dagen; de proef wordt in drievoud uitgevoerd.

Proefveldgegevens en uitvoering

De proef werd uitgevoerd met wortels van het ras Salsa. Per veldje werden 60 wortels in een netzak op de betreffende plaats in een kuubskist geplaatst. De wortels in de (kuubs)kisten van circa 1 m³ werden bij het in bewaring brengen op 10 november natgemaakt en ingehoesd in plasticfolie. De wortels werden bij gemiddeld -1°C bewaard. Het temperatuurverloop van de diverse plaatsen in de kist werd geregistreerd.

Op 15 maart werd de eerste trek opgezet, nadat de kisten met de wortelmonsters volgens de proefopzet waren ontdooid. De watertemperatuur was 16°C en de luchttemperatuur was 15°C. De proef werd driemaal geoogst op 4, 6 en 7 april.

De tweede trek werd op 19 mei opgezet, wederom na ontdooien volgens opzet van de proef. De watertemperatuur was 15°C en de luchttemperatuur was 13°C. De proef werd geoogst op 9, 10 en 12 juni.

Bij de oogsten werd per sortering de opbrengst bepaald. Ook werd de pitlengte en het percentage bruine pit bepaald. Het lof werd vervolgens gedurende een week bij 12°C weggezet om de houdbaarheid van het lof te beoordelen.

Resultaten

De vermelde opbrengsten (tabel 3.2) zijn zodanig uit drie oogsttijdstippen herleid dat de vermelde gegevens zoveel mogelijk betrekking hebben op een vergelijkbare pitlengte.

De opbrengsten in de eerste trek zijn hoger dan in de tweede trek. Het percentage kort lof neemt ook toe van de eerste naar de tweede trek; het lof is in de tweede trek gemiddeld korter. De pit neigt er daarbij overigens toe langer te zijn. Het lof neigt er ook toe bij ontdooien bij 5°C korter te zijn dan bij ontdooien bij hogere temperaturen. De verschillen ten aanzien van het percentage kort lof zijn evenwel niet betrouwbaar.

De invloed van de temperatuurbehandelingen (de meest interessante factor in deze proef) op de opbrengsten is klein; er zijn geen betrouwbare verschillen.

Tabel 3.2. Opbrengsten (kg/100 wortels) en percentage kort lof per trek, ontdooitemperatuur en plaats van wortelmonster in de kist en % bruine pit.

trek	behandeling	lofopbrengst totaal	lofopbr. kwal. I	% kwal. I	%ko. (kI+k II)	%bruine pit
trek 1:	t5	19,2	17,4	91	51	29
maart	t12	19,2	17,6	92	45	25
	t17	18,3	16,6	91	49	15
	midden in	19,5	18,2	93	46	27
	bovenop	18,3	16,2	89	51	19
trek 2:	t5	15,9	14,8	93	70	27
mei	t12	16,7	15,2	91	58	28
	t17	16,6	15,3	92	59	26
	midden in	16,5	15,4	94	65	28
	bovenop	16,3	14,8	91	60	27
LSD(5%)	trek.temp	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
	plaats	0,7	0,7	2	n.s.	

De totale lofopbrengst, lofopbrengst Kwal-I en het percentage Kwal-I worden in beide trekken wel betrouwbaar beïnvloed door de plaats van het monster. De monsters uit het midden van de kist hebben gemiddeld over beide trekken een totaal opbrengst van 18,0 kg/100 wortels, een opbrengst Kwal-I van 16,8 kg/100 wortels en een percentage Kwal-I van 94%. Voor de monsters bovenuit de kisten is dit respectievelijk 17,3 kg, 15,5 kg en 90 %.

De gevoeligheid voor bruine pit van wortels bovenin de kist neemt af bij de hoge ontdooitemperatuur van 17°C. Dit waren wortels die op het oog iets meer waren ingedroogd. Door weging van wortelmonsters voor bewaring en na behandeling wordt geen duidelijk beeld verkregen van de invloed van de behandelingen op vochtverlies van de wortels.

Het lof van alle behandelingen bleek goed houdbaar. Daardoor zijn de verschillen gering en kan geen invloed op de houdbaarheid van het lof worden vastgesteld.

Tabel 3.3. Beoordeling van de houdbaarheid van het lof (0-9).

trek	temp.	roodverkleuri.		bruinrand		natrot		alg. indruk	
		mid- den in	boven op	mid- den in	boven- op	mid. in	boven -op	mid- den in	boven -op
trek 1:	t5	9	9	7	7	9	8	6	6
maart	t12	9	8	7	7	8	9	6	7
	t17	9	8	7	8	9	8	6	7
trek 2:	t5	9	9	8	8	9	8	7	6
mei	t12	9	9	8	8	8	8	6	6
	t17	9	9	7	7	9	9	7	6

Conclusies en discussie

De invloed van de ontdooitemperatuur op de opbrengsten is gering en verschilt tussen beide onderzochte trekperioden. Ook gezien eerdere ervaringen betekent dit dat het moeilijk zal zijn om temperatuurbehandeling van witlofwortels tot een instrument te ontwikkelen waarmee de opbrengst en kwaliteit van het lof op een voorspelbare manier beïnvloed kan worden. De gedachte dat een lage ontdooitemperatuur tot korter lof leidt is als tendens wel in de resultaten terug te vinden, maar komt niet betrouwbaar naar voren.

Een latere trek geeft een lagere opbrengst met iets korter lof en een iets langere pit, hetgeen niet onlogisch is ondermeer gezien het ras.

Wortels uit het midden van de kist (circa 1 m³) gaven een beter trekresultaat dan wortels afkomstig van de bovenste laag in de kist. Waarschijnlijk is een verschil in uitdroging van de wortels hiervan de belangrijkste oorzaak. Het is niet duidelijk geworden in hoeverre verschil in temperatuurverloop tijdens inkoelen en/of ontdooien hierin ook een rol speelt.

Inhullen of bevochtigen van witlofwortels tijdens de bewaring

ing. H.P. Versluis, ROC Westmaas

Inleiding

Uit eerder onderzoek is bekend dat naarmate een witlofwortel tijdens de bewaring meer vocht verliest, de opbrengst en de kwaliteit van het lof dat op deze wortel groeit minder wordt. Uitdroging van witlofwortels tijdens de bewaring moet dus zoveel mogelijk vermeden worden. In de praktijk worden, vooral bij de kistenbewaring, al een aantal methoden toegepast om vochtverlies zoveel mogelijk te beperken. Belangrijke voorbeelden hiervan zijn inhoezen van kisten in kunststoffolie en bevochtigen van de wortels tijdens de bewaring.

Proefopzet

In tabel 4.1 staan vier behandelingen beschreven die met elkaar werden vergeleken.

Tabel 4.1. Objecten in de proef.

object	inhoezen	foggen
A	niet	niet
B	niet	wel
C	wel	niet
D	wel	wel

Bij inhoezen van kuubskisten in kunststoffolie wordt de gehele kist ingepakt in dicht kunststoffolie, maar de bodem (pallet) wordt vrij gelaten. Ook worden bovenop de kist enkele gaten in het folie aangebracht om te bevorderen dat de temperatuur in de gehele kist zo gelijkmatig mogelijk zal zijn. Het folie wordt al vóór inkoelen aangebracht.

De objecten D en E betreft bevochtigen in de bewaarcel. Hiervoor zijn verschillende methoden denkbaar. In volgorde van technisch vernuft variëren de methoden van natspuiten met een

slang, via een regenleiding in de cel tot injectie van fijne waterdruppels in de cel na iedere koelactie. Dit laatste is theoretisch ideaal, omdat vocht dan vooral daar komt waar het net onttrokken is. Dit is de methode die in dit onderzoek beproefd is.

Het onderzoek is uitgevoerd met pallets met drie opzetranden als bewaarkist. Van iedere kist zijn voor het trekonderzoek de wortels uit de middelste en de bovenste laag van iedere kist apart opgezet.

De vier objecten zijn ieder in een aparte koelcel geplaatst. In iedere cel werden vijf kisten als netto behandeld. De cellen werden aangevuld met kisten als rand om een voldoende vullingsgraad van de cellen te realiseren (in totaal 18 kisten in iedere cel).

Proefveldgegevens en uitvoering

De wortels waarmee de proef is uitgevoerd waren van het ras Tabor. De wortels zijn te Westmaas geteeld.

De bewaarperiode duurde van 9 november tot 4 juli. Voor het inkoelen van ingehulde kisten is een lagere celluchttemperatuur nodig. Om het inkoelen van de cellen vergelijkbaar te laten verlopen werd voor deze proef de koeling geregeld op de produkttemperatuur van de wortels midden in de kist. Alle cellen werden gelijk ingesteld op een temperatuur van $-0,4^{\circ}\text{C}$.

Gedurende de bewaarperiode zijn de kisten regelmatig gewogen om een indruk te krijgen van het vochtverlies.

Na de bewaarperiode zijn de wortels op 10 juli opgezet. De trek startte met een temperatuurregime van 17°C water en 14°C lucht. Op 18 juli werd de temperatuur verlaagd tot 16°C water en 13°C lucht en op 23 juli verder tot 15°C water en 13°C lucht. Bij de oogst op 29 juli is per sortering de opbrengst vastgesteld. Ook is de relatieve pitlengte vastgesteld en het aantal bruine pitten geteld. Van iedere kist werd vervolgens lof bewaard bij 12°C om de houdbaarheid vast te stellen.

Resultaten

Temperatuur

De wortels van de niet ingehoesde objecten deden er circa een dag over om een temperatuur van 0°C te bereiken. De ingehoesde objecten deden er circa drie dagen over voor de wortels midden in de kist deze temperatuur hadden bereikt. De temperatuur in het midden van de kisten bedroeg uiteindelijk in alle gevallen $-0,4^{\circ}\text{C}$ tot $-0,6^{\circ}\text{C}$. De wortels in de niet ingehoesde kisten bereikten deze temperatuur na ongeveer drie dagen. De overige objecten na circa 20 da-

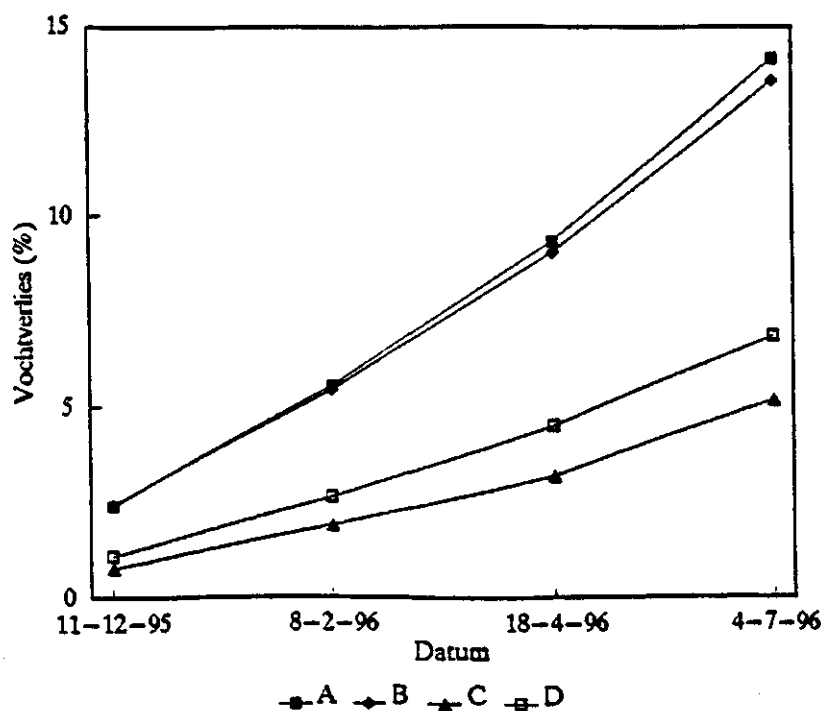
gen. De luchttemperatuur bereikte in de inkoelingsperiode een minimum van circa $-1,3^{\circ}\text{C}$ in de cellen met niet ingehulde kisten tegen $-2,3^{\circ}\text{C}$ in de cellen met ingehoesde kisten (de inblaastemperatuur achter het koelblok is nog lager).

De worteltemperatuur bleef daarna gedurende de rest van het bewaar seizoen vrijwel constant. De temperatuur van de cellucht bedroeg bij de objecten A en B gemiddeld $-0,2^{\circ}\text{C}$. Bij de tijdens de bewaring ingehulde objecten B en C was de temperatuur van de cellucht gemiddeld $0,8^{\circ}\text{C}$ lager ($-1,0^{\circ}\text{C}$). De laagst gemeten temperaturen in de kisten (aan de buitenzijde) waren met $-2,1^{\circ}\text{C}$ in de cellen met ingehoesde kisten lager dan in de cellen met niet ingehoesde kisten. Hier bedroeg de laagste temperatuur tussen de wortels $-1,6^{\circ}\text{C}$.

Rond de jaarwisseling is door uitvallen van de koeling de temperatuur enige graden opgelopen geweest waarmee de temperatuur enkele dagen boven nul bleef.

Vochtverlies

In figuur 4.1 staat de uitdroging van de wortels als percentage gewichtsverlies vermeld. De wortels uit de ingehoesde kisten van object C en D hebben gemiddeld minder gewicht verloren dan de wortels van de niet ingehoesde kisten (objecten A en B). De invloed van het foggen is geringer dan die van het inhoezen. De objecten A, B, C, en D hebben uiteindelijk een gewichtsverlies van respectievelijk 14,2 13,6 5,2 en 6,9 procent. Hoewel de luchtvochtigheid niet alles zegt over uitdroging van de wortels waren wel verschillen meetbaar; de relatieve luchtvochtigheid bedroeg gemiddeld respectievelijk 94, 100, 90 en 99%.



Figuur 4.1. Gewichtsverloop van de wortels gedurende de bewaring.

In deze waarden komt wel het effect van de bevochtigingsapparatuur naar voren. Bij het uithalen van de kisten bleek met name bij de niet ingehoesde kisten de allerbovenste laag wortels behoorlijk uitgedroogd (meer dan in andere jaren werd vastgesteld). In alle kisten begonnen de wortels uit te lopen. Hierin waren geen verschillen tussen de behandelingen te zien. Op de wortels was maximaal een groen puntje van circa 1 cm aanwezig.

Het gewichtsverlies is gedurende het bewaarseizoen gelijkmatig verlopen.

Opbrengsten

In tabel 4.2 staan de opbrengsten (uitgedrukt in kg per 100 opgezette wortels), enkele sorteringen en de relatieve pitlengte vermeld. Het lof werd gezien de pitlengte eigenlijk iets te rijp geoogst. Ondanks een aanzienlijk verschil in vochtverlies zijn de opbrengstverschillen gering. Er komen dan ook geen betrouwbare verschillen tussen de objecten naar voren.

De wortels middenuit de kist gaven gemiddeld een opbrengst van lofkwiteit-I van 13,9 kg/100 wortels. De opbrengst van wortels uit het bovenste gedeelte van de kisten bedraagt gemiddeld 15,3 kg/100 wortels (kwaliteit I). Dit verschil is wel vrijwel betrouwbaar.

In de proef kwam geen holle en geen bruine pit van betekenis voor.

Tabel 4.2. Opbrengstgegevens en relatieve pitlengte van het lof.

object	opbrengst (kg/100w)		sortering in %		pitlengte (rel)
	totaal	kwal-I	kwal-I	kort lof (I+II)	
A	17,8	15,1	84	24	59
B	18,8	14,5	77	25	58
C	17,8	13,4	75	28	58
D	18,7	15,3	82	20	60
LSD (5%)	1,5	2,0	8	n.s.	n.s.

De beoordelingen voor houdbaarheid van het lof (uitstalleven) staan in tabel 4.3. De houdbaarheid was bijzonder goed. T.a.v. roodverkleuring, bruinrand en smet zijn de verschillen dan ook gering. T.a.v. de aantasting van het lof door natrot geldt hetzelfde. In lichte/matige mate had het lof wel last van inwendige roodverkleuring, maar de verschillen zijn gering.

Tabel 4.3. Beoordeling resultaten uitstalleven (0-9) en inwendig rood (index).

object	roodverkleuring	bruinrand	smet	natrot	inwendig rood index
A	6,9	8,3	8,6	8,4	19,5
B	6,7	8,6	9,0	8,4	16,5
C	7,1	8,6	8,8	9,0	16,1
D	6,9	8,0	8,5	8,9	19,6

Conclusies

Inhoezen van de wortels vertraagt de inkoelsnelheid van de wortels. Toch zijn de wortels bij alle objecten binnen een aanvaardbare periode beneden nul gebracht. Om de wortels in ingehoesde kisten op een gelijke temperatuur te houden als niet ingehoesde wortels is de temperatuur van de cellucht gemiddeld circa 0,8°C lager dan bij de andere objecten. Inhoezen verminderde het vochtverlies van de wortels, maar de opbrengst was desondanks niet beter dan niet inhoezen. In eerder onderzoek te Westmaas zijn ook vergelijkbare resultaten behaald met inhoezen van kisten ná inkoelen. Gezien het verloop van het gewichtsverlies over het seizoen is het verklaarbaar dat ook op deze manier een winst ten aanzien van vochtverlies van de wortels te behalen is. Bij inhoezen zal de cellucht lager moeten zijn dan van een cel met niet ingehoesde kisten. Of bij een constant lagere celluchttemperatuur de temperatuurverschillen binnen een kist ook altijd groter zullen zijn dan bij een iets hogere temperatuur en geen plasticbedekking is niet helemaal duidelijk. Duidelijk is daarmee wel dat een dergelijke methode een goede temperatuursverdeling in de cel vraagt en ook een goede controle om bevrozing van wortels op koude plaatsen te voorkomen.

Het effect van de fogapparatuur op het vochtverlies van de wortels valt enigszins tegen. De verwachting is dat het mogelijk moet zijn op deze manier meer vocht in de cel te brengen. Een probleem hierbij is dit zodanig te doen dat het koelblok niet dichtvriest. Wellicht zijn de relatief geringe afmetingen van de onderzoekscellen hierin een bemoeilijkende factor. Overigens werd door de bevochtiging wel een luchtvochtigheid van vrijwel 100% bereikt.

Samenvattend moet worden vastgesteld dat in deze proef ten aanzien van de opbrengst geen positief effect werd gerealiseerd door zowel foggen, inhoezen als een combinatie van beide.

Natrot in witlof; handreikingen ter beperking

ir. B.M. Schober, Landbouwwuniversiteit Wageningen



Landbouwwuniversiteit Wageningen

Natrot in witlof wordt veroorzaakt door de bacteriën *Pseudomonas marginalis* en *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*. Beide soorten koloniseren het gewas reeds in het veld en overleven de bewaringsperiode in de bladkraag. Tijdens de trek nemen de aantallen toe en worden de witlofkroppen geïnfecteerd waardoor het typische "rot" ontstaat. Onderzoek uitgevoerd in de afgelopen tien jaar, zowel in Nederland op het PAGV en de ROC's als ook in Frankrijk en België, heeft uitgewezen dat teeltmaatregelen het optreden van natrot kunnen verminderen. Tot de teeltmaatregelen behoren een beperkte stikstofgift, lagere trektemperaturen en luchtvochtigheden alsook het dompelen of bespuiten met CaCl_2 van de pennen voor de trek.

Het onderzoek aan de Landbouwwuniversiteit, nu in zijn derde jaar, heeft tot doel om de precieze uitwerkingen achter deze teeltmaatregelen op de bacteriepopulaties te besturen en daaruit betrouwbare handreikingen te ontwikkelen om natrot in de witloftrek en in de bewaring te beperken.

Bij de factoren die het ontstaan van natrot beïnvloeden moet onderscheid gemaakt worden tussen die factoren die direct een invloed hebben op het aantal bacteriën en factoren die de plant beïnvloeden. Tot de eerste groep van factoren behoren de weersomstandigheden op het veld en de trekcondities (temperatuur en luchtvochtigheid) en de gebruikte witlofcultivar. Ook het voorkomen van insecten die natrotbacteriën kunnen verspreiden en het optreden van andere ziekten, vooral van bladvuur, hebben direct invloed op de populatiegrootte op het veld, in de bewaring en tijdens de trek. Tot de tweede groep van de plant beïnvloedende factoren behoren het stikstofgehalte van de pennen en het gebruik van CaCl_2 .

Bacteriënbeïnvloedende factoren

Het weer tijdens het groeiseizoen heeft niet alleen invloed op de stikstofopname en -omzetting, maar ook direct op de natrotbacterie-populaties. Bacteriën hebben voor hun groei en vermenigvuldiging vocht en, in mindere mate, warmte nodig. De beschikbaarheid van vocht op het bladoppervlak van de witlofpennen (de plaats waar de natrotbacteriën in het veld te vinden zijn) is van cruciaal belang voor de ontwikkeling van de populaties. Met toe-

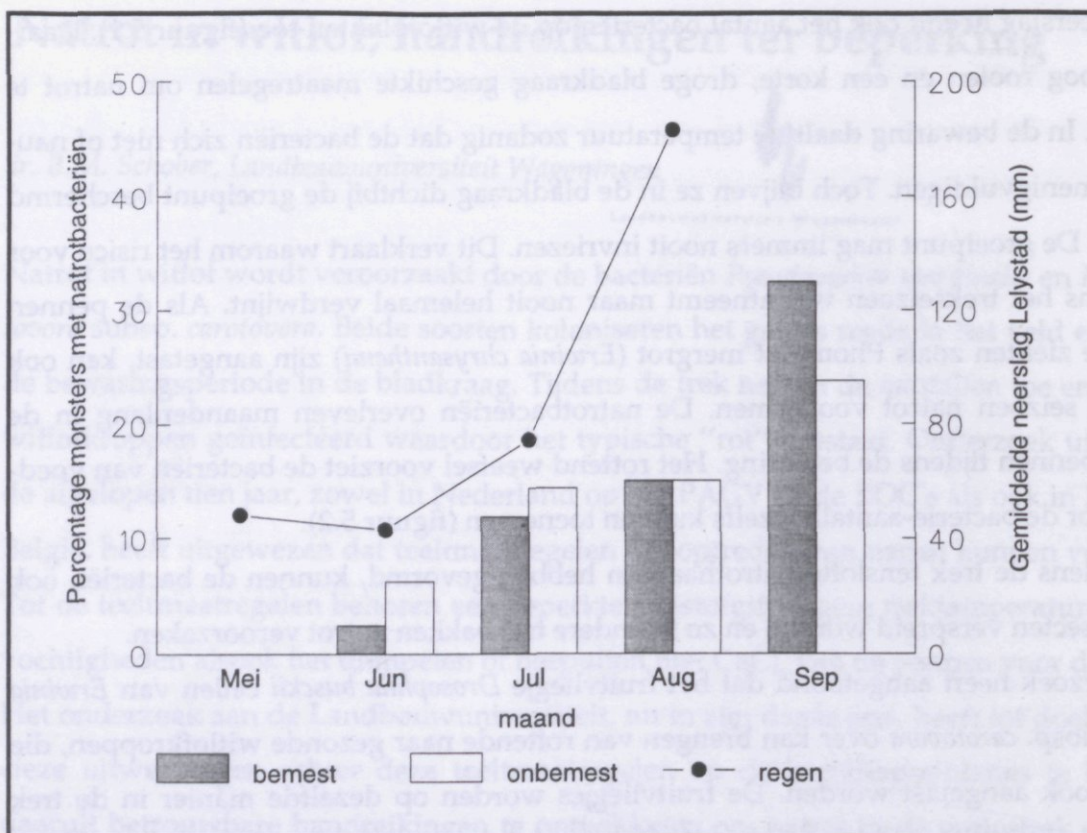
nemende neerslag neemt ook het aantal bacteriën op de witlofplanten toe (figuur 5.1). Daarom zijn droog rooien en een korte, droge bladkraag geschikte maatregelen om natrot te voorkomen. In de bewaring daalt de temperatuur zodanig dat de bacteriën zich niet of nauwelijks vermenigvuldigen. Toch blijven ze in de bladkraag dichtbij de groeipunt beschermd tegen vorst. De groeipunt mag immers nooit invriezen. Dit verklaart waarom het risico voor natrot tijdens het trekseizoen wel afneemt maar nooit helemaal verdwijnt. Als de pennen door andere ziekten zoals Phoma of mergrot (*Erwinia chrysanthemi*) zijn aangetast, kan ook later in het seizoen natrot voorkomen. De natrotbacteriën overleven maandenlang in de aangetaste pennen tijdens de bewaring. Het rottend weefsel voorziet de bacteriën van voedsel, waardoor de bacterie-aantallen zelfs kunnen toenemen (figuur 5.2).

Als zich tijdens de trek tenslotte natrothaarden hebben gevormd, kunnen de bacteriën ook nog door insecten verspreid worden en zo in andere trekbakken natrot veroorzaken.

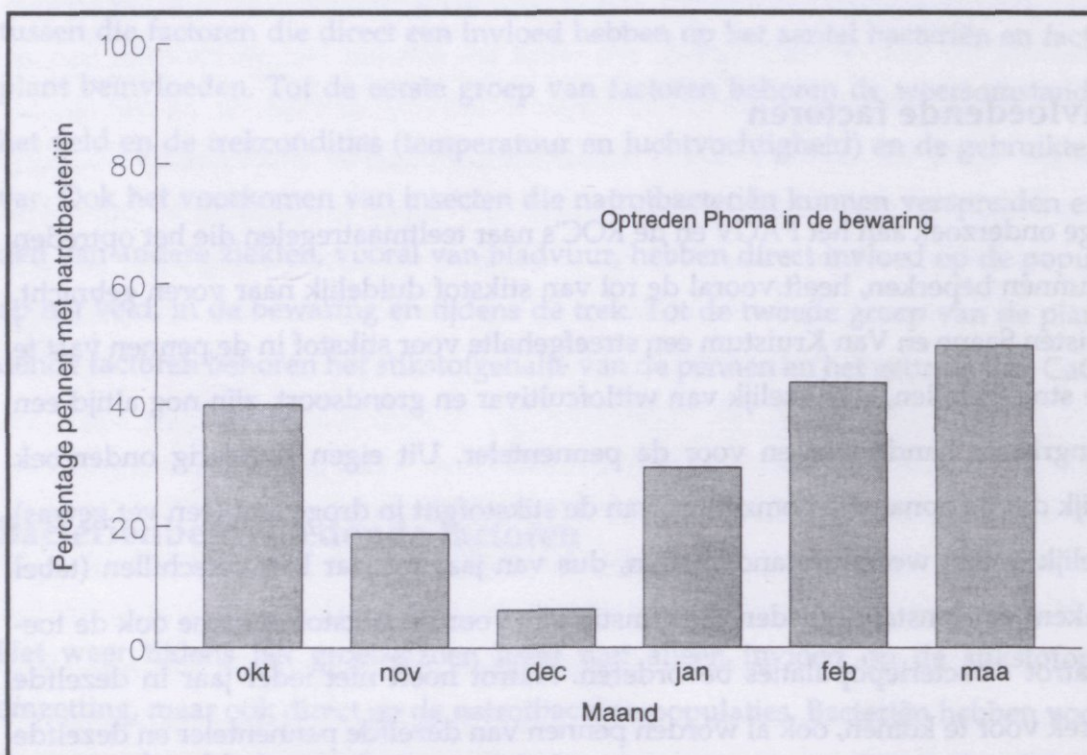
Eigen onderzoek heeft aangetoond dat het fruitvliegje *Drosophila busckii* cellen van *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* over kan brengen van rottende naar gezonde witlofkroppen, die vervolgens ook aangetast worden. De fruitvliegjes worden op dezelfde manier in de trek geïntroduceerd als de natrotbacteriën, namelijk als poppen in de bladkraag. Dit is een reden te meer om droog te rooien met een korte, schone bladkraag op de pen, waardoor de overlevingskansen voor zowel de natrotbacteriën als ook de fruitvliegjes drastisch verminderen.

Plantbeïnvloedende factoren

Het langjarige onderzoek aan het PAGV en de ROC's naar teeltmaatregelen die het optreden van natrot kunnen beperken, heeft vooral de rol van stikstof duidelijk naar voren gebracht. Al in 1987 wisten Saane en Van Kruistum een streefgehalte voor stikstof in de pennen vast te stellen. Deze streefgetallen, afhankelijk van witlofcultivar en grondsoort, zijn nog altijd een van de belangrijkste handreikingen voor de pennenteler. Uit eigen tweejarig onderzoek werd duidelijk dat de opname en omzetting van de stikstofgift in droge stof (een vet gewas) zeer afhankelijk is van weersomstandigheden, dus van jaar tot jaar kan verschillen (tabel 5.1). Dit betekent dat omstandigheden die gunstig zijn voor de stikstof-opname ook de toename van natrot - bacteriepopulaties bevorderen. Natrot hoeft niet ieder jaar in dezelfde mate bij de trek voor te komen, ook al worden pennen van dezelfde pennenteler en dezelfde cultivar gebruikt. Het belang van stikstofgiften op het optreden van natrot is ook afhankelijk van de gebruikte witlofcultivar. Vooral Franse hybriden en hun afstammelingen zijn zeer gevoelig voor natrot, wat door een extra stikstofgift in de pennenteelt nog versterkt wordt,



Figuur 5.1. Voorkomen van natrotbacteriën op het witlof proefveld van het PAGV in 1996, gerelateerd aan de neerslag en de bemesting.



Figuur 5.2. Verloop natrotbacterie-populaties in de bewaring van witlofpennen cv Rumba in 1995/1996.

Tabel 5.1. Drooggewichten van witlofpennen met blad. Behandelingen: bemest (N_{totaal} 200 kg) en onbemest, beregend en droog. Gemiddelden van 10 bepalingen, verschillen berekend met Duncan's multiple range test.

behandeling	jaar	gemiddeld drooggewicht (gram) per maand		
		juli	augustus	september
bemest nat	1994	93.17 b	150.71 d	207.03 d
bemest droog	1994	127.3 c	128.54 bc	140.71 bc
onbemest nat	1994	88.83 b	139.00 cd	175.92 cd
onbemest droog	1994	114.8 bc	114.008 b	161.97 c
bemest nat	1995	14.45 a	18.89 a	93.83 a
bemest droog	1995	14.08 a	15.98 a	75.76 a
onbemest nat	1995	14.28 a	17.94 a	92.52 a
onbemest droog	1995	14.90 a	16.90 a	105.94 ab

waardoor het risico op natrot tijdens de vroege trekken versterkt wordt. Ongevoeligere rassen zoals alle recente cultivars van Nunhem's Zaden bv verdragen ook hogere stikstofgiften tijdens de pennenteelt, zonder dat het risico op optreden van natrot te groot wordt. In een rassenonderzoek van Biesheuvel (destijds PAGV) steeg het percentage door natrot aangeaste kroppen bij vatbare cultivars door extra bemesting van 8 naar 31% en bij minder vatbare cultivars van 0 naar 6,5%.

De tweede factor die de plant kan beïnvloeden is de toepassing van Calciumchloride. CaCl_2 verbetert niet alleen de opbrengst tijdens de trek doordat er minder verliezen ontstaan door natrot, maar helpt ook bruine pit voorkomen, wat eveneens de kwaliteit ten goede komt. Vooral in de jaren negentig is er op de ROC's veel onderzoek gedaan naar het gebruik van CaCl_2 bij witlof. Het dompelen van de pennen na de oogst of voor het opzetten kwam daarbij als het meest gunstig naar voren. Ook "risicovolle" pennen, afkomstig uit stikstofrijke percelen en met een hoog drogestofgehalte kunnen op deze manier tegen natrot beschermd worden, ook al zal het effect niet zo groot zijn als bij minder stikstofrijke pennen. Dat CaCl_2 direct invloed op de plant heeft, bewijst onderzoek in de Verenigde Staten naar natrot in aardappelen. Pas gerooide knollen werden verwond met een mesje en in de wond werd een suspensie van de natrotbacteriën *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* gedruppeld. Bij aardappelen die van tevoren in CaCl_2 waren gedompeld, ontstond 55% minder rot dan bij de

controle - behandeling. Even grote hoeveelheden bacteriën veroorzaken dus in met CaCl_2 behandelde aardappelen veel minder rot dan in onbehandelde aardappelen.

Celwanden en membranen van plantencellen bevatten als een van de belangrijkste bouwstoffen pectine en pectaat. Door een calciumgift wordt Ca^{2+} in het pectaat ingebouwd waardoor calciumpectaat ontstaat. Dit pectaat is veel steviger, waardoor mechanische schade minder optreedt. Calciumpectaat is ook anders van structuur dan pectaat.

Beide factoren hebben een directe invloed op het optreden van natrot. Minder beschadigen van de plant betekent dat de natrotbacteriën minder kans zien om de plant binnen te dringen. En een veranderde structuur van de celwanden en membranen betekent dat de enzymen van de bacteriën, die de wanden en membranen afbreken en zo rot veroorzaken, niet meer goed kunnen werken. Het eindresultaat is een verminderd voorkomen van natrot, ook al zijn de bacteriën zelf aanwezig. Als het Ca^{2+} niet in de wanden en membranen van de plant wordt ingebouwd, maar in de ruimte tussen de cellen (de zgn. intercellulaire ruimtes) aanwezig is, kan het nog op een derde manier natrot verhinderen: Als natrotbacteriën, die de intercellulaire ruimtes koloniseren, in contact komen met het calcium, wordt de vorming van hun belangrijkste celwand-splitsend enzym onderdrukt, waardoor het rottingsproces niet op gang komt. Bij aardappelen is bekend (Pagel, 1990) dat cultivars die ongevoelig voor natrot zijn, van nature meer calciumpectaat in hun celwanden en membranen bevatten. In minder vatbare witlofcultivars is dit waarschijnlijk ook het geval. Deze cultivars rotten moeilijker. Eigen onderzoek toonde aan dat de concentratie van het celwandsplitsende enzym in het plantenweefsel veel geringer was.

Conclusies

Natrot wordt veroorzaakt door bacteriën die in de witlofteelt niet te vermijden zijn. De besmetting van het gewas vindt plaats op het veld. Of de bacteriën zich in het gewas ook kunnen handhaven, hangt onder andere van het stikstofgehalte en het weer af. Het eerste is door de teler te beïnvloeden en maatregelen hiervoor zijn bekend en betrouwbaar gebleken. Het weer is niet te beïnvloeden, maar door het rooitijdstip zo te kiezen dat het gewas schoon en droog ingekoeld wordt, kan men het risico op natrot verminderen. Momenteel wordt aan de LU en het PAGV gewerkt aan een toets om het risico op natrot bij net geoogste pennen in te kunnen schatten.

Het dompelen van pennen in CaCl_2 behoort tot de mogelijkheden; zowel kwaliteit als kwantiteit van de witlof worden positief bevorderd. Omdat CaCl_2 direct op de plant werkt, kan het ook preventief ingezet worden bij partijen witlofpennen die op minder zware percelen geteeld werden of bij minder vatbare cultivars. CaCl_2 zal bij iedere cultivar de kwaliteit bevorderen en het ontstaan van natrot tegengaan.

In de bewaring van pennen bevorderen temperaturen boven de 3°C en regelmatig bevochtigen het overleven van de natrotbacteriën. Omdat er tijdens de bewaring echter nog te weinig bekend is over de schommelingen van het aantal bacteriën, worden er voor deze herfst proeven opgezet die de populatie-ontwikkeling van natrotbacteriën in de bewaring zullen bestuderen. Ook de invloed van het bevochtigen van de pennen zal hierbij worden bekeken. In de trek tenslotte is het niet meer mogelijk om natrot te voorkomen. Wel zal in proeftrekken in het seizoen 1996/97 op het PAGV bekeken worden of de luchtvochtigheid invloed heeft op het verspreiden van natrot in de trekbakken.

De kennis van alle mechanismen die in de witloftrek een rol spelen kunnen zo ertoe bijdragen dat het risico op natrot door de teler en trekker zelf zo gering mogelijk gehouden kan worden.

Roodverkleuring bij witlof beheersen

ab-dlo

dr. B.W.Veen, AB-DLO



Roodverkleuring is een kwaliteitsafwijking die zich openbaart aan het eind van de witloftrek en in sterkere mate tijdens de bewaring. Rode vlekken ontwikkelen zich aan de boven (binnen) zijde van de buitenste bladeren. In een later stadium is de roodverkleuring ook aan de buitenzijde van het blad zichtbaar. De vlekken ontwikkelen zich enkel in de basale helft van het blad. Roodverkleuring beperkt zich tot de buitenste (oudste) ongeveer 17 bladeren van een krop. Een oogstrijpe krop omvat ongeveer 35 bladeren.

Gezamenlijk onderzoek van PAGV en AB-DLO is erop gericht de primaire oorzaak van de roodverkleuring vast te stellen om daarmee te komen tot beheersing van dit kwaliteitsprobleem.

Aard van de rode kleur

In de literatuur wordt aangenomen dat de rode kleur ontstaat door oxydatie van fenolen die zich in het bladweefsel van de krop bevinden. In de vaatbundels van het blad bevinden zich melksapvaten. In het melksap bevinden zich enzymen (oxydasen) die fenolen kunnen oxyderen tot gekleurde verbindingen. Aangenomen is dat tijdens sterke bladstrekking de melksapvaten barsten met als gevolg enzymatische oxydatie van de aanwezige fenolen.

Recent anatomisch onderzoek op het AB-DLO heeft aangetoond dat melksapvaten van sterk rood verkleurde bladeren intact zijn en dat de plaats waar roodverkleuring optreedt en de lokatie van melksapvaten zo sterk uiteen liggen dat een verband tussen melksap en rood onmogelijk is. De rode kleurstof lijkt gelokaliseerd in de intercellulaire ruimte op plaatsen waar het weefsel aan de binnenzijde van de bladbasis vaak een scheuring vertoont. Die scheuring kan door weefselspanning ontstaan. Een oorzakelijke relatie tussen weefselscheuring en roodverkleuring kan echter nog niet worden gelegd. Ook is de chemische aard van de rode kleurstof nog niet vastgesteld.

Hoe rood te beïnvloeden

Er zijn grote verschillen tussen rassen in gevoeligheid voor roodverkleuring, maar ook bij

één ras is het optreden van roodverkleuring onvoorspelbaar. Wel heerst de mening dat als de trek wordt uitgevoerd in een periode die afwijkt van het optimale trekmoment van een rasgroep, de kans op roodverkleuring toeneemt.

Een advies vanuit het praktijkonderzoek om roodverkleuring te voorkomen is een voortijdige oogst. Dat gaat echter ten koste van de opbrengst.

In een door Reerink opgesteld kennisoverzicht over fysiologische kwaliteitsafwijkingen bij witlof wordt gesteld dat forceeromstandigheden, met name de voeding, van invloed zijn op het optreden van roodverkleuring. Maar ook de mineralengehalten van de te trekken wortel zijn van invloed. Met name stikstof, calcium en kalium zijn daarbij van belang.

Vanuit het praktijkonderzoek wordt gemeld dat lage trektemperatuur en hoge luchtvochtigheid minder roodverkleuring tot gevolg kunnen hebben. Oogsten op hetzelfde moment bij een lagere trektemperatuur betekent echter een jonger ontwikkelingsstadium en een geringere opbrengst.

Experimenten

In samenwerking met het PAGV is een aantal trekexperimenten uitgevoerd waarin die trekomstandigheden zijn gevarieerd waarvan vanuit onderzoek en praktijk is gesuggereerd dat ze van invloed zijn op het optreden van roodverkleuring. Tevens is gebruik gemaakt van twee partijen witlofwortels die verschillen in hun stikstofgehalte (resp. 6 en 13%).

Gevarieerd zijn voeding (kalium, calcium, nitraat, ammonium, EC), relatieve luchtvochtigheid en de worteltemperatuur. Er zijn steeds twee oogstmomenten waarop kropeigenschappen inclusief roodverkleuring zijn bepaald. Een deel van het geoogste materiaal is gedurende een week bij 12 °C bewaard, waarna dezelfde kropeigenschappen zijn bepaald.

Van het geoogste materiaal van de vier experimenten zijn monsters genomen zowel van het blad als van de wortel om relaties te kunnen leggen tussen mineralengehalten in blad en wortel en het optreden van roodverkleuring.

Resultaten

Voeding heeft zowel in experiment 9 waar de calcium/kalium-verhouding is gevarieerd als in experiment 10 waar de EC een variabele is, geen invloed zowel op de kropontwikkeling als op ontstaan van roodverkleuring. Ook de worteltemperatuur had in exp. 10 geen invloed op het trekresultaat. De overige factoren beïnvloeden zowel kropontwikkeling als roodver-

kleuring. Dat houdt in dat kropontwikkeling en roodverkleuring mogelijk oorzakelijk gekoppeld zijn.

Een voorbeeld daarvan wordt gegeven door vergelijking van het trekresultaat van experiment 9 waarbij de hoge en lage relatieve luchtvochtigheid van elkaar onderscheiden zijn. Zowel bij de eerste oogst (dag 21) als de tweede oogst (dag 23) en de beide bewaarogsten (resp. dag 26 en dag 28) is de roodindex van de bij de hoge relatieve luchtvochtigheid gegroeide kroppen hoger dan die van de lage luchtvochtigheid (figuur 6.1). Wordt echter de roodindex niet uitgezet tegen de tijd maar tegen de kropontwikkeling (kropgewicht, pitlengte, relatieve pitlengte (figuur 6.2) en kropplengte), dan is het effect van de relatieve vochtigheid verdwenen. Dat suggereert dat de relatieve vochtigheid roodverkleuring beïnvloedt via de kropontwikkeling. Wel is de roodindex op het oogstmoment veel lager dan na 7 dagen bewaring. Dat is niet te verklaren enkel door de tijdens bewaring toegenomen relatieve pitlengte. Uit figuur 6.2 valt af te lezen dat bij eenzelfde relatieve pitlengte de roodindex van de bewaarde kroppen groter is dan bij de oogst.

Als de oogst ingedeeld wordt naar voedingsoplossing en herkomst blijkt ook nu dat de kropontwikkeling (i.c. kropgewicht (figuur 6.3)) in sterke mate bepalend is voor roodverkleuring.

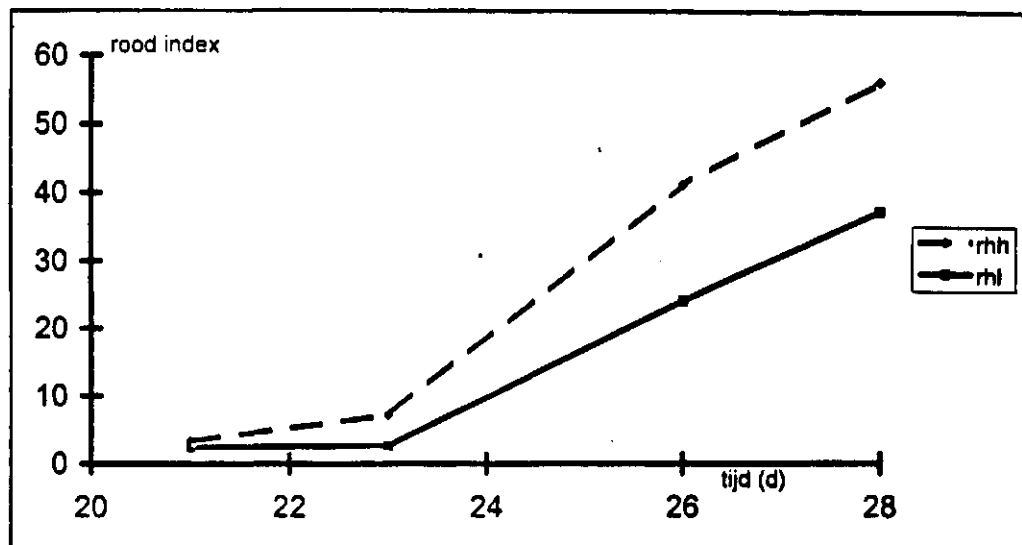
Ook op een andere wijze is de relatie tussen kropontwikkeling en roodverkleuring in beeld gebracht. Daartoe zijn de individuele kroppen op grond van de waarde van een van de kropeigenschappen kropplengte, pitlengte, relatieve pitlengte en kropgewicht ingedeeld in acht klassen. De gemiddelde waarde van die eigenschap per klasse is uitgezet tegen het %-rood per klasse (figuur 6.4). In alle gevallen blijkt een sterke positieve correlatie tussen kropontwikkeling en roodverkleuring. Deze correlatie is onafhankelijk van de variabelen die in de experimenten zijn gebruikt, behalve in geval van het stikstofgehalte van de wortel.

Zo is bijvoorbeeld in experiment 10 bij eenzelfde absolute en relatieve pitlengte een hoger %-rood gemeten bij de kroppen van stikstofrijke wortels (figuur 6.5). Bij eenzelfde kropgewicht was de roodindex van de kroppen van stikstofrijke wortels lager.

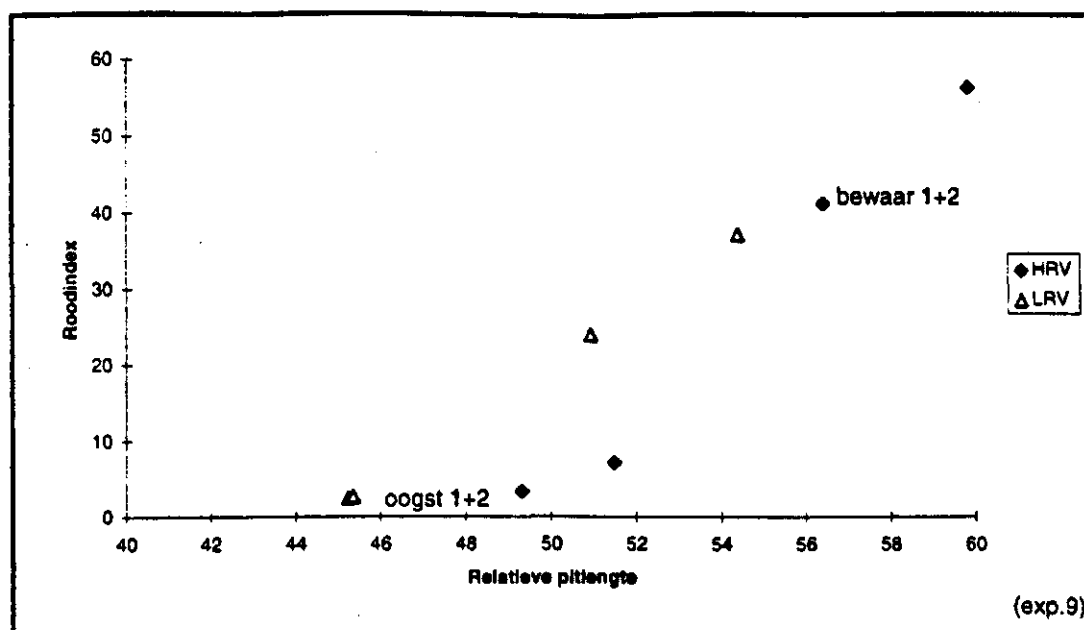
Anderzijds is een indeling van de kroppen gemaakt op grond van hun mate van roodverkleuring met een schaal van 0 tot 3, en de kropontwikkeling (kropplengte, pitlengte, relatieve pitlengte, pitgewicht, kropgewicht) per klasse rood bepaald (figuur 6.6). Ook hier blijkt in het algemeen een positief verband tussen roodverkleuring en kropontwikkeling.

Uit het grote aantal monsters voor chemische analyse is een keus gemaakt op grond van optreden van roodverkleuring onder invloed van trekcondities, terwijl tevens binnen een trek-

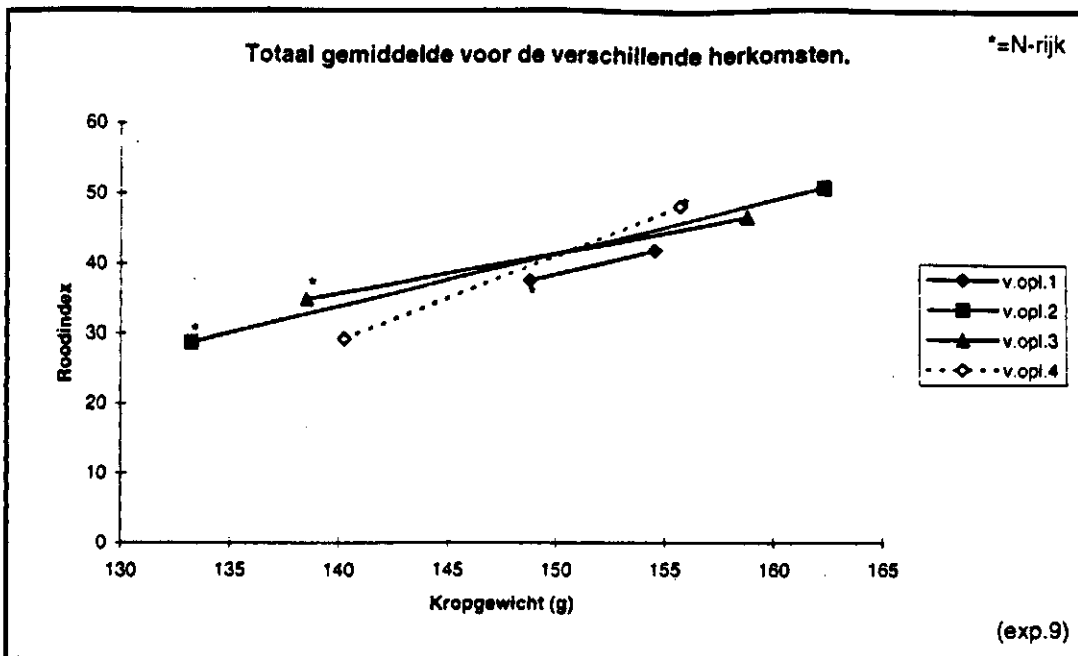
conditie gehalten van kroppen met en zonder roodverkleuring met elkaar zullen worden vergeleken. De analyseresultaten zijn echter nog niet compleet.



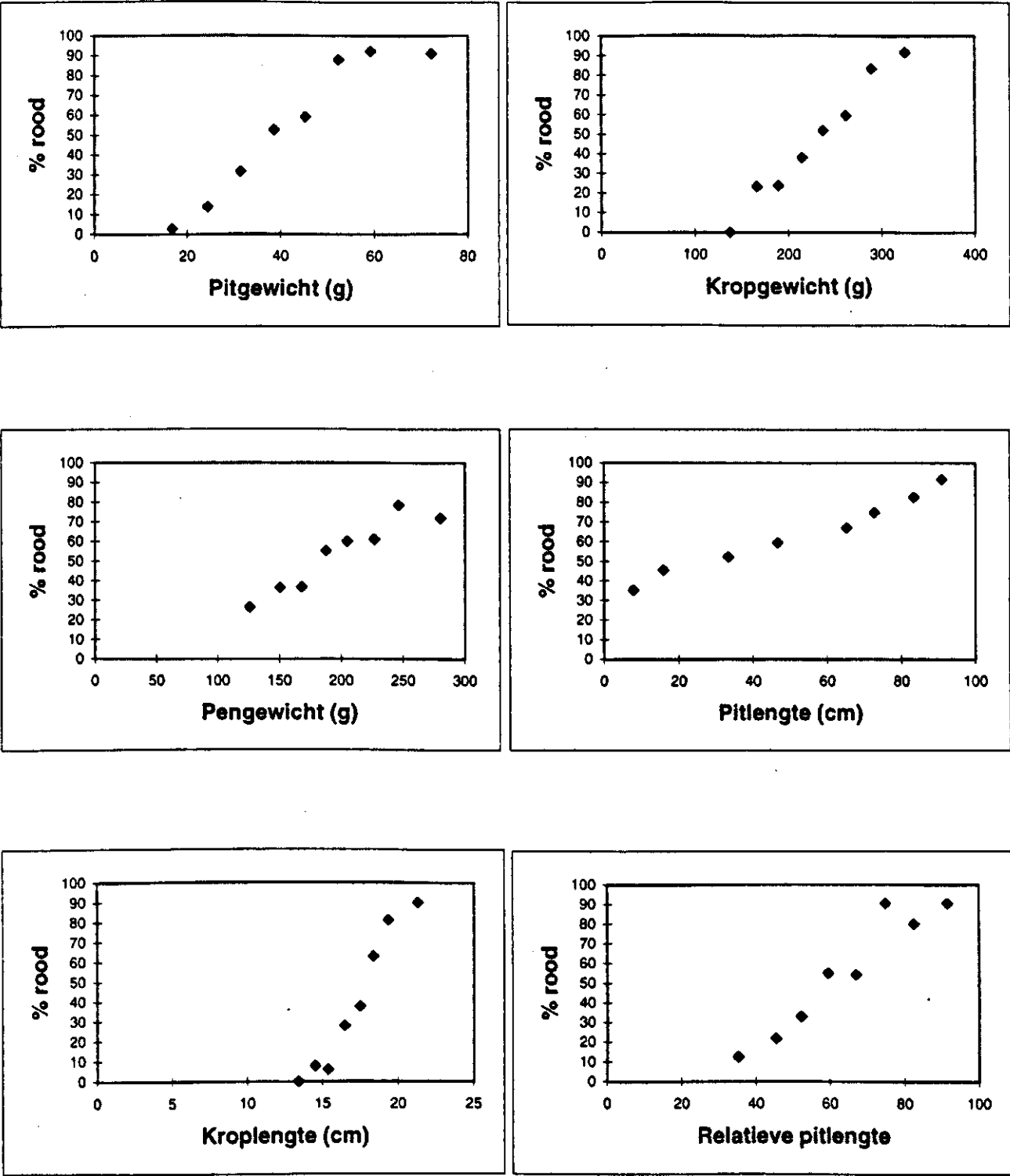
Figuur 6.1. Ontwikkeling van roodverkleuring in de tijd (twee oogstmomenten en na bewaring) na trek bij hoge (rhh) en lage (rhl) luchtvochtigheid.



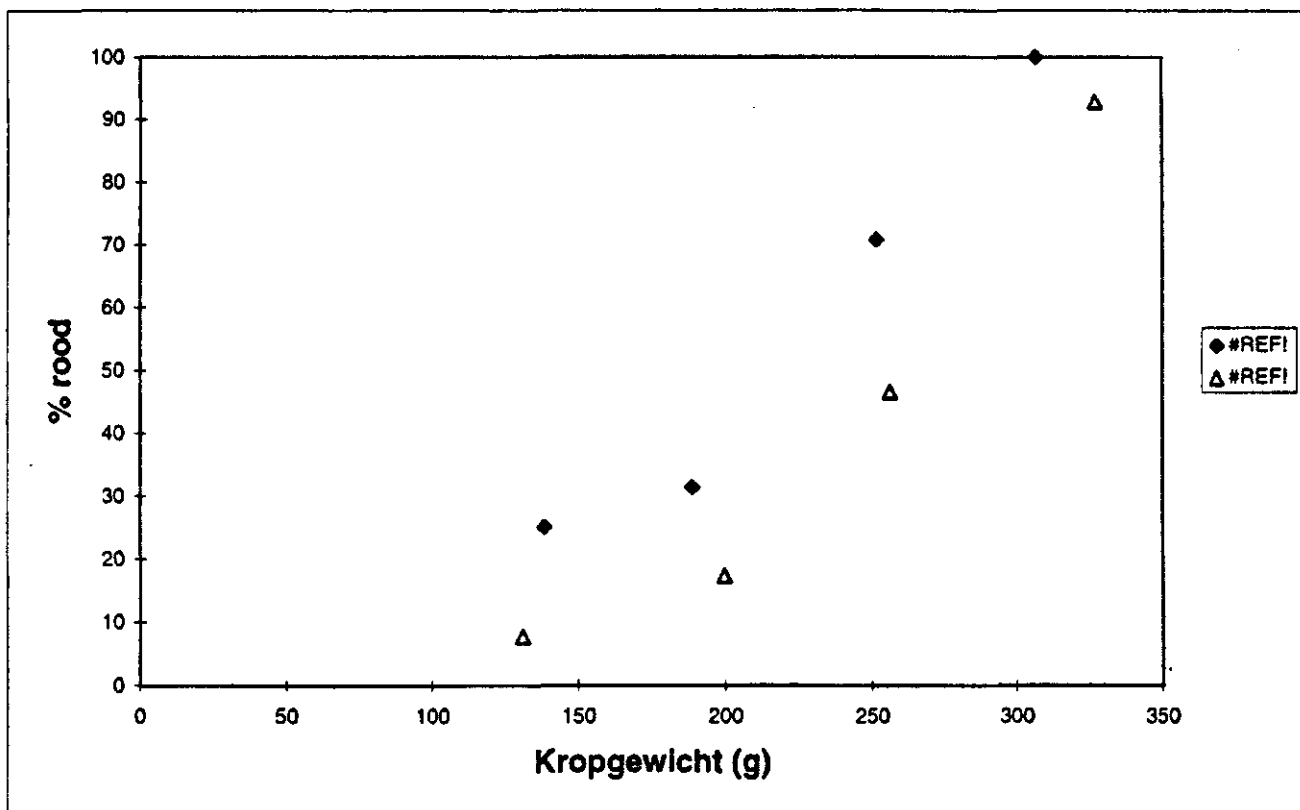
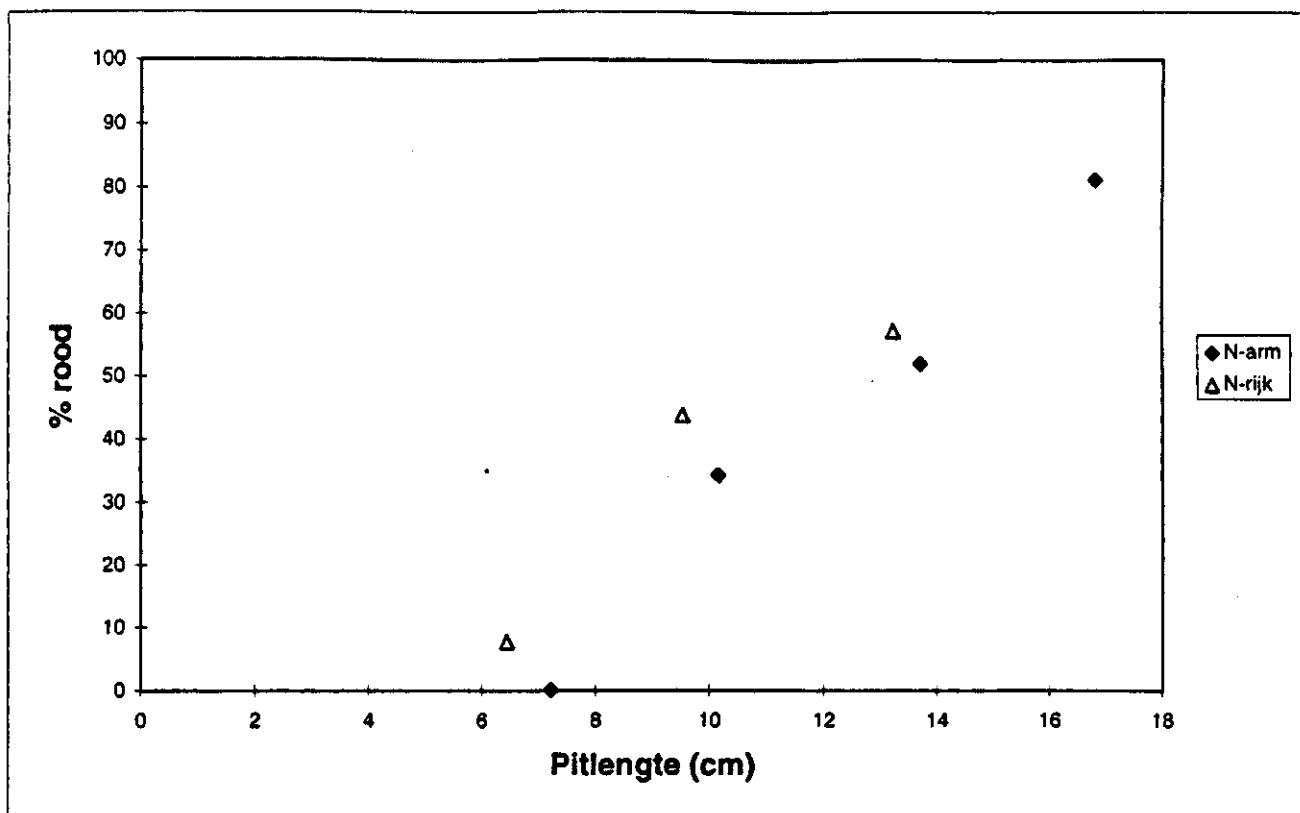
Figuur 6.2. Relatie tussen de relatieve pitlengte en de roodindex in afhankelijkheid van relatieve luchtvochtigheid, oogstmoment en bewaring.



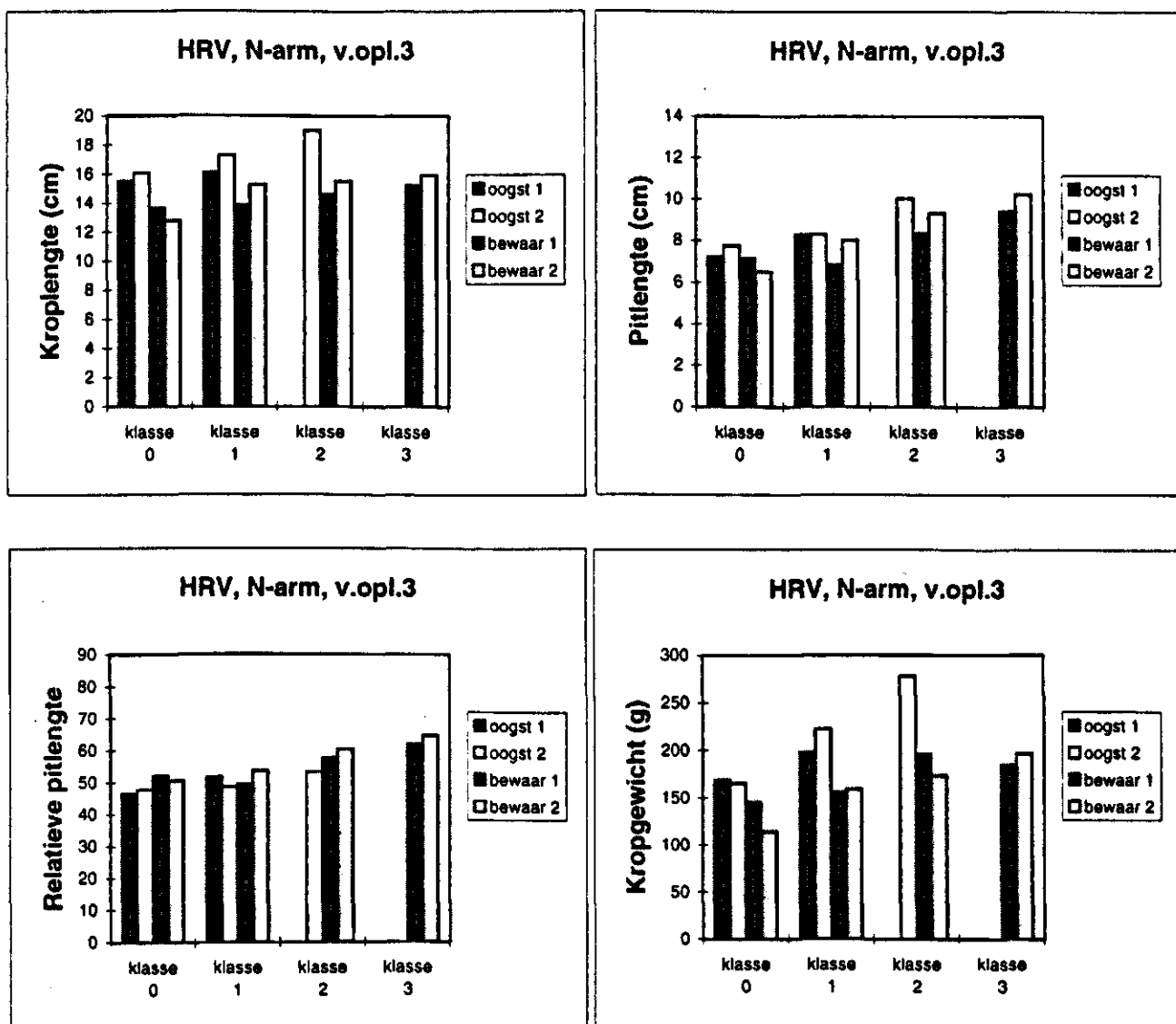
Figuur 6.3. De relatie tussen kropgewicht en roodindex bij trek op verschillende voedingsoplossingen van pennen met hoog (*) en laag stikstofgehalte.



Figuur 6.4. Relaties tussen kropeigenschappen en %-rood na indeling van de kroppen in acht klassen op grond van de waarde van de betreffend kropeigenschap.



Figuur 6.5. Relatie tussen %-rood en kropontwikkeling afhankelijk van de wortelkwaliteit (N-gehalte).



Figuur 6.6. Kropontwikkeling in afhankelijkheid van de mate waarin de krop roodverkleuring vertoont.

Conclusies

- Roodverkleuring begint als een zeer lokale aanwezigheid van een rode kleur in de intercellulaire ruimte tussen cellen in de nabijheid van een scheuring in het bladweefsel. Een verband met breken van melksapvaten is onwaarschijnlijk. De chemische identiteit van de rode kleurstof is onbekend.
- De invloed van de getoetste trekomstandigheden op roodverkleuring is afwezig (worteltemperatuur, K- en Ca-concentraties in de voedingsoplossing, EC) of is van invloed via de kropontwikkeling (kropgewicht, pitlengte, relatieve pitlengte en kroplengte. Ook de bewaarduur op zich speelt een rol.
- De wortelkwaliteit (N-gehalte) lijkt van invloed op roodverkleuring onafhankelijk van de kropontwikkeling.
- Een nadere mineralenanalyse van wortel en krop moet een verband tussen mineralen en roodverkleuring duidelijk maken.