

Fysiologisch onderzoek naar voosheid bij radijs

Eindrapport

L.F.M. Marcelis, M. Wijlhuizen & D.R. Verkerke

ab-dlo

Het DLO-Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO) is onderdeel van de Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

Het instituut is opgericht op 1 november 1993 en is ontstaan door de samenvoeging van het Wageningse Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO-DLO) en het in Haren gevestigde Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (IB-DLO).

DLO heeft tot taak het genereren van kennis en het ontwikkelen van expertise ten behoeve van de beleidsvoorbereiding en -uitvoering van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, het bevorderen van de primaire landbouw en de agrarische industrie, het inrichten en beheren van het landelijk gebied, en het beschermen van natuur en milieu.

AB-DLO heeft tot taak het verrichten van zowel fundamenteel-strategisch als toepassingsgericht onderzoek en is gepositioneerd tussen het fundamentele basisonderzoek van de universiteiten en het praktijkgerichte onderzoek op proefstations. De verkregen onderzoeksresultaten dragen bij aan de bevordering van:

- de bodemkwaliteit;
- duurzame plantaardige produktiesystemen;
- de kwaliteit van landbouwprodukten.

Kernexpertises van het AB-DLO zijn: plantenfysiologie, bodembioïogie, bodemchemie en -fysica, nutriëntenbeheer, gewas- en onkruidedologie, graslandkunde en agrosysteemkunde.

Adres

Vestiging Wageningen:

Postbus 14, 6700 AA Wageningen

tel. 0317-47 57 00

fax 0317-42 31 10

e-mail postkamer@ab.dlo.nl

Vestiging Haren:

Postbus 129, 9750 AC Haren

tel. 050-533 77 77

fax 050-533 72 91

e-mail postkamer@ab.dlo.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
Samenvatting	3
1. Inleiding	5
2. Materiaal en Methoden	7
3. Meting van voosheid	9
4. Voosheid in relatie tot groeisnelheid, knolgrootte en knolleeftijd	15
4.1. Effecten van licht en plantafstand	17
4.2. Effecten van EC	17
4.3. Effecten van bodemvochtgehalte	20
4.4. Slotopmerking	21
5. Effecten van wisselende lichtniveaus	23
5.1. Gevoelige stadia voor voosheidinductie	23
5.2. Assimilatenonttrekking - Effect van weinig licht en ontbladeren aan eind van de teelt	25
5.3. Discussie en vergelijking van de verschillende proeven met licht	26
6. Temperatuureffecten	27
7. Inductie en expressie van voosheid	29
8. Voosheid in relatie tot functionaliteit van het vaatweefsel	33
9. Rol van moment van knolverdikking	41
10. Glazigheid versus voosheid	45
11. Discussie	49
12. Conclusies	53
13. Aanbevelingen voor onderzoek	55
14. Aanbevelingen voor de praktijk	57
Literatuurlijst	59
Bijlage I: Publicaties over dit onderzoeksproject	1 pp

Voorwoord

Dit onderzoeksproject werd mede-gefinancierd door het Landbouwschap. Het voorstel tot dit project is in nauw overleg met het PBG in Naaldwijk tot stand gekomen. Hiervoor gaat mijn dank uit naar met name ir. G. Welles en dhr G. Heij. Elk half jaar werden de voortgang en de planning van het project besproken in de begeleidingscommissie bestaande uit ir. M. Stallen (Landbouwschap/PT), dhr A. Jonker (voorzitter NTS-radijs), dhr H. Bongers (NVZP-Nunhems Zaden), ir. G. Welles of dhr G. Heij (PBG) en dr. S. van de Geijn (AB-DLO). Ik wil alle leden van deze commissie bedanken voor de stimulerende discussies tijdens deze bijeenkomsten. Ik wil dr.ir. E. Heuvelink (LUW-Tuinbouwplantenteelt) bedanken voor de prettige samenwerking via doctoraalonderzoeken van studenten. De volgende studenten (nu inmiddels ingenieurs) hebben allen met veel inzet en enthousiasme aan dit onderzoek meegewerkt: C. van de Klundert, R. van der Geest, D. van Dijk en J. van Hooijdonk.

Samenvatting

Voosheid is een van de belangrijkste kwaliteitsproblemen in de radijsteelt. Voosheid is een lichte, wattige structuur van het knolweefsel, terwijl bij zeer ernstige mate van voosheid zelfs holten in de knol kunnen ontstaan. Voosheid ontstaat doordat parenchymcellen afsterven en gevuld worden met lucht.

Meting van voosheid

Voosheid kan bepaald worden door de knol door te snijden en te vergelijken met foto's, waarvoor een reeks kleurenfoto's is gemaakt. Tevens zijn niet-destructieve meetmethoden onderzocht. Soortelijk-gewichtbepaling lijkt de meest perspectievolle methode om voosheid objectief te meten, zonder de knol te hoeven doorsnijden.

Relatie voosheid, knolgrootte en knolleeftijd - effecten van licht en plantafstand

De vele tegenstrijdige onderzoeksresultaten in de literatuur blijken voor een groot deel verklaard te kunnen worden doordat bij de ene proef alle behandelingen op dezelfde datum zijn geoogst en bij de andere juist bij het bereiken van een bepaalde knolmaat. Zo blijkt dat het verlagen van het lichtniveau of verkleinen van de plantafstand tot minder voosheid leidt als de knollen op hetzelfde moment vergeleken worden. Worden knollen van eenzelfde grootte vergeleken, dan kan een tegengestelde conclusie getrokken worden doordat bij weinig licht en kleine plantafstand de gewenste knolmaat later bereikt wordt en doordat voosheid toeneemt met de leeftijd. Leeftijd bij de oogst speelt dan ook een zeer belangrijke rol bij voosheid, terwijl knolgrootte op zich geen rol speelt. Immers bij knollen van dezelfde leeftijd en precies dezelfde teeltomstandigheden waren kleine knollen even vaak voos als grote. Echter grote knollen zijn vaak ouder en daardoor vozer. Ook vertoonde voosheid geen correlatie met de lengte-dikte verhouding van de knol.

Effecten EC en bodemvochtgehalte

Zowel bij lage EC (1 mS/cm) als bij hoge EC (12 mS/cm) van het bodemvocht trad minder voosheid op dan bij normale EC (2-8 mS/cm) als knollen op dezelfde datum werden geoogst. Echter de knolgroei bleef iets achter bij de lage en hoge EC-behandelingen. Werden de knollen bij vergelijkbare sortering beoordeeld dan was er nauwelijks een effect van EC op voosheid merkbaar.

Binnen redelijke grenzen had vochtvoorziening geen effect op voosheid. Hoewel een beetje droogtestress de groei van de plant remde en tot slap hangende bladeren leidde, resulteerde dit niet in meer voosheid. Flinke droogtestress daarentegen leidde wel tot extra voosheid.

Effecten van klimaatwisselingen

Bij heel constante klimaatcondities, zoals in een klimaatkamer en regelmatige watergift, trad relatief weinig voosheid op. Verhoging van het lichtniveau (bij gelijke temperatuur) gedurende 5 dagen kort voor of rond het moment van knolvorming leidde tot duidelijk meer voos-

heid, terwijl er slechts een gering effect was op de uiteindelijke knolgrootte. Hoe later de hoog-lichtperiode werd gegeven hoe meer de knolgroei werd gestimuleerd en hoe minder voosheid bij de oogst optrad. Veel licht in een late ontwikkelingsfase van de knol gaf zelfs minder voosheid dan de controlebehandeling. Goede assimilatenbeschikbaarheid lijkt op het eind van de teelt van belang om voosheid tegen te gaan. Een sterke verhoging van de temperatuur op het eind van de teelt leidde tot meer voosheid. Of in een kassituatie het positieve effect van meer zonlicht op voosheid zwaarder weegt dan het negatieve effect van hogere temperatuur hangt af van de verhouding tussen licht en temperatuur.

Door lichtkleur en verschil tussen dag en nachttemperatuur is het moment van knolverdikking te vertragen waardoor voosheid ook pas later begon op te treden. Echter als knollen van gelijke diameter werden vergeleken was er geen verschil in voosheid tussen de behandelingen. Effecten van teeltcondities aan het eind van de teelt op de expressie van voosheid zijn niet groter als voosheidinductie door hoog licht in een vroeg stadium al heeft plaatsgevonden. Zowel teeltcondities in begin als eind van de teelt zijn van belang voor het voos worden.

Voosheid in relatie tot functioneren van houtvaten

Het voos worden van de knollen bleek enkele dagen vooraf gegaan te worden door een verlies aan functionaliteit van het vaatweefsel. Bovendien ontstond voosheid meestal op die plaatsen in de knol waar de vaten het eerst kapot gingen. Een hoog-lichtbehandeling in een jong stadium leidde niet alleen tot een eerder ontstaan van voosheid maar ook tot het eerder kapot gaan van vaten. Verhoging van het aantal functionele vaatbundels door plantengroei-stoffen leidde niet tot minder voosheid. Echter het aantal kapotte vaatbundels was niet door de behandelingen beïnvloed, wat kan betekenen dat niet zozeer het aantal functionele vaatbundels maar het aantal kapotte vaatbundels van belang is voor voosheid.

Glazigheid

In het algemeen is in de proeven vrij weinig glazigheid opgetreden. Er zijn geen behandelingen naar voren gekomen die glazigheid duidelijk beïnvloed hebben. Wel is duidelijk geworden dat een knol gelijktijdig voos en glazig weefsel kan bevatten. Voos weefsel kan ook glazig zijn en glazigheid kan er toe leiden dat de voosheid niet waargenomen wordt.

Fysiologische oorzaken

Verschillende processen en factoren lijken een rol te spelen bij het afsterven van cellen waardoor voosheid ontstaat. Belangrijke processen die tot voosheid leiden zijn assimilatengebrek, watergebrek, niet functioneren van vaten en veroudering.

Perspectievolle teeltmaatregelen

Belangrijke maatregelen om voosheid te beheersen zijn: tijdig oogsten van de knollen, niet te veel licht in beginfase maar wel veel licht in de eindfase van de teelt, geen droogtestress of te hoge temperatuur op einde van de teelt, niet te grote fluctuaties in klimaatomstandigheden, en met name in winterperiode groei van de planten stimuleren door bijvoorbeeld een ruime plantafstand.

1. Inleiding

In de afgelopen 15 jaar is radijs uitgegroeid van een gewas van weinig betekenis tot een gewas dat voor de Nederlandse tuinbouw van groot belang is. Bovendien kan volgens marktkundigen de markt voor radijs zowel in binnen- als buitenland nog verder groeien. In de loop van de jaren is naast de aandacht voor uitwendige kwaliteit de aandacht voor de smaak en inwendige kwaliteit sterk toegenomen. Met name het vrij onvoorspelbaar voorkomen van voosheid (een lichte wattige structuur van het knolweefsel) vormt een zwakte van het product (Heij, 1993). Hoewel in wisselende mate, doet zich ieder jaar opnieuw het probleem voor dat partijen niet aan de vereiste kwaliteit voldoen. Gemiddeld komt in ongeveer 30% van de veilingaanvoer in meerdere of mindere mate voosheid voor (Boesten en van Oostende, 1992). Door middel van controle en rassen wordt dit percentage naar beneden gebracht. Hoewel bekend is dat voosheid in sterke mate door de groeiomstandigheden beïnvloed wordt, is optreden van voosheid tot dusverre vrij onvoorspelbaar en in de literatuur zijn veel ogenschijnlijk tegenstrijdige resultaten beschreven.

De knol van radijs (*Raphanus sativus* L.) bestaat uit het hypocotyl en het bovenste deel van de wortel (Joyce et al., 1983; Magendans, 1991). Voosheid is een lichte wattige structuur van het knolweefsel; bij een ernstige mate van voosheid kunnen zelfs gaten in de knol ontstaan. Magendans heeft aangetoond dat voosheid het gevolg is van afsterven van cellen (xyleemparenchymcellen) waarin vervolgens lucht ontstaat. Voosheid ontstaat het eerst in de grootste cellen die relatief ver van de vaatbundels en veelal halverwege tussen het centrum en de rand van de knol liggen. Door strekking van de knol kunnen de dode cellen uit elkaar getrokken worden, wat uiteindelijk tot holle knollen leidt. Tevens heeft Magendans (1991) aangetoond dat de vaatbundels in een radijsknol kunnen breken en dat rondom deze vaatbundels vaak voos weefsel voorkomt. Hij suggereerde daarom dat het knappen van de vaten de primaire oorzaak is van het ontstaan van voosheid. Verder zou de kans op voosheid toenemen met de grootte van de cellen en de afstand tot de vaatbundels.

Mogelijk heeft voosheid, waarbij xyleemparenchymcellen afsterven en uiteindelijk holle knollen kunnen ontstaan, overeenkomsten met 'autolyse van merg'. Mergautolyse is een verschijnsel dat bij veel dicotyle kruidachtige gewassen (bijvoorbeeld selderij, boon) optreedt, waarbij de opslagcellen van het merg in de stengel, bladsteel of bloemsteel afgebroken worden door celwandafbrekende enzymen waardoor een holle stengel of steel overblijft (Aloni & Pressman, 1981; Carr et al., 1995). Er zijn recente aanwijzingen in de literatuur (Carr & Jaffe, 1995; Carr et al., 1995) dat dit verschijnsel veroorzaakt wordt doordat de vraag naar assimilaten (suikers) groter is, dan het aanbod door fotosynthese. In deze situaties worden assimilaten uit het merg onttrokken wat tot afsterven van de mergcellen leidt. Dit verschijnsel treedt vooral op als de groeisnelheid (strekkingssnelheid) groot is en daarmee ook de vraag naar assimilaten. In overeenstemming met mergautolyse, opperde Takano (1966b) dat voosheid van radijs ontstaat als de accumulatie van assimilaten of nutriënten achterblijft bij de groei van de knol.

Er zijn verschillende aanwijzingen dat knolgrootte of knolgroeisnelheid een rol spelen bij voosheid. Magendans (1991) suggereerde dat met name lengtegroei tot voosheid leidt als gevolg van het kapot gaan van vaten. Verder concludeerde Hagiya (1957) dat voosheid correleert met een hoge groeisnelheid van de knol. Kano & Fukuoka (1991) vonden meer holle wortels in Japanse radijs (soort rettich) wanneer de groeisnelheid groter was als gevolg van een ruimere plantafstand. Carr & Jaffe (1995) en Carr et al. (1995) toonden bij verschillende gewassen aan dat sterke stengelstrekking tot mergautolyse kan leiden. Zoals reeds genoemd, beweerde Magendans (1991) dat voosheid bij radijs toeneemt met de grootte van de cellen en de afstand tot de vaatbundels, welke twee factoren toenemen met toename van de knolgrootte (Joyce

et al., 1983; Kano & Fukuoka, 1991). Echter Krug & Liebig (1979) concludeerden dat voosheid in radijs afneemt met een toename van het lichtniveau, ondanks een toename in knolgroei. Ten aanzien van de meeste groeiomstandigheden kunnen ogenschijnlijk tegenstrijdige gegevens in de literatuur gevonden worden. Onder zomerse omstandigheden treedt meestal meer voosheid op dan onder winterse omstandigheden. Dit wordt vaak toegeschreven aan een hoge temperatuur en hoge lichtintensiteit. Met betrekking tot de temperatuur zou ook wel eens de worteltemperatuur van belang kunnen zijn (Kano, 1987; 1989). Ten aanzien van licht concluderen Krug & Liebig (1979) dat voosheid juist bij lage lichtintensiteit vaak optreedt. Daglengte zou voosheid ook kunnen beïnvloeden, maar ook hierover zijn de literatuurgegevens tegenstrijdig (Banga & Smeets, 1956; Hagiya, 1957). Een hoge watergift of lage EC van het wortelmilieu kan tot meer voosheid leiden (Welles & Janse, 1985; Heij & Kobryn, 1988). Voosheid treedt relatief vaak op bij een welige bladgroei (Welles & Janse, 1985). Dit kan er op duiden dat voosheid vooral optreedt bij een hoge spruit/wortel verhouding. Echter de relatie tussen spruit/wortel verhouding en voosheid is ook niet eenduidig (Hagiya, 1957; Takano, 1966a). Sterke fluctuaties in groeiomstandigheden (met name verhoging van watergift of verlaging van EC) lijken tot meer voosheid te leiden (Heij & Kobryn, 1988). Tijdens de groei van de radijsplant zijn verschillende fasen te onderscheiden. De groeistrategie van de jonge plant is er op gericht zo snel mogelijk een voldoende groot bladoppervlak te vormen. Zodra het bladoppervlak een bepaalde grootte heeft bereikt, gerelateerd aan heersende groeiomstandigheden, zal een verschuiving in de source-sink relaties optreden, en een (groot) deel van de transportsuikers in de verdikkende knol worden omgezet en opgeslagen. In deze fase kunnen zich (korte) perioden voordoen van snelle strekkingsgroei, die onvoldoende gepaard gaat met drogestoftoename of groei van de celwanden en ontwikkeling van vaatweefsel. Mogelijk leidt een hoge strekkingsgroeisnelheid tot een verstoord evenwicht tussen strekkings- en diktegroei van het hypocotylweefsel. De breuken die hierdoor in het vatenstelsel en overig weefsel ontstaan, worden zichtbaar als voosheid. Ook de waterhuishouding zou een belangrijke rol kunnen spelen bij het ontstaan van voosheid.

De doelstelling van dit onderzoek was het verwerven van meer fysiologisch inzicht in het ontstaan van voosheid in relatie tot de groei- en ontwikkelingssnelheid, drogestofverdeling en waterhuishouding. Door deze inzichten moet de voorspelbaarheid van de kwaliteit verbeterd kunnen worden en het optreden van voosheid geminimaliseerd kunnen worden middels manipulatie van de groeiomstandigheden.

2. Materiaal en Methoden

In dit hoofdstukken worden alleen de algemene Materialen en Methoden beschreven. Bij elk hoofdstuk worden nadere details van de experimenten gegeven.

Stabiliteit en reproduceerbaarheid van de teeltmethode zijn belangrijke voorwaarden bij het onderzoek naar de invloed van klimaatfactoren. Dit betekent dat zowel de afzonderlijke klimaatvariabelen, de nutriëntenvoorziening als de waterhuishouding goed geregeld moeten worden. Daarom zijn proeven uitgevoerd in klimaatkamers waarin het klimaat volledig geregeld kan worden en in kassen met mechanische koeling, waar het klimaat (m.u.v. het licht) ook vrij goed geregeld kon worden.

Planten werden in zand of een mengsel van potgrond en zand geteeld. Door de lage vochtcapaciteit biedt zand goede mogelijkheden om de vochtvoorziening van de planten te manipuleren. Om tijdens de teelt niet-destructieve metingen aan individuele planten te kunnen verrichten en om de planten tijdens de teelt naar verschillende klimaatcondities over te kunnen brengen werden ze geteeld in potten (15 cm hoog en 10 cm diameter; klimaatkamerproeven) of in verrijdbare bakken (lxbxh, 80x80x16 cm; kasproeven). Bovendien kan zo het waterverbruik van de planten relatief eenvoudig gemeten worden (door wegen van de potten of bakken).

Ras

Saxa Nova (tenzij anders vermeld)

Teeltmedium:

- Fijn zand met bovenop een dun laagje grind. Het laagje grind diende ervoor om de verdamping vanuit de bodem te minimaliseren met het oog op meting van gewasverdamping.
- Potgrondmengsel (Trio potgrond nr 4 gemengd met fijn zand in gewichtsverhouding 2:1). Door de grond werd een voorraadbemesting gemengd van 35g Kieseriet en 70g 7-14-28 NPK per 100 liter substraat.

Watergift

Bij teelt in grond werd met kraanwater de watergift verzorgd. Tenzij anders vermeld, werd een bodemvochtgehalte van 25% (op gewichtsbasis) nagestreefd.

Bij teelt in zand werd steeds voedingsoplossing met een EC van 2 gegeven, waarbij het vochtgehalte tussen 8 en 10% werd gehouden, tenzij anders vermeld.

Bodemvochtgehalte werd regelmatig gecontroleerd door middel van wegen van bakken of potten.

Bestudering vaatweefsel

Door planten via de wortels gedurende 10 minuten (jonge planten) tot 40 minuten (oude planten) de rode kleurstof eosine (1% oplossing) op te laten zuigen, werden de functionerende vaatbundels gekleurd. Op dwarsdoorsnede konden dan de functionele vaatbundels - de vaatbundels die (gekleurd) water transporteren - waargenomen worden. Door vervolgens cou-

pes van dezelfde knol met floroglucine (1% opgelost in 96% alcohol) en zoutzuur (10%) te behandelen werden alle aanwezige vaten paars gekleurd (floroglucine-zoutzuur kleurt het lignine van de vaten). Het aantal vaatbundels werd geteld onder een stereomicroscoop of omkeermicroscoop.

Statistiek

De proeven zijn vrijwel steeds als blokkenproeven uitgevoerd en werden met behulp van ANOVA gevolgd door Student's t-test geanalyseerd. Bij voosheid is van een binomiale verdeling uitgegaan. Voosheid is geanalyseerd met de Genstat procedures FIT of IRREML. In de figuren zijn steeds gemiddelden en standaardafwijkingen van de gemiddelden weergegeven.

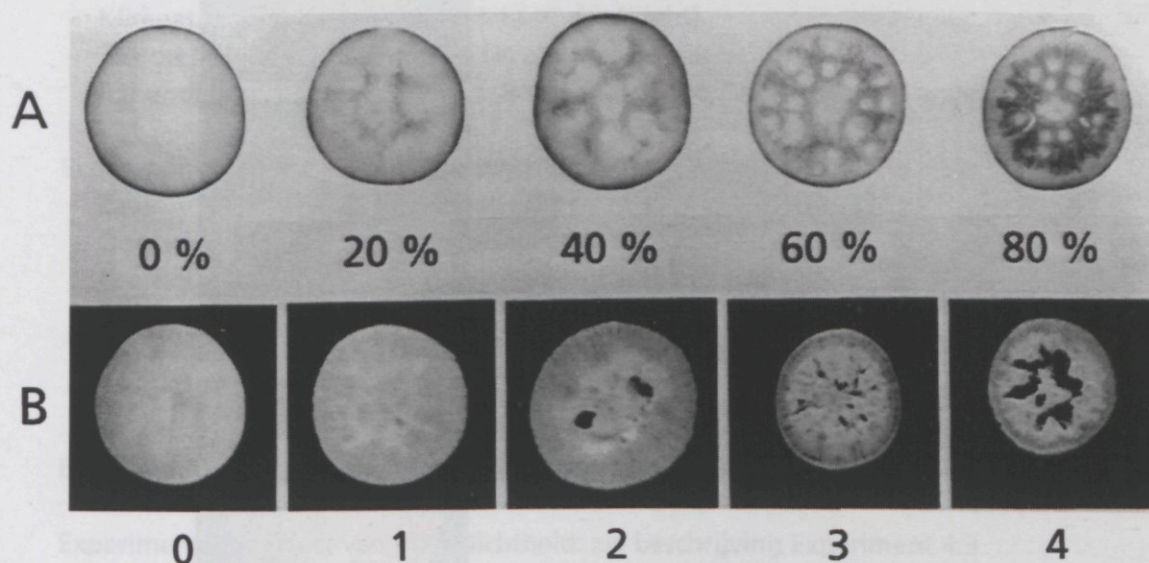
Details proefopzet

De details van elke proef of afwijkingen van bovenstaande algemene beschrijving worden in het kort in elk hoofdstuk genoemd.

3. Meting van voosheid

Destructieve meetmethode

Voosheid kan gemeten worden door knollen door te snijden en de snijvlakken te vergelijken met een fotoreeks van voze knollen. Op het PBG en de veilingen was een fotoreeks met 10 zwart-wit foto's van knollen met verschillende mate van voosheid beschikbaar. Vooral voor onderzoeksdoeleinden was het gewenst om over een uitgebreidere reeks kleurenfoto's te beschikken, waarin met name ook de beginstadia van voosheid duidelijk zijn opgenomen. Er is nu een reeks foto's gemaakt waarin niet alleen onderscheid gemaakt wordt naar de hoeveelheid voos weefsel maar ook de intensiteit van de voosheid ('gatigheid') (Fig. 3.1).



Figuur 3.1 Fotoreeks voor verschillende mate van voosheid. Knollen zijn dwarsdoorgesneden.

- A. De mate van voosheid wordt weergegeven als een ruwe schatting van het percentage van het knoloppervlak dat voos is.
- B. Vijf klassen die de intensiteit van de voosheid ('gatigheid') weergeven.

De hoeveelheid voos weefsel wordt weergegeven als het relatieve oppervlak (percentage van het oppervlak) van de dwarsdoorgesneden knol dat voosheid vertoont. Er worden 10 klassen onderscheiden; daarnaast worden 5 niveaus van gatigheid onderscheiden. Voor gebruik op veilingen zou gebruik gemaakt kunnen worden van een wat kleinere reeks van bijvoorbeeld 7 foto's (Fig. 3.2). Figuur 3.2 is inmiddels ook al door het CBT voor consumentenonderzoek in Duitsland gebruikt.



Figuur 3.2 Reeks van zeven foto's met van links naar rechts toenemende mate van voosheid (combinatie van hoeveelheid voos weefsel en de intensiteit ervan)

Objectieve, niet-destructieve meetmethoden

Materiaal en Methoden

Experiment 3.1: Verschillende meetmethoden voor voosheid

Ras:	Saxa Nova, Arista
Oogst:	mei en juni 1993
Aantal herhalingen:	2 partijen van 50 knollen
Meetmethoden:	Soortelijk gewicht door middel van onderwaterweging: knol wordt normaal gewogen (N) en tijdens onderdompelen in water (W). Het soortelijk gewicht (G) is dan: $G=N/(N-W)$.
Details:	zie Marcelis et al. (1995)

Experiment 3.2: Effect van rassen

Zaai:	mei 1993
Oogst:	29 dagen na zaai
Teelt:	bakken met potgrond; in kas
Klimaat:	16°C (18/12 °C dag/nacht)
Aantal herhalingen:	192 (4*48) planten per ras
Behandeling:	5 rassen: Boy, Fanal, Helro, Saxa Nova en Tarzan.

Experiment 3.3: Effect van bodemvochtgehalte

Zaai:	augustus 1993
Oogst:	29 dagen na zaai
Teelt:	bakken met potgrond; in kas
Klimaat:	16°C (18/12 °C dag/nacht)
Aantal herhalingen:	324 (4*81) planten per vochtgehalte
Behandeling:	3 bodemvochtgehaltes: 19, 25 en 31% (op gewichtsbasis) .

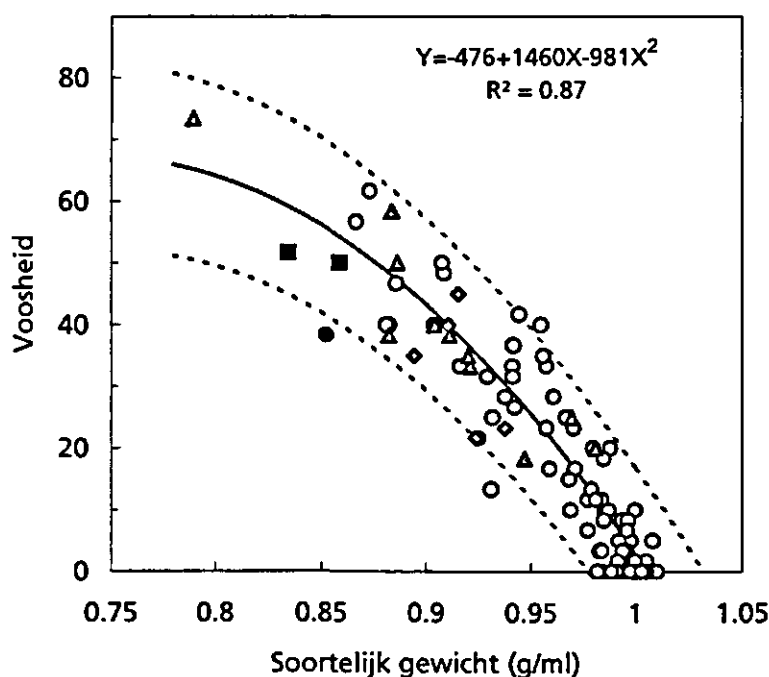
Experiment 3.4: Effect van lichtintensiteit: zie beschrijving Experiment 4.1.

Experiment 3.5: Effect van plantdichtheid: zie beschrijving Experiment 4.3.

Experiment 3.6: Effect van EC: zie beschrijving Experiment 4.4.

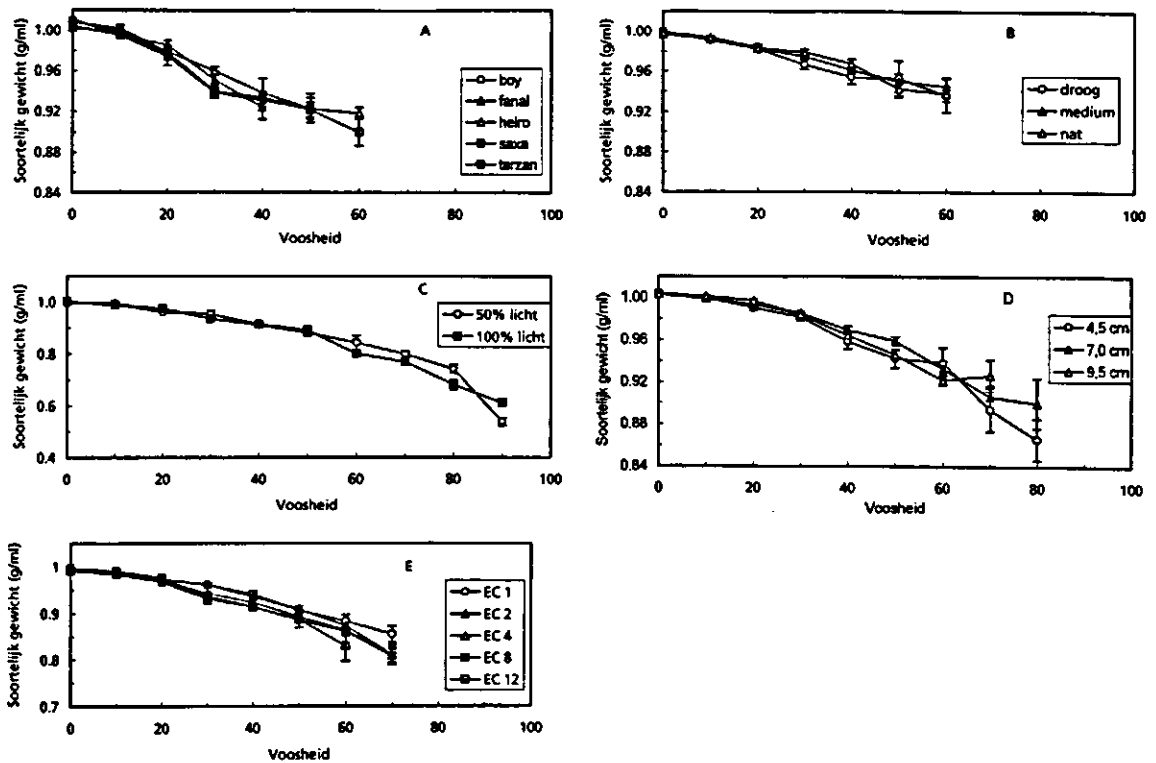
Het vergelijken van doorgesneden knollen met een fotoreeks is destructief en vrij subjectief. Daarom is onderzocht of voosheid ook op een objectieve en betrouwbare manier bepaald kan worden aan intacte knollen. Dit is niet alleen belangrijk bij gedetailleerd onderzoek naar het ontstaan van voosheid, maar ook voor kwaliteitsbewaking van partijen radijs door veilingen of door de tuinder zelf. Enkele methoden zijn getoetst om voosheid niet-destructief, objectief en betrouwbaar te meten (Experiment 3.1). In samenwerking met CPRO-DLO en RIKILT-DLO zijn röntgenanalyse, NIR-spectroscopie en bepaling van soortelijk gewicht vergeleken met de destructieve visuele beoordeling van voosheid. Van dezelfde knollen (2 partijen van 50 stuks) werd voosheid op alle vier de manieren bepaald. De visueel beoordeelde voosheid vertoonde een hoge correlatie met soortelijk gewicht ($R=0.92$; Fig. 3.3) en röntgenanalyse ($R=0.87$) en een redelijke correlatie met NIR spectroscopie ($R=0.73$). Elk van de 3 getoetste methoden biedt mogelijkheden om voosheid objectief en niet-destructief te meten (Marcelis et al., 1995). De

bepaling van soortelijk gewicht is echter de meest eenvoudige methode. Deze methode is overigens slechts ten dele niet-destructief omdat het blad van de knol verwijderd moet worden. Bij planten geteeld onder verschillende omstandigheden bleek het soortelijk gewicht steeds een vrij betrouwbare methode om voosheid te bepalen. Niet-voze knollen van 5 verschillende rassen (Boy, Fanal, Helro, Saxa Nova en Tarzan), of geteeld bij twee sterk verschillende lichtintensiteiten, drie plantdichtheden, 5 EC niveaus of drie bodemvochtgehaltes hadden steeds hetzelfde soortelijk gewicht (0.99-1.01 g/ml). Ook was het soortelijk gewicht van heel jonge en heel oude niet-voze knollen gelijk: tussen 15 en 40 dagen oude planten was het soortelijk gewicht van niet-voze knollen niet duidelijk verschillend (Experiment 3.5).



Figuur 3.3 Relatie voosheid en soortelijk gewicht. Elk symbool is één knol. Gatigheid was 0 (○), 1(△), 2(◇), 3(●) of 4(■). De stippellijn geeft het 95% betrouwbaarheidsinterval voor voosheidsvoorspelling weer. (Experiment 3.1).

Bij alle proeven nam het soortelijk gewicht af naarmate de voosheid toenam. De relatie tussen voosheid en soortelijk gewicht werd niet duidelijk beïnvloed door de behandelingen zoals ras, lichtintensiteit, plantdichtheid, EC of bodemvochtgehalte (Fig. 3.4). Deze relatie was echter niet in alle proeven gelijk. Het lijkt erop dat in een herfstteelt het soortelijk gewicht minder sterk afneemt met voosheid dan in een voorjaars- of zomerteelt. Toch is het verschil tussen voze en niet-voze knollen ook in het najaar nog zeer duidelijk. Echter de EC proef waar een sterke afname van soortelijk gewicht met voosheid werd gemeten, werd in winterperiode uitgevoerd. Opmerkelijk bij deze proef was wel dat er relatief veel gatigheid voorkwam, terwijl dat in de andere proeven gering was (data niet getoond). Het blijft voornamelijk vreemd waarom de relatie niet bij alle proeven gelijk is, terwijl binnen één experiment allerlei behandelingen geen effect hadden op deze relatie. Opgemerkt dient te worden dat de verschillende proeven m.b.t. voosheidsmeting door verschillende personen zijn uitgevoerd. Mogelijk is het soortelijk gewicht een betere maat voor voosheid dan de visuele beoordeling op dwarsdoorsnede. Immers soortelijk gewicht zegt iets over de structuur van de gehele knol, terwijl op dwarsdoorsnede slechts een klein deel van de knol bekeken wordt.



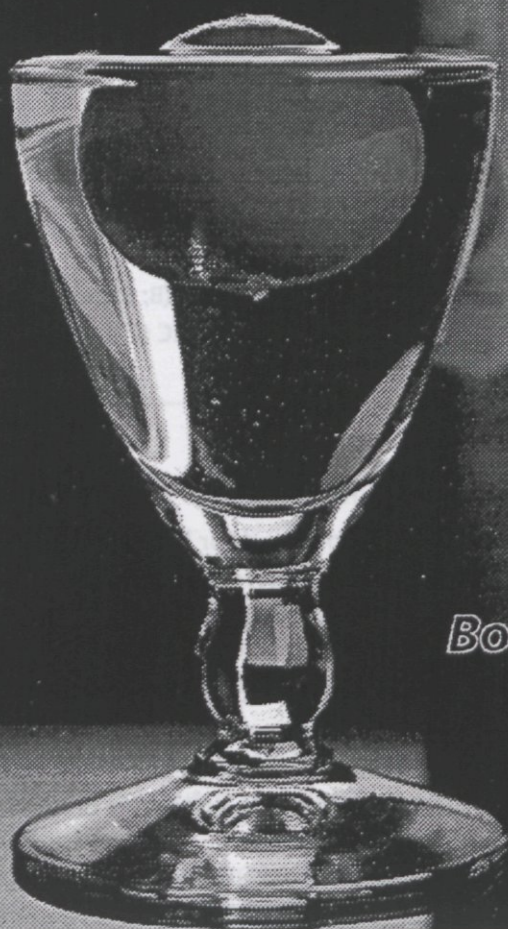
Figuur 3.4 Effecten van ras (A; Experiment 3.2), bodemvochtgehalte (B; Experiment 3.3), licht (C; Experiment 3.4), plantafstand (D; Experiment 3.5) en EC (E; Experiment 3.6) op de relatie tussen voosheid en soortelijk gewicht

Meting van soortelijk gewicht

Het soortelijk gewicht kan nauwkeurig gemeten worden door knollen te wegen voor en nadat ze in water gedompeld zijn. Dit zogenaamde onderwaterwegen is bij bijv. aardappel een standaardbepaling voor het zetmeelgehalte. Verder wordt bij peer onderwaterweging gebruikt om holle vruchten op te sporen.

Verschillen in soortelijk gewicht komen ook tot uiting als knollen in water worden gelegd. Knollen die zinken hebben een hoog soortelijk gewicht en zijn nooit voos. Voze knollen bevatten veel dode cellen met lucht, hebben daardoor een laag soortelijk gewicht en blijven daarom drijven. Echter het soortelijk gewicht van niet-voze knollen is ongeveer gelijk aan dat van water (0.99-1.01g/ml) waardoor ook deze knollen vaak nog blijven drijven. Het drijven in water geeft derhalve nog geen zekerheid dat de knol voos is. Voor een goed onderscheid tussen voze en niet-voze knollen is een lichtere vloeistof nodig dan water. Door toevoeging van bijvoorbeeld alcohol aan water daalt het soortelijk gewicht en blijft alleen voze radijs drijven (Fig. 3.5). Echter alcoholoplossingen zijn niet geschikt voor praktijktoepassing o.a. omdat de knollen dan kleur verliezen. Om te weten of een vloeistof met een laag soortelijk gewicht voor praktijktoepassing in aanmerking komt is nader onderzoek nodig. In een oriënterende test met ± 25 knollen bleek dat knollen met een verschil in soortelijk gewicht met verschillende snelheid in een waterkolom opstijgen. Dit verschil in snelheid kan mogelijk gebruikt worden om knollen te sorteren.

**Déze radijs
is beslist voos...**



Borreelpraat?



Figuur 3.5. Deze knol is zonder twijfel voos.

Conclusie

De soortelijk-gewichtmethode kan in het onderzoek gebruikt worden als objectief hulpmiddel om voosheid te meten. Daarnaast biedt de methode duidelijk perspectief voor praktijktoepassing om objectief, betrouwbaar en niet-destuctief de voosheid van knollen zonder loof te bepalen.

4. Voosheid in relatie tot groeisnelheid, knolgrootte en knolleeftijd

Materiaal en Methoden

Experiment 4.1: Relatie knolgrootte en voosheid binnen 1 partij

Zaai:	mei 1993
Oogst:	45 dagen na zaai
Teelt:	bakken met potgrond; in kas
Klimaat:	16°C (18/12 °C dag/nacht)
Aantal herhalingen:	324 (4*81) planten per lichtniveau
Behandeling:	Wel of niet licht weg schermen met kaasdoek (50% lichtreductie)
Details:	zie Marcelis et al. (1995)

Experiment 4.2: Effect van licht

Zaai:	oktober 1994
Oogst:	6 oogsten tussen 25 en 41 dagen na zaai
Teelt:	bakken met potgrond; in kas
Klimaat:	16°C (17.2/14.6 °C dag/nacht) bijbelichting met SONT-agro tussen 6.30 en 18.30 uur: 1.0 MJ m ⁻² d ⁻¹ PAR
Aantal herhalingen:	72 (4*18) planten per lichtniveau per oogst
Behandeling:	Wel of niet licht weg schermen met een grijs doek (50% lichtreductie)
Details:	zie Marcelis et al. (1995)

Experiment 4.3: Effect van plantafstand

Zaai:	september 1994
Oogst:	6 oogsten tussen 25 en 40 dagen na zaai
Teelt:	bakken met potgrond; in kas
Klimaat:	16°C (17.0/14.1 °C dag/nacht)
Aantal herhalingen:	72 (4*18) planten per lichtniveau per oogst
Behandeling:	3 plantdichtheden: 4.5, 7 en 9.5 cm plantafstand
Details:	zie Marcelis et al. (1995)

Experiment 4.4: Effect van EC

Zaai:	januari 1995
Oogst:	8 oogsten tussen 24 en 42 dagen na zaai
Teelt:	bakken met zand; in kas
Water/voeding:	EC van het bodemvocht werd bij aanvang van de proef op gewenste niveau gebracht en steeds werd EC van het gietwater zodanig gekozen dat EC van het bodemvocht (dat wekelijks gemeten werd) op het gewenste niveau bleef. Bodemvochtgehalte werd tussen 8 en 10% (op gewichtsbasis) gehouden
Klimaat:	16°C (17.2/14.2 °C dag/nacht) bijbelichting met SONT-agro tussen 6.30 en 18.30 uur: 1.0 MJ m ⁻² d ⁻¹ PAR
Aantal herhalingen:	48 (3*16) planten per EC per oogst
Behandeling:	5 EC niveaus van het bodemvocht (1, 2, 4, 8 en 12 mS/cm)

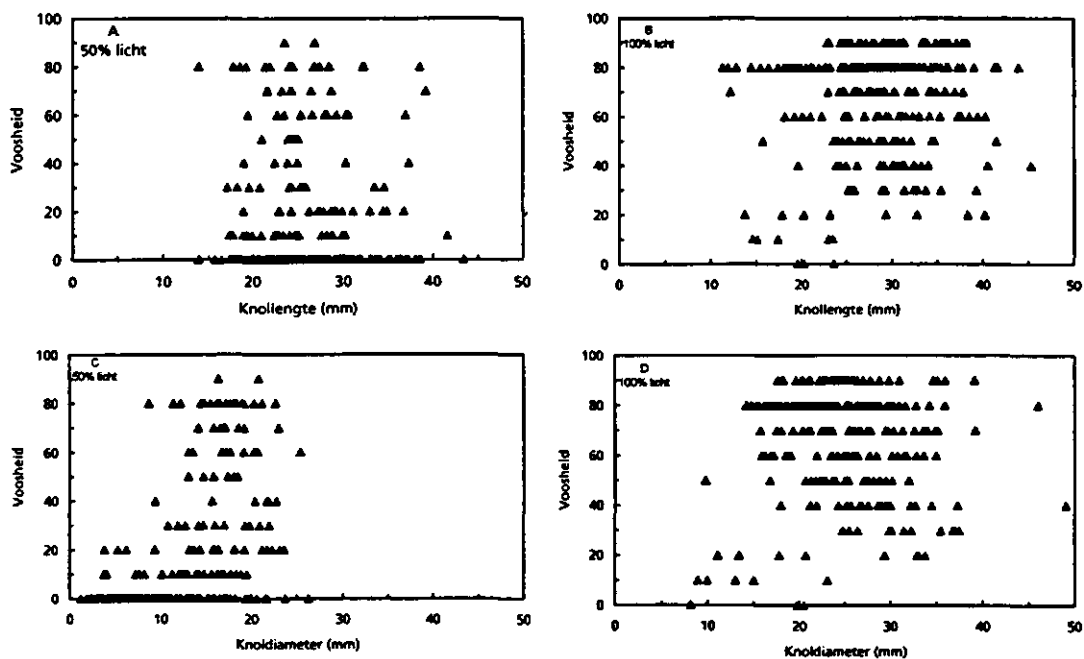
Experiment 4.5: Effect van bodemvochtgehalte, continu

- Oogst: 28 dagen na zaai
- Teelt: kleine potten met zand (hoogte 9 cm en diameter 11 cm) ; in klimaatkamer
- Klimaat: 16°C (dag en nacht), HPI-T: 60 W/m² PAR, 12 uur daglengte, 70%RV
- Aantal herhalingen: 12
- Behandelingen: Vochtgehalte van de pot werd gedurende de gehele teelt dagelijks aangevuld tot 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5 en 15%.

Experiment 4.6: Effect van bodemvochtgehalte, laatste week

- Oogst: 32 dagen na zaai
- Teelt: potten met zand; in klimaatkamer
- Klimaat: 16°C (dag en nacht), HPI-T: 60 W/m² PAR, 12 uur daglengte, 70%RV
- Aantal herhalingen: 15
- Behandelingen: 1 week voor eindoogst werd geen water gegeven totdat bodemvochtgehalte van 8-10% gezakt was tot een niveau van 1,5; 2,5; 3,5; 4,5%; de controle werd op 8-10% vochtgehalte gehouden. Om uitdroging te versnellen werd de temperatuur verhoogd naar 26°C (62% RV, 12.7 mbar VPD). Ter controle werden bij 16°C ook de bodemvochtgehaltenes 1,5; 3,5 en 10% aangehouden. Zodra het gewenste vochniveau was bereikt werd zoveel water toegevoegd als de afgelopen dag verbruikt was.

Experiment 3.3: Zie hoofdstuk 3.



Figuur 4.1 De relatie tussen voosheid en knollengte (A, B) en de relatie tussen voosheid en knoldiameter (C,D) binnen één partij knollen van dezelfde leeftijd. Planten waren geteeld bij 50% of bij 100% licht. (Experiment 4.1).

De mate van voosheid bleek in vele proeven toe te nemen met de leeftijd van een knol en zou daarom als een soort verouderingsproces gezien kunnen worden. Voosheid wordt ook vaak geassocieerd met grote knollen of welige groei. In Experiment 4.1 bleek er binnen één partij knollen van dezelfde leeftijd in het algemeen echter weinig correlatie tussen voosheid en knolgrootte (14-50 mm) te bestaan (Fig. 4.1). Als verschillen in knolgrootte veroorzaakt zijn door verschillen in leeftijd bij oogst, zou dit kunnen verklaren waarom grotere knollen vaak vozer zijn dan kleine knollen.

Om na te gaan in hoeverre voosheid gerelateerd is aan knolgrootte en knolleeftijd, werd de groeisnelheid van de planten gevarieerd door lichtniveau, plantdichtheid, EC of bodemvochtgehalte en werd periodiek geoogst.

4.1. Effecten van licht en plantafstand

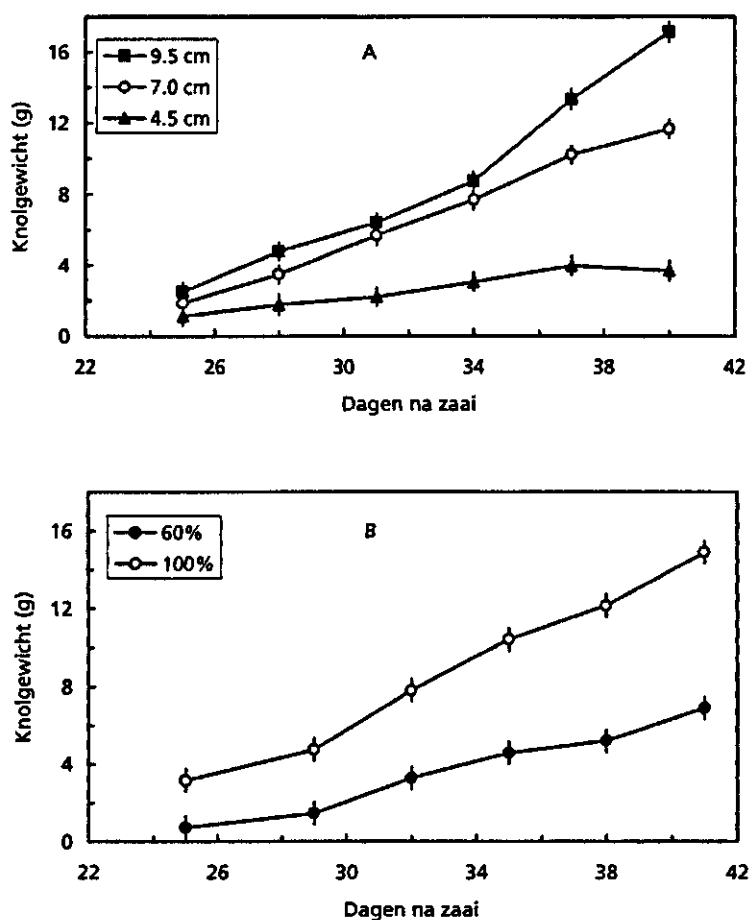
De groeisnelheid van zowel knol als blad nam sterk toe met toenemend lichtniveau en plantafstand (Fig. 4.2). De toename van de groeisnelheid van de knol was groter dan die van het blad, waardoor de knol/loof verhouding toenam. Voosheid nam bij alle behandelingen toe met de plantleeftijd. Echter deze toename was het sterkst bij een grote plantafstand en een hoog lichtniveau (Fig 4.3A,C). Dus als knollen van dezelfde leeftijd werden vergeleken nam de voosheid toe met lichtniveau en plantafstand en ook met de knolgrootte. Echter als knollen van dezelfde grootte werden vergeleken nam - met name bij de wat grotere knollen - de voosheid af met lichtniveau en plantafstand (Fig 4.3B,D), omdat de leeftijd van de knollen toenam.

Conclusies

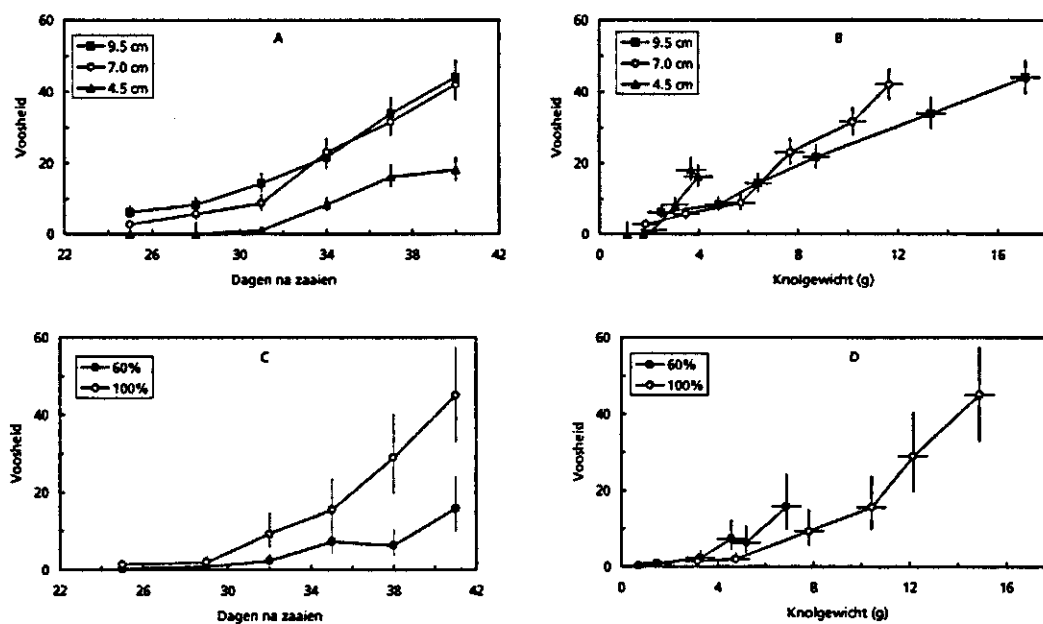
- Knolleeftijd is een belangrijke factor bij voosheid. In proeven met lichtniveau en plantafstand was er een positieve correlatie tussen voosheid en knolgrootte (bij een bepaalde leeftijd). Deze correlatie is waarschijnlijk niet causaal (knolgrootte waarschijnlijk niet de reden voor voosheid), omdat binnen 1 partij geen relatie tussen voosheid en knolgrootte werd gevonden.
- Bij dezelfde knolleeftijd neemt voosheid toe met lichtniveau en plantafstand en neemt toe met knolgrootte (als knolgrootte d.m.v. licht of plantafstand is gevarieerd)
- Bij dezelfde knolgrootte, neemt voosheid af met lichtniveau en plantafstand en toe met knolleeftijd.

4.2. Effecten van EC

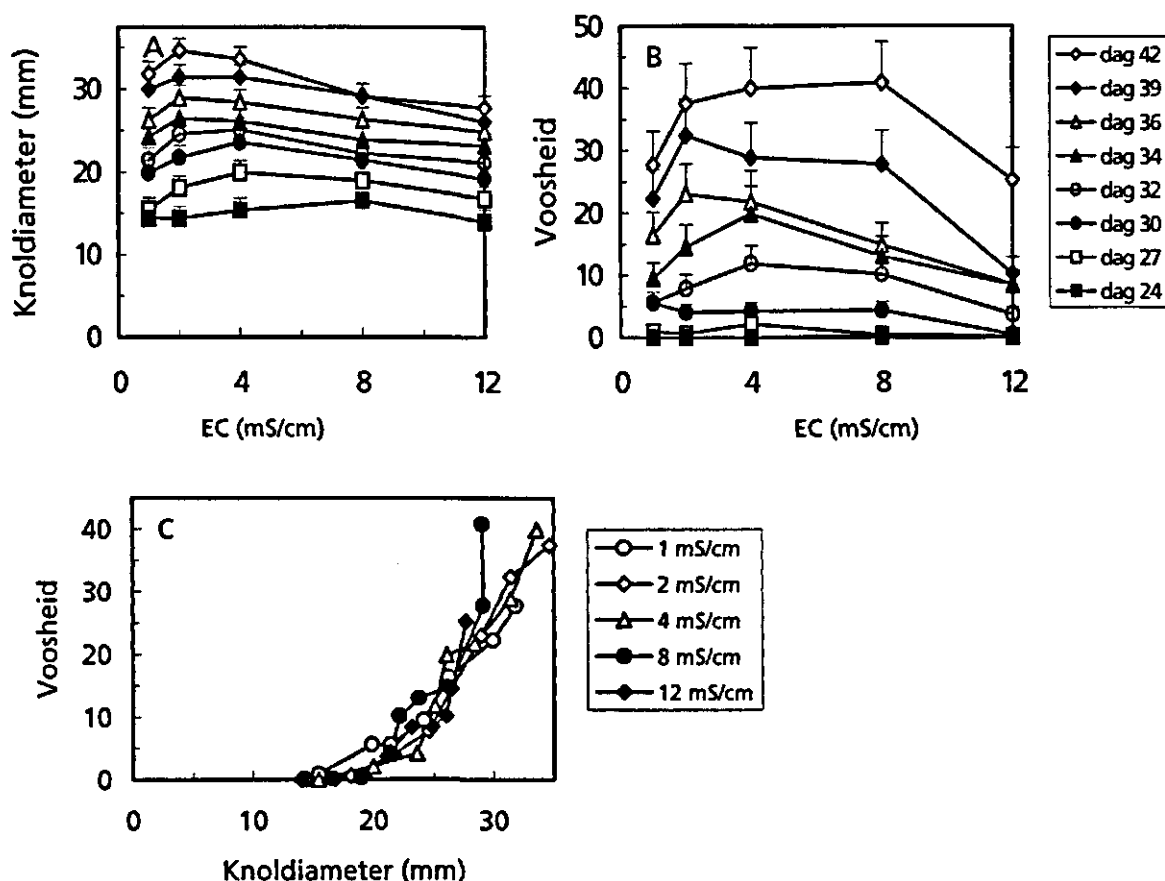
Planten werden geteeld bij 5 EC-waarden van het bodemvocht (dit is niet hetzelfde als EC van het gietwater); de EC van het bodemvocht werd reeds voordat gezaaid werd op het gewenste niveau gebracht. De gemiddelde EC van het gietwater tijdens de proef die nodig was om de gewenste EC van het bodemvocht te handhaven was 1.6, 2.1, 2.9, 3.0 en 3.5 mS/cm voor respectievelijk 1, 2, 4, 8, en 12 mS/cm in het bodemvocht. Deze waarden voor EC van het gietwater, geven de opnameconcentratie (nutriëntenconcentratie van het water dat de plant opneemt) weer.



Figuur 4.2 Effect van plantafstand (A) en lichtniveau (B) op knolgewicht. (Experiment 4.2, 4.3)



Figuur 4.3 Effect van plantafstand (A, B) en lichtniveau (C, D) op voosheid bij verschillende plantleeftijden (A, C) en verschillende knolgroottes (B, D). (Experiment 4.2, 4.3)



Figuur 4.4 Effect van EC van het bodemvocht op knoldiameter (A) en voosheid (B) en effect van EC op de relatie tussen voosheid en knoldiameter (C). (Experiment 4.4)

Voosheid nam toe met de leeftijd van de planten (Fig. 4.4B). Als knollen van dezelfde leeftijd werden vergeleken, dan nam voosheid eerst toe en vervolgens af bij toenemende EC; voosheid kwam het meest voor bij EC-waarden van 2-8 mS/cm (Fig. 4.4B). Werden knollen van dezelfde diameter vergeleken dan was er nauwelijks effect van EC (Fig. 4.4C). Net als bij proeven met plantdichtheid en lichtniveau, maakt het voor de conclusies uit of knollen van dezelfde grootte of knollen van dezelfde leeftijd worden vergeleken.

De resultaten lijken op het eerste gezicht tegenstrijdig met de literatuur (Heij & Kobryn, 1988). Heij & Kobryn (1988) vonden namelijk een afname van voosheid bij toenemende EC van het gietwater (EC=1, 4 en 8 mS/cm). Waarschijnlijk komt de door hen waargenomen afname in voosheid met toenemende EC overeen met de door ons waargenomen afname van voosheid bij de hoogste EC van het bodemvocht bij vergelijking van knollen van gelijke leeftijd.

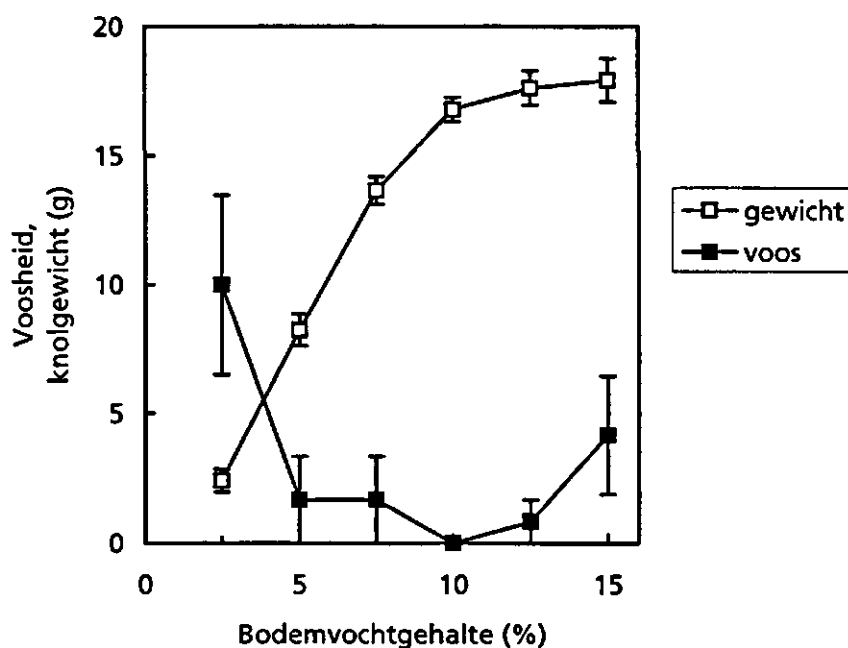
Conclusies:

- Bij vergelijking van knollen van gelijke grootte, heeft EC van bodemvocht geen invloed op voosheid.
- Bij vergelijking van knollen van gelijke leeftijd neemt voosheid eerst iets toe en vervolgens iets af met toenemende EC van het bodemvocht.

4.3. Effecten van bodemvochtgehalte

In een proef in de kas waarbij het vochtgehalte van de grond constant op 19, 25 of 31% gehouden werd nam het knol- en bladgewicht duidelijk toe met de bodemvochtigheid, maar voosheid was niet significant beïnvloed (Tabel 4.1). Bij een proef in een klimaatkamer waarbij in zand geteeld werd, bleek dat bij lage bodemvochtigheden de knolgroei sterk toenam met toenemende vochtigheid, maar dat vanaf $\pm 10\%$ vocht van het zand de knolgroei nauwelijks beïnvloed werd (Fig. 4.5); bij 15% vocht was het zand bijna verzadigd met water. Bij 5% bodemvocht was de knolgroei ongeveer gehalveerd ten opzichte van 10% vocht en hingen de bladeren regelmatig slap. Voosheid bij de eindoogst was echter niet toegenomen. Bij een nog lager vochtgehalte (2,5%) trad wel meer voosheid op.

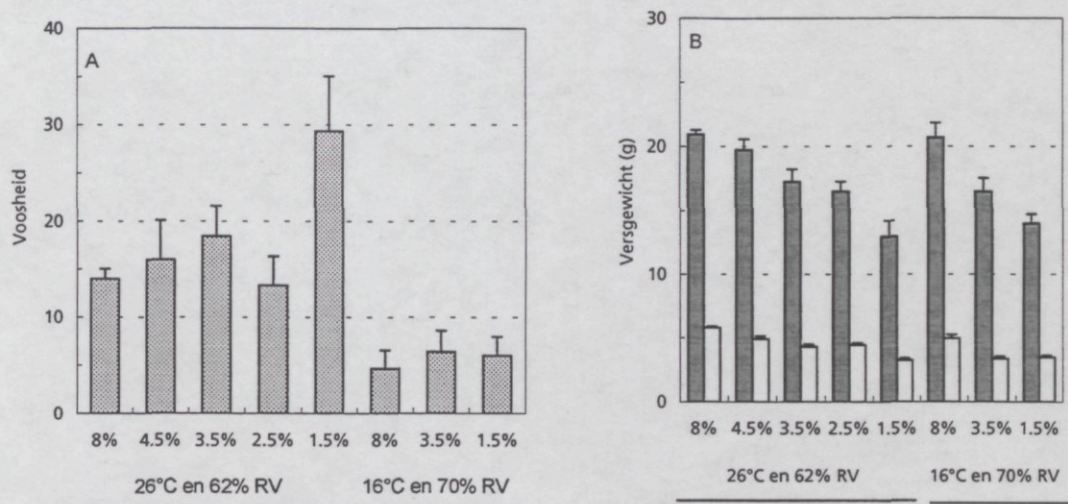
In een proef waarbij in de laatste week voor de oogst geen water werd gegeven tot het bodemvochtgehalte tot 1,5% was gedaald had dit bij 16°C geen effect (Fig. 4.6). Werd gelijktijdig de temperatuur en het dampdrukdeficit van de lucht verhoogd, dan daalde het bodemvochtgehalte sneller en ontstond wel meer voosheid. Planten hingen al af en toe slap bij een vochtgehalte van 4.5%, maar voosheid nam pas toe als het vochtgehalte tot 1,5% daalde.



Figuur 4.5 Effect van maximum bodemvochtgehalte gedurende de gehele teelt op voosheid en knolgewicht (Experiment 4.5)

Tabel 4.1 Effect van vochtgehalte in de grond op voosheid en gewicht van knol en blad bij de eindoogst (Experiment 3.3)

Vochtgehalte (%)	Voosheid	Knolgewicht (g)	Bladgewicht (g)
19	5	5.5	4.8
25	10	6.6	5.9
31	11	7.0	7.1



Figuur 4.6 Effect van bodemvochtgehalte (1.5-8%) en temperatuur (16 of 26°C) in de laatste week op (A) voosheid en (B) knol- (■) en bladgewicht (□) (Experiment 4.6)

Conclusie

Binnen redelijke grenzen heeft vochtvoorziening geen effect op voosheid. Hoewel een beetje droogtestress de groei van de plant remt en tot slap hangende bladen kan leiden, resulteert dit niet in meer voosheid. Echter flinke droogtestress leidt wel tot extra voosheid.

4.4. Slotopmerking

De proeven laten duidelijk zien dat verschillende conclusies getrokken kunnen worden als de verschillende behandelingen niet op dezelfde dag maar bij dezelfde knolgrootte vergeleken worden. Hiermee kunnen dan ook veel ogenschijnlijke tegenstrijdigheden in de literatuur verklaard worden.

5. Effecten van wisselende lichtniveaus

5.1. Gevoelige stadia voor voosheidinductie

Materiaal en Methoden

Experiment 5.1: korte periode hoog licht

Oogst:	42 dagen na zaai
Teelt:	potten met zand; in klimaatkamer
Klimaat:	16°C (dag en nacht), TL: 30 W/m ² PAR, 12 uur daglengte, 70%RV
Aantal herhalingen:	15
Behandeling:	In verschillende ontwikkelingsstadia (2, 7, 12, 17, 22, 27, 32 en 37 dagen na zaai) werd gedurende 5 dagen de lichtintensiteit verhoogd tot 300 W/m ² (12 uur daglengte). Als gevolg van de hoge instraling liep de dagtemperatuur, die op 16°C was ingesteld, tot bijna 20°C op.

Experiment 5.2: korte periode hoog licht

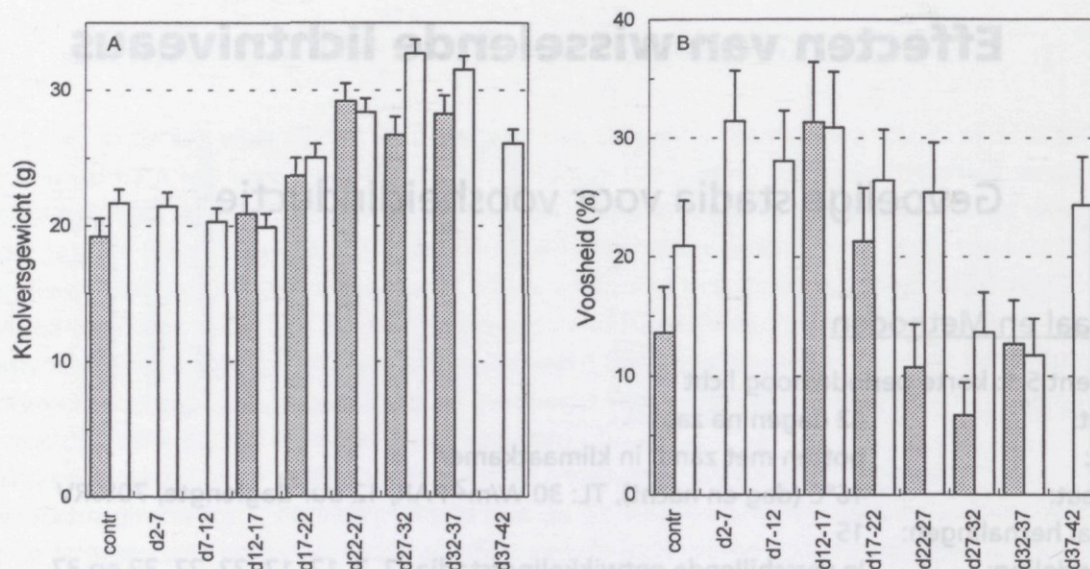
Oogst:	39 dagen na zaai
Overig:	Idem als Experiment 4.2, met uitzondering van de stadia 2, 7 en 37 dagen na zaai.

Experiment 5.3: korte periode laag licht

Zaai:	december 1995
Oogst:	35, 40, 43 dagen na zaai
Teelt:	bakken met grond; in kas
Plantafstand:	5.8 cm
Klimaat:	14°C (16/12°C dag/nacht), Bijbelichting SON-T 22 W/m ² (110 µmol m ⁻² s ⁻¹) PAR, 12 uur daglengte
Aantal herhalingen:	64 (4*16)
Behandeling:	In verschillende ontwikkelingsstadia (2, 12 en 30 dagen na zaai) werd gedurende 5 dagen door middel van een scherm (kaasdoek) de lichtintensiteit tot 20% verlaagd.

Aangezien het de praktijkervaring is dat voosheid vaak optreedt na een periode met zonnig weer, is nagegaan of een kortdurende sterke verhoging van de lichtintensiteit tot meer voosheid leidt. Er werden proeven uitgevoerd waarbij in verschillende ontwikkelingsstadia de lichtintensiteit gedurende 5 dagen sterk verhoogd werd.

Werd de hoog-licht periode gegeven voordat duidelijke knolverdikking was begonnen (knolverdikking begon bij dag 15-20, zie ook hoofdstuk 8) dan nam de voosheid (bij oogst op 42 dagen na zaai) toe t.o.v. de controle terwijl er nauwelijks effect was op de uiteindelijke knolgrootte (Fig. 5.1). Hoe later de hoog-licht periode werd gegeven hoe meer de knolgroei werd gestimuleerd en hoe minder voosheid bij de eind oogst optrad (m.u.v. laatste hoog-licht behandeling); bij de latere hoog-licht perioden was de voosheid zelfs minder dan bij de controle!



Figuur 5.1 Effect van een 5 daagse hoog-licht periode op knolgewicht en voosheid bij de eind oogst op 39 (Experiment 5.2) of 42 dagen na zaai (Experiment 5.1). De hoog-lichtbehandeling werd in verschillende perioden gegeven. □ Experiment 5.1; ▨ Experiment 5.2.

In een kasproef leidde een sterke verlaging van de lichtintensiteit (80 % licht weggeschermd) gedurende 5 dagen vanaf dag 2 of dag 12 tot minder voosheid bij de eind oogst (Tabel 5.1). De diameter van de knollen was wel iets kleiner dan van de controle (Tabel 5.1). Het bladoppervlak was 10% groter dan bij de controle. De lage lichtintensiteit van dag 2-7 leidde tot zeer lange knollen (Tabel 5.1), terwijl het knolgewicht vrijwel gelijk was aan dat bij de controle. Een laag-lichtbehandeling in een later stadium (dag 30-35) leidde tot kleinere knollen en meer voosheid bij de eind oogst (Tabel 5.1)

Deze proef in de kas met korte perioden weinig licht lijkt dus heel goed overeen te komen met eerdere proeven in klimaatkamer waar korte perioden met veel licht zijn gegeven (waarbij veel licht tegengesteld effect heeft als weinig licht).

Tabel 5.1 Effect van 5 dagen laag licht (80% lichtreductie) gedurende verschillende ontwikkelingsstadia op voosheid en knolgrootte bij eind oogst (gemiddelde van dag 40 en 43) (Experiment 5.3)*

	Voosheid	Versgewicht (g)	Diameter (mm)	Lengte (mm)
Controle	17a	7.8a	24a	25a
Dag 2-7	8b	7.5a	22b	33b
Dag 12-17	9b	6.0b	21b	24a
Dag 30-35	28c	5.9b	22b	24a
Standaardafwijking		0.36	0.5	0.6

* Getallen binnen een kolom met eenzelfde letter zijn statistisch niet significant verschillend

Conclusie

- Voosheid kan al voor het begin van de knolverdikking geïnduceerd worden door een korte periode met veel licht.
- In latere ontwikkelingsfasen heeft een hoog-licht periode een sterk positief effect op knolgroei, terwijl voosheid tegengegaan wordt.
- Korte perioden met weinig licht hebben een tegengesteld effect als korte perioden met veel licht.

5.2. Assimilatenonttrekking - Effect van weinig licht en ontbladeren aan eind van de teelt

Materiaal en Methoden

Experiment 5.4: Assimilatenonttrekking

Dit is uitgevoerd binnen dezelfde proef als Experiment 5.3.

Zaai:	december 1995
Oogst:	35, 40, 43 dagen na zaai
Teelt:	bakken met grond; in kas
Plantafstand:	5.8 cm
Klimaat:	14°C (16/12°C dag/nacht), bijbelichting SON-T 22W/m ² (110µmol m ⁻² s ⁻¹)PAR, 12 uur daglengte
Aantal herhalingen:	64 (4*16)
Behandeling:	1: Vanaf dag 30 tot eindoogst werd door middel van een scherm (kaasdoek) de lichtintensiteit tot 20% verlaagd. 2: Op dag 30 werden alle min of meer volgroeide bladeren verwijderd (3 onvolgroeide bladeren bleven aan plant). 3: controle: 100% licht en geen blad verwijderd.

In 1995 zijn enkele wetenschappelijke artikelen (Carr & Jaffe, 1995; Carr *et al.*, 1995) verschenen over 'autolyse van merg' (afsterven van merg) hetgeen tot holle stengels leidt bij gewassen zoals selderij en boon. Er zijn aanwijzingen dat dit verschijnsel veroorzaakt wordt doordat de vraag naar assimilaten (suikers) groter is, dan het aanbod door fotosynthese. In deze situaties worden assimilaten en koolstofverbindingen uit het merg aangesproken wat tot afsterven van de mergcellen leidt. Dit verschijnsel treedt vooral op als de groeisnelheid (strekkingssnelheid) groot is en daarmee ook de vraag naar assimilaten. Er lijken enkele overeenkomsten met voosheid bij radijs te zijn, wat ook het gevolg is van afsterven van cellen. Om na te gaan of in analogie met 'autolyse' van merg in stengels, assimilatenonttrekking tot voosheid bij radijs leidt is een proef in de kas uitgevoerd waarbij op het eind van de teelt (vanaf dag 30) het lichtniveau sterk verminderd werd of op dag 30 een groot gedeelte van het blad verwijderd werd. Blad- en knolgroei werd door deze behandelingen geremd. Opmerkelijk was dat de drogestoftoename veel sterker geremd werd dan de versgewichttoename (Tabel 5.2). Het drogestofgehalte van de knol nam dan ook sterk af. Dit kan op assimilatenonttrekking duiden. Dit werd ondersteund door een afname van het suikergehalte als gevolg van ontbladeren en lichtreductie. Het zetmeelgehalte was laag bij alle behandelingen. De behandelingen leidden ondanks de kleinere knollen tot meer voosheid bij de eindoogst (Tabel 5.2).

Tabel 5.2 Effect van verwijderen van alle min of meer volgroeide bladeren (3 onvolgroeide bladeren bleven aan plant) op dag 30 en schermen van 80% van het licht vanaf dag 30 op voosheid, knoldroog- en versgewicht, gehalten in de knol aan drogestof, zetmeel en suiker bij eindooft (gemiddelde van dag 40 en 43). (Experiment 5.4)*.

	Voosheid	Drooggew (g)	Versgew. (g)	Drogestof (%)	Zetmeel (g/kg dr.stof)	Suiker (g/kg dr.stof)
Controle	17a	0.40a	7.8a	5.4a	4a	346a
Blad weg	27a	0.26b	5.5b	4.8ab	5a	292ab
Geschermd	29b	0.20c	4.8b	4.4b	4a	247b
Stand.afw.		0.01	0.36	0.21	0.8	20.2

* Getallen binnen een kolom met eenzelfde letter zijn statistisch niet significant verschillend

Conclusie

Een laag assimilatenaanbod als gevolg van weinig licht of weinig blad in de laatste fase van knolgroei lijkt tot meer voosheid te leiden.

5.3. Discussie en vergelijking van de verschillende proeven met licht

In een kasproef waar gedurende de gehele teeltduur (zaai tot oogst) 0 of 40% licht werd weggeschermd, namen knolgrootte en voosheid sterk toe met het lichtniveau als planten van dezelfde leeftijd werden vergeleken (Hoofdstuk 4.1). Op basis van klimaatkamerproeven (Hoofdstuk 5) kan geconcludeerd worden dat de effecten op voosheid al gedurende de eerste teeltfase geïnduceerd zijn. Deze effecten van licht in de beginfase zijn niet teniet gedaan door het hoge licht gedurende de latere ontwikkelingsfasen. Waarschijnlijk zou het effect op voosheid groter zijn geweest als in latere teeltfase de lichtniveau's voor de verschillende behandelingen gelijk was geweest. In overeenstemming hiermee werd in een eerdere proef waarbij het lichtniveau vanaf 16 dagen na zaai tot eindooft gereduceerd werd voosheid niet duidelijk beïnvloed door licht, als knollen van dezelfde leeftijd werden vergeleken. Echter het aantal herhalingen binnen deze proef was gering (2x16 planten) doordat de helft van de planten niet gebruikt kon worden in verband met teeltproblemen als gevolg van een partij slechte potgrond.

Bij effecten van licht zijn verschillende factoren belangrijk:

- Hoog licht in beginfase geeft meer voosheid (bij vergelijken van knollen van dezelfde leeftijd).
- Voosheid neemt toe met leeftijd. Bij veel licht kunnen knollen jonger geoogst worden.
- In praktijkkassen verandert tegelijk met het licht ook o.a. de temperatuur en de luchtvochtigheid (voor combinatie van hoog licht en hoge temperatuur: zie hoofdstuk 7).

6. Temperatuureffecten

Materiaal en Methoden

Experiment 6.1:

Oogst:	31 dagen na zaai
Teelt:	potten met zand; in klimaatkamer
Klimaat:	16°C (dag en nacht), TL: 60 W/m ² PAR, 12 uur daglengte, 70%RV (m.u.v. laatste week)
Aantal herhalingen:	39 (2 proeven met 15 en 24 herhalingen)
Behandeling:	laatste week: 16°C-70%RV (VPD=5.5 mbar) 26°C-62%RV (VPD=12.7mbar)

Experiment 6.2:

Oogst:	32 en 42 dagen na zaai
Teelt:	potten met zand; in klimaatkamer
Klimaat:	16°C (dag en nacht), TL: 30 W/m ² PAR, 12 uur daglengte, 70%RV (m.u.v. dag 12-17 en dag 27-32)
Aantal herhalingen:	28
Behandelingen:	Gedurende dag 12-17 of gedurende dag 27-32 werd de temperatuur verhoogd naar 20 of 24°C; het dampdrukdeficit van de lucht werd steeds op 5.5mbar gehouden.

Verhoging van de temperatuur gedurende 5 of 7 dagen in een latere teeltfase leidde tot meer voosheid als knollen op dezelfde dag werden geoogst (Tabel 6.1, 6.2). De knolgrootte was ook iets toegenomen. Ook in hoofdstuk 7 werd meer voosheid gevonden als de temperatuur in de laatste week voor de oogst verhoogd werd.

Temperatuurverhoging tussen dag 12 en dag 17 had geen duidelijk effect op voosheid bij de eind oogst (Tabel 6.3).

Conclusie

Hoge temperatuur in de eindfase van de teelt leidt tot meer voosheid.

Tabel 6.1 Effect van verhoging van de temperatuur gedurende de laatste week voor de eind oogst (dag 31) op voosheid. (Experiment 6.1).

Temperatuur (°C)	Voosheid
16	7
26	13

Tabel 6.2 Effect van verhoging van de temperatuur tussen dag 27 en 32 op voosheid en knolgrootte op dag 32 en dag 42. (Experiment 6.2).

Temperatuur (°C)	Dag 32		Dag 42	
	Voosheid	Knolgewicht (g)	Voosheid	Knolgewicht (g)
16	2	9.4	15	25.2
20	3	9.5	17	26.4
24	8	9.5	24	27.7

Tabel 6.3 Effect van verhoging van de temperatuur tussen dag 12 en 17 op voosheid en knolgrootte op dag 17 en dag 42 (Experiment 6.2)

Temperatuur (°C)	Dag 17		Dag 42	
	Voosheid	Knolgewicht (g)	Voosheid	Knolgewicht (g)
16	0	0.09	15	25.2
20	0	0.07	21	27.4
24	0	0.11	14	29.1

7. Inductie en expressie van voosheid

Materiaal en Methoden

Experiment 7.1: inductie en expressie

Oogst:	35 dagen na zaai (controle ook op dag 28 en 42)
Teelt:	potten met zand; in klimaatkamer
Klimaat:	16°C (dag en nacht), TL: 30 W/m ² PAR, 12 uur daglengte, 70%RV (m.u.v. behandelingen op dag 12-17 en dag 28-35)
Aantal herhalingen:	24
Behandeling:	in de beginfase (dag 12-17) een hoog- dan wel een laag-licht-behandeling (300 of 30 W/m ²).
Teeltcondities tussen dag 28 en 35:	
	<i>controle</i> 16°C, 30 W/m ² , 70% RV (VPD=5.5 mbar),
	<i>laag licht</i> 16°C, 10 W/m ² , 70% RV (VPD=5.5 mbar)
	<i>hoge temperatuur</i> 26°C, 30 W/m ² , 84% RV (VPD=5.5 mbar)
	<i>hoge temperatuur + hoog licht</i> 26°C, 300 W/m ² , 84% RV (VPD=5.5 mbar)
Watergift:	Bij de hoge temperatuur en hoge temperatuur + hoog licht behandeling werd een normaal bodemvochtgehalte (10%) aangehouden of werd pas water gegeven als bodemvochtgehalte als gevolg van verdamping tot 1.5% was gezakt (planten hingen bij normaal licht een heel klein beetje slap en bij veel licht veel slap bij 1.5% bodemvochtgehalte).
Metingen:	bij eindoogst: knolgewicht, bladgewicht, bladoppervlakte, voosheid en aantal functionele vaatbundels.

In het algemeen werd in klimaatkamers bij constante klimaatcondities en regelmatige watergift weinig voosheid waargenomen (zowel bij 16°C als 26°C continu). Daarom is in een kas een proef uitgevoerd waarbij de planten tot een knoldiameter van 15 mm gelijk opgekweekt werden, maar daarna de groeiomstandigheden sterk veranderd werden zodat de groeisnelheid verhoogd werd of de waterhuishouding van de plant veranderd werd. De behandelingen bestonden uit verlagen van plantdichtheid (van 269 naar 67 planten/m²), verhogen van lichtniveau (van 60 naar 100%) en verhogen of verlagen van het vochtgehalte van de bodem. Bij elke behandeling werden de knollen geoogst bij het bereiken van een knoldiameter van 25 mm. De behandelingen hadden slechts geringe effecten op de voosheid. Werd de voosheid uitgezet tegen de plantleeftijd bij oogst, dan bleek dat de verschillen tussen de behandelingen vooral toegeschreven moesten worden aan leeftijdsverschillen bij oogst. In deze proef leek dus een verandering van groeiomstandigheden kort voor oogst (laatste week) geen of nauwelijks effect te hebben op voosheid, behalve via effecten op plantleeftijd (data niet getoond). Mogelijk moet er een onderscheid gemaakt worden tussen zogenaamde inductie en expressie van voosheid. Bijvoorbeeld een snelle strekking van de knol of knappen van de transportvaten in een vroeg ontwikkelingsstadium, mogelijk als gevolg van een korte periode met veel licht, kan later tot voosheid leiden (inductie). Of voosheid dan daadwerkelijk optreedt (expressie), hangt af van de omstandigheden later in de teelt. Anderzijds als er geen inductie heeft plaatsgevonden, zal er ook geen voosheid optreden.

Om na te gaan in hoeverre er een onderscheid is tussen inductie en expressie is in een proef in de beginfase (dag 12-17) een hoog- dan wel een laag-lichtbehandeling (300 of 30 W/m²) gegeven waardoor voosheidinductie respectievelijk meer en minder plaatsvond. Vervolgens werden in een latere fase (dag 28 - 35) teeltfactoren (licht, temperatuur, droogte) gevarieerd om na te gaan of die de voosheidsexpressie kunnen beïnvloeden.

Tabel 7.1 Effect van behandelingen tijdens eindfase van de teelt (dag 28-35) op voosheid en knol-diameter bij oogst op dag 35. De resultaten zijn gemiddeld over de hoog en laag lichtbe-handeling in begin van de teelt. (Experiment 7.1)*.

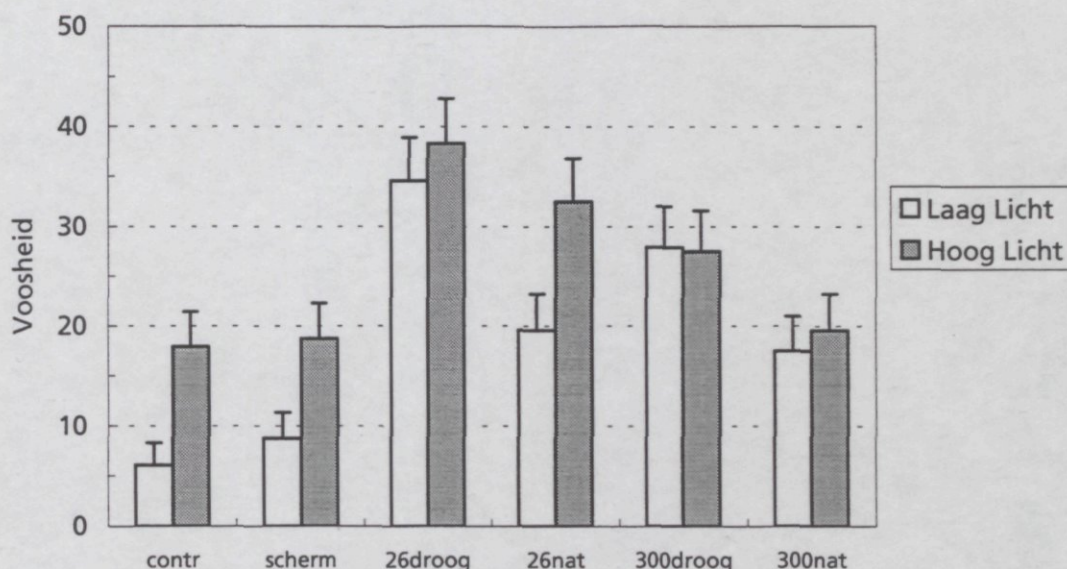
behandeling		voosheid	diameter (mm)
klimaat	bodemvocht		
controle	nat	12 ^a	31 ^{cd}
laag licht	nat	14 ^{ab}	27 ^a
hoge temp.	nat	26 ^{cd}	31 ^d
hoge temp	droog	36 ^e	29 ^b
hoge temp. + hoog licht	nat	19 ^{bc}	38 ^e
hoge temp. + hoog licht	droog	28 ^d	30 ^{bc}
standaardafwijking		3	0.5

* Getallen gevolgd door een zelfde letter zijn niet statistisch significant verschillend.

Hoewel op basis van vorige proeven verwacht werd dat een verlaging van de lichtintensiteit op het eind van de teelt tot meer voosheid leidt, was de toename van voosheid in deze proef niet significant (Tabel 7.1). De verlaging van lichtintensiteit remde de knolgroei. Gezien het feit dat voosheid toeneemt met knolleeftijd, kan bij oogst van knollen van dezelfde diameter meer voosheid verwacht worden bij verlaging van lichtintensiteit.

Een verhoging van temperatuur op het eind van de teelt leidde tot meer voosheid, terwijl knol-grootte nauwelijks beïnvloed was (Tabel 7.1). In voorgaande proeven (hoofdstuk 6) leidde temperatuurverhoging aan het eind van de teelt ook tot meer voosheid, maar effecten waren minder groot dan in de huidige proef (Tabel 7.1). Dat effecten in vorige proeven kleiner waren komt waarschijnlijk doordat toen of de temperatuur minder verhoogd werd of doordat proe-ven bij hogere lichtintensiteiten werden uitgevoerd.

Een gelijktijdige verhoging van temperatuur en licht op het eind van de teelt leidde tot meer voosheid dan bij de controle, maar het leidde tot minder voosheid dan wanneer alleen de temperatuur (niet licht) werd verhoogd (Tabel 7.1). Knolgroei werd sterk gestimuleerd door de verhoging van licht+temperatuur. In voorgaande proeven was reeds gevonden dat verhoging van licht (terwijl temperatuur gelijk gehouden werd) op einde van de teelt tot minder voosheid leidde (Hoofdstuk 5). In overeenstemming met die proeven werd nu dus gevonden dat er min-der voosheid ontstaat bij hoge temperatuur + hoog licht dan bij hoge temperatuur + laag licht. Droogte op het eind van de teelt leidde tot meer voosheid (Tabel 7.1). Bij de combinatie hoog licht en hoge temperatuur was de verdamping veel groter dan wanneer alleen de temperatuur hoog was, waardoor het bodemvochtgehalte veel sneller daalde en planten meer slap hingen dan wanneer alleen de temperatuur hoog was. Toch was het verschil in voosheid tussen de droge en natte behandeling vergelijkbaar bij hoge temperatuur en hoge temperatuur + hoog licht.



Figuur 7.1 Effect van de combinatie van hoog-lichtbehandeling in beginfase van de teelt (dag 12-17) en behandelingen tijdens eindfase van de teelt (dag 28-35) op voosheid bij oogst op dag 35. De behandelingen tijdens eindfase bestonden uit 'contr' = controle, 'scherm' = laag licht (10W/m^2), '26' = hoge temperatuur (26°C) en '300' = hoge temperatuur in combinatie met hoog licht (26°C , 300W/m^2); de laatste twee behandelingen werden bij normaal ('nat') en bij laag bodemvochtgehalte ('droog') uitgevoerd. (Experiment 7.1).

Een kortdurende hoog-lichtbehandeling in de beginfase leidde net als in vorige proeven (Hoofdstuk 5) tot meer voosheid bij de oogst (Fig. 7.1). Dit effect was min of meer vergelijkbaar bij de verschillende teeltcondities op het eind van de teelt (Fig. 7.1). Echter het effect van licht in beginfase op voosheid verdween als op het eind hoge temperatuur + hoog licht werd gegeven. In het algemeen was er weinig interactie tussen de hoog-lichtbehandeling in het begin van de teelt en de behandelingen op het eind van de teelt.

Conclusie

Uit deze en voorgaande proeven kan geconcludeerd worden dat hoog licht in de beginfase van de teelt voosheid induceert. Echter effecten van teeltcondities aan het eind van de teelt op de expressie van voosheid zijn niet groter als voosheidinductie door hoog licht in een vroeg stadium al heeft plaatsgevonden. Zowel teeltcondities in begin als eind van de teelt zijn van belang voor de hoeveelheid voosheid, maar het is niet zo dat de expressie van voosheid alleen tot stand komt als in een vroeg stadium voosheidinductie heeft plaatsgevonden.

8. Voosheid in relatie tot functionaliteit van het vaatweefsel

Magendans (1991) heeft door gedetailleerd anatomisch onderzoek aangetoond dat tijdens de ontwikkeling van een radijsknol de houtvaten kunnen breken. Deze auteur suggereerde dat hierdoor de water- en nutriëntenvoorziening van de cellen in de problemen zou komen en dat dit de oorzaak zou kunnen zijn van het ontstaan van voosheid. In eerste instantie breken de houtvaten, maar daarna breken meestal ook de zeefvaten van de betreffende vaatbundel. In ons onderzoek is nagegaan in hoeverre het kapotgaan van houtvaten inderdaad de oorzaak is voor het ontstaan van voosheid.

Materiaal en Methoden

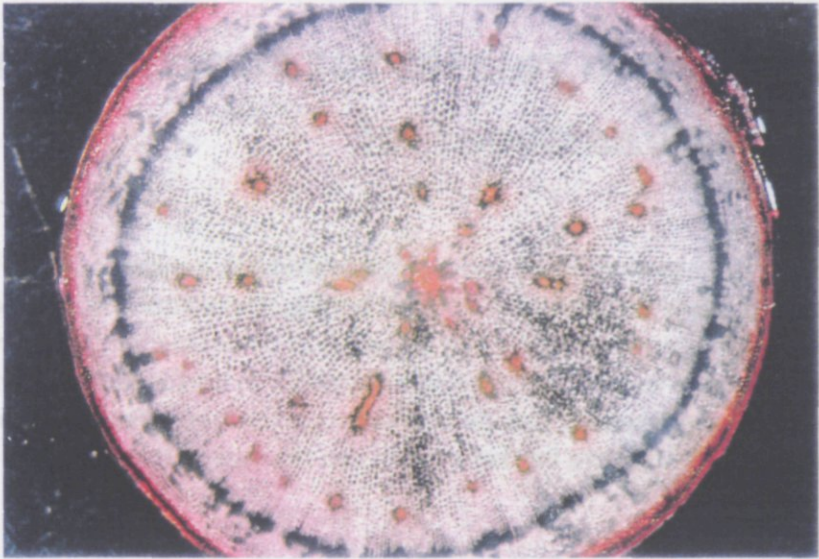
Experiment 8.1: functionaliteit vaatweefsel gedurende de knolontwikkeling en o.i.v. licht

Oogst:	12 oogsten tussen dag 7 en dag 45
Teelt:	potten met zand; in klimaatkamer
Klimaat:	16°C (dag en nacht), TL: 30 W/m ² PAR, 12 uur daglengte, 70%RV
Aantal herhalingen:	28 planten per oogst per behandeling
Behandeling:	Op dag 12 of op dag 28 werd gedurende 5 dagen de lichtintensiteit verhoogd tot 300 W/m ² (12 uur daglengte). Bij de controlebehandeling werd lichtniveau niet verhoogd.
Bestudering vaatweefsel:	zie hoofdstuk 2 'Materiaal en Methoden'

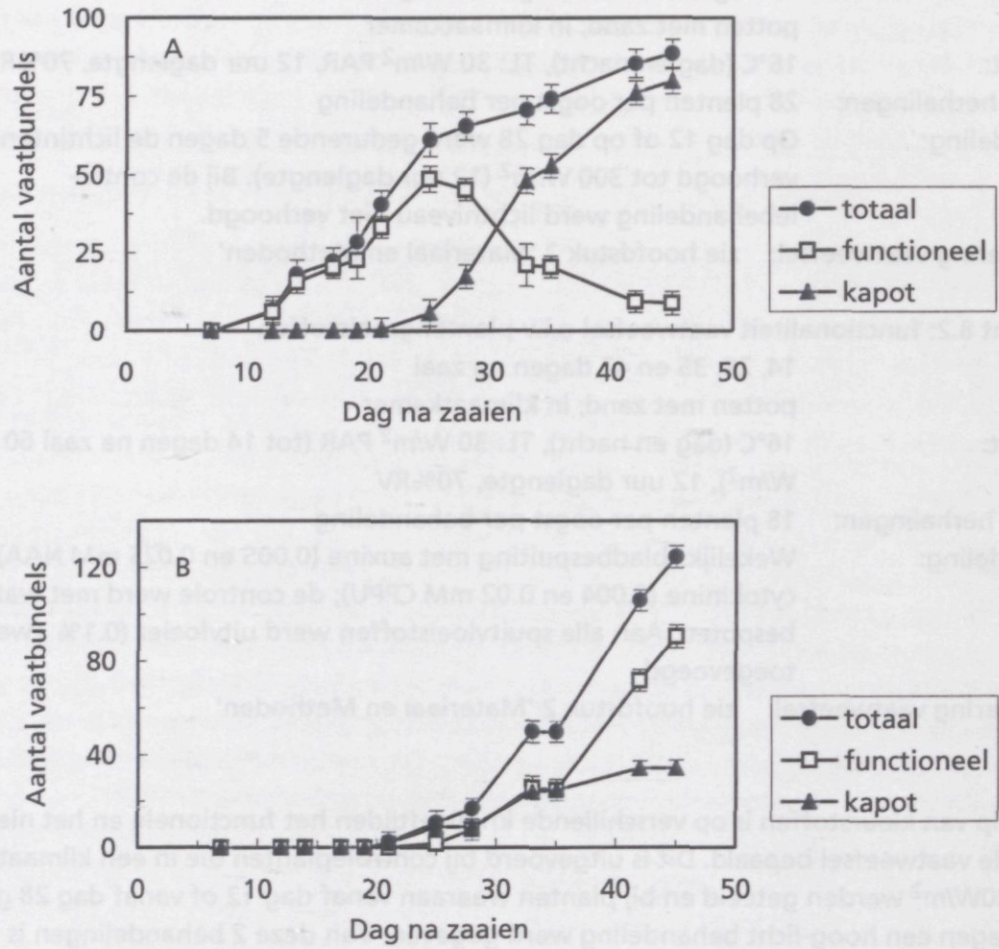
Experiment 8.2: functionaliteit vaatweefsel o.i.v. plantengroeistoffen

Oogst:	14, 28, 35 en 42 dagen na zaai
Teelt:	potten met zand; in klimaatkamer
Klimaat:	16°C (dag en nacht), TL: 30 W/m ² PAR (tot 14 dagen na zaai 60 W/m ²), 12 uur daglengte, 70%RV
Aantal herhalingen:	18 planten per oogst per behandeling
Behandeling:	Wekelijks bladbespuiting met auxine (0.005 en 0.025 mM NAA) en cytokinine (0.004 en 0.02 mM CPPU); de controle werd met water bespoten. Aan alle spuitvloeistoffen werd uitvloeier (0.1% Tween) toegevoegd
Bestudering vaatweefsel:	zie hoofdstuk 2 'Materiaal en Methoden'

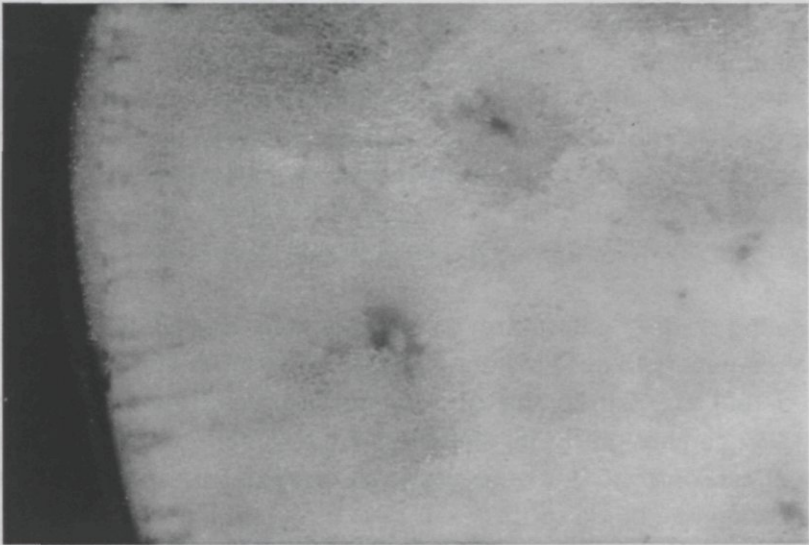
Met behulp van kleurstoffen is op verschillende knolleeftijden het functionele en het niet-functionele vaatweefsel bepaald. Dit is uitgevoerd bij controleplanten die in een klimaatkamer bij 16°C, 30W/m² werden geteeld en bij planten waaraan vanaf dag 12 of vanaf dag 28 gedurende 5 dagen een hoog-licht behandeling werd gegeven. Van deze 2 behandelingen is namelijk bekend dat ze respectievelijk tot meer en minder voosheid leiden (zie hoofdstuk 5).



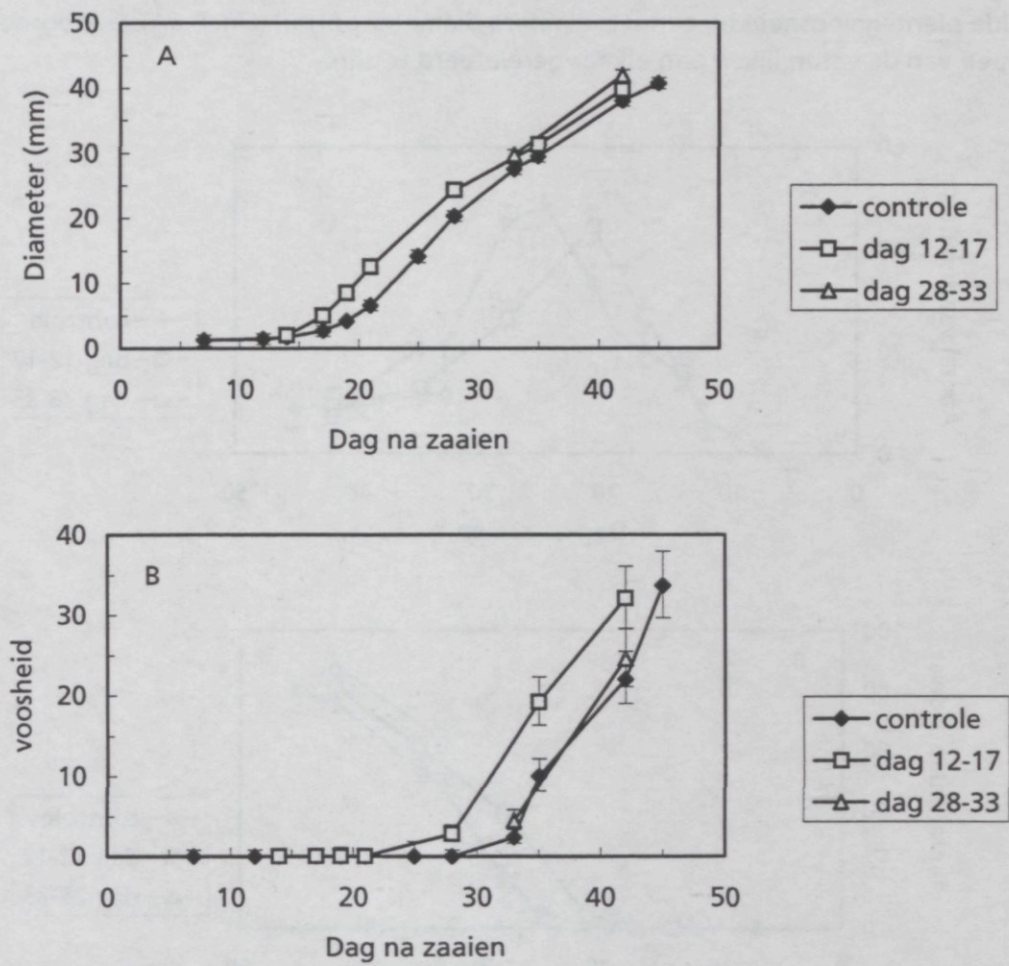
Figuur 8.1 In een jonge knol liggen verspreid door de hele knol functionerende vaatbundels. Vaatbundels zijn gekleurd doordat via de wortels de rode kleurstof eosine is opgezogen.



Figuur 8.2 Het verloop van het totale aantal vaatbundels en het aantal functionele en niet-functionele vaatbundels gedurende de ontwikkeling van een knol. Weergegeven zijn het aantal vaatbundels in het knolweefsel exclusief de rand (A), en het aantal vaatbundels in de buitenrand van de knol (B). (controlebehandeling van Experiment 8.1).



Figuur 8.3 Het voze knolweefsel vormt vaak een ring rond een (niet-functionerende) vaatbundel

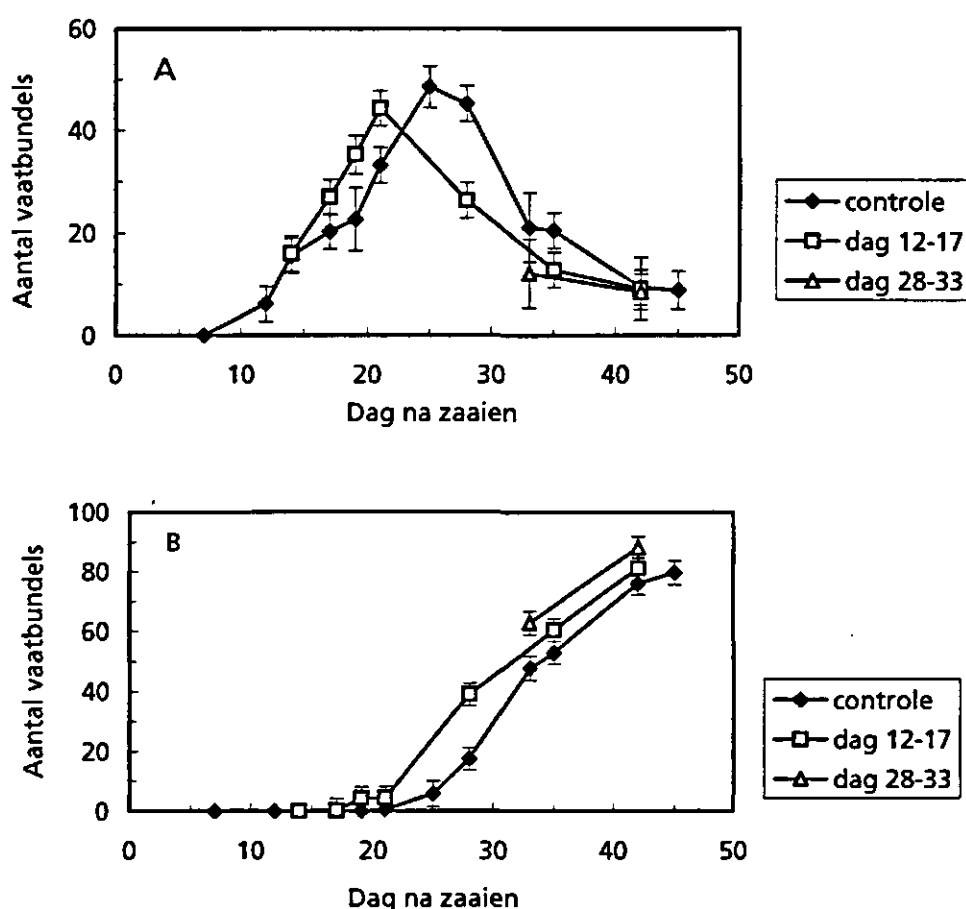


Figuur 8.4 Knoldiameter (A) en voosheid (B) gedurende de ontwikkeling van een knol. Lichtintensiteit werd van dag 12 tot 17 of van dag 28 tot 33 sterk verhoogd. (Experiment 8.1)

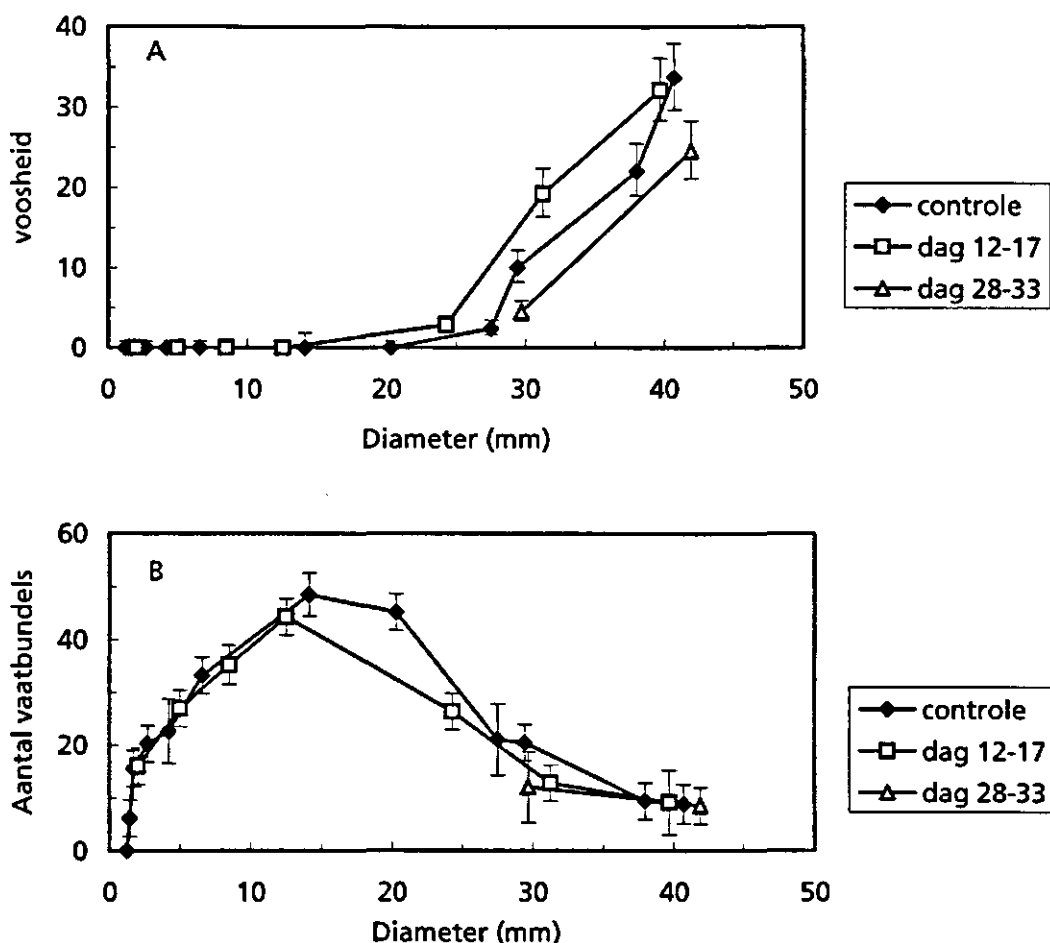
In jonge knollen liggen verspreid in de knol functionerende vaatbundels (Fig. 8.1). Aan de buitenkant komen er steeds nieuwe vaatbundels bij, terwijl van binnenuit steeds meer vaatbundels niet meer functioneren. Echter in het centrum van de knol blijven een aantal vaatbundels meestal wel lang functioneren. In oude knollen (30-35 dagen na zaai) is er alleen geheel aan de buitenkant van de knol vaatweefsel dat nog functioneert (Fig. 8.2); er ontstaat een soort ring van functioneel vaatweefsel. Voosheid ontstaat meestal op die plaatsen in de knol waar de vaten het eerst kapotgaan (op dwarsdoorsnede: halverwege de schil en het centrum van de knol). Voosheid ontstaat meestal het eerst in ringen om (niet-functionele) vaatbundels (Fig. 8.3).

Bij de controlebehandeling startte de knolverdikking tussen dag 15 en 20 (Fig. 8.4A). Vanaf ongeveer dag 25 (knoldiameter ± 15 mm) begonnen vaten hun transportfunctie te verliezen (Fig. 8.5). Ongeveer 5 dagen later (knoldiameter ± 25 mm) begon voosheid op te treden (Fig. 8.4B). Werd van dag 12-17 een hoog-licht behandeling gegeven dan startte de knolverdikking 2-3 dagen eerder dan bij de controle. Het kapotgaan van de vaten en het voos worden traden ongeveer 5 dagen eerder op dan bij de controle.

Als voor zowel de controle als de tussen dag 12 en 17 behandelde planten het aantal functionele (Fig. 8.6B) of niet-functionele vaatbundels (niet getoond) tegen de diameter van de knol wordt uitgezet is er geen duidelijk verschil tussen behandeling en controle, terwijl bij de behandelde planten voosheid bij een iets kleinere diameter optrad (Fig. 8.6A). Diktegroei en het knappen van de vaten lijken aan elkaar gerelateerd te zijn.



Figuur 8.5 Het aantal functionele (A) en het aantal niet-functionele vaatbundels (B) gedurende de ontwikkeling van een knol. Lichtintensiteit werd van dag 12 tot 17 of van dag 28 tot 33 sterk verhoogd. (Experiment 8.1).



Figuur 8.6 Voosheid (A) en het aantal functionele vaatbundels (B) uitgezet tegen de knoldiameter. Lichtintensiteit werd van dag 12 tot 17 of van dag 28 tot 33 sterk verhoogd. (Experiment 8.1).

De verhoging van het lichtniveau gedurende dag 28-33 leidde in deze proef tot iets minder voosheid, terwijl het aantal functionele vaatbundels niet duidelijk beïnvloed was, als knollen van dezelfde diameter werden vergeleken (Fig. 8.6).

Hoewel er in deze proef (v.w.b. controle en hoog-licht behandeling op dag 12-17) een duidelijke correlatie was tussen het kapotgaan van de vaten en het ontstaan van voosheid, mag op basis van deze proef nog niet met zekerheid gesteld worden dat het kapotgaan van de vaten ook daadwerkelijk de reden is voor voosheid.

Om na te gaan of het functioneren van de vaten werkelijk bepalend is voor voosheid, is getracht behandelingen aan te leggen die direct de vatontwikkeling beïnvloeden. Van de plantengroeistoffen cytokinine en auxine is uit de literatuur bekend dat ze bij veel gewassen, waaronder radijs, de vatontwikkeling kunnen stimuleren (Aloni, 1995; Kano & Fukuoka, 1992, 1995, 1996). Nagegaan is of wekelijkse bespuitingen met auxine of cytokinine de vatontwikkeling beïnvloeden en of daardoor ook de voosheid beïnvloed wordt. De gebruikte concentraties van beide stoffen waren afgeleid uit de literatuur en een oriënterende proef.

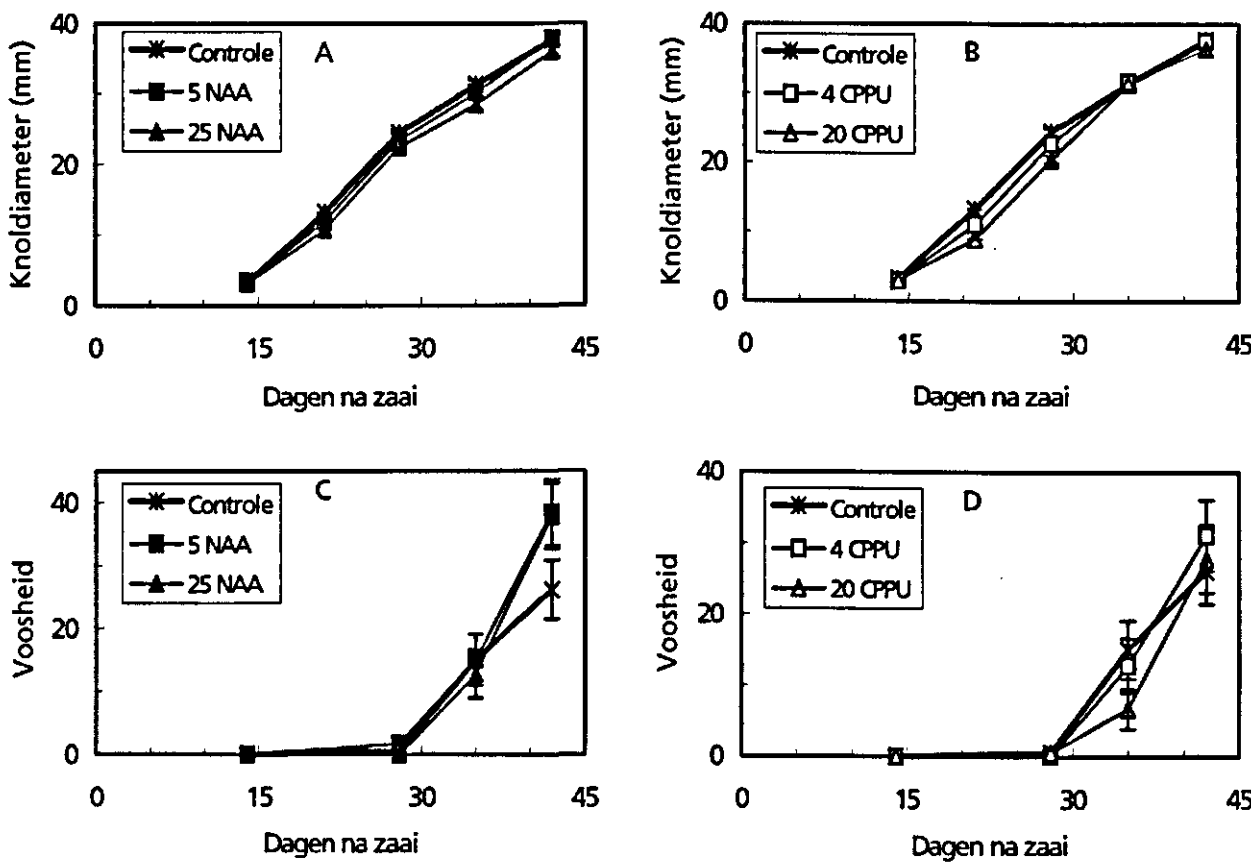
Zowel auxine als cytokinine hadden nauwelijks effect op de knolgroei (Fig. 8.7A,B). Cytokinine had geen effect op voosheid, terwijl de voosheid wel iets leek toe te nemen als gevolg van de auxinebespuitingen, maar dit effect was statistisch niet significant (Fig. 8.7C,D). Het totale aantal vaatbundels en het aantal functionele vaatbundels nam toe door zowel cytokinine als

auxine (Fig. 8.8A-D). Aangezien de toename van het aantal vaatbundels niet tot minder voosheid leidde, wordt het minder waarschijnlijk dat de hoeveelheid functioneel vaatweefsel bepalend is voor voosheid. Anderzijds was het aantal niet-functionele vaatbundels niet duidelijk beïnvloed door de behandelingen (Fig. 8.8E,F), waardoor het nog niet uitgesloten kan worden dat het kapotgaan van de vaten de oorzaak is voor voosheid, waarbij het dus meer gaat om het aantal kapotte vaatbundels dan het aantal functionerende vaatbundels. Opmerkelijk was dat cytokine de bladontwikkeling sterk stimuleerde, terwijl auxine daar nauwelijks invloed op had (data niet getoond).

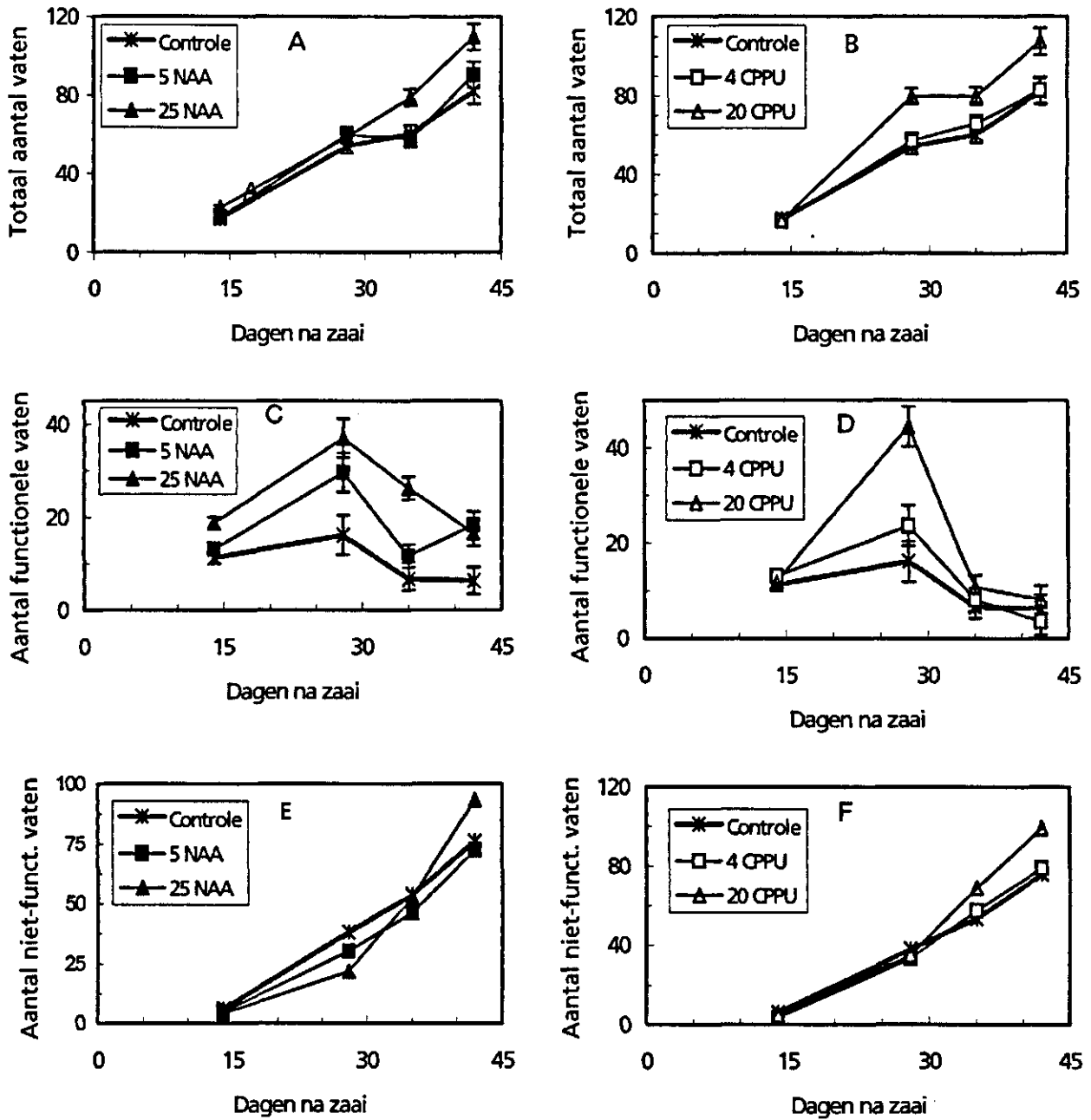
Conclusie

Het voos worden van de knollen wordt enkele dagen vooraf gegaan door een verlies aan functionaliteit van het vaatweefsel. Bovendien ontstaat voosheid meestal op die plaatsen in de knol waar de vaten het eerst kapotgaan. Een hoog-lichtbehandeling in een jong stadium leidt niet alleen tot een eerder ontstaan van voosheid maar ook tot het eerder kapotgaan van vaten.

Verhoging van het aantal functionele vaatbundels door plantengroeistoffen leidde niet tot minder voosheid. Echter het aantal kapotte vaatbundels was niet door de behandelingen beïnvloed, wat kan betekenen dat niet zozeer het aantal functionele vaatbundels maar het aantal kapotte vaatbundels van belang is voor voosheid.



Figuur 8.7 Effect van de plantengroeistoffen auxine (0.005 en 0.025 mM NAA) (A, C) en cytokinine (0.004 en 0.020 mM CPPU) (B, D) op knoldiameter (A, B) en voosheid (C, D). (Experiment 8.2)



Figuur 8.8 Effect van de plantengroeistoffen auxine (0.005 en 0.025 mM NAA) (A, C, E) en cytokinine (0.004 en 0.020 mM CPPU) (B, D, F) op het totaal aantal (A,B) en het aantal functionele (C, D) en niet-functionele vaatbundels (E, F). (Experiment 8.2)

9. Rol van moment van knolverdikking

Een korte hoog-lichtbehandeling voor het begin van knolvorming, versnelt de knolvorming en het ontstaan van voosheid. Nagegaan is of het moment van knolvorming door verschil in dag-nacht temperatuur of lichtkleur beïnvloed kan worden en in hoeverre dat invloed heeft op voosheid. Van beide behandelingen is bekend dat ze met name de strekkingsgroei kunnen beïnvloeden en daardoor mogelijk het moment van knolvorming. In een oriënterende proef zijn effecten van verschil tussen dag-nacht temperatuur (+DIF = 26/16°C, of -DIF = 16/26°C dag/nacht) en lichtkleur (wit t.o.v. oranje licht) tijdens begin van de teelt onderzocht. De knolverdikking werd uitgesteld door +DIF en door oranje licht. Bij de eind oogst (39 d na zaai) hadden de knollen de minste voosheid en waren het kleinst als de knolverdikking pas laat tot stand was gekomen.

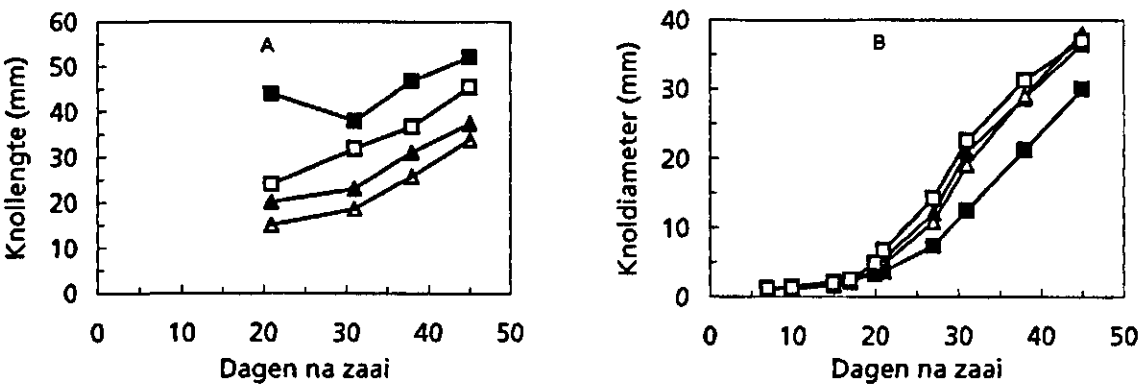
Vervolgens is een vergelijkbare proef (Experiment 9.1) uitgebreider uitgevoerd. Vanaf opkomst totdat bij de meeste behandelingen de knolverdikking begon op te treden werden de behandelingen (+DIF = 21/11 of -DIF = 11/21°C dag/nacht en wit of oranje licht) uitgevoerd. Daarna werden alle planten in 1 klimaatkamer bij wit licht en een dag- en nachttemperatuur van 16°C verder gekweekt.

Materiaal en Methodes

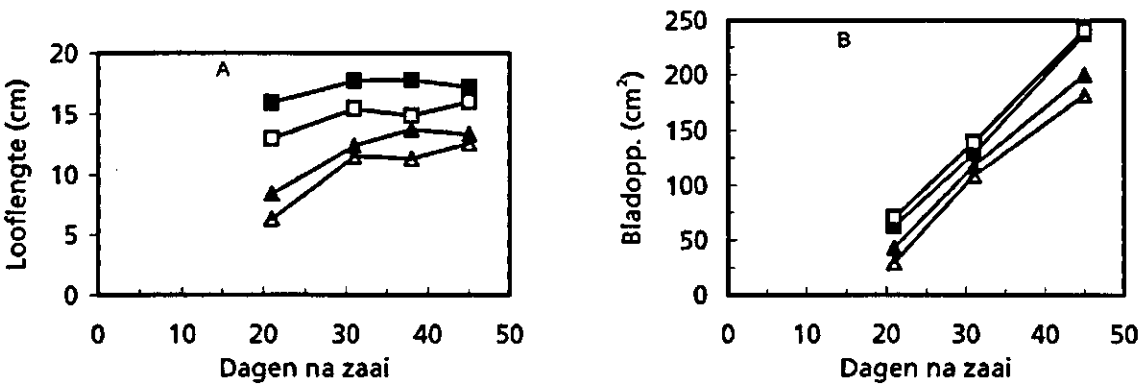
Experiment 9.1: moment van knolverdikking

Oogst:	oogsten op dag 21, 31, 38 en 45 na zaaien
Teelt:	potten met zand; in klimaatkamer
Klimaat:	dag 0-2 en dag 21 tot 46 na zaai: 16°C (dag en nacht), TL: 30 W/m ² PAR, 12 uur daglengte, vochtdeficiet: 4.6mbar (75%RV) dag 3-20: 21/11°C of 11/21°C dag/nacht in combinatie met wit TL-licht of oranje TL-licht (steeds 30 W/m ² PAR), 12 uur daglengte, vochtdeficiet: 4.6mbar (81/65% of 65/81%RV dag/nacht)
Aantal herhalingen:	28 planten per oogst per behandeling. Tijdens temperatuurbehandeling waren 4 klimaatkamers in gebruik (2 per temperatuur). Binnen elke klimaatkamer werd de helft van de planten voorzien van wit licht en de andere helft van oranje licht.
Behandelingen:	dag 3-20: wit of oranje licht (TL licht waarvan het blauwe licht werd weggefilterd) in combinatie met verschil tussen dag en nachttemperatuur.

De effecten van lichtkleur en dag/nachttemperatuur kwamen het sterkst tot uiting in de lengte van het loof en de knol (Fig. 9.1A, 9.2A). Een positieve DIF (+DIF) en oranje lichtkleur stimuleerden beide de lengtegroei, wat overeenkomt met de algemene reactie van planten op DIF en lichtkleur. De effecten van +DIF kwamen ook tot uiting in een groter bladoppervlakte (Fig. 9.2B). De lichtkleureffecten op bladoppervlakte waren gering en voorzover er een effect was dat tegengesteld bij de twee DIF behandelingen (Fig. 9.2B).



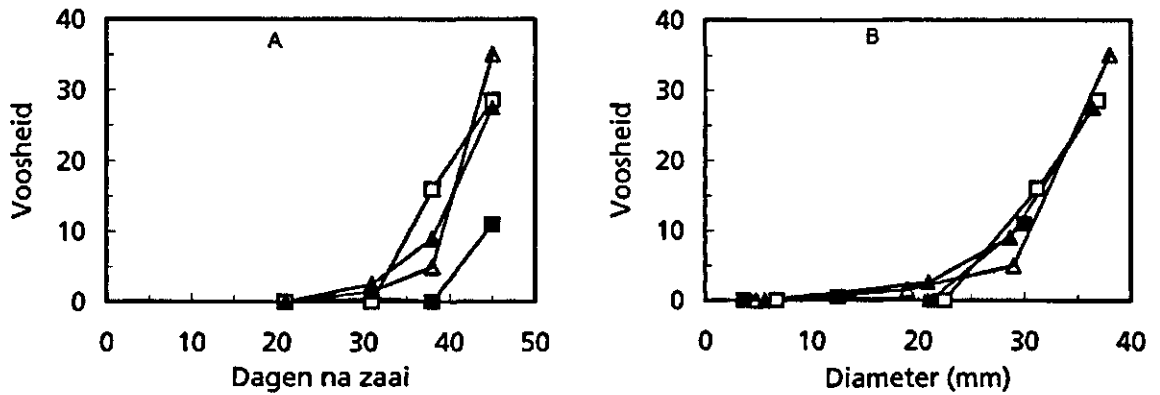
Figuur 9.1 Effecten van lichtkleur en verschil dag-nachttemperatuur (DIF) op knollengte (A) en -diameter (B). ■ +DIF(=21/11°C) oranje; □ +DIF(=21/11°C) wit; ▲ -DIF(=11/21°C) oranje; △ -DIF(=11/21°C) wit. (Experiment 9.1)



Figuur 9.2 Effecten van lichtkleur en verschil dag-nachttemperatuur (DIF) op looflengte (A) en bladoppervlakte (B). ■ +DIF(=21/11°C) oranje; □ +DIF(=21/11°C) wit; ▲ -DIF(=11/21°C) oranje; △ -DIF(=11/21°C) wit. (Experiment 9.1).

Bij +DIF werd de knolvorming sterk vertraagd door oranje licht (Fig. 9.1B). Echter bij -DIF had lichtkleur nauwelijks effect op knolverdikking (Fig. 9.1B). Uit dezelfde figuur (Fig. 9.1B) kan geconcludeerd worden dat bij wit licht een positieve DIF de knolverdikking iets vervroegt, terwijl +DIF de knolverdikking bij oranje licht juist sterk remt. Deze ogenschijnlijk tegenstrijdige effecten zijn niet zondermeer te verklaren. Waarschijnlijk is bij wit licht de toename in bladoppervlak door extra strekking als gevolg van positieve DIF, zo positief voor lichttonderscheping en daarmee voor fotosynthese van de plant dat de knolgroei (en knoldikte) toeneemt. Bij oranje licht ontstaat ook wel een groter bladoppervlakte als gevolg van positieve DIF, maar daar is het hypocotyl zo lang geworden als gevolg van de combinatie van positieve DIF en oranje licht dat de knolverdikking pas later op gang komt.

Voosheid bleef duidelijk achter bij de combinatie oranje licht en +DIF, terwijl verschillen in voosheid tussen de overige behandelingen gering waren (Fig. 9.3A). Werd voosheid tegen knoldiameter uitgezet dan waren er geen verschillen tussen de behandelingen. De lengte/dikte verhouding van de knollen nam duidelijk toe door zowel +DIF als oranje licht, maar er was geen duidelijke correlatie tussen lengte/dikte verhouding en voosheid (lengte/dikte verhouding op dag 45 was 0,58; 0,81; 0,98 en 1,12 mm/mm bij wit-DIF, oranje-DIF, wit+DIF en oranje+DIF, respectievelijk).



Figuur 9.3 Effecten van lichtkleur en verschil dag-nachttemperatuur (DIF) op voosheid, waarbij voosheid tegen de tijd (A) of tegen knoldiameter (B) is uitgezet. ■ +DIF(=21/11°C) oranje; □ +DIF(=21/11°C) wit; ▲ -DIF(=11/21°C) oranje; △ -DIF(=11/21°C) wit. (Experiment 9.1).

Conclusie

- Oranje licht en +DIF (positief verschil dag-nachttemperatuur) stimuleren de lengtegroei van knol en blad. De knolverdikking wordt duidelijk uitgesteld door de combinatie oranje licht en +DIF. Bij deze behandeling begon pas later voosheid op te treden. Echter als knollen van gelijke diameter werden vergeleken was er geen verschil in voosheid tussen de behandelingen. In deze proef had het moment van knolvorming geen duidelijke invloed op voosheid als knollen van dezelfde grootte werden vergeleken.
- Voosheid was niet gecorreleerd met de lengte-dikte verhouding van de knol.

10. Glazigheid versus voosheid

Materiaal en Methoden

Experiment 10.1

- Algemeen:** Na de oogst is het soortelijk gewicht van de knollen zonder loof bepaald. De knollen werden in 5 klassen van soortelijk gewicht ingedeeld. Van elke groep werden een aantal knollen doorgesneden om voosheid visueel te beoordelen. Na 5 dagen bewaring is voosheid van de overige knollen visueel beoordeeld.
- Behandeling:** 5 dagen bewaring:
- droog: los in bakjes; bij 3°C
 - vochtig: in bakjes met vochtig filtreerpapier; bij 3 en 12°C
 - nat: in bakjes met water; bij 3 en 12°C.
- Aantal herhalingen:** 40 planten per bewaarconditie

Experiment 10.2

- Zaai:** juni 1995
- Oogst:** Nadat 's ochtends het bodemvochtgehalte was verhoogd zijn 's middags en 1, 2 en 5 dagen later ('s ochtends) knollen geoogst.
- Teelt:** bakken met fijn zand; in kas
- Klimaat:** 16°C (18/12°C dag/nacht)
- Aantal herhalingen:** 48 (4*12) planten per oogst per behandeling
- Behandeling:** Totdat knollen de oogstbare grootte bereikt hadden werd vrij droog geteeld (bodemvochtgehalte: 5%). Vervolgens werd veel water beschikbaar gesteld en de verdamping geremd door het bodemvochtgehalte zeer sterk te verhogen (bodemvochtgehalte: 15%) en een scherm (60% lichtdoorlatendheid) aan te brengen.

In het algemeen is in de proeven vrij weinig glazigheid opgetreden. Er zijn geen behandelingen naar voren gekomen die glazigheid duidelijk beïnvloed hebben. Hoewel in vakbladen soms geschreven is dat knollen of voos of glazig, maar niet beide tegelijk zijn, kunnen knollen wel degelijk én voosheid én glazigheid tegelijk vertonen.

Er zijn twee proeven gedaan of voosheid over kan gaan in glazigheid als de turgor ('waterdruk') in het weefsel toeneemt. Bij bewaring van knollen in water namen de knollen veel water op (het gewicht nam toe; Tabel 10.1), waardoor ze ook vaak scheurden. De voosheid van de knollen nam af, terwijl de glazigheid toenam (Tabel 10.1). Dit suggereert dat voos weefsel glazig kan worden, als de turgordruk in de knol toeneemt. Overigens nam de glazigheid zowel bij voze als niet-voze knollen toe, maar bij de voze knollen leek deze toename iets sterker (resultaten niet getoond). Droog bewaarde knollen verloren veel gewicht. Glazigheid nam tijdens droge bewaring sterker toe dan bij vochtige bewaring (Tabel 10.1)

In een andere proef werden knollen totdat ze de oogstbare grootte bereikt hadden vrij droog opgekweekt. Het vervolgens veel water beschikbaar stellen en de verdamping remmen, deed de glazigheid niet duidelijk toenemen (Tabel 10.2).

Normaal gesproken zijn voosheid en glazigheid steeds bepaald door knollen door te snijden en vervolgens binnen korte tijd (binnen 15 minuten) te bekijken. In één proef is een partij van 48 knollen aangesneden, waarna direct, na 1 uur en na 3 uur voosheid en glazigheid zijn

bepaald. 16 van de 48 knollen vertoonden glazigheid direct na aansnijden van de knol. Drie uur later werden nog slechts 5 knollen glazig bevonden. In dezelfde tijd nam de gemiddelde voosheid van de 16 knollen die direct na aansnijden glazig waren wel toe, terwijl de gemiddelde voosheid van de knollen die niet glazig waren niet duidelijk veranderde (Tabel 10.3). Dit duidt erop dat knolweefsel dat voos is ook glazig kan zijn. Glazigheid kan er toe leiden dat de voosheid niet waargenomen wordt.

Overigens moet opgemerkt worden dat niet altijd al het glazige weefsel ook voos hoeft te zijn.

Conclusie

- Een knol kan gelijktijdig voos en glazig weefsel bevatten.
- Voos weefsel kan ook glazig zijn. Glazigheid kan er toe leiden dat de voosheid niet waargenomen wordt.

Tabel 10.1 Effect van vochtigheid bij bewaring en bewaartemperatuur op voosheid, glazigheid (hoe groter het getal hoe glaziger) en knolgewicht bij een bewaarduur van 5 dagen. (Experiment 10.1)

Bewaring		Voosheid		Glazigheid		Gewicht (g)	
		dag 0	dag 5	dag 0	dag 5	dag 0	dag 5
droog	3°C	23	25 ± 3	0.1	1.3 ± 0.1	9.3	8.0
vochtig	3°C	22	22 ± 3	0.1	0.5 ± 0.1	8.3	8.6
vochtig	12°C	22	24 ± 4	0.1	0.8 ± 0.1	7.7	8.1
water	3°C	22	17 ± 3	0.1	1.1 ± 0.2	8.8	10.5
water	12°C	22	6 ± 2	0.1	1.6 ± 0.2	8.5	10.4

Tabel 10.2 Effect van sterke verhoging van waterbeschikbaarheid op voosheid en glazigheid op verschillende tijdstippen. Op dag 0 om 9.00 uur werd bodemvochtgehalte van 5 naar 15% verhoogd en werd geschermd om verdamping te beperken. (Experiment 10.2).

Dag	tijd	Voosheid	Glazigheid
0	9 uur	13 ± 4	8 ± 5
0	16 uur	9 ± 2	11 ± 3
1	9 uur	10 ± 1	8 ± 3
2	9 uur	11 ± 4	18 ± 5
5	9 uur	30 ± 4	6 ± 2

Tabel 10.3 Waarneming van voosheid en glazigheid direct na doorsnijden van glazige en van niet-glazige knollen en 1 en 3 uur later

Uren na aansnijden	Voosheid	Glazigheid
<i>Glazige knollen</i>		
0	18	24
1	16	15
3	23	8
<i>Niet-glazige knollen</i>		
0	27	0
1	27	0
3	26	0

11. Discussie

Fysiologische oorzaak van voosheid

In het verleden was er al veel onderzoek gedaan aan radijs. Echter over de fysiologische achtergrond was weinig bekend en er was niet bekend welke teeltfactoren reproduceerbaar tot wel of niet voosheid leiden. Er waren veel tegenstrijdige onderzoeksresultaten in de literatuur. Een deel van die tegenstrijdigheden blijken toegeschreven te kunnen worden aan de manier van oogsten: alle behandelingen op 1 datum of bij een bepaalde knolgrootte vergeleken. Waarschijnlijk kan ook een deel van de tegenstrijdigheden toegeschreven worden aan het feit dat verschillende processen en factoren een rol spelen bij voosheid. Dit is ook de reden dat er niet één eenvoudige oplossing voor dit probleem is. Dat verschillende processen en factoren een rol spelen is eigenlijk niet verwonderlijk als we bedenken dat voosheid het gevolg is van afsterven van cellen. Bijvoorbeeld assimilatiegebrek, watergebrek, niet functioneren van vaten en veroudering lijken allemaal logische verklaringen die bij kunnen dragen aan de afsterving van cellen en dus aan voosheid. Deze mogelijke verklaringen worden hieronder nader bediscussieerd.

Knolgrootte en knolleeftijd

In alle proeven kwam steeds weer naar voren dat leeftijd van de knol bij oogst een zeer belangrijke factor is: voosheid neemt steeds toe met knolleeftijd. Hoewel leeftijd een zeer belangrijke factor is voor voosheid, is het zeker niet de enige factor.

Vaak wordt er van uit gegaan dat grote knollen vozer zijn dan kleine knollen. Zoals in de Inleiding aangegeven zouden factoren die samenhangen met sterke groei zoals grote cellen, een grote afstand tussen de vaatbundels en breken van vaatbundels de oorzaak kunnen zijn van een toename in voosheid met knolgrootte. In onze proeven werd in een aantal gevallen inderdaad een positieve correlatie gevonden tussen knolgrootte en voosheid. Bijvoorbeeld verhoging van lichtniveau of plantafstand deden zowel knolgrootte als voosheid bij de oogst toenemen. Verder neemt net als voosheid knolgrootte altijd toe met de leeftijd. Dus als knollen van verschillende leeftijden worden geoogst dan kan een positieve correlatie tussen voosheid en knolgrootte gevonden worden. Dit is waarschijnlijk een van de belangrijkste redenen dat veelal beweerd wordt dat grotere knollen vozer zijn. Ons onderzoek maakt het echter niet erg waarschijnlijk dat de knolgrootte (lengte, diameter of gewicht) de reden is van de hogere mate van voosheid. Binnen een partij knollen van dezelfde leeftijd en gegroeid onder gelijke omstandigheden was er namelijk geen duidelijke correlatie tussen knolgrootte en voosheid, tenzij knollen kleiner dan 14 mm diameter in beschouwing werden genomen. Verder waren er enkele behandelingen die zowel knolgrootte deden toenemen als gelijktijdig het optreden van voosheid reduceerden, bijvoorbeeld hoog lichtniveau aan eind van de teelt. De stelling van Magendans (1991) dat door sterke strekking vaatbundels breken waardoor voosheid ontstaat, kon niet onderbouwd worden met een duidelijke correlatie tussen knollengte en voosheid. Ook de lengte/dikteverhouding gaf niet een eenduidige correlatie met voosheid (zie o.a. hoofdstuk 9). In die gevallen dat het lichtniveau voor het moment van knolverdikking werd gevarieerd, werd gevonden dat een toename van knollengte door lichtreductie in een vroeg stadium gepaard ging met minder voosheid bij de eindoogst. In de praktijk wordt echter vaak

aangenomen dat relatief korte knollen minder voos zijn. Waarschijnlijk is de lengte/dikte verhouding op zich geen belangrijke bepalende factor voor voosheid.

Doordat voosheid sterk afhangt van knolleeftijd, kunnen vaak sterk verschillende conclusies ten aanzien van behandelingseffecten getrokken worden als de verschillende behandelingen niet op dezelfde dag maar bij dezelfde knolgrootte worden vergeleken. In de verschillende onderzoeken die er naar voosheid zijn geweest, zijn behandelingen de ene keer op dezelfde oogstdag en de andere keer bij dezelfde knolgrootte vergeleken en in een aantal gevallen wordt dit niet eens vermeld. Dit nu kan veel tegenstrijdigheden die er in de literatuur ten aanzien van effecten van groeiomstandigheden zijn verklaren. Denk bijvoorbeeld aan de ogenschijnlijke tegenstrijdigheid tussen Hagiya (1957) en Krug & Liebig (1979) m.b.t. effecten van licht; Hagiya die knollen op dezelfde dag oogstte, vond een toename van voosheid terwijl Krug & Liebig (1979) die knollen van een bepaalde grootte oogstten, een afname van voosheid bij meer licht vond. Deze resultaten komen overeen met onze proeven. Evenzo vonden Krug (1979) en Heij & Kobryn (1988) respectievelijk een afname dan wel toename van voosheid met temperatuur.

Assimilatenonttrekking

Voosheid is het gevolg van afsterven van xyleemparenchymcellen van de knol. Van een aantal planten is bekend dat mergcellen in stengels kunnen afsterven (Aloni & Pressman, 1981; Carr *et al.*, 1995). Dit afsterven lijkt het gevolg te zijn van assimilatenonttrekking uit deze mergcellen als de behoefte aan assimilaten groter is dan de aanmaak door fotosynthese (Carr & Jaffe, 1995; Carr *et al.*, 1995). In de laatste fase voor de oogst bereikt de radijsknol meestal de hoogste groeisnelheden. Dit betekent dat in die periode de vraag naar assimilaten het grootst is. Het zal dan belangrijk zijn dat met name in deze teeltfase de aanmaak van assimilaten door fotosynthese voldoende groot is. Een aantal waarnemingen bij radijs duiden er op dat assimilaten tekort inderdaad ook een rol kan spelen bij het ontstaan van voosheid. Weinig licht of weinig blad in de eindfase (hoofdstuk 5), waardoor aanmaak van assimilaten sterk beperkt werd resulteerden in meer voosheid. Dat er minder assimilaten beschikbaar kwamen bleek ook uit suikergehalten. Ook de toename van voosheid door hoge temperatuur in eindfase van de teelt kan het gevolg zijn van een lagere verhouding tussen aanbod en vraag naar assimilaten. Het aanbod (fotosynthese) neemt namelijk in het algemeen veel minder sterk toe met de temperatuur dan de vraag naar assimilaten. Geconcludeerd kan worden dat assimilaten tekort een rol kan spelen bij ontstaan van voosheid. Het lijkt echter niet de enige factor te zijn.

Waterhuishouding

Veelal wordt aangenomen dat de waterhuishouding een belangrijke rol speelt bij het ontstaan van voosheid. Een goede beschikbaarheid van water door een hoge watergift of lage EC zouden tot meer voosheid leiden (Welles & Janse, 1985; Heij & Kobryn, 1988). In onze proeven had waterbeschikbaarheid binnen ruime grenzen (hoofdstuk 4.2; 4.3) geen effect op voosheid. Opvallend aan een radijsgewas is dat het bij veel instraling snel slap hangt. Ook dit slap hangen, mits het niet al te sterk gebeurt, leidt niet tot meer voosheid. Alleen bij sterke uitdroging trad meer voosheid op.

Vatontwikkeling

Magendans (1991) suggereerde dat het knappen van houtvaten de primaire oorzaak is van het ontstaan van voosheid. Voosheid werd inderdaad enkele dagen vooraf gegaan door een verlies aan functionaliteit van het vaatweefsel. Bovendien ontstaat voosheid meestal op die plaatsen in de knol waar de vaten het eerst kapotgaan. Een hoog-lichtbehandeling in een jong stadium leidt niet alleen tot een eerder ontstaan van voosheid maar ook tot het eerder kapotgaan van vaten. Echter verhoging van het aantal functionele vaatbundels door plantengroei-stoffen leidde niet tot minder voosheid. Het aantal kapotte vaatbundels was niet door de behandelingen met plantengroei-stoffen beïnvloed, wat kan betekenen dat niet zozeer het aantal functionele vaatbundels maar het aantal kapotte vaatbundels van belang is voor voosheid.

Stadium waarin voosheid bepaald wordt

Alle stadia van plantontwikkeling hebben invloed op de mate van voosheid bij de oogst. Reeds voor het moment van knolverdikking kunnen omgevingsfactoren de voosheid sterk beïnvloeden. Bijvoorbeeld een hoog-licht periode voor of rond het moment van knolverdikken leidt tot een duidelijke toename van voosheid (hoofdstuk 5). Anderzijds zijn ook de groeiomstandigheden later in de teelt van belang. Bijvoorbeeld hoge temperatuur of weinig licht aan het eind van de teelt leiden tot meer voosheid (hoofdstuk 5, 6, 7). Het is duidelijk geworden dat voosheid reeds in een zeer vroeg stadium geïnduceerd kan worden; dit wil zeggen in een vroeg stadium wordt bepaald dat later voosheid ontstaat. Echter in tegenstelling tot wat verwacht werd, lijken effecten van teeltfactoren in de eindfase van de teelt nauwelijks afhankelijk van voosheidsinducerende factoren in begin van de teelt (hoofdstuk 7). Zowel teeltcondities in begin als eind van de teelt zijn van belang voor de hoeveelheid voosheid, maar het is niet zo dat de expressie van voosheid alleen tot stand komt als in een vroeg stadium voosheidinductie heeft plaatsgevonden.

Glazigheid

In gezond knolweefsel zit er lucht in de ruimte tussen de cellen (lucht in intercellulaire ruimte). Bij voosheid zijn een aantal cellen afgestorven en gevuld met lucht. Bij glazigheid zit er water in plaats van lucht in de intercellulaire ruimte. Niet alleen de intercellulaire ruimte maar ook de dode cellen kunnen met water gevuld worden. Dit verklaart waarom glazigheid er toe kan leiden dat voosheid soms niet waargenomen wordt. Overigens als de intercellulaire ruimten heel klein zijn als gevolg van een dichte opeenstapeling van cellen kan het knolweefsel ook een glazig uiterlijk hebben. Het ontstaan van water in de intercellulaire ruimten kan veroorzaakt worden door een hoge 'waterdruk' in de knol. Bewaring van knollen in water leek deze aanname te ondersteunen (hoofdstuk 10). Vergroten van de waterbeschikbaarheid tijdens de teelt en daarmee naar verwachting een verhoging van de 'waterdruk' leidde niet tot meer glazigheid in Experiment 10.2. Meer onderzoek is nodig om de relatie tussen 'waterdruk' en glazigheid te onderzoeken. Water in de intercellulaire ruimten kan ook ontstaan doordat de cellen enigszins lek zijn en daarom het water niet goed binnen de cel kunnen houden. Glazigheid zou dan het gevolg zijn van desintegratie of lek worden van celmembranen. Aanwijzingen dat het lek worden van celmembranen zeker zo belangrijk kan zijn als 'waterdruk' komen uit de bewaarproef (Experiment 10.1), waarbij droog bewaarde knollen glaziger werden dan vochtig bewaarde knollen.

Glazigheid komt niet alleen bij radijs maar ook bij veel andere gewassen voor. Het bekendste voorbeeld is aardappel. Na een droge periode beginnen bij aardappel nieuwe knollen uit te lopen die assimilaten aan de reeds gevormde knollen onttrekken die daardoor glazig worden.

Teeltomstandigheden

Bij heel constante klimaatcondities, zoals in een klimaatkamer en regelmatige watergift trad relatief weinig voosheid op. In de praktijk wordt vaak aangenomen dat voosheid optreedt na een periode van zonnig weer. Opmerkelijk was daarom dat een lichtrijke periode (bij gelijke temperatuur) kort voor het begin van knolvorming tot duidelijk meer voosheid leidde, terwijl veel licht in een late ontwikkelingsfase van de knol zelfs minder voosheid gaf ten opzichte van de controlebehandeling. Een korte periode met weinig licht had steeds het tegenovergestelde effect. Hoog licht in de beginfase van de plantontwikkeling lijkt dus voosheid te induceren. Mogelijke oorzaken van deze inductie kunnen gelegen zijn in verstoring van functionaliteit van vaatweefsel of versnelde knolvorming. De positieve gevolgen van extra licht op het eind van de teelt lijken toegeschreven te kunnen worden aan de vergroting van assimilatenbeschikbaarheid. Echter hoge temperatuur op eind van de teelt leidt tot meer voosheid. Of in een kassituatie het positieve effect van meer zonlicht op voosheid zwaarder weegt dan het negatieve effect van hogere temperatuur hangt af van de verhouding tussen toename van licht en van temperatuur.

Perspectievolle teeltmaatregelen

Tijdig oogsten van de knollen is een belangrijke mogelijkheid om voosheid tegen te gaan. Echter dit betekent dat iets kleinere knollen geoogst moeten worden, wat niet voor alle marktsegmenten gewenst is.

Aangezien bij heel constante teeltcondities weinig voosheid optrad, zou getracht moeten worden de omstandigheden niet te sterk te laten variëren. Indien mogelijk zouden pieken in instraling in begin van de teelt voorkomen moeten worden. Op het eind van de teelt is het zaak dat zoveel mogelijk licht bij de plant komt. Echter de temperatuur mag niet te veel oplopen en ook teveel droogtestress moet voorkomen worden. Mogelijk biedt het nat broesen van het gewas onder deze omstandigheden soelaas.

Met name in de winterperiode, wanneer de planten relatief oud zijn bij de oogst, is het van belang om de groei van de planten te stimuleren, zodat jongere planten geoogst kunnen worden. Dit kan door bijvoorbeeld een ruimere plantafstand aan te houden.

12. Conclusies

- De soortelijk-gewichtmethode kan in het onderzoek gebruikt worden als objectief hulpmiddel om voosheid te meten. Daarnaast biedt de methode duidelijk perspectief voor praktijktoepassing om objectief, betrouwbaar en niet-destructief de voosheid van knollen zonder loof te bepalen.
- Knolleeftijd is een belangrijke factor bij voosheid. In proeven met lichtniveau en plantafstand was er een positieve correlatie tussen voosheid en knolgrootte (bij een bepaalde leeftijd). Deze correlatie is waarschijnlijk niet causaal (knolgrootte waarschijnlijk niet de reden voor voosheid), omdat binnen 1 partij geen relatie tussen voosheid en knolgrootte werd gevonden.
- Bij grote groeisnelheid (bijv. ruime plantafstand) kunnen knollen jonger geoogst worden, dit terwijl jonge knollen minder voos zijn dan oude.
- Bij dezelfde knolleeftijd neemt voosheid toe met lichtniveau en plantafstand en neemt toe met knolgrootte (als knolgrootte d.m.v. licht of plantafstand is gevarieerd)
- Bij dezelfde knolgrootte, neemt voosheid af met lichtniveau en plantafstand en toe met knolleeftijd.
- Bij vergelijking van knollen van gelijke grootte, heeft EC van bodemvocht geen invloed op voosheid.
- Bij vergelijking van knollen van gelijke leeftijd neemt voosheid eerst iets toe en vervolgens iets af met toenemende EC van het bodemvocht.
- Binnen redelijke grenzen heeft vochtvoorziening geen effect op voosheid. Hoewel een beetje droogtestress de groei van de plant remt en tot slap hangende bladen kan leiden, resulteert dit niet in meer voosheid. Echter flinke droogtestress leidt wel tot extra voosheid.
- Voosheid kan al voor begin van knolverdikking geïnduceerd worden door een korte periode met veel licht.
- In latere ontwikkelingsfasen heeft een hoog-licht periode een sterk positief effect op knolgroei, terwijl voosheid tegengegaan wordt.
- Korte perioden met weinig licht hebben een tegengesteld effect als korte perioden met veel licht
- Een laag assimilatenaanbod als gevolg van weinig licht of weinig blad in de laatste fase van knolgroei lijkt tot meer voosheid te leiden.
- Hoge temperatuur in de eindfase van de teelt leidt tot meer voosheid.
- Effecten van teeltcondities aan het eind van de teelt op de expressie van voosheid zijn niet groter als voosheidinductie door hoog licht in een vroeg stadium al heeft plaatsgevonden. Zowel teeltcondities in begin als eind van de teelt zijn van belang voor de hoeveelheid voosheid, maar het is niet zo dat de expressie van voosheid alleen tot stand komt als in een vroeg stadium voosheidinductie heeft plaatsgevonden.
- Het voos worden van de knollen wordt enkele dagen vooraf gegaan door een verlies aan functionaliteit van het vaatweefsel. Bovendien ontstaat voosheid meestal op die plaatsen in de knol waar de vaten het eerst kapotgaan. Een hoog-lichtbehandeling in een jong stadium leidt niet alleen tot een eerder ontstaan van voosheid maar ook tot het eerder kapotgaan van vaten.

- Verhoging van het aantal functionele vaatbundels door plantengroeistoffen leidde niet tot minder voosheid. Echter het aantal kapotte vaatbundels was niet door de behandelingen beïnvloed, wat kan betekenen dat niet zozeer het aantal functionele vaatbundels maar het aantal kapotte vaatbundels van belang is voor voosheid.
- Oranje licht en +DIF (positief verschil dag-nachttemperatuur) stimuleren de lengtegroei van knol en blad. De knolverdikking wordt duidelijk uitgesteld door de combinatie oranje licht en +DIF. Bij deze behandeling begon pas later voosheid op te treden. Echter als knollen van gelijke diameter werden vergeleken was er geen verschil in voosheid tussen de behandelingen. In deze proef had het moment van knolvorming geen duidelijke invloed op voosheid als knollen van dezelfde grootte werden vergeleken.
- Voosheid was niet gecorreleerd met de lengte-dikte verhouding van de knol.
- Een knol kan gelijktijdig voos en glazig weefsel bevatten.
- Voos weefsel kan ook glazig zijn. Glazigheid kan er toe leiden dat de voosheid niet waargenomen wordt.

13. Aanbevelingen voor onderzoek

- Optimalisatie van plantafstand afgestemd op raseigenschappen met betrekking tot voosheid en opbrengst.
- Mogelijkheden nagaan in hoeverre hoge temperatuur en droogtestress op einde van een teelt zijn te voorkomen op praktijkbedrijven. Bijvoorbeeld door gewas nat te broesen bij hoge instraling, waardoor hoge lichtniveau gehandhaafd blijft, gewas iets afkoelt en droogtestress wordt voorkomen en/of daksproeiers gebruiken en/of in hogere kassen telen.
- Toetsen of lichteffecten rond moment van knolvorming ook onder meer praktijkomstandigheden waargenomen worden.
- Toetsen of er meer factoren dan alleen licht zijn die in een vroeg stadium voosheid kunnen beïnvloeden. Bijvoorbeeld EC of bodemvochtgehalte.
- Glazigheid: Literatuurstudie waarbij ook gekeken wordt naar glazigheid bij andere gewassen (bijv. glazigheid bij aardappel). Experimenteel nagaan of worteldruk dan wel lek gaan van celmembranen een rol spelen.

14. Aanbevelingen voor de praktijk

- Tijdig oogsten van de knollen is een belangrijke mogelijkheid om voosheid tegen te gaan. Echter dit betekent dat iets kleinere knollen geoogst moeten worden, wat niet voor alle marktsegmenten gewenst is.
- Met name in de winterperiode de groei van de planten stimuleren, zodat jongere planten geoogst kunnen worden. Dit kan door bijvoorbeeld een ruimere plantafstand aan te houden.
- Getracht moet worden de omstandigheden niet te sterk te laten variëren. Indien mogelijk moeten pieken in instraling in begin van de teelt voorkomen worden (schermen). Op het eind van de teelt is het zaak dat zoveel mogelijk licht bij de plant komt. Echter de temperatuur mag niet te veel oplopen en ook teveel droogtestress moet voorkomen worden. Mogelijk biedt het nat broesen van het gewas, gebruik van daksproeiers of hogere kassen soelaas.
- Gebruik makend van verschillen in stijgsnelheid in water, de soortelijk-gewichtmethode toepasbaar maken als sorteermethode in de praktijk voor zakjesradijs.

Literatuurlijst

Aloni, R., 1995.

The induction of vascular tissue by auxin and cytokinins. In: Plant hormones (P.J. Davies, editor). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 531-546.

Aloni, B. & Pressman, E., 1981.

Stem pithiness in tomato plants: The effect of water stress and the role of abscisic acid. *Physiologia Plantarum* 51: 39-44.

Banga, O. & Smeets, L., 1956.

Some effects of the photoperiod on growth and pithiness of radishes. *Euphytica* 5: 196-204.

Boesten, M. & van Oostende, M., 1992.

De kwetsbaarheid van radijs. *Groenten en Fruit/Glasgroenten* 2(28): 32-33.

Carr, S.M. & Jaffe, M.J., 1995.

Pith autolysis in herbaceous, dicotyledonous plants: Experimental manipulation of pith autolysis in several cultivated species. *Annals of Botany* 75: 587-592.

Carr, S.M., Seifert, M., Delbaere, B. & Jaffe, M.J., 1995.

Pith autolysis in herbaceous dicotyledonous plants. A physiological ecological study of pith autolysis under native conditions with special attention to the wild plant *Impatiens capensis* Meerb. *Annals of Botany* 76: 177-189.

Hagiya, K., 1957.

The occurrence of pithy tissue in root crops. 3. The Influence of culture conditions on the occurrence of pithy tissue. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 26: 111-120.

Heij, G., 1993.

Voze en glazige knol uit den boze. *Groenten en Fruit/Glasgroenten* 3(5): 16-17.

Heij, G. & Kobryn, J., 1988.

Influence of day temperature and salt concentration on the incidence of sponginess in radish tubers (*Raphanus sativus* L.). *Netherlands Journal of Agricultural Sciences* 36: 309-313.

Joyce, D.C., Aspinall, D. & Edwards, G.R., 1983.

Water deficit and the growth and anatomy of the radish fleshy axis. *New Phytologist* 93: 439-446.

Kano, Y., 1987.

Roles of temperature in the occurrence of hollow root in japanese radish cv. Gensuke. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 56: 321-327.

Kano, Y., 1989.

Effects of time of high and low temperature treatments on the growth of japanese radish cv. Gensuke and on the occurrence of hollow root. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 57: 626-632.

Kano, Y. & Fukuoka, N., 1991.

Effect of planting density on the occurrence of hollow root in the Japanese radish cv. Gensuke. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 60: 379-386.

Kano, Y. & Fukuoka, N., 1992.

Effects of NAA on the occurrence of hollow root in the Japanese radish (*Raphanus sativus* L. cv. Gensuke). *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 61: 543-550.

Kano, Y. & Fukuoka, N., 1995.

Effects of auxin application on the lignification of xylem parenchymatous cells and the development of hollowness in the root of Japanese radish (*Raphanus sativus* L.). *Scientia Horticulturae* 71: 791-799.

Kano, Y. & Fukuoka, N., 1996.

Suppressive effects of CPPU on lignification of xylem parenchymatous cells and on hollowing in the root of Japanese radish (*Raphanus sativus* L.). *Scientia Horticulturae* 65: 117-124.

Krug, H., 1979.

Temperature reaction of radish cultivars in protected cultivation. *Gartenbauwissenschaft* 44: 274-276.

Krug, H. & Liebig, H.P., 1979.

Analysis, control and programming of plant production in greenhouses with descriptive models. II. Production of radish. *Gartenbauwissenschaft* 44: 202-213.

Magendans, J.F.C., 1991.

Elongation and contraction of the plant axis and development of spongy tissues in the radish tuber (*Raphanus sativus* L. cv. Saxa Nova). Wageningen Agricultural University Papers 91.1.

Marcelis, L.F.M., Van der Burg, W.J., Frankhuizen, R., Verkerke, D.R., Aartse, J.W. & Boekestein, A., 1995.

Non-destructive evaluation of internal quality of radish tubers using specific gravity, X-ray analysis and near infrared spectroscopy. *Acta Horticulturae* 379: 527-535.

Marcelis, L.F.M., Heuvelink, E. & Van Dijk, D., 1997.

Pithiness and growth of radish tubers as affected by irradiance and plant density. *Annals of Botany* 79: 397-402

Takano, T., 1966a.

Studies on the pithiness of radish. V. On the process of pithy tissue formation in the radish root. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 35: 152-157.

Takano, T., 1966b.

Studies on the pithiness of radish. VI. The effect of soil and fertilizer on the pithy tissue formation. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 35: 400-404

Welles, G.W.H. & Janse, J., 1985;.

Voosheid bij radijs een onderschat probleem. *Groenten en Fruit* 41(7): 32-35.

Bijlage I:

Publicaties over dit onderzoeksproject

Marcelis, L., 1995.

Soortelijk gewicht maat voor voosheid. Groenten en Fruit / Glasgroenten 5(23): 9.

Marcelis, L., 1995.

Voosheid is tweetrapsraket. Groenten en Fruit / Glasgroenten 5(41): 14-15. (interview).

Anonymous. 1996.

Voosheidsonderzoek gaat door. Groenten en Fruit / Glasgroenten 6(8): 5.

Anonymous. 1996.

Onderzoek naar voosheid. Groenten en Fruit / Glasgroenten 6(46): 26.

Marcelis, L.F.M. & Janse, J., 1997.

Sturen op topkwaliteit van Nederlandse glasgroenten: het kan! In: Kwaliteit en milieu in de glastuinbouw: stimulans tot vernieuwing (L.F.M. Marcelis & A.J. Haverkort, editors).

AB-DLO Thema's 4: 29-44.

Marcelis, L.F.M., Van der Burg, W.J., Frankhuizen, R., Verkerke, D.R., Aartse, J.W. & Boekestein, A., 1995.

Non-destructive evaluation of internal quality of radish tubers using specific gravity, X-ray analysis and near infrared spectroscopy. Acta Horticulturae 379: 527-535.

Marcelis, L.F.M, Heuvelink, E. & Van Dijk, D., 1997.

Pithiness and growth of radish tubers as affected by irradiance and plant density. Annals of Botany 79: 397-402.

Gepland zijn nog een publicatie in het weekblad Groenten + Fruit en enkele wetenschappelijke publicaties, met als onderwerpen: 1) EC-effecten; 2) klimaateffecten in verschillende ontwikkelingsstadia; 3) voosheid in relatie tot vatontwikkeling.