

cb.
Bibliotheek
Proefstation
Naaldwijk

A
6
K
47

lvh/jjellen

PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS

Literatuuronderzoek naar smaak bij radijs

Door E.W. Klein
Stagiaire R.H.Tu.S. te Utrecht.

Intern verslagnr. 65
Naaldwijk, november 1986.

BIBLIOTHEEK
PROEFSTATION VOOR TUINBOUW
ONDER GLAS TE NAALDWIJK

2243602

INHOUDSOPGAVE**PAGINA**

INLEIDING	1
HOOFDSTUK 1 WAARDOOR WORDT DE SMAAK BEPAALD?	2
HOOFDSTUK 2 ONDERZOEK	4
2.1 Aanleiding tot het onderzoek	4
2.2 Bepalingsmethoden en sensorisch onderzoek	4
2.2.1 Kwalitatieve en kwantitatieve analyse	4
2.2.2 Sensorisch onderzoek	5
HOOFDSTUK 3 MORFOLOGISCHE KENMERKEN IN RELATIE TOT DE SMAAK	6
3.1 Aanwezigheid en vorming van de smaakstoffen. Ontwikkelingsstadium in relatie tot thiocynaat- gehalte. Verhouding schors/centrale cilinder. Grootte van de knol in relatie tot het SCN- gehalte	6
3.2 Spruit/knol-verhouding met betrekking tot SCN-gehalte	7
HOOFDSTUK 4 FACTOREN DIE DE SMAAK BEINVLOEDEN	8
4.1 Bovengrondse factoren	8
4.1.1 * Seizoen	8
4.1.2 * Daglengte (lichtintensiteit)	9
4.1.3 * Temperatuur: aantal koudedagen en gemiddelde dag- temperatuur	9
4.2 Factoren in het wortelmilieu	10
4.2.1 * Grondsoort	10
4.2.2 * Bemesting	11
4.2.3 * Vochtgehalte	13
4.3 * Groeistoffen	13
4.4 * Invloed van het ras op de smaak	13
HOOFDSTUK 5 SAMENVATTING	16
HOOFDSTUK 6 LITERATUURLIJST	16

INLEIDING

Bij vele groentegewassen komt de smaak als kwaliteitsparameter de laatste tijd steeds meer in de belangstelling. De consument wordt tegenwoordig steeds meer kwaliteitsbewust en stelt ook hogere eisen aan de consumptie-artikelen. Kwaliteit is op te splitsen in uitwendige en inwendige kwaliteit. Wat de uitwendige kwaliteit betreft, beantwoorden de Nederlandse produkten zeer zeker aan deze eisen, maar de inwendige kwaliteit, waaronder de smaak, kan in enkele gevallen te wensen overlaten. Een aantal inwendige kwaliteitsfactoren, zoals zoet/zuur-gehalte, consistentie, schildikte en de hoeveelheid vluchtige en vloeibare verbindingen bepalen de smaak. Als er sprake is van een minder goede smaak, heeft dit veelal alleen betrekking op in de winter geteelde produkten.

Er wordt bijvoorbeeld gesuggereerd dat Nederlandse tomaten in de lichtarme periode minder smakelijk zouden zijn dan de Zuid-europese. De Nederlandse telers ondervinden hiervan in toenemende mate concurrentie. Onder andere door toename van de concurrentie worden er steeds meer produkten van verschillende herkomsten op smaakcomponenten onderzocht. Dit is een gunstige ontwikkeling. Bij het streven naar een goede inwendige kwaliteit moet de uitwendige kwaliteit en houdbaarheid ook in het oog gehouden worden. Juist deze kwaliteitsparameters hebben er toe bijgedragen dat zoveel produkten naar vele landen geëxporteerd kunnen worden. Deze export groeit nog steeds, en zolang iedereen zijn produkten nog met voldoende resultaat af kan zetten, worden er niet veel bemerkingen gemaakt. Maar als een afzetkanaal min of meer vol dreigt te geraken, wordt de consument, in Nederland en ook in het buitenland, bewust gemaakt van de minder goede eigenschappen van een aantal produkten.

Omdat er gesignaleerd is, dat de smaak van de radijs in de winter en de vroege voorjaarsmaanden te wensen over zou laten, is er bij de consument nagevraagd wat men van de kwaliteit van de radijs vond. In een marktonderzoek onder 2000 huisvrouwen kwam naar voren, dat een deel van de geënqueteerden(29%) de radijs over het algemeen te flauw van smaak vond, en een deel(10%) een te scherpe smaak aan de radijs toeschreef. Onder de niet-gebruikers werd vaak het argument dat de radijs te scherp was, opgegeven als reden om de radijs niet te kopen. Het is niet duidelijk of dit argument gebaseerd is op recente ervaringen. De conclusie is dat de radijs wel wat scherper zou mogen zijn, maar niet voor iedereen. Het kan volgens de enquête ook mogelijk zijn, dat de radijs nu wat minder scherp is dan vroeger. (Vesseur, 1985)

Het is echter zeer moeilijk na te gaan of dit laatste waar is, en wat daar de eventuele oorzaken van zouden kunnen zijn. Een van de verschillen tussen de radijsteelt van vroeger en nu is, dat er nu het gehele jaar door radijs wordt aangevoerd, terwijl er vroeger alleen in het late voorjaar en de zomer werd aangevoerd. En juist de smaak van de radijs, geteeld in de winter(oogst dec.- mrt.) en het vroege voorjaar(oogst mrt.- april), staat ter discussie.

Voor dit probleem is nog geen pasklare oplossing voorhanden, want op het gebied van de beïnvloeding van de smaak zijn nog veel factoren onduidelijk. Het is daarom zeker nodig dat er onderzoeken worden gedaan die het verbeteren van de smaak van de radijs in de wintermaanden nastreven.

Om meer inzicht te krijgen in de factoren die, zowel direkt als indirekt, invloed hebben op de smaak, was het nodig te inventariseren welke onderzoeken uit het verleden hiermee verband hielden. Het is dus ook van belang inzicht te krijgen in het begrip smaak bij radijs.

Het verslag behandelt eerst in het kort een aantal algemene begrippen die met de smaak en de belangrijkste smaakstoffen van radijs te maken hebben. Vervolgens komen de verschillende onderzoeksmethoden aan de orde, gevolgd door een uiteenzetting over de aanwezigheid en vorming van smaakstoffen in de plant. De factoren die de smaak beïnvloeden komen daarna aan de orde: eerst de bovengrondse factoren, gevolgd door de factoren in het wortelmilieu. Tot slot nog de invloed van groeistoffen en de raseigenschappen.

HOOFDSTUK 1 WAARDOOR WORDT DE SMAAK BEPAALD?

Smaak en scherpheid zijn subjectieve gegevens: niet voor niets zegt men: "Over smaak valt niet te twisten."

Smaak wordt ervaren in de mond en in de neus. In de neus worden de meeste vluchtige componenten ervaren, op te delen in geur en aroma. De vloeibare verbindingen worden in de mond geproefd. De smaakstoffen in radijs worden gekenmerkt door een scherpe, sulfaatachtige smaak. Sterke, karakteristieke smaakstoffen bevatten vaak een sulfaatgroep. De geur intensiteit van zwavel bevattende verbindingen lijken afhankelijk te zijn van de oxidatiegraad. (Anonymus, 1983)

Hoe een bepaald produkt ervaren wordt is voor ieder persoon verschillend, maar de componenten waaruit de smaak van een produkt bestaat, zijn wel voor een groot deel bekend. De smaak van groente- en fruitgewassen is op te splitsen in een algemene groentesmaak en een specifieke smaak voor een gewas, die bepaalt dat rode kool als rode kool ervaren wordt en niet als witte.

Ook bij radijs is deze tweedeling te maken: radijs wordt tijdens het eten ervaren als een groente door een zachte vriendelijke smaakcomponent en tevens wordt zij als radijs gekenmerkt door een scherpheid.

De scherpheid van radijs blijkt voor een groot deel af te hangen van de concentratie mosterdolie ofwel isothiocyanaat: hoe hoger de concentratie, hoe scherper de smaak.

(Friis en Kjaer, 1966)

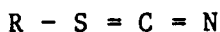


Fig. 1 Molecuulformule isothiocyanaat

Tevens is de concentratie van thiocyanaat van invloed op de scherpte van de radijs. De stoffen waaruit deze verbindingen ontstaan, worden samengevat onder de naam glucosinolaten. Glucosinolaten zijn belangrijke secundaire sulfaat-bevattende metabolieten. (stofwisselingsprodukten gevormd uit produkten van de fotosynthese)

Met behulp van een enzym, myrosinase, wordt het glucosinolaat in een hydrolyseproces afgebroken tot isothiocyanaat, thiocyanaat en andere verwante produkten. (o.a. oxazolidinethiones) Deze verbindingen dragen alle bij tot de karakteristieke smaak van het produkt. (Chong en Kanakis, 1982)

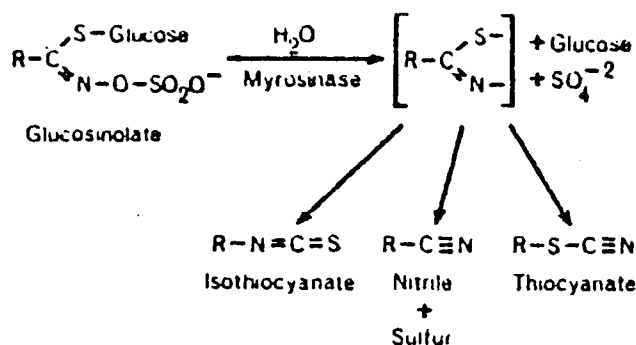


Fig. 2 Reactievergelijking van omzetting glucosinolaat
Als deze stoffen in een bepaalde concentratie aanwezig zijn, worden zij tijdens het eten van radijs ervaren als de scherpe smaak die het produkt heeft. Het thiocyanaat en isothiocyanaat komen pas vrij als de cellen kapot gaan, dus tijdens het kauwen.

De belangrijkste thiocyanaat producerende glucosinolaten zijn voor elke groente verschillend. Voor de radijs is het 4-methylthio-3-butenyl-glucosinolaat de belangrijkste leverancier van isothiocyanaat. (Carlson et al, 1985; Friis en Kjaer, 1966)

Het isothiocyanaat dat hieruit gevormd wordt, is 4-methylthio-3-butenyl-isothiocyanaat. (Neil en Bible, 1973; Friis en Kjaer, 1966)

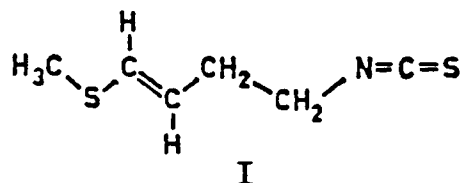


Fig. 3 Molecuulformule 4-methylthio-3-butenyl-isothiocyanaat

Voor andere Cruciferen worden veelal het 3-Indolylmethyl-glucosinolaat en het Methoxy-3-Indolyl-glucosinolaat als belangrijkste leverancier voor thiocynaat genoemd.

Isothiocynaat(3-indolylmethylisothiocynaat) wordt meestal uit een ander glucosinolaat gevormd dan thiocynaat.

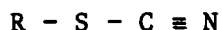


Fig. 5 Molecuulformule thiocynaat

Na de vorming van instabiele isothiocyanaten kunnen er, na hydrolyse, stabiele thiocyanaten worden gevormd, of er worden direkt stabiele isothiocyanaten gevormd (butylisothiocynaat). (Mullin en Sahasrabudhe, 1977)

Thiocynaat en isothiocynaat zijn isomeren, dat zijn verbindingen met dezelfde molecuulformule, maar met een andere structuurformule. Uit de laatstgenoemde wordt met behulp van isomerase thiocynaat gevormd.

(Chong en Bible, 1974; Bible en Chong, 1975)

Niet alle glucosinolaten breken echter af tot isothiocyanaten. (Sang et al, 1983)

HOOFDSTUK 2 ONDERZOEK

2.1 Aanleiding tot het onderzoek

Naar aanleiding van een ziekte bij dieren, krop- of kroepvorming genaamd, werd onderzoek gedaan naar de stof die deze ziekte veroorzaakte. De stof, thiocynaat, bleek aanwezig te zijn in veevoeder, gemaakt uit produkten van de familie van de Cruciferen. (Chesney et al, 1928) Alle leden van deze familie bevatten deze stof, zij het in verschillende vormen, hoeveelheden en samenstellingen. Om deze reden zijn alle Cruciferen onderzocht naar de concentratie van deze stof. (Van Etten, 1969)

Uit deze onderzoeken is ook naar voren gekomen dat de isothiocyanaten smaakbepalend zijn voor de Kruisbloemigen. Vooral de vluchtige isothiocyanaten zijn verantwoordelijk voor de smaak. (Sang et al, 1983)

2.2 Bepalingsmethoden en sensorisch onderzoek

2.2.1 Kwalitatieve en kwantitatieve analyse

Mosterdolien variëren aanzienlijk in vluchtigheid, wat dan ook verschillende bepalingmethoden vereist. (Freeman en Mossadeghi, 1972)

Tot voor korte tijd werd bij bepalingen meestal uitgegaan van de gehalten aan thiocyanaat. De laatste tijd is dat veranderd: op het RIKILT (Rijks Kwaliteitsinstituut voor Land- en Tuinbouwprodukten) te Wageningen wordt onder andere onderzoek gedaan naar thiocyanaten en isothiocyanaaten, door de gehalten en moleculaire samenstellingen van de glucosinolaten te bepalen.

Deze methode is betrouwbaarder dan een direkte bepaling van de thio- en isothiocyanaaten, omdat er geen optimale bepalingsmethode is voor thio- en isothiocyanaaten.

Men is nog steeds bezig om deze methode te ontwikkelen en te perfectioneren, omdat het blijkt dat de methoden om de stoffen te analyseren en te kwantificeren zeer snel verouderen.

De methode die nu wordt toegepast, is HPLC: High Pressure Liquid Chromatography. (Van der Kamp, 1986)

In de literatuur kwam naar voren, dat er met nieuwe en vernieuwde methodes resultaten behaald worden, waardoor voorgaand onderzoek als weinig waardevol beschouwd kan worden. (Van der Kamp, 1986)

2.2.2 Sensorisch onderzoek

Om na te gaan hoe de concentratie van glucosinolaten te relateren is aan de smaak, wordt analytisch onderzoek gekoppeld aan sensorisch onderzoek. Door proefpersonen wordt de scherpte van radijs bepaald.

Op het Sprenger Instituut vindt onder andere sensorisch onderzoek plaats. De smaakonderzoeken kunnen op meerdere manieren plaatsvinden: paarsgewijze toetsing, waarbij steeds twee monsters met elkaar vergeleken worden, en een methode waarbij elk monster ingeschaald moet worden. (Van der Vuurst, 1986)

Het beste resultaat kan bereikt worden met paarsgewijze onderzoeken, omdat het bij de andere methode moeilijker is om bij bijvoorbeeld 10 monsters het eerste met het laatste monster te vergelijken. Nadeel van de eerstgenoemde methode is, dat bij een groot aantal monsters zeer veel paren geproefd moeten worden.

Ook op het Rikilt vinden smaakonderzoeken plaats, maar daar is nog geen ervaring opgedaan met sensorisch onderzoek bij radijs.

Naar aanleiding van een smaakonderzoek bij radijs op het Sprenger Instituut heeft het Rikilt van dezelfde monsters een analyse van de smaakstoffen gedaan. De gehalten waren na bepaling echter erg laag als gevolg van enzymwerking tijdens de monstervoorbewerking.

Door deze samenwerking hoopt men in de nabije toekomst een duidelijk verband te kunnen leggen tussen het mosterdolie-gehalte (=isothiocyanaat) en de smaak. (Van der Vuurst, 1986)

Tot nu toe is er wel bekend dat bij een hogere concentratie mosterdolie een scherpere smaak waar te nemen valt, maar men weet niet precies hoe smaak en gehalte correleren. (Neil en Bible, 1973; Unterholzner, 1973)

Smaakonderzoek kan ook plaatsvinden door 10 personen die moeten proeven of er een onderscheid gemaakt kan worden

tussen 2 monsters. Als 6 of meer personen een verschil waarnemen, is het onderscheid significant. (Freeman en Mossadeghi, 1972)

HOOFDSTUK 3 MORFOLOGISCHE KENMERKEN IN RELATIE TOT DE SMAAK

3.1 Aanwezigheid en vorming van smaakstoffen in de plant.

Volgens Unterholzner bevinden zich bij de rettichwortel en de radijsknol in de bast tweemaal tot driemaal zoveel thio- en isothiocyanaatend in de centrale cilinder. Hoe kleiner de centrale cilinder in verhouding is, hoe meer smaakstoffen de rettich of radijs bevat.

Zodoende hebben soorten met een lange penwortel ook meer smaakstoffen dan dikke ronde soorten. Het gehalte aan etherische oliën is ook rasafhankelijk. Als het gehalte aan smaakstoffen echter toeneemt, is er een kans dat het produkt te scherp wordt en dat de consument het produkt dan niet meer wil kopen. (Unterholzner, 1973)

Voor een aantal Japanse rassen is onderzocht of er een verschil is in concentratie van thiocynaat tussen ongepelde, gepelde knollen en de schors. Het bleek toen, dat de schors het hoogste gehalte aan thiocyanaten bevatte. (Carlson et al, 1985) Volgens deze onderzoekers was dit ook het geval bij schorseneren. (Carlson et al, 1981) Bij in totaal 12 Japanse en Koreaanse radijscultivars bleek in de schors een hoger thiocynaat gehalte (ug/g d.s.) aanwezig te zijn dan in de centrale cilinder. (Park et al, 1985)

Het is dus duidelijk dat het hoogste gehalte aan thio- en isothiocyanaaten in de schors van de radijs zit.

De stof die verantwoordelijk geacht wordt voor de scherpheid van een radijsknol, wordt vermoedelijk gevormd in zeer jong blad. (Chong en Bible, 1974) Dit veronderstelt men, omdat er in jong bladweefsel zeer hoge concentraties SCN- voorkomen. (SCN- is het thiocynaat-ion) Echter, niet in alle weefsels van de plant komen dezelfde glucosinolaten voor, en niet alle glucosinolaten breken af tot stoffen die smaakbepalend zijn. (Sang et al, 1983)

Tijdens de ontwikkeling van de radijsplant doen zich tussen de organen grote verschillen voor in thiocynaat gehalten. Gedurende de vegetatieve groei (vanaf het stadium dat de plant 4 tot 6 bladen heeft tot aan de aanvang van de generatieve groei) neemt in de wortels het gehalte thiocynaat toe, terwijl er tijdens de generatieve groei heel weinig veranderingen waar te nemen zijn.

Ook in het blad gaan grote veranderingen in het SCN-gehalte tijdens de vegetatieve groei vooraf aan kleine veranderingen gedurende de generatieve groei van de plant. Het gehalte aan SCN- nam af tot in de periode van het kiemstadium, tot het stadium waarin de plant 4 bladeren had. Daarna nam het gehalte toe tot een maximum in het stadium dat de plant 8 bladeren bezat (vroeg schietstadium). Het grootste gehalte SCN- is gevonden in het vroeg schietstadium. (Chong and Bible, 1974)

Dit zou echter weer afhankelijk kunnen zijn van de grondsoort en seizoen. (Neil en Bible, 1972) Volgens deze onderzoekers wordt in een ander onderzoek (Trzebney, 1962) echter beweerd, dat thiocyanaten niet per se in jonge assimilerende weefsels gevormd worden. Dit onderzoek betrof echter geen onderzoek met radijs, maar met raap en mosterd. (Neil en Bible, 1972)

Ook resultaten van onderzoek bij andere Cruciferen geven aan, dat het zeer goed mogelijk is dat jonge delen van de scheut de belangrijkste weefsels zijn, waar glucosinolaat geproduceerd wordt. Met name glucosinolaten waaruit auxine gevormd kan worden, lijken in neerwaartse richting getransporteerd te kunnen worden. (Chong et al, 1982)

Over het transport van SCN- naar verschillende delen van de plant is nog zeer weinig bekend. (Chong en Bible, 1974) Opmerkelijk is dat radijs in het oogststadium een relatief laag gehalte SCN- in de knol heeft, terwijl bij andere Cruciferen, zoals kool, in het marktbaar stadium juist een hoog gehalte wordt aangetroffen. (Chong en Bible, 1974)

Carlson vond echter dat er bij radijs geen verband aanwezig blijkt te zijn tussen knolgrootte en SCN-gehalte. Dit in tegenstelling tot de resultaten bij een onderzoek bij kool, dat uitwees dat een grotere kool een hoger thiocyaanaatgehalte had. (Carlson et al, 1985)

3.2 Spruit/knol-verhouding met betrekking tot SCN-gehalte

Bij twaalf radijscultivars is onderzoek gedaan naar de spruit/knol-verhouding in relatie tot de smaak. In planten van dezelfde leeftijd is waargenomen, dat knollen van planten met een hogere spruit/knol verhouding een hoger gehalte aan thiocyaanaat bevatten. Er is duidelijk een positieve correlatie tussen spruit/knol-verhouding en SCN-gehalte in oogstrijpe knollen. (zie grafiek)

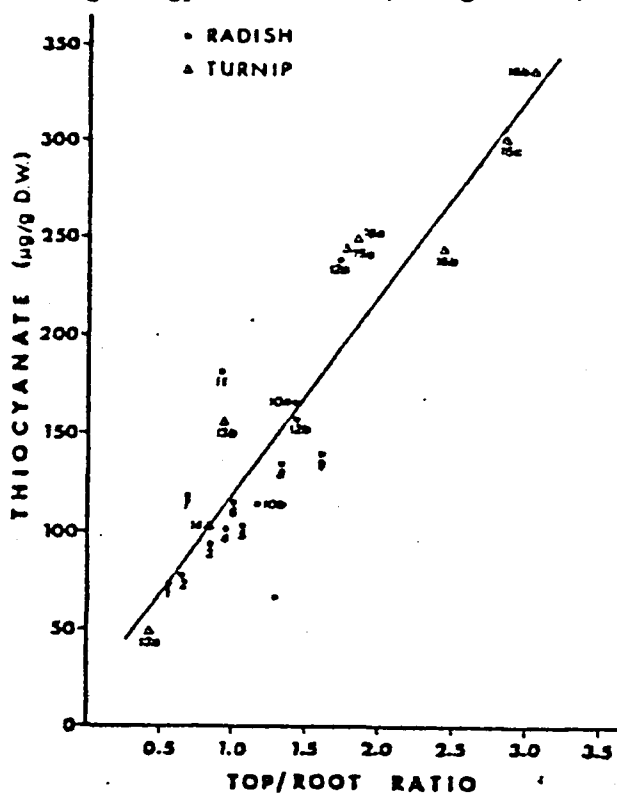


Fig. 6 Spruit/knolverhouding uitgezet tegen het thiocyaanaatgehalte.

Nu deze relatie bekend is, zouden veredelingsbedrijven nieuwe cultivars kunnen testen op de spruit/knol-verhouding en hiermee iets meer zekerheid omtrent de smaak van de nieuwe cultivars kunnen krijgen. (Chong en Bible, 1974) Dit verband bevestigt opnieuw de mogelijke functie van de bladeren als plaats waar de synthese van glucosinolaten plaatsvindt en hun transport naar de wortels.

(Chong en Bible, 1974)

Door Bible en Chong is nogmaals aangetoond dat er een positieve correlatie is tussen spruit/knol-verhouding en het thiocynaatgehalte, dit onderzoek was gedaan op basis van sulfaatbemesting. (Bible en Chong, 1975)

HOOFDSTUK 4 FACTOREN DIE DE SMAAK BEINVLOEDEN

De smaak kan door vele factoren beïnvloed worden, zij het niet alle in dezelfde mate. De onderzochte teeltfactoren zijn:

- Bovengrondse factoren:

- * seizoen
- * licht: daglengte/lichtintensiteit
- * temperatuur
- * aantal koudedagen
- * gemiddelde dagtemperatuur

- Factoren in het wortelmilieu:

- * grondsoort
- * mineraalbeschikbaarheid
- * bemestingsniveau waaronder:
 - * samenstelling van de meststoffen
 - * zwavel/sulfaat-gehalte van de grond
- bodemtemperatuur

* Groeistoffen

* Genetische eigenschappen

(De met * gemerkte factoren worden besproken in de hierna volgende tekst)

4.1 Bovengrondse factoren

4.1.1 * Seizoen

In knollen van planten gezaaid in het vroege voorjaar bleek een hogere concentratie thiocynaat aanwezig te zijn dan in knollen die later gezaaid waren. Dit was het geval in het stadium met 6-7 bladeren. Er is nagegaan of dit gegeven correleerde met het aantal koudedagen of gemiddelde dagtemperatuur. Dit was echter niet het geval. Hiervoor is echter geen verklaring gevonden. (Neil en Bible, 1972)

Bij andere Kruisbloemigen is dit volgens deze onderzoekers ook geconstateerd. Bij kool is er aangetoond dat er een significant verschil was tussen twee opeenvolgende jaren wat betreft het thiocynaat gehalte.

Daarnaast was er een duidelijk verschil tussen de op verschillende tijdstippen in het seizoen geplante kool: de

late planting had een hoger SCN- gehalte, tevens was er een negatieve correlatie met het aantal dagen tot de oogst. (Neil en Bible, 1972)

4.1.2 * Daglengte (lichtintensiteit)

Op drie verschillende grondsoorten en bij twee verschillende daglengten is radijs geteeld. Het belangrijkste item was de daglengte. Daglengten: 8.5 en 16 uur; grondsoorten: St. Bernard leem, Chateauguay kleileem en een humusrijke grond. De teelt vond plaats in september. (Neil en Bible, 1973)
Er werd geoogst op het moment dat de planten 9 bladeren hadden. Van de radijs is het gehalte thiocynaat bepaald. Het bleek dat er een significante interactie was tussen de effecten van fotoperiode en grondsoort met betrekking tot de concentratie 4-methylthio-3-butenyl isothiocyanaat in de knollen.

Op leemgrond heeft radijs die gegroeid is bij korte-dag omstandigheden een hoog gehalte SCN- en radijs van humusrijke grond een lage SCN-concentratie. Bij lange dag was het resultaat juist tegengesteld.

De concentratie isothiocyanaat in radijs van de kleileemgrond verschilde niet significant voor lange en korte dag.

Waarschijnlijk hangen deze resultaten samen met het verschil in pH, meststofgehalte en organische stofgehalte. De manier waarop deze factoren elkaar en de smaak beïnvloeden is echter nog niet bekend. (Neil en Bible, 1973)

Door andere onderzoekers is ook een merkbaar effect van fotoperiode op de wortelontwikkeling waargenomen, alsook op de verhouding schors:centrale cilinder. Er wordt echter niet vermeld welke invloed de fotoperiode heeft. (Neil en Bible, 1973)

4.1.3 * Temperatuur: aantal koudedagen en gemiddelde dagtemperatuur

Bij een onderzoek in de vollegrondsteelt met twee verschillende grondsoorten, bleek een samenhang te bestaan tussen grondsoort en temperatuur.

Op humusachtige grond nam onder koudere condities het SCN- gehalte toe en was positief gecorreleerd met het aantal koude dagen (temperatuur $< 18^{\circ}\text{C}$) op beide grondtypen. Echter het SCN- gehalte was negatief gecorreleerd met gemiddelde dagtemperatuur op humusachtige grond. De correlatie van gemiddelde dagtemperatuur met SCN- gehalte was alleen voor humusrijke grond betrouwbaar. Voor humusrijke grond was er een iets grotere correlatie ($r = 0,73$) van het aantal koude-eenheden met het SCN- gehalte dan voor leemgrond ($r = 0,47$). (Bible en Chong, 1975)

Optelling van de koude eenheden verklaart op leemgrond 20% van de variatie van het SCN- gehalte, en op humusrijke grond zelfs 50%. Samen met de invloed van de grondsoort kan meer dan de helft van de variatie van het SCN- gehalte verklaard worden. Als de gemiddelde dagtemperatuur ook werd meegenomen bij het verklaren van de variatie van het SCN- gehalte, gaf dat geen significante verbetering. (Bible en Chong, 1975)
Ook in eerder onderzoek werd aangegeven dat SCN- gehalte

gecorreleerd zou kunnen zijn met het aantal koude-eenheden, omdat radijs, gezaaid in het vroege voorjaar, het hoogste SCN- gehalte had. Dit zou ook bij andere Cruciferen het geval zijn. Echter, er was geen correlatie met gemiddelde dagtemperatuur. Er is geen duidelijke verklaring voor de twee bovengenoemde verschijnselen. (Neil en Bible, 1972) Bij een onderzoek met kasradijs, die bij verschillende temperatuurregimes (veel of weinig ventileren) geteeld was, bleek radijs gegroeid bij een hoge temperatuur een scherpere smaak te bezitten. (Janse, 1985) Dit is mogelijk het gevolg de grotere hoeveelheid blad bij de hogere temperatuur (zie 3.2) (Welles en Janse, 1985)

4.2 Factoren in het wortelmilieu

4.2.1 * Grondsoort

Er is veel onderzoek gedaan naar de invloed van de grondsoort op het thiocyanaat gehalte. Er is bijna geen twijfel over mogelijk, dat de grondsoort inderdaad grote invloed heeft op het gehalte. Het is echter nog onvoldoende bekend welke eigenschappen van de grond hiervoor verantwoordelijk zijn. Het meest aannemelijk is dat het een combinatie van factoren zal zijn, zoals:

- * vochtgehalte
- vochtverdeling
- * vochtbeschikbaarheid
- * aeratie
- * concentratie voedingselementen
- mineraalbeschikbaarheid
- * zwavelgehalte
- * pH
- bodemtemperatuur
- bewortelingsdiepte
- etc.

Op de met * aangegeven punten wordt iets nader ingegaan.

Radijs, geteeld op lichte grond vormt meer mosterdolie dan op humusrijke bodem geteelde radijs. Aangezien een lichte bodem makkelijk uitdroogt, is het soms moeilijk te bepalen door welke factor de scherpte bepaald wordt.

Tevens is het zwavelgehalte van invloed, waarmee in de praktijk echter te weinig rekening gehouden wordt. Met het toenemen van het zwavelcijfer neemt het gehalte aan isothiocyanaat toe, omdat er voor de vorming van deze stof zwavel nodig is. (Unterholzner, 1973)

Radijs afkomstig van 2 grondsoorten, leem en humusrijke grond, en 5 zaaidata, werd onderzocht op thiocyanaat- gehalte bij verschillende ontwikkelingsstadia. Ongeacht de zaaidatum, kan gezegd worden dat de radijs van een humusrijke grond meer thiocyanaat bevat dan radijs van een leemgrond.

Er was bij andere Cruciferen nog niet eerder aangetoond, dat zulke grote verschillen in thiocyanaatgehalte veroorzaakt werden door de grondsoort.

Bij deze proef lagen de percelen met verschillende grond

niet verder dan 0,4 km uit elkaar, dus kan men veronderstellen dat de weersinvloed niet verschild. Het is dus zeer waarschijnlijk dat het verschil in SCN- gehalte veroorzaakt werd door het verschil in eigenschappen van de grond. De humusrijke grond heeft een grotere vochtbeschikbaarheid en een betere aeratie, beide nodig voor een toename van de ionopname. Deze grond had een pH van 5.7 en de pH van de leemgrond was 6.9.

Sulfaatbemesting lijkt hierop echter wel invloed uit te oefenen. Misschien dat een verschil tussen de twee grondsoorten in beschikbaarheid van sulfaat een oorzaak is van verschil in thiocynaat-gehalte. In hfdst. 4.2.2 zijn al wat verschillen genoemd.

Ook had de grondsoort invloed op het verloop van het gehalte in de verschillende ontwikkelingsstadia: de radijs met 6 a 7 bladeren van de leemgrond bevatte meer thiocynaat dan die met 3 a 4 of 10 a 11 bladeren. Op leemgrond was dit verschil niet zo duidelijk.

Op drie verschillende grondtypen en bij 2 daglengten is het gehalte aan thiocynaat onderzocht. Zie hfdst. 4.1.2 (Neil en Bible, 1973)

Bij een onderzoek naar het effect van groeistoffen op het thiocynaat-gehalte bleek ook dat radijs, gegroeid op grond met een hoog organische stofgehalte meer thiocynaat bevatte dan knollen van leemgrond. (Chong en Kanakis, 1982)

4.2.2 * Zwavelbemesting

Bemesting kan de kwaliteit in veel gevallen belangrijk beïnvloeden. Bij tuinbouwgewassen is er een trend om het bemestingsniveau, met name bij de substraatteelt, te verhogen om de kwaliteit te verbeteren.

Een aantal jaren geleden werd ook al verondersteld dat een hogere EC invloed heeft op het SCN- gehalte. In watercultuur is bij twee bemestingsniveau's het SCN- gehalte nagegaan. Voor de verschillende bemestingsniveau's zie bijlage I. In deze oplossingen werd een variabel S-cijfer aangehouden. De radijsknollen, gegroeid in de oplossing met de halve standaardoplossing hadden een 30% hoger SCN- gehalte dan die in de dubbelgeconcentreerde oplossing. Bij de cultivar Burpee White nam het SCN- gehalte toe met het S gehalte in de halve standaard oplossing, maar dit was niet het geval bij French Breakfast, evenals het SCN- gehalte bij de dubbele standaardoplossing in beide rassen.

(Bible en Chong, 1975)

In een ander onderzoek werden bij zes verschillende concentraties sulfaatbemesting, radijsknollen getest op de scherpte. Deze concentraties, in meqS/l, waren 0, 0.05, 0.10, 0.25, 0.5, 0.75 en 3.0.

Smaaktesten wezen uit, dat de sterkte van de smaak van radijs die geteeld was bij een groot sulfaatgebrek minimaal was en steeds sterker werd bij toenemende beschikbaarheid van sulfaat.

Het totale gehalte aan vluchtige componenten correleerde niet met het sulfaatgehalte van de bodem. Bij een hogere concentratie

van de sulfaatbemesting (van 0 tot het niveau van 1 meqs/l) nam ook het zwavelgehalte in de knol toe, maar bij hogere S-trappen bleef het zwavelgehalte constant. Er was wel een verband tussen sulfaatgehalte en minder vluchtige smaakcomponenten. De vorming van smaakstoffen is onafhankelijk van de sulfaat voeding terwijl de concentratie van deze stoffen wel gecorreleerd is met sulfaatvoeding. (Freeman en Mossadeghi, 1972)

Het werd altijd aangenomen dat alle smaakcomponenten sulfaat zouden bevatten, echter er blijken nu ook een vijftal sulfaatvrije smaakcomponenten te bestaan. Het is onderzocht welke gevolgen een gevestigd sulfaatgebrek heeft op de groei van radijs en de samenstelling van de smaakstoffen.

Het effect van lage sulfaatbemesting op de groei is waar te nemen als gebreksziekte: de groep met de laagste concentratie sulfaat, S0, vertoonde een zichtbaar sulfaatgebrek: slecht ontwikkelde bladeren en een lichte vorm van chlorose. De knollen hadden horizontale en verticale scheuren. Het aantal gescheurde knollen nam af met het toenemen van de sulfaat concentratie.

Het droge stof gehalte nam van S0 tot S0.5 toe en bleef bij toenemende concentratie (tot S3) constant. Hieruit concludeerde men dat de behoefte van radijs aan sulfaat varieert tussen 0.5 en 0.75 meq/l.

Het eetbare gedeelte was in % van de gehele plant bij het laagste sulfaatgehalte het grootst en het kleinst bij het hoogste sulfaatgehalte.

Bij een smaaktest kwam naar voren, dat knollen met sulfaatgebrek praktisch geen scherpte bezaten, terwijl de zachte groentesmaak niet anders ervaren werd dan bij knollen opgegroeid bij een normale sulfaatvoorziening.

Er was een duidelijk verschil in scherpte bij een paars-gewijze vergelijking tussen radijs geteeld bij de voedingsoplossingen van resp. 0 en 0.5 meqS/l; 0.25 en 3 meqS/l; 0 en 3 meqS/l.

Alle knollen hadden een hoog watergehalte en een relatief milde, knapperige smaak. Bij het vergelijken van de knollen van de verschillende sulfaatconcentraties kon men constateren, dat naarmate de concentratie S toenam, de smaak van de knollen scherper werd. Bij de drie laagste sulfaatconcentraties was echter weinig verschil waar te nemen. De andere knollen onderscheidden zich duidelijk van de hierboven genoemde radijs en van elkaar. (Freeman en Mossadeghi, 1972)

In een proef met 3 verschillende sulfaatgehalten bij een teelt in grind, konden geen duidelijke smaakverschillen tussen de niveau's worden vastgesteld. Ondanks een teelt in de winter, was de radijs bij alle sulfaatiniveau's vrij scherp van smaak. (Janse, 1984)

In een ander onderzoek wordt beweerd, dat ook de duur dat er een zwavelrijke voedingsoplossing aan de plant gegeven wordt, van invloed is. Als de plant van een zwavelrijke oplossing naar een zwavelarme oplossing gebracht wordt, neemt de toename van de concentratie mosterdolie af.

De onderzoeker concludeert hieruit, dat op een zwavelrijke grond zwavelarme bemesting toegepast moet worden. Daarbij moet gelet worden op teeltgebieden in de buurt van industriegebieden met zwaveluitstoot. (Unterholzner, 1973)

4.2.3 * Vochtgehalte

Bij meer regenval bleek dat de radijs, geteeld op humusrijke grond, een hoger SCN- gehalte had. Vooral de regenval twee weken voor de bepaling correleerde positief met de thiocynaat concentratie. Regenval over langere perioden gemeten had minder invloed. (Bible en Chong, 1975)

4.3 * Groeistoffen

Vier groeiregulators zijn in verschillende concentraties toegediend aan radijs (Burpee White) en de invloed daarvan op het gehalte thiocynaat is onderzocht. De groeiregulators met de daarbij behorende concentraties waren: daminozide en GA (gibberelline): 25, 100, 500 en 1000 mg/l; BA (6-benzylamino purine): 25, 100 en 500 mg/l; 2,4 D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid): 0.1, 1.0 en 10 mg/l. In elk proefobject was ook een controle met 0 mg/l groei-regulator opgenomen.

In de kas werd een significant verschil in SCN-gehalte (hoger) tussen de controle en de verschillende groeiregulators aangetoond bij de 3 hoogste concentraties daminozide en bij BA, GA en 2,4 D alleen bij de hoogste concentratie.

Bij in de vollegrond geteelde radijs was er een significant verschil in SCN-gehalte tussen de controle en de radijs die resp. 1000mg/l daminozide, 1000mg/l GA en 500 mg/l BA toegediend had gekregen. Dit was op twee grondsoorten het geval. (Humusrijke grond en leemgrond)

4.4 * Invloed van het ras op de smaak

Dat teeltomstandigheden zeer veel invloed hebben op de smaak, werd ondermeer duidelijk toen er een onderzoek naar de smaak van een aantal radijsrassen van verschillende herkomsten gedaan werd. (v. d. Vuurst, 1985)

Hieruit bleek, op een uitzondering na, dat de scherpheid binnen een ras van verschillende herkomsten behoorlijk kan variëren. In dit onderzoek lijkt smaak niet in de eerste plaats rasafhankelijk te zijn.

Bij een onderzoek naar de invloed van Zwavelbemesting (zie ook 4.2.2) is in de cultivar Burpee White een hoger SCN-gehalte aangetroffen dan in French Breakfast. (Bible en Chong 1975)

Uit een Amerikaans onderzoek naar glucosinolaatgehalten in 109 cultivars van *R. sativus*, komt naar voren dat in een aantal landen waar veel radijs geteeld wordt, de rassen niet zoveel van elkaar afwijken wat het gehalte van glucosinolaat betreft. Echter tussen deze groepen van rassen is wel een groot verschil. Het blijkt dan dat de Japanse radijs veruit de scherpste is, op de tweede plaats komt de Koreaanse radijs, vervolgens de rassen die op de Amerikaanse en Europese markt te vinden zijn, gevolgd door de zuiver Europese radijs. (Carlson et al, 1985)

Tabel 1: Glucosinolaatgehalten in een aantal Nederlandse rassen (Carlson et al, 1985)

	totaal glucosinolaat- gehalte (in umol/100 g versgewicht)	gehalte aan 4 methyl- 3-butenylglucosinolaat
Piggelmee	81	42
Robijn	94	43
Roem van Zwijndrecht	103	39
Verano	91	64
Novired	167	129
Cherry Belle	200	121

Een tabel van alle onderzochte rassen treft u aan in Bijlage 2.

Bij een Koreaans onderzoek van een aantal Japanse en Koreaanse cultivars kwam naar voren, dat de Koreaanse cultivars juist meer thiocynaat zouden bevatten. Op een na waren het echter wel andere rassen dan in het eerstgenoemde onderzoek, en was niet van alle onderzochte cultivars het SCN- gehalte bepaald. (Park et al, 1985)

De twee bovengenoemde onderzoeken zijn echter niet met elkaar te vergelijken, omdat er gehalten van verschillende stoffen zijn bepaald.

De Japanse radijs is wel van een geheel ander type dan het in Europa gangbare type, namelijk van het daikon-type. (Raphanus sativus ssp. radicola) Deze kan 40 cm lang worden, een doorsnede behalen van 5 cm en weegt dan 500 g of meer. Het gehalte van het belangrijkste glucosinolaat(4-Methylthio- 3-butenyl-glucosinolaat(Friis en Kjaer,1966)) in de Japanse radijs is ruim twee keer zo hoog dan van de Amerikaanse- Europese rode radijs. Dit glucosinolaat komt in geen enkel ander soort van de familie van de Cruciferen voor.

De gehalten van andere glucosinolaten zijn ook bepaald, maar deze zijn in relatief lage concentraties aanwezig, zodat deze veelal van het totaal glucosinolaat-gehalte niet meer dan 1/3 uitmaken.

Ook kwam naar voren dat in de Japanse radijsrassen een tweetal glucosinolaten voorkwamen, die in andere rassen niet te vinden zijn.

HOOFDSTUK 5. SAMENVATTING

Uit een consumentenonderzoek van het Centraal Bureau van de Tuinbouwveilingen blijkt dat de smaak van radijs in de winterperiode verbeterd zou moeten worden, vooral voor de huidige consumenten van radijs.

Om meer inzicht te verkrijgen in de factoren die zowel direkt als indirect invloed uitoefenen op de smaak, is een literatuurstudie verricht. De smaak van radijs is -evenals bij andere groente- en fruitgewassen- op te splitsen in een

algemene groentesmaak en een specifieke gewassmaak. Enerzijds kan gesproken worden van een zachte, vriendelijke smaakcomponent en anderzijds van scherpheid. Scherpheid wordt voornamelijk bepaald door de concentratie mosterdolie of (iso)thiocyanaat in de knol. Deze stof bevat een sulfaatgroep in haar structuur. De intensiteit van de scherpte is afhankelijk van de oxidatiegraad en concentratie aan thiocyanaten. Zowel isothiocyanaat als thiocyanaat worden zeer waarschijnlijk in het loof (jonge blad) gevormd en naar de knol getransporteerd. Als precursor treden een aantal glucosinolaten op, met als belangrijkste 4-methyl-3-butenyl glucosinolaat.

De meest smaakbepalende stoffen bevinden zich in de bast van een radijs- of rettichknol. Zodoende heeft de vorm van de knol invloed op de smaak, evenals de spruit-wortelverhouding. Een positieve invloed op het thiocyanaat-gehalte is aangetoond voor de volgende factoren:

- temperatuur (aantal koudedagen)
- humusgehalte
- beschikbaarheid zwavel in de grond
- vochtgehalte van de grond (regenval)
- groeiregulators (o.a. daminozide)

De volgende factoren lijken negatief gecorreleerd met het thiocyanaat-gehalte: voedingsconcentratie (EC), dagtemperatuur en daglengte.

De 2 laatstgenoemde factoren zijn in de literatuur meestal gecombineerd met een andere factor, nl. het humusgehalte van de grond. Hierbij treden t.a.v. het thiocyanaat-gehalte interacties op, mogelijk te verklaren uit de beschikbaarheid van zwavel of het vochtgehalte van de grond.

Via veredeling lijkt de scherpheid te kunnen worden beïnvloed, aangezien Japanse radijs (daikon) algemeen als scherper dan de Europese radijs wordt aangemerkt. Het lijkt echter waarschijnlijk dat er van een genotype x milieu interactie sprake is, omdat binnen het West-Europese rassenassortiment tot op heden geen duidelijke rasverschillen maar wel herkomstverschillen zijn geconstateerd.

Literatuurlijst

- Anonymus, 1983 CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 18(2):144-145;160-167;185-201.
- Bible, B. en C. Chong, 1975 Content of Thiocyanate Goitrogen in Radishes as Related to Nutrient Concentration and Sulfur Nutrition. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100(4):428-431.
- Bible, B. en C. Chong, 1975 Correlation of Temperature en Rainfall with Thiocyanate Ion Content in Roots of Radishes Grown on Two Soil Types. HortScience 10(5):484-485.
- Bible, B., H.Y. Ju en C. Chong, 1980 Influence of Cultivar, Season, Irrigation, en Date of Planting on Thiocyanate Ion Content in Cabbages. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105(1):88-91.
- Carlson, D.G., M.E. Daxenbichler en C.H. VanEtten, 1985 Glucosinolates in Radish Cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110(5):634-638.
- Chong, C en B. Bible, 1974 Relationship Between Top/Root Ratio en Thiocyanate Content in Roots of Radishes en Turnips. HortScience 9(3):230.
- Chong, C. en B. Bible, 1974 Variation in Thiocyanate Content of Radish Plants During Ontogeny. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99(2):159-162.
- Chong, C., A.G. Kanakis en B. Bible, 1982 Influence of Growth Regulators on Ionic Thiocyanate Content of Cruciferous Vegetable Crops. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107(4):586-589.
- Freeman, G.G. en N. Mossadeghi, 1971 Influence of Sulfate Nutrition of three Cruciferous Plants: Radish(*Raphanus sativus*), Cabbage(*Brassica oleracea capitata*) en White Mustard(*Sinapis alba*). J. Sci. Fd Agric. 1972(23):387-402.
- Friis, P. en A. Kjaer, 1966 4-Methylthio-3-butenyl Isothiocyanate, The Pungent Principle of Radish Root. Acta Chem. Scand. 20(3):689-705.
- Janse, J., 1984. Interne notitie Proefstation.
- Janse, J., 1985. Interne notitie Proefstation.
- Kamp, H. van der, 1986 Persoonlijke mededeling RIKILT.
- Kim, Y.S., Y.C. Kim en K.W. Park, 1983 Influence of Irrigation en Cultivar on Thiocyanate Ion Content in Radish and Chinese Cabbage. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 24(1):9-13.
- Kjaer, A., 1963 Chemical Plant Taxonomy(Swain, T. ed.) Academic Press, New York, 1963:462-467.
- Mullin, W.J. en M.R. Sahasrabudhe, 1977 Glucosinolate Content of Cruciferous Vegetable Crops. Can. J. Plant Sci. 57:1227-1230.
- Neil, L.J. en B. Bible, 1972 Thiocyanate(SCN-) Content of Hypocotyl-root Region of *Raphanus sativus* as affected by Environment. J. Sci. Fd Agric. 23:1379-1382.
- Neil, L.J. en B. Bible, 1973 Effect of Soil Type en Daylength on the Levels of Isothiocyanates in the Hypocotyl-root Region of *Raphanus sativus*. J. Sci. Fd Agric. 24:1251-1254.
- Park, K.W. en M.Z. Kim, 1985 Studies on the Quality of Radish II. Differences of Some Quality Components between Cultivars and Parts of the Root. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 26(3):226-230.
- Sang, J.P., I.R. Minchinton, P.K. Johnston en R.J.W.

- Truscott, 1983 Glucosinolate Profiles in the Seed, Root and Leaf Tissue of Cabbage, Mustard, Rapeseed, Radish en Swede. Can. J. Plant Sci. 64:77-93.
- Unterholzner, O., 1973 Inhaltstoffe in Gemuse: Rettich und Radies. Der Erwerbsgartner 1973(23):1411-1413.
- VanEtten, 1969 Recent progress in hormone research 18:187-219.
- VanEtten, C.H., M.E. Daxenbichler, P.H. Williams, W.F. Kwolek, 1976 Glucosinolates en Derived Products in Cruciferous Vegetables. Analysis of the Edible Part from Twenty-Two Varieties of Cabbage. J. Agric. Food Chem. 24(3):452-455.
- Vesseur, W.P., 1985 Marktonderzoek radijs. Interne Notitie Centraal Bureau Tuinbouwveilingen.
- Vuurst-de Vries, R.G. van der, 1985 Sensorische beoordeling van diverse rassen radijs m.b.t. de specifieke smaak en de scherpte. Interne Notitie Nr. 569 Sprenger Instituut Wageningen.
- Vuurst-de Vries, R.G. van der, 1985 Scherpte Radijs Interne Notitie Sprenger Instituut Wageningen.
- Vuurst-de Vries, R.G. van der, 1986 Persoonlijke mededeling Sprenger Instituut.
- Welles, G.W.H. en J. Janse, 1985. Voosheid bij radijs een onderschat probleem. Groenten en Fruit, 41(7):32-35.

Bijlage I

SAMENSTELLING VOEDINGSOPLOSSINGEN:

Meststof	Half gec. oplossing			Dubbel gec. oplossing		
	Sulfaat (meq/l)			Sulfaat (meq/l)		
	1	4	8	1	4	8
KNO ₃	2.5	2.5	2.5	10	10	10
Ca(NO ₃) ₂	2.5	2.5	2.5	10	10	10
KH ₂ PO ₄	-	0.5	0.5	-	-	-
NH ₄ H ₂ PO ₄	0.5	-	-	2	2	2
MgSO ₄	0.5	1	1	0.5	2	4
Mg(NO ₃) ₂	0.5	-	-	3.5	2	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	-	1	3	-	-	-

Table 1. Total glucosinolate^a (GS) and 4-methylthio-3-butenyl-GS^b content of radish cultivars, $\mu\text{mole}/100\text{ g}$ fresh weight.

Cultivar	Cultivar
<i>European Market</i>	
Americano (75,47) ^a	Roem Van Zwijndreel (103,39)
Piggelmee (81,42)	Saxerre (113,60)
Robijn (94,43)	Novitas (124,75)
<i>European-American Market</i>	
Red	
Verano (91,64)	Rapid Red (147,107)
Radis Gale (96,77)	Far Red (148,95)
Saxafire (103,69)	Stoptite (149,101)
Radis Serra (106,65)	Bulide (150,99)
Scarlet Globe Short Top (107,72)	Early Scarlet Globe (151,105)
Cavalier (108,70)	Champion (158,105)
Red Devil (114,69)	Fuego (162,117)
Middle East Giant (116,83)	Novired (167,129)
Groundy (117,89)	Radis De Lans Point (172,117)
Parat (118,100)	Red Prince 375 (173,103)
Long Scarlet Short Top (121,86)	Perfection Extra Early (179,122)
Crimson Giant (124,93)	Sparkler (186,132)
Radis Flamboyant (126,87)	Red Prince (197,143)
Real (127,104)	Scarlet Knight (198,138)
Firecracker (128,98)	Cherry Belle (200,121)
Red Boy (136,82)	Comet (201,143)
Fancy Red (139,86)	French Breakfast (212,187)
Flevo (142,106)	Winter Radish China Rose (254,184)
White	
Icicle, Short Top (124,82)	Early White Icicle (144,109)
Early Hailstone (132,89)	White Icicle (167,124)
Ijkegel (138,109)	White Spike (211,163)
	White Prince (258,184)
Black	
Round Black Spanish (270,234)	
<i>Japanese Market (daikon Radishes)</i>	
Giant White Globe (144,109)	Shogoin (300,275)
Natsumi (162,138)	Ball Cross ^c (winter type) (307,206)
Wase Miyashige (184,162)	Hoshi Risoh ^c (319,282)
Minowase Summer Cross	Tama Cross ^c (winter type) (321,244)
No. 2 ^c (203,160)	Green Neck Miyashige (321,274)
Shikow (203,170)	Nerima Long White (323,294)
Mino Early Long White (214,144)	Ao-Mino ^c (326,270)
King Summer ^c (232,164)	April Cross ^c (329,226)
Sohbutori Miyashige (241,208)	Winter Queen (329,308)
Kiributo ^c (247,226)	All Seasons ^c (330,220)
Minowase Summer Cross	Kiributo Miyashige (341,271)
No. 1 ^c (256,174)	Teizan Rizo ^c (350,280)
Taibyō Miyashige ^c (261,199)	Ise Takuan (357,307)
Suikomi Ninenshi (261,261)	Awa Shin Bansei (362,333)
Early 40 Days (262,207)	Awa Long White (368,262)
Minowase Summer Cross	Taibyō Ookura (372,335)
No. 3 ^c (264,204)	Ball Winter ^c (winter type) (376,281)
Everest No. 150 ^c (winter type) (271,181)	Suigestu Shogoin ^c (383,308)
White Neck Miyashige (273,227)	Big Icicle ^c (winter type) (400,314)
Miyoshi Long Stump Rooted (279,176)	Terraō Spring White (478,337)
Wakakoma ^c (283,238)	Takiis W-R Shogoin (551,488)
Minowase Spring Cross ^c (293,194)	
Haru Wase ^c (300,218)	
<i>Korean</i>	
Hachu ^c (153,131)	Yanghyeon (214,156)
Keumjinju ^c (159,115)	Tamok (217,164)
Pyeonggang Kimjang ^c (171,108)	Jungkukchungpi (252,152)
Sindaebyeong ^c (171,127)	Taeback ^c (276,261)
Simu (171,128)	Jinjudaeyeong (290,257)
Boguan Dacheyeongbom ^c	Seoul Bom (299,193)
(198,153)	Baekho ^c (306,206)
	Ulsangaearyang (336,241)
<i>Oil Radishes</i>	
Nerys (201,130)	Altari (359,256)
Crail (216,158)	Roderic (243,168)

^aCalculated from glucose released by thioglucoside hydrolase. A molecular weight of 457 was used.^bMolecular weight 457.^cThe first number in parenthesis is the total GS content; the second is 4-methylthio-3-butenyl-GS. Values are for extracts of the unpeeled root. For cultivars grown 2 years, the mean is given.^dHybrid cultivars. All others are open pollinated.