

Zwarte vaatbundels in radijs

Een consultancy-onderzoek

Jan Janse, Pim Paternotte & Wim Voogt





Zwarte vaatbundels in radijs

Een consultancy-onderzoek

Jan Janse, Pim Paternotte & Wim Voogt

© 2009 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Wageningen UR Glastuinbouw

Projectnummer: 3242065600



Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Tel. : 0317 - 48 56 06
Fax : 010 - 522 51 93
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1 Inleiding	3
2 Opzet en uitvoering	5
3 Resultaten	7
3.1 Schadebeelden	7
3.2 Beschrijving problematiek op bedrijven	8
3.2.1 Bedrijf A	8
3.2.2 Bedrijf B	9
3.3 Literatuur	9
3.4 Toetsing op ziekteverwekkers op bedrijven	11
3.4.1 Bedrijf A	11
3.4.2 Bedrijf B	13
3.5 Analyse van mineralengehalte	14
4 Discussie	15
Bronvermelding	17

Samenvatting

Op enkele Nederlandse radijsbedrijven treedt een verschijnsel op, waarbij radijsknollen bruine tot zwarte vaatbundels vertonen. De radijsplantjes blijven veelal achter in groei of gaan dood. Op de betreffende bedrijven breidt het verschijnsel elk jaar uit en leidt tot veel schade. Stomen lijkt slechts tijdelijk te helpen. In de zomer wordt het nauwelijks waargenomen.

In een consultancy-onderzoek is getracht de mogelijke oorzaak van dit verschijnsel op te sporen. Het onderzoek is uitgevoerd door Wageningen UR Glastuinbouw en gefinancierd door Productschap Tuinbouw.

In verschillende analyses op pathogenen kon er geen duidelijke ziekteverwekker worden aangetoond. Ook mineralenanalyses van zowel blad als knollen gaven geen uitsluitsel over de oorzaak. Wel lijken er verschillen in gevoeligheid te zijn tussen rassen. De beelden komen enigszins overeen met die van zwartnervigheid, welke veroorzaakt wordt door de bacterie *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. Deze bacterie is echter in het huidige onderzoek niet in radijs met zwarte vaten aangetroffen.

Uitgebreider onderzoek zal uit moeten wijzen wat de werkelijke oorzaak van zwarte vaatbundels in radijs is. Omdat vooralsnog gedacht wordt aan een ziekteverwekker, is het aan te bevelen om op de betreffende bedrijven uit voorzorg hygiënische maatregelen te nemen.

1 Inleiding

In de herfst van 2007 trad er in Nederland op een groot radijsbedrijf pleksgewijs een verschijnsel op, waarbij vooral de middelste vaatbundels in de radijsknollen zwart waren verkleurd. Deze radijs bleef achter in groei of ging zelfs dood. Toetsing op ziekteverwekkers in opdracht van de betreffende teler leverde een negatief resultaat op. Na stomen in december werd het verschijnsel in de knollen van de volgende teelten niet meer waargenomen. Circa een jaar later trad het verschijnsel op dezelfde plek echter weer in ernstiger mate op, waardoor veel radijs niet kon worden geoogst. Een uitgebreide DNA-scan en uitplaten op een voedingsbodem leverde weer geen schimmel of bacterie op. Uit een grondanalyse bleek dat het calcium-gehalte aan de lage kant was. Op minstens één ander bedrijf in een geheel ander gedeelte van Nederland bleek in 2008 eveneens hetzelfde verschijnsel te zijn voorgekomen. Ook daar konden op een laboratorium geen bekende pathogenen worden aangetoond. Mogelijk dat het verschijnsel (mede) het gevolg is van zwakke cellen en vooral een fysiogene oorzaak heeft.

In een consultantancy-onderzoek door Wageningen UR Glastuinbouw is getracht om de oorzaken van inwendig zwart op te sporen en mogelijke oplossingen voor radijstelers aan te dragen. Daarbij is via interviews op de betreffende bedrijven een inventarisatie gedaan. Via analyses van knollen en blad is zowel gezocht naar oorzaken met een fysiogene als met een pathogene achtergrond. In dit rapport wordt hiervan verslag gedaan.

2 Opzet en uitvoering

Interviews

De twee telers, die het verschijnsel op hun bedrijf hadden tijdens het onderzoek, zijn bezocht en er zijn aan hen vragen gesteld om mogelijke aanknopingspunten te vinden voor de oorzaken van zwarte vaatbundels.

Literatuur

Op internet is er gezocht naar vergelijkbare beelden en is getracht achtergrondinformatie te verzamelen van dit verschijnsel.

Analyse op ziekteverwekkers/pathogenen

De twee telers die te maken hadden met het verschijnsel, hebben verschillende malen monsters radijs laten analyseren op ziekteverwekkers.

Teler A heeft twee maal materiaal aangeleverd op een laboratorium voor toetsing. Daarnaast is een aantal keer materiaal met adviseurs van zaadbedrijven meegegeven om te laten onderzoeken of er een pathogene oorzaak kon worden gevonden.

In opdracht van teler B is in de periode november 2007 tot november 2008 vijf keer bij verschillende laboratoria het materiaal onderzocht op pathogenen. Ook van deze teler hebben zaadbedrijven aangetast materiaal getoetst op ziekteverwekkers.

Door WUR Glastuinbouw zijn twee maal, namelijk eind november en in de tweede helft van december 2008, stukjes met zwart knolweefsel van bedrijf A op een voedingsbodem gezet en onderzocht op mogelijke schimmels. Aan de voedingsbodem was een bactericide toegevoegd om overgroeiing door schimmels van mogelijk aanwezige bacteriën uit te sluiten.

Daarnaast zijn eind februari 2009 van bedrijf A zowel radijsknollen als grond afkomstig van de plaats met het verschijnsel door de Naktuinbouw getoetst op pathogenen. Aan Naktuinbouw is gevraagd om het plantmateriaal te onderzoeken op bepaalde plantpathogene bacteriën (*Xanthomonas*) en schimmels (*Verticillium*). In het grondmonster is specifiek gezocht naar de pathogene schimmel *Verticillium dahliae*.

Van bedrijf B is begin april 2009 een monster op een extern laboratorium met behulp van een DNA-toets onderzocht op aanwezige plantpathogene schimmels en bacteriën.

Gewasanalyses

Het verschijnsel zou een fysiogene oorzaak kunnen hebben. Het zou een gevolg kunnen zijn van een tekort aan bepaalde voedingselementen in de bodem, maar het kan ook een fysiologische afwijking zijn als gevolg van bijvoorbeeld calciumtekort veroorzaakt door een geringe verdamping. Daarom is het product bemonsterd op gehalte aan voedingselementen.

Op het bedrijf waar de problemen het eerst zichtbaar en het grootst waren (bedrijf A), zijn op 28 november 2008 radijsknollen en blad verzameld. De radijsknollen werden verticaal doorgesneden en er werd een verdeling gemaakt in knollen met geen, matig veel zwarte en veel zwarte vaatbundels. Per categorie werd uit het middelste gedeelte van de knol een stuk weefsel van circa 5 mm in doorsnede gesneden voor een analyse op voedingselementen. Het aantal knollen per monster bedroeg rond de vijfhonderd. Voorafgaande aan de analyses zijn de knol- en bladmonsters gedroogd in een droogstoof en is het droge-stofgehalte bepaald. Op een extern laboratorium is het gedroogde materiaal onderzocht op hoofd- en spoorelementen.

3 Resultaten

3.1 Schadebeelden

Het verschijnsel bestaat uit achterblijvende groei en soms wegvallen van de radijsplantjes. Vaak vergelen en in een later stadium verdorren de lobblaadjes en het eerste bladpaar of gaat de gehele plant dood. Dit geeft veel schade (Figuur 1 en 2).

In eerste instantie treedt het pleksgewijs op, maar de plekken kunnen in de volgende teelten steeds groter worden en uiteindelijk verspreid over de gehele oppervlakte voorkomen. Bij het doorsnijden van de knol van boven naar beneden zijn in het midden zwartbruine vaatbundels te zien. In veel gevallen zijn ook de vaatbundels van de hoofdwortel en de bladstelen zwartbruin verkleurd. Meestal zijn de verkleurde vaatbundels over de gehele lengte van de knol te zien, maar soms alleen in het bovenste gedeelte van de knol. Als de knollen overdwars worden doorgesneden, zijn meer naar de schil toe vaak ook zwarte vaatbundels zichtbaar (Figuur 3 t/m 8).

De indruk is dat de zwartverkleuring van de vaatbundels in de knol zowel vanuit de wortel als vanuit de inplanting van de bladstelen kan ontstaan.

Omdat het uitwendig niet duidelijk is te zien, kunnen tussen de geoogste en verhandelde knollen nog knollen aanwezig zijn met zwarte vaatbundel. Dit kan tot teleurstellingen bij de consument leiden.



Figuur 1 en 2. Radijsplantjes blijven achter in groei, lobblaadjes en hoge liggende blaadjes vergelen, worden bruin en plantjes gaan in een later stadium dood.



Figuur 3 en 4. Bij doorsnijden zijn in het midden, maar vaak ook meer naar de zijkant van de knol, bruin tot zwart verkleurde vaatbundels te zien.



Figuur 5 en 6. Soms lijkt de zwartverkleuring vlak bij de inplanting van de bladstelen te ontstaan.



Figuur 7 en 8. Ook de vaatbundels in de bladstelen kunnen zwart zijn verkleurd.

3.2 Beschrijving problematiek op bedrijven

3.2.1 Bedrijf A

In de herfst van 2007 trad er op bedrijf A, waar jaarrond radijs wordt geteeld, pleksgewijs een vreemd verschijnsel op. Bij deze radijs waren vooral de middelste vaatbundels in de knollen zwart verkleurd. In veel gevallen was de zwartverkleuring ook in de hoofdwortel en in vaatbundels van de bladstelen zichtbaar. De radijs bleef veelal achter in groei of ging zelfs dood. Bij een toetsing op ziekteverwekkers in opdracht van de teler kon men geen ziekteverwekker aantonen. Na stomen in december werd het verschijnsel in de knollen niet meer waargenomen, maar in oktober 2008 kwam het verschijnsel op dezelfde plek weer in ernstiger mate voor, waardoor veel radijs onverkoopbaar werd. De plekken met aangetaste radijs lagen nu verspreid over de gehele kap en ook elders in de kas, vooral langs het pad. In het voorjaar van 2009 was de aantasting inmiddels verspreid over het gehele bedrijf. Begin mei leek het zwart verkleuren van de vaatbundels echter wel wat minder te zijn geworden. Bij verschillende toetsingen op plantpathogenen konden geen duidelijke ziekteverwekkers worden aangetoond (zie par. 3.4.1).

Omdat er een laag calcium-gehalte in de grond was gemeten, namelijk circa 0.9 mmol/l bij een streefwaarde van 3.0 mmol/l, is er landbouwkalk gestrooid. Dit leek echter geen effect gehad te hebben op het verschijnsel, omdat het aantal knollen met zwarte vaatbundels nog toenam. Met uitzondering van het calcium-gehalte in de grond, weken de gemeten waarden aan voedingselementen niet duidelijk af van de streefwaarden in de grond.

Het verschijnsel kwam in verschillende rassen voor. Bij het ras Girox was de aantasting erger dan bij Vitamar, maar de rassen verschilden ook in zaaitijd. Vitamar werd gezaaid van 15 september tot 6 oktober en Girox in de periode daarvoor.

De teler had sterk de indruk dat radijs met zwarte nerven op begonnen te treden als de weersomstandigheden ongunstiger werden, dus in de herfst wanneer het vochtiger en donkerder werd en de plant daardoor minder ging verdampen. Het probleem duurt dan tot ver in het voorjaar. Alleen in de zomer was het minder.

3.2.2 Bedrijf B

Bedrijf B is in een geheel ander gedeelte van Nederland gesitueerd. Op dit bedrijf waar jaarond radijs op zanderige grond wordt geteeld, traden de problemen met zwarte vaten op in een zaaisel van de tweede helft februari 2008 bij het ras Janox. Op een laboratorium konden toen geen pathogenen worden aangetoond (zie ook par. 3.4.2). Na de oogst van deze radijs heeft de teler in mei in verband met *Rhizoctonia* gestoomd.

Na ongeveer een half jaar zijn er op dezelfde plek weer enkele 'zieke' plantjes gesignaleerd, maar het was toen niet ernstig. Eind maart/begin april 2009 traden er op ongeveer dezelfde plek als vorig jaar op de overgang van zaaien van het ras Corox naar het ras Janox weer dezelfde verschijnselen op, maar nu in ernstiger mate. De plekken en ook de oppervlakte met aangetaste radijs waren weer groter geworden.

In de Corox was het nauwelijks zichtbaar, maar bij het ras Janox wel. In hoeverre dit met het ras te maken heeft is onduidelijk, omdat de rassen in verschillende zaaiperiodes vallen. De teler heeft echter de sterke indruk dat ook het ras Lennox erg gevoelig is voor dit verschijnsel. De rassen Emilio en Suprella zouden weinig gevoelig zijn.

In tegenstelling tot bij bedrijf A, leek de zwartverkleuring in de knol veelal te beginnen bij de inplanting van het blad.

3.3 Literatuur

Via internet is in de literatuur gezocht naar vergelijkbare verschijnselen bij radijs. Hieronder worden de resultaten hiervan weergegeven.

Symptomen van zwartnervigheid

Het beeld op de betreffende bedrijven van zwarte vaatbundels in radijs lijkt het meest overeen te komen met die van zwartnervigheid (in het Engels 'Black rot') in koolgewassen. Deze ziekte komt voor bij kruisbloemigen (cruciferen), waartoe ook radijs behoort. Hieronder wordt uitgebreid op deze bacterieziekte ingegaan.

De ziekte is in de literatuur vooral beschreven bij kool en in mindere mate bij radijs, maar radijs wordt wel vaak genoemd als gewas dat kan worden aangetast. De ziekte treedt vooral op onder omstandigheden met een hoge luchtvochtigheid en een relatief hoge temperatuur. Bij deze ziekte zijn in het blad van kool in eerste instantie vaak V- of U-vormige lesions aan de rand van het blad te zien. De punt van deze lesie is naar een vaatbundel gericht. Wanneer de lesions groter worden, breidt de verwelking van het weefsel uit naar het onderste gedeelte van het blad. De zieke bladgedeelten kunnen bruin en de vaatbundels bruin of zwart worden (1). Soms zijn de V-vormige lesions echter niet aanwezig, maar kan wel het blad vergelen. Bijna altijd zijn de vaatbundels donker of zwart (2). Het komt ook voor dat de lesions onder droge omstandigheden verdrogen en de ziekte niet verder gaat (3). De infectie kan via het vaatweefsel naar beneden gaan en via de bladstelen verder worden verspreid. Wanneer geïnfecteerde bladstelen en -schijven overlans of overdwars worden doorgesneden, is vaak het zwartbruine weefsel van de vaten te zien met geelachtig slijm van bacteriën. Ook vaatbundels in de stengel kunnen donker worden (2). De symptomen van zwartrot kunnen variëren afhankelijk van het gewas, de leeftijd van de waardplant, het ras en de teeltomstandigheden. Sommige onkruiden van het geslacht *Cruciferae* vertonen geen symptomen, terwijl ze toch met bacteriën besmet zijn (1).

Veroorzaker van zwartnervigheid

Zwartnervigheid wordt veroorzaakt door de bacterie *Xanthomonas campestris* pv. (=pathovar) *campestris* (Xcc). Deze bacterie kan in plantresten, in en op zaad van zieke planten én in en op zieke onkruiden overblijven. De ziekteverwekker kan in aangetaste koolresten in de grond tot wel twee jaar overblijven, maar niet langer dan 40 à 60 dagen in de grond overleven zonder plantmateriaal. Geïnfecteerd zaad is de belangrijkste besmettingsbron. De bacterie kan worden verspreid binnen en tussen velden door opspattend water, wind, insecten, machines, mensen, beregenings- en drainagewater (1). Waterdruppels besmet met bacteriën zijn op het veld een belangrijke besmettingsbron (3, 4).

De bacterie dringt lobblaadjes en jonge bladeren binnen via natuurlijke openingen in de plant, zoals hydathoden (openingen aan bladranden waaruit planten water kunnen persen, het zogenaamde gutteren) en huidmondjes, of wonden. Voor infectie is vrij water nodig. De bacterie kan ook wortels binnendringen via wonden of natuurlijke openingen, als bijvoorbeeld op bestaande wortels zich nieuwe worteltjes ontwikkelen. Vooral onder natte omstandigheden vormt deze een ingang voor bacteriën. De bacteriën verplaatsen zich na het binnendringen in de plant tussen de cellen totdat zij het weefsel van de houtvaten bereiken, van waaruit ze zich over de gehele plant kunnen verspreiden (2).

Na besmetting kunnen symptomen onder optimale omstandigheden (25 tot 30 °C) binnen 7 tot 14 dagen naar voren komen. Xcc-bacteriën kunnen zich echter ontwikkelen bij temperaturen van 4 tot 36 °C. De ziekteontwikkeling verloopt bij temperaturen van 16 tot 18 °C traag en er zouden dan geen symptomen worden gevormd (1, 3). Temperaturen beneden 20°C kunnen symptomen van zwartrot maskeren (5). Het kan na besmetting wel 43 dagen duren voordat symptomen op de bladeren van kool zijn te zien (2). Soms kunnen ook andere bacteriën (bijv. *Erwinia* of *Pseudomonas marginalis*) of bepaalde schimmels de symptomen van zwartrot maskeren. Xcc-bacteriën kunnen dus latent aanwezig zijn zonder symptomen te veroorzaken. In radijsplanten in de vollegrond, die kunstmatig besmet waren met Xcc, kon men 42 tot 57 dagen na besmetting nog bacteriën terugvinden in het blad. De onderzochte radijs bleef echter zonder symptomen (3).

Op verschillende wilde planten kan de bacterie zich vermenigvuldigen, maar de planten blijven vaak symptomeloos. Ze vormen echter wel een bron van besmetting (3).

Maatregelen ter voorkoming en/of verspreiding van zwartnervigheid

Om zwartnervigheid te voorkomen en te verspreiden worden in de literatuur de volgende maatregelen voorgesteld (1, 2, 3, 4, 7, 8):

- Gebruik zaad dat getest is op zwartrot en afkomstig is van ziektevrrije planten en afkomstig is uit een droog productiegebied.
- Geef het zaad een warmwaterbehandeling of desinfecteer het zaad met een desinfectiemiddel als de zaadherkomst onbekend is of de zaadpartij besmet is. Drie tot vijf zaadjes op de 10.000 zaden kunnen in het veld onder gunstige teeltomstandigheden al een ernstige aantasting van zwartrot veroorzaken. Een warmwaterbehandeling verlaagt echter de kiemkracht van het zaad en doodt niet alle bacteriën.
- Pas vruchtwisseling toe: niet eerder dan 3 jaar terugkomen op dezelfde grond in verband met overblijvende plantresten. Als dit niet mogelijk is, de grond ontsmetten of stomen.
- Om verpreiding van de ziekte tegen te gaan kunnen de volgende maatregelen worden genomen:
 - Verwijder alle (materiaal van) spontaan opgekomen kruisbloemigen van voorgaande teelten en wilde planten in de nabije omgeving van het teeltoppervlak. Ook volkstuintjes met cruciferen in de nabijheid van het teeltgedeelte kunnen een besmettingsbron vormen. Houd geen afvalhopen aan met besmet afval van cruciferen in de nabije omgeving.
 - Geen natuurlijke mest gebruiken dat resten van cruciferen kan bevatten.
 - Gebruik geen sprinkler installatie. Een extreme watergift na het zaaien zou de ziekte sterk kunnen verspreiden.
 - Beregen met bronwater of leidingwater: hierbij is er minder kans op besmetting dan met oppervlaktewater.

- Gebruik geen machines (bosmachine) en gereedschap die gebruikt zijn in een besmet gedeelte, verwijder anders de grond en ontsmet de machines en gereedschap.
- Verwijder zo spoedig mogelijk overgebleven plantmateriaal.
- Bewerk de grond zodanig dat plantresten van cruciferen diep in de grond terechtkomen en zo snel mogelijk kunnen verteren.
- Bestrijdingsmiddelen die koper bevatten kunnen de verspreiding van de ziekte verminderen (in Nederland niet toegestaan in radijs!)
- Bij sommige kruisbloemige gewassen zijn resistente of duidelijk minder gevoelige rassen beschikbaar.
- Controleer frequent op de ziekte. Als aangetaste planten worden waargenomen, wordt geadviseerd om deze zo spoedig mogelijk te verwijderen en ook de planten in een straal van circa 1 a 1.5 meter rondom af te voeren.

3.4 Toetsing op ziekteverwekkers op bedrijven

3.4.1 Bedrijf A

In Tabel 2 is per ingestuurd radijsmonster afkomstig van bedrijf A aangegeven wat de resultaten waren van de analyses op ziekteverwekkers.

Tabel 2. Resultaten van toetsingen van radijs met zwarte vaatbundels van bedrijf A op pathogenen.

Datum	Opdracht-gever	Bepalings-methode	Schimmels	Bacteriën	Opmerkingen
31-10-08	Teler A	DNA-scan	Zeer lichte aantasting door <i>Botrytis cinerea</i>		Botrytis hoogstwaarschijnlijk secundair
13-11-08	Teler A	uitplaten	<i>Pythium spp.</i>	Veel bacteriegroei, geen <i>Pseudomonas syringae</i> of andere bekende pathogene bacteriën aangetroffen	<i>Pythium spp</i> hoogstwaarschijnlijk secundair
28-11-08	WUR Glas	uitplaten	Geen schimmelgroei		Antibiotica toegevoegd aan agarmedium
23-12-08	WUR Glas	uitplaten	Geen schimmelgroei		Speciaal agarmedium voor <i>Verticillium spp.</i> , antibiotica toegevoegd
19-02-09	WUR Glas	uitplaten	Geen <i>Verticillium daliae</i> aangetoond	Geen <i>Xanthomonas campestris pv. campestris</i> en <i>Xanthomonas campestris pv. armoraciae</i> aangetoond. Wel veel bacteriën aanwezig.	Bacteriën hadden geen zetmeelomzetting en worden als niet pathogeen beschouwd.

Samengevat:

- Geen schimmel aangetoond die de veroorzaker zou kunnen zijn van zwarte vaatbundels.
- Geen bekende pathogene bacteriën aangetroffen; bij uitplaten van het monster zijn wel veel bacteriën gevonden.

Van een grondmonster afkomstig van een plek met 'ziek' materiaal is via de uitplaatmethode bij Naktuinbouw speciaal gezocht naar *Verticillium*. In de grond kon echter geen *Verticillium dahliae* worden aangetoond.

Door vertegenwoordigers van verschillende veredelingsbedrijven zijn ook monsters afkomstig van radijsbedrijven meegenomen en getoetst op ziekteverwekkers. Voorzover bekend is echter nooit een pathogeen aangetoond.

Een phytopatholoog van Syngenta heeft stukjes radijs na uitwendig ontsmetten uitgeplaat, waarbij hij ook een paar mm van de bladstengels boven de knol heeft laten zitten. Bij een aantal stukjes bleek uit deze stengelgedeelten een *Verticillium* schimmel te groeien. Uit de stukjes knol zelf kon men echter geen *Verticillium* schimmel isoleren. De gevonden schimmel is hoogstwaarschijnlijk *Verticillium tricorpus*, welke bekend staat als een zwakteparasiet en normaal gesproken planten niet ziek kan maken. Tot en met mei 2009 is het bij Syngenta niet gelukt om hiermee radijs ziek te maken (persoonlijke mededeling Bert Woudt, 2009). In het verleden kon ook tomaat niet ziekgemaakt worden door planten te besmetten met deze schimmel (persoonlijke mededeling Pim Paternotte, 2009).

Uit contacten van Bert Woudt met onderzoekster Lindsey du Toit van de Washington University in Amerika bleek dat *Verticillium* ook inwendig zwart kan veroorzaken. De beelden lijken echter niet geheel hetzelfde te zijn als op de Nederlandse bedrijven. In de radijs bij de Nederlandse telers waren meestal de vaatbundels in het midden van de knol zwartverkleurd, terwijl in de Amerikaanse radijs de vaten net onder de schil en in de bladstelen zwartverkleurd lijken te zijn (Figuur 9 en 10).



Figuur 9 en 10. Radijs met zwarte vaatbundels (foto's Lindsey du Toit, Washington State University).

3.4.2 Bedrijf B

In Tabel 3 is per ingestuurd radijsmonster afkomstig van bedrijf B aangegeven wat de resultaten waren van de analyses op ziekteverwekkers.

Tabel 2. Analyse van radijs met zwarte vaatbundels van bedrijf B op pathogenen.

Datum	Opdrachtgever	Bepalingsmethode	Schimmels	Bacteriën	Opmerkingen
15-11-07	Teler B	DNA-scan	<i>Phytophthora cactorum</i>		In het algemeen niet schadelijk voor radijs
11-12-07	Teler B	Uitplaten			Géén <i>Xanthomonas campestris campestris</i> aangetroffen
20-05-08	Teler B	DNA-scan	<i>Phytophthora spp</i> <i>Pythium spp</i> <i>Penicillium spp</i>		Schimmelaantastingen zeer gering: waarschijnlijk niet de oorzaak, maar secundair
15-04-08	Teler B	Uitplaten	<i>Fusarium oxysporum</i>	Geen plantparasitaire bacteriën aangetroffen	Volgens lab is gevonden schimmel waarschijnlijk niet verantwoordelijk voor zwarte vaten
25-04-08	Teler B	Uitplaten	<i>Pythium sp.</i>		Waarschijnlijk secundair
27-11-08	Teler B	Microscop, uitplaten en DNA	Geen plantpathogene schimmels en oomyceten aangetoond	Geen <i>Xanthomonas spp.</i> , <i>Xanthomonas campestris pv. campestris</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> en <i>Pseudomonas syringae</i> aangetoond	
07-04-09	WUR Glas	DNA-scan	Plantpathogene schimmels <i>Verticillium albo-atrum</i> en <i>Verticillium dahliae</i> niet aangetoond	Geen <i>Xanthomonas campestris pv. Campestris</i> (Brassicaceae) en <i>Xanthomonas campestris pv. campestris</i> (anders dan Brassicaceae) aangetoond. Er is wel een onbekende <i>Xanthomonas</i> -bacterie aangetroffen	Onduidelijk is of gevonden <i>Xanthomonas</i> bacterie schadelijk is voor radijs

Samengevat:

- In de monsters werden soms plantpathogene schimmels aangetroffen, maar deze waren hoogstwaarschijnlijk niet de primaire oorzaak.
- Alleen in de laatste bepaling werd een vooralsnog onbekende *Xanthomonas*-bacterie aangetoond, maar het is onduidelijk of deze bacterie schadelijk is voor radijs en de zwarte vaten in radijsknollen kan veroorzaken.

3.5 Analyse van mineralengehalte

In Tabel 1 zijn de resultaten gegeven van respectievelijk de knol- en bladanalyses op hoofd- en spoorelementen van radijs afkomstig van bedrijf A.

Tabel 1. *Hoofd- en spoorelementen in de knol en blad van radijs met geen, matig veel en veel zwarte vaten, waarbij de hoofd- en spoorelementen zijn weergegeven in respectievelijk mmol en μ mol per kg droge stof. Tevens is het droge stofgehalte gegeven.*

Mate van aantasting knol	droge stof (%)	K	Na	Ca	Mg	N	S	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
Hoofdelementen							Spoorelementen							
<i>Knol</i>														
Geen	3.12	2966	46	122	194	3979	149	136	1146	1183	1117	2590	55	2.1
Matig	3.50	2707	48	124	184	3400	186	169	1325	710	1178	2405	68	3.1
Veel	3.39	2787	50	127	194	3736	204	182	1540	837	1239	2405	68	3.1
<i>Blad</i>														
Geen	6.15	1545	31	518	233	4911	307	155	3850	7263	1484	3885	87	11
Matig	7.09	1342	37	638	304	4611	347	149	4906	5370	2080	3885	96	8.3
Veel	7.21	1455	41	575	305	4443	373	164	3689	4514	2065	3607	93	7.3

Bij de knol en/of het blad waar op het oog een duidelijke toe- of afname in gehalte is te zien naarmate de vaatbundels zwarter zijn, zijn de cijfers geel gemarkeerd. Er kon niet statistisch worden getoetst, omdat de radijsmonsters in enkelvoud zijn geanalyseerd.

Zowel knol als blad

Naarmate het verschijnsel ernstiger wordt, lijkt er zowel in het blad als de knol een **toename** te zien te zijn in droge stofgehalte, zwavel en zink en een **afname** in mangaan. Opvallend is verder dat zowel het K-gehalte als het N-gehalte flink afnemen naarmate er meer zwarte vaatbundels zijn. Voor K is bij beide organen vooral de 'niet aangetaste plant' beduidend hoger dan de rest. Voor N is dit ook het geval bij de knol, en in het blad is de afname over de hele linie.

Alleen knol

Meer zwarte vaten lijken samen te gaan met een **hoger** zwavel, fosfor-, ijzer-, en in geringe mate een hoger koper-, borium- en molybdeengehalte in de knol.

Alleen blad

Bij het blad lijkt er sprake te zijn van een **toename** in natrium, magnesium en een **afname** in molybdeen als er meer zwartverkleuring wordt waargenomen.

In tegenstelling tot de verwachting is er in het calcium-gehalte zowel bij het blad als de knol geen duidelijke lijn te ontdekken.

4 Discussie

Mineralentekort

In eerste instantie is in dit consultancy-onderzoek gezocht naar een mogelijk fysiogene oorzaak, omdat er daarvoor geen duidelijke ziekteverwekkers als oorzaak van zwarte vaatbundels in radijs waren gevonden. Daarom is in zowel knol- als blad van 'zieke' en goede radijs het elementgehalte bepaald.

Er zijn inderdaad wat verschillen in de mineralengehalten gevonden, maar de vraag is wat dit voor betekenis heeft. Bij mineralen is altijd de vraag: wat is oorzaak en wat is gevolg. Gebrek/overmaat kan ontstaan door een tekort/teveel van dat element in de bodem, door verstoorde onderlinge verhoudingen (antagonismen), door omgevingsfactoren (temperatuur, pH, etc.) of door een slecht transport in de plant (eveneens klimaat). In al deze gevallen is er sprake van afwijkende gehalten van één element. Het is natuurlijk mogelijk dat een gebrek- of overmaat tot gevolg heeft dat ook de opname of de verdeling in de plant van andere elementen ook verstoord is. Het is echter uitzonderlijk als dit voor een breed scala aan elementen het geval is, zoals uit de bepalingen in de radijs bleek (zie par. 3.3). Mede daarom is het niet waarschijnlijk dat er sprake is van gebrek of overmaat in de 'normale' zin des woords. Vooral ook niet omdat de gehalten op een redelijk normaal niveau zijn.

In de tweede plaats kunnen afwijkende mineralengehalten ontstaan door fysiologische oorzaken, zoals door de mindere groei van de radijs. Zo zal het hogere droge stofgehalte bij de radijs met zwarte vaatbundels vooral een gevolg zijn van de minder goede vochtthuishouding door de zwarte vaten. Sommige blaadjes van de radijs met zwarte vaten waren ook al aan het vergelen, slap of bruin, wat het drogestof gehalte hoger zal hebben gemaakt.

Een slecht transport zal zeker ook het gehalte beïnvloeden. Een aanwijzing is het lagere gehalte aan N en K samenhangend met de zwarte vaatbundels. Zowel K als N worden actief door de wortels opgenomen. Als de wortelactiviteit vermindert, neemt de opname van beide ook af. De groei (celstrekking) zal nog wel wat doorgaan, zodat er verdunning plaatsvindt in de plant. In dit soort gevallen is dus niet de lagere gehalten aan mineralen de oorzaak, maar het gevolg van een andere verstoring.

Ziekteverwekker

Uit de analyses van radijs met zwarte vaatbundels op plantpathogenen, kan tot nog toe geen duidelijke ziekteverwekker worden aangewezen als oorzaak voor het verschijnsel. Soms wordt er wel een schimmel of bacterie in het materiaal aangetroffen, maar de kans is groot dat deze niet de primaire oorzaak is van het verschijnsel, maar slechts in tweede instantie verzwakt weefsel heeft aangetast.

Het lijkt er desondanks veel op dat er toch een ziekteverwekker in het spel is, al dan niet beïnvloedt door bepaalde omgevingsfactoren. Zo zijn er in de zomer duidelijk minder problemen met het verschijnsel dan in de rest van het jaar. Mogelijk dat de radijs dan sterker is en daardoor minder snel wordt aangetast of dat de groeiperiode dan (te) kort is om symptomen in de radijsknollen op te wekken. Het verschijnsel blijkt in de eerste teelt na het stomen niet op te treden, wat ook wijst op een pathogene oorzaak. Ook lijkt het verschijnsel zich verder over het gehele bedrijf te verspreiden. Dit zou kunnen gebeuren via grondbewerkings- of bosmachines of door 'overlopen'.

In de literatuur is vrij veel informatie te vinden over een min of meer vergelijkbaar verschijnsel, namelijk zwartnervigheid bij koolachtigen. Deze ziekte wordt veroorzaakt door de bacterie *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Xcc), welke ook radijs kan aantasten. Xcc is echter tot nog toe niet in 'aangetast' radijsmateriaal van de twee bedrijven gevonden. In koolgewassen blijkt deze bacterie juist wel gemakkelijk aantoonbaar te zijn. Alleen in de laatste bepaling van radijs afkomstig van bedrijf B op 7 april 2009 werd een vooralsnog onbekende *Xanthomonas*-bacterie aangetoond, maar het is onduidelijk of deze bacterie schadelijk is voor radijs en zwarte vaten kan veroorzaken.

Xcc slaat vooral toe onder vochtige omstandigheden en bij hoge temperaturen, maar juist in de zomermaanden komt de 'ziekte' op de radijsbedrijven duidelijk minder voor. In de zomer is de luchtvochtigheid echter ook aan de lage kant en de groeiperiode is dan kort.

Het lijkt niet erg waarschijnlijk dat de door Syngenta gevonden *Verticillium (tricornus?)*-schimmel in zieke radijs de veroorzaker is, omdat deze *Verticillium*-soort niet of zwak pathogeen is. In Amerika zijn door een onderzoekster enigszins vergelijkbare beelden in radijs gevonden, welke veroorzaakt werden door een *Verticillium*-schimmel.

In zowel grond als radijs is in dit consultancy-onderzoek ook speciaal gezocht naar *Verticillium*, maar in het aangeleverde materiaal kon de ziekteverwekkende schimmel *Verticillium daliae* niet worden aangetoond.

Het lijkt ook niet waarschijnlijk dat *Fusarium* de oorzaak is, omdat de verschijnselen anders zijn en het ook voorkomt in rassen die hoog resistent zijn tegen *Fusarium*. Bovendien geeft *Fusarium* de meeste ziekteverschijnselen bij hoge temperaturen dus in de zomer.

De beelden op de twee Nederlandse bedrijven lijken niet op de verschijnselen die veroorzaakt worden door *Xanthomonas campestris* pv. *raphani* of *Xanthomonas campestris* pv. *armoraciae*. De eerste bacterie veroorzaakt namelijk bladvlekken en donkere ingezonken lesies op het blad, maar geen ziekteverschijnselen in de vaatbundels. *Xanthomonas campestris* pv. *armoraciae* geeft naast bladvlekken, géén ingezonken lesies en ook geen zwarte vaatbundels (6).

Omdat nog niet duidelijk is of en eventueel welke ziekteverwekker de oorzaak is van zwarte vaatbundels, kan om verdere verspreiding te voorkomen, het beste uit voorzorg goede hygiënische maatregelen worden genomen. Dit betekent bijvoorbeeld regelmatig ontsmetten van machines en het aanbrengen van een ontsmettingsmat bij de deur. Grond stomen is tot op zekere hoogte ook afdoende om het verschijnsel te voorkomen.

Verder onderzoek

Vervolgonderzoek zal zich allereerst moeten richten op de vraag of het verschijnsel kan worden gereproduceerd en er een ziekteverwekker in het spel is. Met andere woorden, kunnen dezelfde beelden in radijs worden opgewekt door grond waarin wordt gezaaid al dan niet te besmetten met 'ziek' plantmateriaal? Waarschijnlijk moet dit onderzoek onder verschillende omstandigheden en met verschillende rassen worden uitgevoerd, omdat er aanwijzingen zijn dat klimatologische factoren en het ras mede van invloed zijn op de mate waarin zwarte vaatbundels optreden.

Het is mogelijk dat de veroorzaker van het verschijnsel niet groeit op een voedingsbodem. Het lijkt dan ook zinvol om van DNA-materiaal afkomstig van radijs met zwarte vaatbundels karakteristieke stukjes DNA heel vaak te kopiëren in een PCR apparaat en om daarna te bepalen of dit overeenkomt met het DNA van een reeds bekende ziekteverwekker. Als bekend is dat er inderdaad een ziekteverwekker in het spel is en ook welke, zouden er betere en gerichtere maatregelen kunnen worden genomen om het verschijnsel te voorkomen en/of te verminderen.

Bronvermelding

<http://ohioline.osu.edu/hyg-fact/3000/3125.html>

<http://university.uog.edu/cals/people/PUBS/DiseaseP/VH01300.pdf>

<http://dsp-psd.pwgsc.gc.ca/Collection/A42-83-1999E.pdf>

http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/factsheets/Crucifers_BR.htm

Schultz, T. en G.L. Gabrielson, 1986.

Xanthomonas campestris pv. *campestris* in Western Washington Crucifer Seed Fields; Occurrence and Survival. *Phytopathology* 76 (12): 1306-1309.

http://www.planthealth.co.uk/downloads/Poster_Xcr_BSPP2005.pdf

<http://ipm.illinois.edu/diseases/series900/rpd924/index.html>

http://www.ca.uky.edu/agcollege/plantpathology/ext_files/PPFShtml/PPFS-VG-1.pdf

