

NEDERLANDSCHE PLANTENZIEKTENKUNDIGE (PHYTOPATHO-
LOGISCHE) VEREENIGING

TIJDSCHRIFT OVER PLANTENZIEKTEN

ONDER REDACTIE VAN

IR N. VAN POETEREN, PROF. DR W. K. J. ROEPKE EN
PROF. DR JOH^A WESTERDIJK

45e Jaargang

4e aflevering

Juli/Augustus 1939

ONDERZOEKINGEN OVER ENKELE ACTINOMYCETEN,
WELKE AARDAPPELSCHURFT VERWEKKEN

Investigations on certain Actinomycetes that cause Potato Scab

DOOR

HELENA L. G. DE BRUYN

INLEIDING

Algemeen wordt nu wel erkend, dat aardappelschurft een parasitaire ziekte is, veroorzaakt door een Actinomyceet. In Amerika werd vastgesteld, dat *Actinomyces scabies* (THAXT.) GÜSS. als ziekteverwekker moet worden beschouwd; daarnaast zijn later ook andere soorten van het geslacht *Actinomyces* (WOLLENWEBER, 30; MILLARD en BURR, 22) als veroorzakers van aardappelschurft beschreven.

Hiermede is direct een van de groote moeilijkheden van het schurftvraagstuk weergegeven, nl. dat niet elke aardappelschurft door hetzelfde organisme met dezelfde eigenschappen wordt teweeggebracht. Door het oorspronkelijk niet erkennen van dit feit zijn vele tegenstrijdige gegevens verkregen, wier oogenschijnlijke tegenspraak thans beter verklaard kan worden.

Een op den voorgrond tredende eigenschap der Actinomyceten komt als tweede verwarring stichten; hiermede is bedoeld de groote veranderlijkheid den Actinomyceten eigen. Deze opvatting wordt niet algemeen gehuldigd en o.a. door DUCHÉ (7) en TEMPEL (28) ontkend. Ongelijke voeding wordt als een der voornaamste oorzaken van de veranderlijkheid beschouwd. TEMPEL trachtte haar standpunt proefondervindelijk aan te toonen. Door zeer uitgebreide voorzorgsmaatregelen gelukte het haar 5 stammen constant te houden. De voorzorgsmaatregelen waren van dien aard, dat in werkelijkheid geen organische voedingsstof hieraan ooit beantwoordt en zeer zeker nooit diegene, die in de

natuur door de Actinomyceten gebruikt worden. De daar dus normaal voorkomende mogelijke veranderlijkheid der stammen zal bij het ziekteprobleem een belangrijke rol spelen. Op zichzelf is dit reeds een punt, dat waard is om bestudeerd te worden.

De kleine verschillen tusschen de eigenschappen van de Actinomyceten, het zeer groote aantal vormen en de veranderlijkheid van deze hebben tot gevolg gehad, dat hun systematiek zeer weinig uitgewerkt is. In de te beschrijven proeven is niet getracht van de verkregen stammen de identiteit met mogelijk reeds vroeger beschreven soorten na te gaan. De stammen, waarmede gewerkt is, worden slechts met letters en nummers aangegeven.

De genoemde moeilijkheden maken, dat de kennis van de biologie van de aardappelschurft slechts zeer langzaam vordert. De te vermelden proeven hebben opnieuw de veranderlijkheid der Actinomyceten bevestigd. In hoeverre de practische bestrijding in eenige mate van dit feit voordeel kan trekken, ligt nog in het duister, doch het is zeker van belang dit punt niet uit het oog te verliezen.

Op kleine schaal werden proeven genomen met enkele chemische bestrijdingsmiddelen. Nagegaan werd verder het verschillend optreden van bepaalde stammen van *Actinomyces* op enkele aardappelvariëteiten en de verschillende reactie van de knollen hierop.

METHODEN VAN PROEFNEMING

DUCHÉ (7) heeft gemeend de algemeene opvatting over groote veranderlijkheid van de Actinomyceten te kunnen verklaren uit het niet nauwkeurig werken van de onderzoekers. Als eerste eisch noemt hij het gebruik van 1 spore-culturen. In de meeste gevallen zijn de culturen verkregen door het herhaaldelijk gieten van schalen, zooals in de bacteriologie gebruikelijk is, om daarna uit de schaal een afzonderlijk groeiend organisme over te enten. Een bewijs, dat een zuivere reïncultuur verkregen is, is dit strikt genomen niet, al zal meestal dit doel wel bereikt zijn.

WINGERBERG (29) verkreeg, hoewel hij het schalen gieten eenige malen herhaalde, uit 1 stam ten slotte 4 nieuwe vormen. Volgens de theorie van DUCHÉ moet dan aangenomen worden, dat oorspronkelijk de sporen van 5 verschillende stammen bij elkaar zijn geweest en bij de eerste behandelingen ook steeds bij elkaar zijn gebleven. Dit is niet zeer waarschijnlijk. Nog overtuigender dan de resultaten van WINGERBERG is het werk van LENTZE (18), die zeer nauwkeurig met een 1-cel-culture werkte en toch wederom spoedig een veranderd type kreeg.

Al zijn er fouten gemaakt door het te grof werken, de geconstateerde veel voorkomende veranderlijkheid geheel daaraan toe te schrijven, is vermoedelijk onjuist. Bovendien stelt DUCHÉ zelf vast, dat mutaties zeer veel voorkomen. Van deze organismen zonder duidelijke kern is het niet uit te maken, of de verandering alleen te danken is aan uitwendige omstandigheden, of een gevolg is van mutatie, zoodat DUCHÉ zelf feitelijk de veranderlijkheid erkent.

Het is niet zoo eenvoudig aan den eisch, alleen 1 spore-culturen te gebruiken, te voldoen, vooral wanneer veel stammen tegelijkertijd gebezigd worden. Bij de onderhavige proeven is het niet geschied. Wel werd het gieten van schalen minstens 2 keer herhaald, terwijl zoo mogelijk de ontwikkeling van de zwam onder het microscoop werd gevolgd.

De parasiet werd op verschillende manieren van zieke knollen geïsoleerd. Na behandeling van den zieken aardappel met sublimaat 20/00, werd een klein stukje ziek weefsel op een voedingsbodem gebracht. Dikwijls, doch lang niet altijd, groeit de parasiet uit de aangetaste plek naar buiten. Een andere methode, die vooral bruikbaar is, indien direct na het rooien wordt geïsoleerd, voldeed beter. In vele gevallen bevindt zich op den knol, die uit vochtige aarde komt, duidelijk zichtbaar mycelium (zie fig. 1, 3, 6). Dit werd er voorzichtig afgenomen en eenige malen in steriel water gewasschen. Van de laatste verdunning werden schalen gegoten en deze leverden meestal vrij zuivere culturen van een *Actinomyces* op. De kans, om de pathogene stam en geen secundaire saprophytische te krijgen, is op deze wijze groot. Vooral bij herisolaties is de laatste methode toegepast.

Voor de inoculatieproeven werden steeds gesteriliseerde aarde en -potten gebruikt. De aarde bestond uit een mengsel van gelijke deelen zandgrond, van bouwland afkomstig, en bladaarde, stammend van bosch op zandgrond gegroeid. De grond werd op het oog op de gewenschte vochtigheid gehouden. De te gebruiken knollen werden uitgezocht op afwezigheid van zichtbare schurftplekken, met zeep geboend, 1½ à 2 uur in sublimaat gelegd en daarna in mandjes te spruiten gezet. Alleen de spruiten werden geplant en wel 2 per pot. Op deze wijze was elke mogelijke infectie, afkomstig van het pootmateriaal, uitgesloten. De proeven werden steeds in kassen genomen, waardoor 2 oogsten per jaar mogelijk waren. De eerste serie planten ontwikkelde zich van ongeveer eind Februari tot Juni of Juli, de tweede van Juli-Augustus tot October-November.

De zwam werd bij de meeste inoculatieproeven van agarmedia op buizen met gesteriliseerde, groene rogge of gras overgebracht; deze laat zich hiermede goed dooreenmengen, groeit snel en de

rogge of het gras op zijn beurt is gemakkelijk gelijkmatig door de aarde te verdeelen. Een voorloopige proef had bewezen, dat een directe invloed van de laatst gebruikte voedingsbodem op het infectievermogen van de zwam niet plaats had. Of de schimmel gegroeid was op steriele rijst, op steriele aardappel- of peenstukjes, op steriel stroo, op steriele verse rogge of gras, of op steriele grondsoorten, de mate van infectie was bij denzelfden stam even groot. Dit negatieve resultaat van directen invloed van de laatste voeding sluit niet uit, dat bij veel langeren groeitijd andere gevolgen mogelijk zijn.

Vele stammen vormen op de vochtige, steriele groene rogge of gras geen sporen, zoodat in dat geval alleen mycelium in den grond gebracht werd. De ontwikkeling van luchtmycelium met sporen is afhankelijk van den stam en van den gebruikten voedingsbodem. Zooals Goss (13) echter terecht opmerkt, heeft infectie altijd plaats door het vegetatief groeiende mycelium. Sporen kunnen bijdragen tot sterke verspreiding van de zwam in den grond, het besmettingsgevaar zal echter des te grooter worden naarmate deze verspreiding gevolgd wordt door gunstige omstandigheden voor vegetatieven groei. Bij de proeven is goede verdeling van de parasiet in den grond bereikt door zorgvuldige vermenging. De myceliumdraden van de Actinomyceten vallen gemakkelijk in stukjes uiteen, die ieder weer verder kunnen groeien; daarom wordt door menging even goed een gelijkmatige verdeling verkregen als door het overgieten met een sporensuspensie. De stammen kregen volgens de gebruikte methode gelijke kansen, onverschillig of zij wel of niet sporen vormen.

Het is een algemeen erkend feit (SANFORD, 24, 25; DIPPEN AAR, 6; FITCH, 10; GOSS, 13), dat de concentratie van het pathogene organisme in den grond, of, nauwkeuriger gezegd, het aantal afzonderlijk groeiende mycelia, grooten invloed heeft op de sterkte van de aantasting. De groei van iedere zieke plek op zich zelf is vrij langzaam, de sterk schurftige knol ontstaat echter, in dien een zeer groot aantal infecties tegelijkertijd op denzelfden aardappel heeft plaats gehad.

In verband met de vraag, of de hoeveelheid gebezigd infectiemateriaal voldoende was, werd een vergelijkingsproef genomen met het gebruik van 3 of 6 buizen per pot (zie fig. 1). Drie buizen bleken genoeg te zijn om bij een virulenten stam algeheele infectie te verkrijgen. In de meeste gevallen zijn toch 6 buizen gebruikt, om met zekerheid de mate van virulentie van de stammen vast te kunnen stellen. Onvoldoende aanwezigheid van de zwam kan met deze methode dan niet de oorzaak van het mislukken van inoculaties zijn.

De langzame groei van de Actinomyceten zal maken, dat het tijdstip van inoculatie van grooten invloed is. Bij een proef werd een gedeelte van de potten geïnoculeerd vóór het planten van de aardappelspruiten, een gedeelte $1\frac{1}{2}$ à 2 maanden later, echter nog $\pm$ 2 maanden voor het rooien. In dit geval kon geen grondige menging plaats hebben; er werden daarom 8 buizen per pot gebruikt. De verschillen waren zeer opvallend, zooals uit onderstaande tabel blijkt.

TABEL I

	Stam 2		Stam 4		Stam 5	
	aant. kn. gezond number of tubers healthy	aant. kn. schurftig number of tubers with scab	aant. kn. gezond number of tubers healthy	aant. kn. schurftig number of tubers with scab	aant. kn. gezond number of tubers healthy	aant. kn. schurftig number of tubers with scab
Inoculatie vroeg . <i>Inoculation early</i>	10	29	7	32	5	37
Inoculatie laat . . <i>Inoculation late</i>	24	2	24	9	13	14

De aantasting was heviger als de zwam vroeger in de aarde werd gebracht, bij de overige proeven is de inoculatie daarom steeds vóór het planten verricht.

De potten met de verschillende *Actinomyces*-stammen stonden in een kas naast elkaar. Vermenging van de stammen werd niet vastgesteld; dit resultaat bewijst, dat infectie van naburige potten practisch niet voorkwam, vermoedelijk werd de aarde hiervoor te vochtig gehouden. Hiermede is niet gezegd, dat alle contrôle-potten geheel schurftvrij bleven; iets schurft op de knollen is een normaal verschijnsel bij aardappelproeven in kassen. Deze gevallen worden toegeschreven aan infectie van Actinomyceten uit de atmosfeer; dit is niet te vermijden.

Bij sommige proeven, vooral die met bestrijdingsmiddelen, is gebruik gemaakt van reeds besmette aarde. Een kleine hoeveelheid hiervan werd over nieuwe potten verdeeld. Bij goed mengen kon op deze wijze gemakkelijk een groot aantal potten met besmette aarde verkregen worden, die tevens met elkaar te vergelijken waren. De resultaten van deze methode waren gunstig.

BESTRIJDING MET CHEMISCHE MIDDELEN

Bestrijding met chemische middelen kan of geschieden om de in den grond aanwezige Actinomyceten te verminderen, of om te verhinderen, dat met het poten van ziek materiaal weer nieuwe pathogenen in den grond komen.

In dit laatste geval wordt van de veronderstelling uitgegaan, dat de *Actinomyces* op den knol in leven blijft gedurende den tijd, die verstrijkt tusschen het rooien en poten. Dat dit mogelijk is, werd door een proef bevestigd. Schillen, van schurftige knollen afkomstig van een vorige proef en gedurende 8 maanden in een kelder bewaard, werden met steriele aarde vermengd en hierin werden spruiten geplant. De zich ontwikkelende knollen werden sterk ziek met hetzelfde type als van de gebruikte knollen.

De groei van het meegebrachte mycelium in de aarde is slechts langzaam; volgens SANFORD (25) bereikt het nooit meer dan 2 mm in de drie maanden, gerekend van het aardappelweefsel af. Slechts de knollen, die zich zeer dicht bij den schurftigen moederknol ontwikkelen, kunnen het eerste jaar door de met haar meegebrachte *Actinomyces* besmet worden. Dit geldt alleen, als in de aarde geheel niet gewerkt wordt; zoodra deze omgewoeld wordt, zal sterke verspreiding plaats vinden, om redenen als bij het mengen in de potten reeds besproken is. Om de vermeerdering van de schurft in den grond door den moederknol tegen te gaan, dient het ontsmetten van de poters. Dit geschiedt het meest door middel van sublimaat, al of niet aangezuurd, en door formaline. Vooral in Amerika heeft men gebruik gemaakt van deze methode en zijn vele proeven hierover verricht, echter met zeer wisselend resultaat. Dit zal in hooge mate afhankelijk zijn van de hoeveelheid virulente stammen, die reeds voor het poten van de ontsmette knollen in den grond aanwezig waren. Het is dan ook weinig overtuigend, wanneer HOLLRUNG (15) in het uitblijven van gunstige resultaten van ontsmetten van knollen één van de bewijzen ziet voor de niet-parasitaire oorzaak van schurft.

De tweede wijze van bestrijding, nl. trachten de hoeveelheid pathogene Actinomyceten in den grond te verminderen, kan geschieden door de levensomstandigheden voor hun ontwikkeling ongunstig te maken, of door ze te doden. Dit laatste geschiedt o.a. bij het gebruik van sublimaat, wat b.v. hier te lande met gunstig gevolg is toegepast door VAN DER SLIKKE (27). Deze giet sublimaat in de pootgaten; op deze wijze kan, naast de organismen in den grond, nog schurft van den moederknol gedood worden. Het is echter begrijpelijk, dat de werking slechts in de naaste omgeving van het pootgat plaats heeft.

Zeër vaak is het moeilijk uit te maken, of het minder optreden van de schurft te danken is aan het doden van het organisme of aan veranderde, voor hem ongunstig geworden levensomstandigheden. Zoo bracht MARTIN (20, 21) verband tusschen schurftvermindering tengevolge van toediening van zwavel en den door de zwavel veranderden zuurgraad van den grond, terwijl daaren-

tegen DUFF en WELCH (8) uit hun proeven de gevolgtrekking maken, dat de uitwerking van de zwavel op de schurft en de verandering van den zuurgraad onafhankelijk van elkaar zijn. Het aantal stoffen, dat door verschillende onderzoekers beproefd is om schurft in den grond te bestrijden, is enorm groot; voor nadere gegevens omtrent literatuur hierover wordt verwezen naar HOLLRUNG (15). Het is niet de bedoeling op de vele hierover verrichte proeven in te gaan; slechts enkele eigen proeven zullen medegedeeld worden.

Voor de proeven met chemische middelen is, zooals vermeld, meest gebruik gemaakt van oude, reeds besmette aarde. Direct mag op den voorgrond gesteld worden, dat de eenige stof, die een opvallende verbetering tot stand bracht, FeCl_3 was; dit werd in oplossing gegeven en door de aarde gemengd. Het resultaat in 1935 verkregen, was als volgt:

TABEL II

	Aantal knollen gezond <i>number of tubers healthy</i>	Aant. knollen schurftig <i>number of tubers with scab</i>
Onbehandeld <i>Untreated</i>	41	13
FeCl_3 , 15 g per pot	16	3
FeCl_3 , 20 g per pot	28	1

De schurftinfectie was bij de onbehandelde potten matig, doch het verschil was sprekend. De hoeveelheid gebruikte FeCl_3 belemmerde den groei van de planten. In 1936 werd daarom slechts 10 gram FeCl_3 per pot gegeven, met het volgende resultaat:

TABEL III

	Aantal knollen gezond <i>number of tubers healthy</i>	Aant. knollen schurftig <i>number of tubers with scab</i>
Onbehandeld <i>Untreated</i>	9	87
FeCl_3 , 10 g per pot	28	19

In het najaar 1936 was de aarde, vermoedelijk door het vele mengen, zoo door en door besmet, dat absoluut gave knollen zoo goed als niet meer voorkwamen, doch het verschil in aantasting was des te meer opvallend, hetgeen fig. 2 weergeeft, duidelijker dan getallen het kunnen doen. In de met FeCl_3 behandelde aarde

groeiden knollen met slechts enkele plekjes, terwijl die van de onbehandelde aarde voor meer dan de helft van het oppervlak schurftig waren.

Hetzelfde resultaat werd wederom bereikt in 1937, terwijl tevens bleek, dat de aarde van de potten, die in het vorig jaar behandeld waren met FeCl_3 , dit jaar haar gunstigen toestand behouden had. Zij veroorzaakte slechts geringe aantasting van schurft.

Na afloop van de proef werd nagegaan of de zuurgraad van den grond door de behandeling veranderd was. Grondmonsters van een aantal potten werden naar Groningen gezonden en door het Bedrijfslaboratorium voor Grondonderzoek onderzocht. Het resultaat is te zien in tabel IV.

TABEL IV

	pH van grond per pot
Onbehandeld	6,3 - 6,4 - 6,6 - 6,1
<i>Untreated</i>	
FeCl_3 vorig jaar (1936)	5,8 - 5,8 - 5,8 - 5,9
FeCl_3 1937	5,7 - 5,8 - 5,8 - 5,8

De zuurgraad is iets veranderd, het verschil is echter niet zoo groot, dat de sterke verbetering van de schurft alleen daardoor te verklaren is. Bovendien waren in een andere serie aardappelen, afkomstig uit een pot, waarvan de zuurgraad van de aarde $\text{pH} = 5,7$ bedroeg, buitengewoon hevig aangetast. De gemiddelde $\text{pH} = 5,8$ van de behandelde potten sluit dus schurftaantasting niet uit. De mogelijkheid bestaat, dat de FeCl_3 op het moment van toedienen den zuurgraad plotseling zeer sterk doet omslaan, terwijl deze daarna weer meer de oorspronkelijke nabij komt. Hetzelfde veronderstelt EICHINGER (9) na het gebruik van verschillende zuurvormende kunstmeststoffen; hij noemt dit „saure Reaktionsstosz”. De *Actinomyces* zou dan hiervan toch sterke schade ondervinden. Bewezen is, dat FeCl_3 schurft doet verminderen, daargelaten hoe dit geschiedt; echter brengt het gebruik van deze stof in de practijk vele bezwaren met zich, zoodat zij als bestrijdingsmiddel in het groot niet in aanmerking komt.

Vele andere stoffen werden nog geprobeerd, alles met geen of zeer gering resultaat. Werden van iedere serie de knollen naar de mate van aantasting gerangschikt, dan bleek er een zekere regemaat te bestaan. De knollen uit potten, waarvan de aarde met bepaalde stoffen behandeld was, hadden een overeenkomstig

hoog of laag rangnummer. De volgorde was als volgt: het minst schurftig waren de aardappelen uit potten, waarvan de aarde hetzelfde of het vorige jaar FeCl_3 gekregen had; deze vormden een groot verschil met de volgende in de reeks, waarbij aan den grond KNO_3 toegediend was; dan volgde MnSO_4 ; aaneelkaar gelijk waren die, waarbij in den pot dubbelkoolzure soda, MgCO_3 of Patentkali was gebracht; dan potasch, dan soda en eindelijk Acidum tartaricum. Volgens de literatuur heerscht er bij de onderzoekers groote tegenstrijdigheid over den invloed van verschillende kalimeststoffen. Ook de hier genoemde proeven gaven geen bewijs in eenige richting, vermoedelijk hebben andere factoren de mogelijke werking niet doen uitkomen.

VERSCHILLENDE TYPEN VAN SCHURFT

Schurft ontstaat, doordat de cellen van den groeienden aardappelknol tengevolge van de aanwezigheid van bepaalde Actinomyeten onregelmatige, dikwandige kurkcellen vormen. Is deze kurkvorming niet in staat het verder binnendringen van het organisme tegen te gaan, dan ontstaat het *diepe* type. Er ontwikkelen zich duidelijk ingezonken plekken, steeds dieper dringt de zwam binnen, gevolgd door hernieuwde kurkvorming. Naburige plekken kunnen ineenvloeien, zoodat groote gedeelten van den knol, ja, bij zeer sterke aantasting zelfs de buitenkant van den geheelen aardappel één verbrokkelde massa wordt. Een dergelijke knol staat als *turf* bekend.

Prikkelt het organisme de cellen tot verhoogden groei, dan vormen zich verhevenheden, knobbels, men noemt dit *knobbelschurft*.

Als *gewone* schurft onderscheidt men dien vorm, waarbij de schil ronde, ovale of onregelmatige, verkurkte wondplekken vertoont op ongeveer gelijke hoogte met de schil of er iets boven uit stekend.

Dan bestaat er nog een zeer *oppervlakkig* type, waarbij het mycelium over de schil groeit, deze wordt donker, ruw en iets verkurkt. De plekken zijn meest zeer onregelmatig van vorm en kunnen aaneengesloten gedeelten bedekken. Bij sterke aantasting wordt de geheele schil één kurkmassa. Dit type wordt door Amerikaansche onderzoekers „*russet scab*” genoemd (LUTMAN, LIVINGSTON en SCHMIDT, 19; AFANASIEV, 1; GOSS, 13).

WOLLENWEBER (30) en MILLARD en BURR (22) huldigen de opvatting, dat de verschillende typen van schurft bij dezelfde aardappelvariëteit veroorzaakt worden door verschillende

soorten van Actinomyceten. Ook KIESZLING (16) neigt naar dit denkbeeld, terwijl de eerste proeven in 1934 genomen (DE BRUYN, 4) dit bevestigden. Bij deze laatste ontstonden door de verschillende stammen respectievelijk alleen oppervlakkige of diepe schurft, terwijl tevens een sterk verschil in pathogeniteit tusschen de stammen was op te merken. Van een andere meening zijn SCHLUMBERGER (26, 1929), BERKNER (2), Goss (13) en AFANASIEV (1); volgens hen hangt de ontwikkeling van gewone-, knobbel- of diepe schurft af van zwakke of sterke aantasting en van uitwendige omstandigheden. Goss maakt een uitzondering voor het oppervlakkige type, dat bij hem alleen bij proeven in ongesteierde grond ontstond.

Het allereerste begin van aantasting is bij alle schurfttypen volkomen gelijk, een kleine bruine verkleuring van de schil; pas later treedt de differentiatie op. Bij de ontwikkeling van diepe en knobbelschurft zal daarbij een stadium bereikt worden, waarop zij van gewone schurft niet te onderscheiden zijn. Men moet dus zeer voorzichtig zijn met zijn conclusies. Zwakke of sterke aantasting wordt als oorzaak genoemd; in geval deze te danken is aan verschil van pathogeniteit van de respectieve stammen is het type van schurft wel degelijk afhankelijk van den ziekte-verwekkenden stam. Zekerheid kan slechts verkregen worden bij gelijke uitwendige omstandigheden en gelijke infectiekansen van de verschillende stammen.

Voor de opvatting van verschillende reactie van de aardappelen op de stammen pleit het feit, dat wederom met zekerheid kon worden vastgesteld, dat de ontwikkeling van oppervlakkige en diepe schurft aan twee verschillende organismen te danken is. Goss veronderstelt van het oppervlakkige type eveneens, dat het mogelijk door een ander organisme veroorzaakt wordt. Van een Bintje, die zoowel diepe, als oppervlakkige schurft vertoonde, werden isolaties verricht van de beide gedeelten afzonderlijk. In cultuur waren de beide stammen duidelijk van elkaar te onderscheiden, hun eigenschappen waren niet gelijk. Bij inoculaties op Bintjes kwamen beide typen weer zuiver te voorschijn; zooals fig. 3 aangeeft; bij de rechtsche groep worden alleen knollen gevonden met oppervlakkige schurft, bij de linksche daarentegen vele diepe plekken. Bij herhaalde herisolaties werd steeds opnieuw vastgesteld, dat bepaalde stammen oppervlakkige en andere diepe schurft bij Bintje te voorschijn brachten.

Een tweede bewijs voor het zelfstandig reageeren op de verschillende Actinomyceten-stammen werd geleverd door de resultaten van de proeven met aardappelvariëteiten.

DE SCHURFTTYPEN BIJ SOMMIGE AARDAPPELVARIËTEITEN

Geen enkele aardappelvariëteit is immuun voor schurft, al is de vatbaarheid wel zeer verschillend. In Duitschland is deze door SCHLUMBERGER (26) geregeld door veldwaarnemingen nagegaan van oude en nieuwe variëteiten; de moeilijkheden, die hierbij optreden blijken uit het werk van BÖNING en WALLNER (3), die voor sommige bij hun proeven in andere gebieden in Beieren ver-richt, afwijkende resultaten vonden.

Het type schurft is bij de vatbaarheidsvraag van belang. Volgens MILLARD en BURR (22) verandert dit niet door de gebruikte aardappelvariëteit; wel is de intensiteit van de aantasting hiervan afhankelijk. Uit zijn veldwaarneming komt SCHLUMBERGER (26, 1928 en 1929) echter tot de gevolgtrekking, dat de variëteit in hoofdzaak het type bepaalt; volgens hem komen op sommige regelmatig knobbel-, bij andere regelmatig diepe schurft voor, enz. Terecht maken BÖNING en WALLNER (3) de opmerking, dat eenzijdig voorkomen van één vorm, specifieke reactie niet uitsluit en dat het zeer goed mogelijk is, dat een bepaalde aardappelvariëteit voor den verwekker van een of ander type zeer resistent is, waardoor een ander de overhand krijgt.

De genomen potproeven, waarbij meer zekerheid bestaat, dat dezelfde *Actinomyces* de ziekte veroorzaakt, bevestigde het denkbeeld van BÖNING en WALLNER (3); het gevormde type is zoowel afhankelijk van den stam als van de variëteit.

Eén stam, die bij Bintje oppervlakkige schurft vormde, bracht deze eveneens teweeg bij Industrie, doch liet de knollen van Eigenheimer, Jubel, Alpha, Thorbecke en Roode Star volkomen gaaf. Deze 5 variëteiten waren immuun voor dezen stam. Stam 3a, virulent en diepe schurft veroorzakend bij Bintje, deed zulks ook bij Industrie, Eigenheimer, Thorbecke en Roode Star. Bij Jubel waren de ingezonken plekken zeer weinig diep, terwijl bij Alpha bepaald een ander type zich ontwikkelde, nl. gewone schurft met sterke neiging tot het oppervlakkige type (fig. 4).

Bij de proeven met vele andere isolaties werden alleen Bintje en Eigenheimer gebruikt. Het bleek, dat de knollen van Eigenheimer volkomen gezond bleven na inoculatie met alle stammen, die bij Bintje oppervlakkige schurft veroorzaakten (fig. 5), terwijl diepe schurft bij beide variëteiten voorkwam. Bij enkele stammen, die diepe schurft teweegbrengen, waren de Eigenheimers duidelijk sterker aangetast dan de Bintjes; voor dezen vorm waren zij dus meer vatbaar (fig. 6, 8).

Uit deze gegevens blijkt, hoe gecompliceerd het vatbaarheidsvraagstuk van de aardappelschurft is. De vele tegenstrijdige ge-

gevens der veldwaarnemingen zijn gemakkelijk te verklaren door het voorkomen van verschillende Actinomyceten op de gebruikte terreinen. Juist is, dat bij aardappelvariëteiten bepaalde schurfttypen kunnen overheerschen, echter zijn deze schurfttypen daarom toch wel afhankelijk van de ziekte-verwekkende stammen. Het ongelijkmatig reageeren van aardappelvariëteiten op de gebruikte *Actinomyces*-stammen doet zien, dat de methode van LEACH, KRANTZ, DECKER en MATTSON (17) om den graad van vatbaarheid in de eerste plaats vast te stellen naar het type van schurft en ten tweede pas naar de aangetaste oppervlakte, tot onjuiste gevolgtrekkingen leidt.

In het kort kunnen de resultaten als volgt worden samengevat: *de aardappelvariëteiten zijn niet gelijk vatbaar voor de verschillende Actinomyces-stammen en reageeren tevens verschillend op denzelfden stam.*

PATHOGENITEIT VAN DE ACTINOMYCETEN

In de inleiding is reeds melding gemaakt van de groote veranderlijkheid, Actinomyceten eigen. Ook in de gebruikte culturen kon dit wederom worden vastgesteld; zoo kon o.a. worden opgemerkt het verlies van het vermogen kleurstoffen af te scheiden en sporen te vormen. De genoemde eigenschappen zijn van systematisch belang, maar houden geen direct verband met het ziekteproces. De eigenschap die hierop wel in hooge mate zijn invloed doet gelden, is de virulentie en ook deze bleek aan veranderlijkheid onderhevig te zijn.

In de literatuur vindt men dit reeds genoemd, zonder dat het probleem verder uitgewerkt is. Zoo trachtte WOLLENWEBER (30) inoculatieproeven te nemen met een stam, afkomstig van WHETZEL. Terwijl de aardappelen, behandeld met zijn eigen geïsoleerde stammen wel schurft kregen, bleven die geïnoculeerd met de *Actinomyces*, afkomstig van WHETZEL, gezond en hij schrijft: „vielleicht ist er entartet in der Reinkultur”. AFANASIEV (1) gebruikte 8 stammen, waarmede respectievelijk WOLLENWEBER, MILLARD en BURR en DIPPENAAR allen positieve resultaten verkregen hadden, doch bij zijn proeven bleken ze niet meer virulent te zijn. Ook AFANASIEV veronderstelt verlies van pathogeniteit door groei op kunstmatige voedingsbodems, doch daar zijn eigen stammen na 5-8 jaar in reincultuur geweest te zijn, nog virulent waren, twijfelt hij zelf aan de juistheid van deze hypothese. Het gebruik van verschillende voedingsbodems zou een mogelijke verklaring voor dit verschijnsel kunnen zijn, en tevens zou het gedrag afhankelijk kunnen zijn van den ge-

bruikten stam. Zoo bleek ook één van de stammen van MILLARD door AFANASIEV gebruikt, zijn virulentie wel behouden te hebben.

Bij de genomen proeven kwam zoowel verlies, behoud en zelfs versterking van de pathogeniteit voor na voortkweeking in rein-cultuur. Het verlies werd het eerst bemerkt bij stam 5; de geschiedenis hiervan is te zien in Tabel V.

TABEL V.

INOCULATIES MET STAM 5, GEÏSOLEERD NAJAAR 1933

Inoculatie verricht <i>Inoculations made</i>	Aantal knollen gezond <i>number of tubers healthy</i>	Aantal knollen schurftig <i>number of tubers with scab</i>	Contrôle	
			Aantal knollen gezond <i>number of tubers healthy</i>	Aantal knollen schurftig <i>number of tubers with scab</i>
1934 I	5	37	41	0
1934 II	5	459	51	0
1935 I	41	13	51	0
1935 II	47	2	74	7
1936 I	37	3	23	4
1937 I	69	2	20	2
1937 Ia	109	9	—	—
1937 II	40	16	—	—
1938 I	20	0	54	2

Nadat de stam $1\frac{1}{2}$ jaar in cultuur was geweest, begon zijn virulentie te verminderen. In enkele jaren had bij de contrôles infectie uit de lucht plaats; dezelfde bron kan oorzaak zijn, dat in 1937 II vrij veel schurft voorkwam; deze was van het oppervlakkige type, terwijl stam 5 oorspronkelijk diepe schurft veroorzaakte. In het najaar van 1935 werd een herisolatie gemaakt, de pathogeniteit was weer als de oorspronkelijke, vrij sterk, doch ook deze stam ging na $\pm 1\frac{1}{2}$ jaar in reincultuur te zijn geweest, in virulentie achteruit, hetgeen blijkt uit tabel VI.

TABEL VI

INOCULATIES MET HERISOLATIE VAN STAM 5,
GEÏSOLEERD NAJAAR 1935

Inoculatie verricht <i>Inoculations made</i>	Aantal knollen gezond <i>number of tubers healthy</i>	Aantal knollen schurftig <i>number of tubers with scab</i>
1936 I	10	81
1937 I	70	3
1937 Ia	91	36
1937 II	51	5
1938 I	23	2

In 1937 en 1938 werden op uitgebreider schaal proeven genomen over het behoud of voor- of achteruitgang van de virulentie van verschillende stammen, alsmede van hun respectieve herisolaties. De resultaten zijn te vinden in tabel VII.

B₂ is de eenige stam, waarvan de pathogeniteit gedurende de periode, dat hij in reïncultuur gekweekt is, versterkt is geworden (fig. 5). Twee stammen behielden hun virulentie respectievelijk gedurende 1 en 1½ jaar en wel H_{8v}, die een oppervlakkige schurft veroorzaakt, en H₃, in tegenstelling een diepe schurft verwekkende vorm (fig. 6). Alle andere gingen in virulentie achteruit, echter niet in gelijke mate. Terwijl bij B₇ zelfs geen enkele knol schurftig was (fig. 7), zoodat men van geheel verlies van pathogeniteit kan spreken, werden bij b.v. H_{8d}, H_{3a} en H_{3b} verschillende graden van achteruitgang gevonden. Merkwaardig is, dat H_{3a}, een latere herisolatie van H₃ wel achteruitging (fig. 8), terwijl stam H₃ zelf zijn gelijke pathogeniteit behield (fig. 6). Alle verzwakte stammen werden door herisolatie versterkt, ook wederom in verschillende graden, zoo bleef stam Her_a nog maar matige schurft veroorzaken. Geen verschil was op te merken tusschen de stammen van de groep, die oppervlakkige schurft teweeg brengt en die diepe schurft veroorzaakt. Bij beide kwam behoud, zoowel als verschillende graden van achteruitgang voor.

Alles bij elkaar genomen is echter het grootste aantal van de stammen tijdens de reïncultuur in pathogeniteit achteruit gegaan. Het is mogelijk, dat in de kunstmatige voedingsbodems bepaalde stoffen ontbreken, die verantwoordelijk zijn voor niet normalen groei en daardoor voor verlies van de pathogeniteit. Om zooveel mogelijk de natuurlijke voeding te benaderen, werden enkele Actinomyceten gekweekt op rauwe, steriel gesneden stukjes aardappel en peen. Zij ontwikkelden zich hierop goed, bij de inoculatieproeven bleek echter tot nog toe, dat de virulentie niet herkregen was. Bij de schurftige knollen komt de *Actinomyces* voor in groeiende cellen, de stoffen hiervan ontbreken bij de rauw gesneden steriele aardappelstukjes.

Volgens dit denkbeeld zou de *Actinomyces* zijn virulentie bij den levenden knol niet verliezen, waarvoor de versterking door herisolatie pleit.

VERLIES VAN DE PATHOGENITEIT IN HET VELD

Naast de bewezen mogelijke verandering van virulentie van de Actinomyceten in de reïnculturen, bestaat dezelfde mogelijkheid voor deze organismen voorkomende in den grond. Dit zou van grooter belang zijn en verder strekkende gevolgen hebben. Posi-

TABEL VII

stam strain	Isolatie of herisolatie <i>Isolation or re-isolation</i>	Resultaat 1937 I		Resultaat 1937 II		Resultaat 1938 I		Pathogeniteit in reincultuur <i>Pathogenicity after pure culture</i>	Pathogeniteit door herisolatie <i>Pathogenicity after re-isolation</i>
		aant. kn. gezonder tubers healthy	aant. kn. schurftig number of tubers with scab	aant. kn. gezonder number of tubers healthy	aant. kn. schurftig number of tubers with scab	aant. kn. gezonder number of tubers healthy	aant. kn. schurftig number of tubers with scab		
oppervlakkige schurft <i>russet scab</i>	B ₂	19	4	—	—	0	13	versterking (increase)	
	B ₇	0	22	0	15	19	0	achteruitgang ¹⁾ (decrease)	
	B _{7a} . . .	—	—	0	17	26	1 ?	achteruitgang ¹⁾ (decrease)	versterkt (increased)
	B _{7ab} . . .	—	—	—	—	0	15		
	H _{8v} . . .	—	—	0	16	0	16	gelijk (constant)	gelijk (constant)
	H _{8va} . . .	—	—	—	—	0	14		
	H _{8d} . . .	—	—	0	17	10	10	achteruitgang ³⁾ (decrease)	versterkt ²⁾ (increased)
	H _{8da} . . .	—	—	—	—	12	19		
diepe schurft <i>deep scab</i>	H ₃	1	16	0	24	1	23	gelijk (constant)	versterkt (increased)
	H _{3a} . . .	—	—	1	26	18	9	achteruitgang ³⁾ (decrease)	
	H _{3ab} . . .	—	—	—	—	0	20		versterkt (increased)
	H _{3b} . . .	—	—	2	18	13	13	achteruitgang ³⁾ (decrease)	versterkt (increased)
	H _{3bb} . . .	—	—	—	—	0	21		
	S ₃	2	16	0	22	9	15	achteruitgang ³⁾ (decrease)	versterkt (increased)
	S _{3a} . . .	—	—	1	17	5	14	achteruitgang (decrease)	
	S _{3ab} . . .	—	—	—	—	0	20		versterkt (increased)
	Her. . . .	18	0	20	2	23	2	achteruitgang ¹⁾ (decrease)	versterkt ¹⁾ (increased)
	Her _a . . .	—	—	—	—	5	14		

¹⁾ = sterk (strongly); ²⁾ = vrij sterk (rather strongly); ³⁾ = matig (moderately)

tief te bewijzen is dit niet, doch verschillende gegevens in den laatsten tijd verkregen, pleiten in deze richting.

In de eerste plaats moeten de proeven van LUTMAN, LIVINGSTON en SCHMIDT (19) genoemd worden. Op een veld, waarvan van 1914-1917 nauwkeurig het percentage schurft op aardappelen was nagegaan, werden tot 1935 geen aardappelen meer verbouwd. In dat jaar werd dezelfde variëteit weer gepoot. Het bleek, dat het percentage zieke knollen van 100 tot 26% was gedaald. De verhouding van de aanwezige Actinomyceten in den grond ten opzichte van de bacteriën bleef gedurende 8 jaar, waarin dit regelmatig werd nagegaan, ongeveer constant. De levensomstandigheden voor de ontwikkeling van de Actinomyceten veranderden dus niet. De conclusie, waartoe de schrijvers komen, is, dat de pathogene stammen of gestorven zijn, of hun pathogeniteit verloren hebben. Naast enkele gevallen van diepe schurft kwam zeer veel oppervlakkige schurft (russet scab) voor. De veronderstelling werd gemaakt, dat bij afwezigheid van hun gastheer, de aardappelknol, de pathogeniteit van de *Actinomyces*-stammen verzwakt was, waardoor slechts in zeldzame gevallen diepe schurft ontstond. De daarna saprophytisch levende stammen zouden na hernieuwde aanwezigheid van hun gastheer weer leeren pathogeen te worden, waarvan de eerste aanduiding zou zijn het ontstaan van oppervlakkige schurft.

Wat hier het eerst onze aandacht vraagt, is het denkbeeld van verlies van pathogeniteit en van de nauwe samenhang van de virulentie met de aanwezigheid van den gastheer, hetgeen overeenkomt met de resultaten bij de proeven verkregen, die in het vorige hoofdstuk beschreven zijn. Deze correlatie tusschen verlies van virulentie en afwezigheid van den gastheer komt eveneens tot uiting in het werk van CAIRNS, GREEVES en MUSKETT (5). Deze auteurs maken de gevolgtrekking, dat het systeem van wisselbouw, gebruikelijk in Noord-Ierland, nl. slechts één keer in de 7 jaar aardappels, het schurftorganisme gelegenheid geeft uit te sterven of zijn verlies aan virulentie bevordert. Volgens hen zijn het de met de poters opnieuw ingebrachte stammen, die wederom schurft veroorzaken, vandaar dat zij in Noord-Ierland veel succes van knolontsmetting verwachten.

Tegenover verlies van pathogeniteit door afwezigheid van den gastheer staat vanzelfsprekend het omgekeerde: versterking van de schurft door voortdurenden verbouw van aardappelen; men vindt dit genoemd bij MARTIN (20), DIPPEAAR (6), BÖNING en WALLNER (3), SCHLUMBERGER (26, 1930 en 1936) en RODE (23). Goss (11) gaat den tijd na, die noodig is tusschen 2 aardappel-oogsten om vermindering van schurft te verkrijgen, en consta-

teert een groot verschil tusschen iedere 2-4 jaar aardappels en langere tusschenpoozen. Zoodra minstens in 4 jaar geen aardappels verbouwd werden, daalde het percentage schurftige knollen sterk. RODE (23) merkt op, dat een tijdvak van 5 jaar zonder aardappelverbouw gunstig werkt.

Goss brengt naast het tijdsverloop nog een tweede punt ter sprake, nl. de gevolgen van het aan de aardappelen voorafgaande gewas. De invloed van den wisselbouw is niet het gevolg van een enkele factor, men denke o.a. slechts aan de verandering van den zuurgraad van den grond. Een groote waarde hecht Goss aan de wijze van behandeling het meer of minder omwerken van den grond, verband houdende met den aard van het gewas, wat hij van grooter belang acht dan het gewas zelf. In 1936 (12) beschrijft hij den invloed van wisselbouw nog uitvoeriger. De sterkste aantasting werd verkregen bij aardappelen na bieten, daarbij trad meer schurft op dan bij aardappelen na aardappelen; vermindering werd daarentegen verkregen na lucerne. Opvallend was het verschillend type van schurft, dat ontstond. Oppervlakkige schurft kwam vooral voor bij aardappelen na aardappelen en bij wisselbouw met korte tusschenperiodes; het diepe type na overvloedig gebruik van organische mest, en het voorkomen van dit type hield tevens verband met verhoogde opbrengst.

LUTMAN, LIVINGSTON en SCHMIDT (19) beschouwden het ontstaan van oppervlakkige schurft als een hernieuwd begin van pathogeniteit. Uit de hier behandelde proeven blijkt bij dezelfde variëteit de vorm gebonden te zijn aan verschillende Actinomyces-stammen. De verandering door LUTMAN c.s. gevonden is even goed te verklaren door verlies van virulentie van de stammen, die diepe schurft veroorzaken, waardoor een sterkere aantasting door de verwekkers van het oppervlakkige type mogelijk wordt; misschien dat deze laatste ook iets andere levensomstandigheden vragen. Dit zou eveneens af te leiden zijn uit de aangehaalde waarnemingen van Goss over het overheerschen van de verschillende typen bij andere omstandigheden. Bij de genomen potproeven, waarvan de potten eenige jaren bewaard werden, bleken, mogelijk door infectie uit de lucht, bij Bintje twee typen van schurft naast elkaar voor te komen, waarbij het oppervlakkige type veel sterker optrad en langzamerhand het diepe type verdrong.

Over den invloed van wisselbouw op het optreden van schurft in ons land zijn geen gegevens gevonden; het ware wenschelijk, dat bij bestudeering van den invloed van wisselbouw in de toekomst ook aan dit punt aandacht besteed wordt.

Naast wisselbouw met verschillende gewassen, wordt ook ge-

dacht aan die met verschillende variëteiten van aardappelen, die verschillend vatbaar zijn voor bepaalde stammen van *Actinomyces*. De vraag komt op of, indien b.v. Bintje en Industrie, soorten, die vatbaar bleken voor de gebruikte stammen van oppervlakkige schurft, afgewisseld werden met Eigenheimer, Roode Star of Thorbecke, die hiervoor onvatbaar zijn, de virulentie van deze stammen na eenige jaren verminderd zou zijn. Hetzelfde geldt in het algemeen voor die aardappelvariëteiten, waarvan in de praktijk gebleken is, dat zij tegen vele *Actinomyces*-stammen resistent zijn. Gegevens hieromtrent waren wellicht uit de praktijk te verkrijgen.

SAMENVATTING

1. Van verschillende chemische middelen bleek FeCl_3 het eenige te zijn, dat in potproeven de schurft sterk deed verminderen.
2. De verschillende typen schurft bij dezelfde aardappelvariëteit worden door verschillende *Actinomyces*-stammen veroorzaakt.
3. Eén *Actinomyces*-stam kan op verschillende aardappelvariëteiten verschillende typen schurft verwekken; het type is specifiek voor iedere variëteit.
4. Eénzelfde *Actinomyces*-stam kan virulent zijn voor sommige aardappel-variëteiten, terwijl hij andere variëteiten in het geheel niet aantast; deze laatste gedragen zich tegenover andere stammen weer geheel anders.
5. In reincultuur ging de virulentie van vele stammen achteruit, van enkele bleef zij gelijk, bij één ging zij vooruit.
6. Door verblijf op groeiende, levende aardappelknollen werd de verzwakte virulentie weer versterkt.
7. Het is wenschelijk, om in ons land de invloed van wisselbouw op het optreden van schurft na te gaan.

*Laboratorium voor Mycologie
en Aardappelonderzoek.*

Wageningen, September 1938.