

TIJDSCHRIFT OVER PLANTENZIEKTEN

ONDER REDACTIE VAN

PROF. DR. J. RITZEMA BOS, M. DE KONING,
IR. N. VAN POETEREN EN PROF. DR. W. J. K. ROEPKE

Drie en Dertigste Jaargang — 6e Aflevering — JUNI 1927

EEN AALTJESZIEKTE VAN DE AARDAPPELPLANT, DE AANTASTINGSWIJZE EN DE HERKOMST VAN HAAR OORZAAK, *TYLENCHUS DIPSACI* KÜHN.

DOOR

H. M. QUANJER

Wanneer men in verschillende landen over aaltjesziekte van aardappels spreekt, verstaat men daar niet hetzelfde onder. Het eerste geval van aantasting van de wortels der aardappelplant door een nematode en wel door de bieten-nematode, *Heterodera Schachtii* SCHMIDT, is beschreven door JULIUS KÜHN in een verhandeling uit het jaar 1884 over de hierdoor veroorzaakte bietenziekte. In 1888 werd, eerst in Duitschland door JULIUS KÜHN, daarna in Holland door RITZEMA BOS, melding gemaakt van aantasting van de aardappelknollen door het stengel-aaltje, *Tylenchus dipsaci* ¹⁾, terwijl in 1889, vooral in de meer zuidelijk gelegen Staten der Amerikaansche Unie, een derde nematode, *Heterodera radiculicola* GREEF, als parasiet van de knollen de aandacht ging trekken. ATKINSON en LAMSON SCRIBNER waren de eersten, die deze aardappelziekte beschreven. Een vierde nematode, *Tylenchus penetrans* COBB (1917), die aardappelknollen en katoenwortels in Amerika aantast, kan als voorloopig wegens haar geringe beteekenis onbesproken blijven.

Wat de eerstgenoemde wormsoort betreft, zij leeft als larve in de wortelschors van vele plantensoorten; het aantal van reeds ontdekte soorten van waardplanten is meer dan 60. De wijfjes zijn daarin vastgehecht met hun kopeinde en steken met het

¹⁾ Volgens de regels der nomenclatuur moet dit aaltje heeten: *Tylenchus dipsaci* (KÜHN, 1857) BASTIAN 1865; bij wijze van afkorting *Tylenchus dipsaci* KÜHN; synoniem hiermede is *Tylenchus devastatrix* KÜHN.

opgezwollen achtereinde naar buiten. Dit gedeelte is eerst wit; het bevat eieren en wanneer het grooter wordt, gaat de kleur tot bruin over. Bij rijpheid zijn deze cysten $\frac{1}{4}$ tot 1 m.M. groot, zij laten gemakkelijk los en blijven in den grond liggen. De eieren kunnen in deze cysten een of meer winters in leven blijven. Deze wormsoort is verwant aan, misschien ook wel identiek met de soort, die de suikerbiet aantast en die in dit gewas in ons land van groote beteekenis is. Het voorkomen van deze nematode in de aardappelwortels heeft, zoover men weet, op het vasteland van Europa slechts zeer plaatselijk tot groote schade aanleiding gegeven; zoo b.v. in Mecklenburg (ZIMMERMAN 1922). In den laatsten tijd vermeldt PETHYBRIDGE, dat er schade door wordt teweeggebracht in Schotland (1924), terwijl BUCKHURST haar in Lincolnshire heeft aangetroffen (1925).

Van de andere Heterodera-soort: *H. radicola*, leven de opgezwollen wijfjes in ronde, uitpuilende galletjes ter grootte van peperkorrels in het binnenste gedeelte der schors van wortels of ondergrondse stengeldeelen van verschillende plantensoorten; het aantal daarvan kan thans op 500 geschat worden. Vooral in de tropen en subtropen komt het voor o.a. aan tabak, koffie en banaan. In ons land is dit aaltje voor de cultuur van vollegrondsplanten van weinig of geen beteekenis, omdat het het vermogen mist om de winterkoude te doorstaan. Des te meer schadelijk wordt het voor de cultuur van tomaten en komkommers in warenhuizen en kassen. In het Westland bestrijdt men het door den grond met stoom te behandelen. Het doet veel schade aan aardappels in Zuid-Afrika (LOUNSBURY 1904), Java (v. d. GOOT 1924), Australië (Mc. ALPINE 1921) en Amerika.

Terwijl de genoemde drie nematodensoorten door het bezit van een mondstekel in staat zijn planten aan te tasten, verschillen zij toch zeer in de wijze, waarop zij dit doen. De Heterodera-soorten leven elk op haar eigen manier in wortels of aardasche stengeldeelen; de *Tylenchus*soort in de boven of ondergrondse stengeldeelen. De stekel van *Tylenchus dipsaci* is kleiner en zwakker dan die van de beide Heterodera-soorten. Is het daarom, dat *T. dipsaci*, zooals wij in de volgende bladzijden zullen zien, van bestaande openingen (huidmondjes, lenticellen die hem slechts door stengels, bladstelen en bladeren geboden worden) gebruik maakt om binnen te dringen, zooals dit voor de aan hem verwante *Aphelenchus olesistus* RITZ. Bos met zekerheid is aangetoond?

Is voor de Heterodera-soorten het gebruik maken van bestaande openingen niet noodig en kunnen zij om die reden binnendringen in wortels?

Niettegenstaande er een uitgebreide literatuur over het stengelaaltje bestaat, is onze kennis van de wijze, waarop het in planten binnendringt, onvoldoende, terwijl de vraag, waar deze ernstige plaag onzer cultuurgewassen vandaan komt, eveneens onbeantwoord is.

Ook is men erover in twijfel geraakt of, zooals Prof. RITZEMA Bos meent, aanpassing van aaltjes aan telkens andere gewassen plaats heeft, nu Prof. VAN SLOGTEREN heeft aangetoond, dat het narcissenaaltje zich niet aan de hyacinth aanpast in den loop van eenige jaren, en nu het stengelaaltje van de rogge zich ook nog niet zoo vlug schijnt aan te passen aan de Ottersumsche rogge. De waarnemingen, waarover de volgende bladzijden handelen, kunnen voor de beantwoording dezer vragen wellicht eenig nut hebben.

In de eerste plaats echter is het noodig de aardappelziekte, door *T. dipsaci* veroorzaakt, te beschrijven, want de practijk kent haar niet en draagt om die reden er toe bij het verspreidingsgebied van het stengelaaltje steeds grooter te maken.

DE DOOR HET STENGELAALTJE BIJ DEN AARDAPPEL VEROOorzaakte ZIEKTESYMPATOMEN EN DE AANTASTINGSWIJZE VOLGENS OUDERE BESCHRIJVINGEN.

Voor de aardappelcultuur in ons land heeft tot nu toe alleen het stengelaaltje, *Tylenchus dipsaci*, beteekenis gehad.

Van de ziekte, welke deze parasiet in de knollen veroorzaakt, zijn enkele kenmerken genoemd door KÜHN. RITZEMA Bos nam haar symptomen in het loof waar. De laatstgenoemde onderzoeker liet uit knollen, die de nematoden bevatten, planten opgroeien, waarvan hij vermeldt, dat de bladeren klein en kroes waren, zoodat het verschijnsel aan „krulziekte” deed denken; de stengels waren ongewoon dik, bros en soms gebogen of gebarsten, de bladstelen en hoofdnerven waren soms naar beneden gebogen en bros, op de blaadjes bevonden zich hier en daar gele vlekjes, met een bruine stip in het midden; ook nam hij waar, dat het loof voortijdig afstierf. Latere auteurs, zooals MARCINOWSKI (1910) spreken van „kräuselkranke Kartoffelstauden” in verband met de aaltjesziekte, een verband dat, zooals we aanstonds zullen zien, in werkelijkheid niet bestaat.

HODSON schrijft in 1926, dat het stengelaaltje slechts de knollen, niet het loof van de aardappel aantast.

KÜHN (1880) vermeldt, dat wankleurige eenigszins ingezonken, weinig diepgaande plekken bij den oogst gevonden werden om

het naveleinde heen, maar ook op andere plaatsen van de knollen. RITZEMA BOS deelt mede, dat de stolonen der zieke planten onregelmatig gebogen en plaatselijk opgezwollen waren, dat knollen soms in 't geheel niet gevormd werden of klein bleven en weinig of kleine zetmeelkorrels bevatten. Verder, dat de grootere knollen wankleurig waren bij de plaats, waar zij aan de stolon waren bevestigd. In overeenstemming met KÜHN vindt hij onder de oppervlakte der aangetaste plekken bruin, kruimelig weefsel met witte korreltjes. De schil lag los en rimpelig over deze ingezonken plekken. KÜHN veronderstelt, dat de ziekte zich van een aangetaste knol door de stengelbasis tot in de plant kan verbreiden; RITZEMA BOS, dat de aaltjes in de lente van de knollen naar het loof en, na zich daar te hebben vermenigvuldigd, weer het van loof door de stolonen naar de jonge knollen gaan. De grond zou dan ook door de in aardappels levende aaltjes niet besmet worden.

Daar deze laatste mededeeling niet overeenstemt met wat door mij is waargenomen, kan het van belang zijn de vraag meer in 't algemeen te stellen en na te gaan wat er over 't binnendringen en de verplaatsing van deze nematode in verschillende planten bekend is.

De aaltjes, die JULIUS KÜHN in de bloemhoofdjes van de weverskaarde, *Dipsacus fullonum* ontdekte, en in 1852 als *Tylenchus dipsaci* beschreef, komen daar, volgens dezen onderzoeker, door bij nat weer op te kruipen langs den stengel. Volgens RITZEMA BOS zouden zij door het weefsel van den stengel omhoog gaan, maar hoe zij in den stengel komen zegt hij niet.

Volgens DEBRAY en MAUPAS zijn het de huidmondjes, waardoor de stengelaaltjes in de stengels der veldboon binnengaan. WAKKER schrijft in zijn rapport over hyacinthenziekten in 1883, dat de fijne mondstekel ongetwijfeld goede diensten moet bewijzen bij het aanvreten der levende cellen; RITZEMA BOS heeft in de aangetaste weefsels dit orgaan dikwijls uitgestulpt gezien en zegt, dat de aaltjes er celwanden mee doorboren. De aaltjes der hyacinthen gaan in 't voorjaar van de bol in de bladeren, en als deze in den zomer sterven gaan zij weer in den bol terug. Van de oude bol gaan zij in de jonge over. Infectie van gezonde bollen in zieken bodem heeft, volgens hem, niet plaats; alleen als een bol afsterft gaan de aaltjes in den grond om andere hyacinthen op te zoeken.

Over de wijze van binnendringen van *Aphelenchus olesistus* RITZ. BOS, een nematode, die geen gallen, maar bladvlekken teweegbrengt bij Begonia's, Chrysanthen, varens en enkele

andere planten zijn de vroegere auteurs evenmin eenstemmig.

RITZEMA BOS (1893) zegt, dat hij door de stengels heen in de bladeren der aangetaste Begonia's geraakt. KLEBAHN (1891) en MARCINOWSKI (1908) vonden, dat hij door de huidmondjes rechtstreeks de bladeren binnenkomt en CLINTON bevestigde dit (1915). Zijn microphotographieën laten daaromtrent geen twijfel over. Deze nematoden zijn in volwassen toestand half zoo dik als het stengelaaltje, n.l. 12 tot 15 micron en zij kunnen dan nog door den spleet der huidmondjes passeeren. MOLZ (1909) vestigt er de aandacht op, dat deze nematode alle weefsels vermijdt, van welke de cellen zonder tusschenruimten aaneensluiten. Daarom vindt men ze slechts in het sponsparenchym, niet in het palissadenparenchym der bladeren, en daar zij niet de vaatbundelscheeden kunnen passeeren, zijn de vlekken weinig uitgebreid en door nerven begrensd.

Het meeningsverschil schijnt te worden opgelost, wanneer men aanneemt, dat RITZEMA BOS het speciale geval van de hyacinth voor het algemeene aantastingstype zoowel bij *Tylenchus dipsaci* als *Aphelenchus olesistus* heeft aangezien. Bij de hyacinth is het blad door evenwijdige vaatbundels verdeeld in strooken van parenchym met intercellulaire ruimten, waarin de aaltjes zich bewegen kunnen. Een aantal der bolschubben bestaat uit de opgezwollen onderreinden der in hun bovengrondsche gedeelte afgestorven loofbladeren. Bij de hyacinth moet het dus mogelijk zijn voor de aaltjes om zonder de plant te verlaten van de bladeren naar de bol of in omgekeerde richting te verhuizen. Bij de aardappelplant kan een dergelijke verhuizing niet plaats hebben zonder dat de aaltjes de plant verlaten, zooals ik nader zal aantonen.

SYMPTOMEN EN AANTASTINGSWIJZE BIJ AARDAPPELEN VOLGENS EIGEN WAARNEMING.

Tylenchus-aantasting bij aardappelen is mij in de laatste 20 jaar meermalen onder de oogen gekomen. Het type wijkt niet af van dat van andere dicotyle planten. Het bestaat in gelocaliseerde opzwellings, die meestal van een oksel of vertakking uitgaat, maar die zich, bij uitzondering, ook zijdelings aan een internodium of aan de onderzijde van een bladnerf en het aangrenzende sponsparenchym kan bevinden. Het is een echte gal, die aan wortels niet gevonden wordt en tot de vorming waarvan reeds uitgegroeide stengels of bladeren niet meer in staat zijn (Fig. 1). Slechts in zeer vleezige stengeldeel, zooals de

aardappelknol, heeft, nadat zij volgroeid zijn, nog aantasting, opzwellling of uitbreiding eener infectie plaats.

Het zieke gedeelte der stengels van aardappels en andere dicotyle planten is bleeker van kleur, de cellen onder de opperhuid zijn opgezwollen, de luchthoudende ruimten daartusschen zijn verwijd. De cellen van de epidermis zijn ook eenigszins gezwollen (Fig. 10). Waar de schors aan de eene zijde van een stengel sterker is aangetast, dan aan de andere heeft kromming plaats. Zieke bladnerven, bladstelen en zijscheuten zijn tengevolge van de opzwellling veelal naar beneden gedrukt (Fig. 1 en 9).

Men neemt de gallen waar, zoodra de planten zijn opgekomen. Bij de aardappelplant ziet men de meeste gallen vóór begin Juli, den tijd, die voor de keuring op bladrol, mozaiek en verwante, vroeger als „krulziekte” samengevatte verschijnselen de meest geschikte is. Deze tegenwoordig als „virusziekten” bekend staande verschijnselen verspreiden zich door de geheele plant en zullen nu niet meer met de aaltjesziekte verward worden.

Zoodra zij in de maand Juni gevormd zijn, vindt men ook aan de stolonen en ondergrondsche knoppen der aardappelplanten aaltjesgallen. De figuren 3 en 5 toonen aangetaste stolonen en knoppen; één scheut is even onder de bodemoppervlakte sterk gekromd. De foto is in 't midden van Juli gemaakt, toen de bovengrondsche gallen reeds begonnen te verschrompelen en te verdrogen. Reeds eenige weken te voren was opgemerkt, dat sommige lenticellen der jonge knollen sterk waren gezwollen en dat zich daarin aaltjes bevonden. Later vormde zich om de lenticellen heen een bultje, dat door de kurkhuid bedekt bleef. In het centrum kan men in vele gevallen een donker gekleurde, vergroote en opengebarsten lenticel terugvinden (fig. 4 en 5). Herhaaldelijk is door mij geconstateerd, dat dit de plaats is, waar de aaltjes zijn binnengedrongen. In een later hoofdstuk kom ik daarop terug. Soms vindt men ook in de uitgepote moederknollen, nadat zij eenige weken in den grond hebben doorgebracht, lenticellen, opgezwollen onder den invloed van de aaltjes.

Dat de aaltjes door de reeds uitgegroeide stolonen in de knollen overgaan is onjuist. Men kan aan dezelfde plant dikwijls gallen aan stolonen en knollen vinden, die door gezonde gedeelten van elkaar gescheiden zijn (fig. 5). Evenmin is het juist, wat vroeger is vermeld geworden over de verplaatsing der aaltjes uit de knollen in het daaruit opgroeiend loof. Zij vermijden de vaatbundels en dus ook de gedeelten van den knol, waar de naar de spruiten gaande vaatbundels samenkomen. De schors ontbreekt vrijwel geheel op de plaats, waar de spruit uit den knol is ge-

komen; er is hier geen gelegenheid om te passeeren (fig. 22). Wanneer de aaltjes met aangetaste knollen zijn uitgepoot, verlaten zij die in den vochtigen grond om vervolgens de spruiten van buitenaf aan te tasten. Dat men de gallen later op zekere hoogte in den stengel waarneemt, komt daarvan, dat zij bij de strekking der internodiën passief omhoog zijn gevoerd. Men heeft hier dus hetzelfde wat in den laatsten tijd ook in Amerika is waargenomen bij enkele, in 't wild groeiende Composieten (GODFREY 1924). De bloemknop, die zich in het midden van de rozet bevindt, wordt geïnfecteerd en als de bloemsteel zich later strekt, worden de aaltjes omhoog gevoerd. 't Gevolg daarvan is, dat ze ook met het zaad dezer Composieten kunnen worden verspreid. Op dezelfde wijze komen de aaltjes ook in den bloembodem van de weverskaarde, waar zij 't eerst door KÜHN zijn gevonden (1857).

HET BINNENDRINGEN EN DE VOORTPLANTING IN AARDAPPELSPRUITEN.

De literatuur brengt de vraag hoe de aaltjes in stengels binnendringen niet tot oplossing.

RITZEMA BOS zegt, dat hij den mondstekel wel eens uitgestulpt gezien heeft en er kan ook nauwelijks twijfel aan bestaan, dat de punt een weinig buiten de lippen kan worden uitgestoken. DE MAN (1892) beeldt de aan *T. dipsaci* zeer verwante *T. fuscicola* DE MAN & BURTON, die aan de kust van Schotland aan het zeewier *Fucus nodosus* gallen vormt, met gedeeltelijk uitgestoken stekel af. Noch door GOODEY, noch door mij is dit ooit gezien bij *T. dipsaci*.

Microscopisch onderzoek van aan infectie blootgestelde kiemplanten van *Vicia faba* leerde mij, dat DEBRAY en MAUPAS voor deze plantensoort te recht de huidmondjes beschouwen als ingangspoorten. Aan de basis van veldboon kiemplantjes is de spleet dezer organen wijd genoeg om de larven, die ruim 10 micron dik zijn te laten passeeren. Bij deze plant heb ik iets dikkere larven waargenomen in de ademholte onder de huidmondjes, maar van de schorscellen in de buurt was de middenlamel bruin; deze cellen waren opgezwollen en enkele waren afgestorven, verschijnselen waarvan door de genoemde auteur geen gewag wordt gemaakt. Hoe gaat het nu bij de aantasting van aardappelspruiten? Kleine gladde aardappeltjes werden door mij uitwendig met sublimaat of zilvernitraat ontsmet, het gelukte op deze wijze schimmel en bacteriegroei te stuiten, maar niet

absoluut te verhinderen. Op de spruiten, die zich uit deze knolletjes in steriele buizen ontwikkelden, werden uitwendig ontsmette gallen gebracht. Zoo gelukte het aantasting van spruiten in cultuurbuizen te vervolgen (fig. 7, vergr. 5 $\times$) zonder dat bacteriën, schimmels of andere organismen er direct bij waren, maar later bleken zij toch niet gedood te zijn. De reincultuur der aaltjes is dus op deze wijze nog niet gelukt en er dient naar betere methoden hiervoor te worden gezocht.

Van spruiten, waarop de groei van bacteriën en schimmels zoodanig gestuit was, dat zij bij de aantasting der weefsels door de aaltjes zeker geen invloed oefenden, zijn microscopische praeparaten gemaakt. Men ziet daarvan photo's in de figuren 12 en 21. In 12 en rechts in 21 zijn nog juist de sluitcellen van een huidmondje zichtbaar. De parenchymcellen, die de ademholte daaronder omgeven, zijn sterk gezwollen en hebben bruine wanden. Links in 21 is in hetzelfde praeparaat een verder stadium te zien. Ook hier heeft een huidmondje tot operatiebasis gediend, maar de opzwellling der cellen daaronder was reeds zoover gevorderd, toen het praeparaat werd gemaakt, dat de sluitcellen ternauwernood meer te herkennen zijn. Een stuk van het stengel-aaltje, dat bij het maken der coupe door het scheermes is afgesneden, bevindt zich daarin. Microscopische beschouwing doet dit 20 micron dikke aaltje duidelijker herkennen dan de microphoto.

Bij het onderzoek van een veel grooter aantal aardappelspruiten, die, groeiende in met stoom ontsmetten grond, werden blootgesteld aan de aanvallen van eveneens in dien grond gebrachte aaltjes, werden zulke aantastingsbeelden ook gevonden. De spleet der huidmondjes van de spruiten is minder dan 10 micron breed; de larven zijn bij het overgaan naar een nieuwe waardplant meestal reeds half volwassen, dus $\pm$ 20 micron dik. Daar men bovendien de opzwellling der cellen onder de huidmondjes en de verkleuring, opzwellling en oplossing van de middenlamel hunner wanden reeds waarneemt voordat de aaltjes zelve zich in de ademholte bevinden, is het waarschijnlijk, dat de cellen om de ademholte heen reeds reageeren op schadelijke stoffen door de aaltjes afgescheiden voor zij die cellen hebben aangeraakt. De huidmondjes worden tengevolge van de opzwellling der daaronder liggende cellen zoo wijd opengespaakt, dat zij, in gezonden toestand daarvoor te nauw zijnde, de aaltjes doorlaten. De oplossing van de intercellulaire substantie tusschen de cellen onder de ademholte stelt de aaltjes in staat deze cellen van elkaar te splijten en

verder te gaan. Er is dus eenige overeenkomst met de wijze, waarop vele parasitaire schimmels te werk gaan.

De aantasting kan misschien ook buiten de huidmondjes om plaats hebben. Deze laatste puilen in vochtigen grond sterk uit en vlak naast de kleine verhevenheden, die aldus op de overigens gladde spruiten ontstaan, vindt men dikwijls bruin gekleurde opperhuidscellen onder welke het schorsparenchym eveneens is opgezwollen en bruin gekleurd. Wanneer de aaltjes hun krachten beproeven op epidermiscellen, ter plaatse waar geen huidmondjes in de buurt zijn, heeft ook wel bruinkleuring en ineenvallen dezer cellen, en zelfs ook wel opzwellling van het daaronder liggend parenchym plaats. Maar of de aaltjes hier ook binnendringen, heb ik bij de aardappelspruiten niet kunnen beslissen.

Bij de bladstelen van *Ranunculus repens* echter, sterven opperhuidscellen, die door het stengelaaltje bewerkt worden voor een gedeelte onder bruinkleuring af, voor een ander gedeelte zwellen zij op. Vervolgens vergrooten zich de er naast en de er onder gelegen cellen, en zoo ontstaat een woekering gelijkende op de in vochtigen grond uitpuilende lenticellen van de aardappel. In het volgende hoofdstuk is de aantasting der aardappellenticellen door *Tylenchus* beschreven. De pseudolenticellen van *Ranunculus repens* zijn op dezelfde wijze toegankelijk. Men mag dus aannemen, dat het stengelaaltje ook bij aardappelspruiten wel eens op deze wijze buiten de huidmondjes om binnenkomt.

Men kan verder waarnemen, dat de aaltjes wel eens binnendringen tusschen de losse schorscellen, welke zich bevinden om de uit den stengelbasis naar buiten barstende worteltjes (voor *Phaseolus vulgaris* afgebeeld in fig. 11). Op de jonge wortels zelve heb ik ze wel eens zien kruipen, ook vindt men er wel eens epidermiscellen, die door de aaltjes zijn bruingekleurd, maar van opzwellen der wortelcellen of van binnendringen in de wortels is geen sprake. De wortels missen de huidmondjes en terwijl bij de spruiten intercellulaire ruimten aanwezig zijn in de subepidermale en diepere parenchymlagen, sluiten bij de meeste plantensoorten de cellen der buitenste lagen van de wortelschors te stevig aan elkaar, om een binnendringen mogelijk te maken. Daar komt nog bij dat bij wortels de dieper gelegen lagen der schors alleen tot hypertrophie in staat zijn. Ik leid dit af uit het feit, dat bij aantasting van wortels door de beide Heterodera-soorten en door *Plasmodiophora brassicae* de buitenste vast aaneensluitende cellen niet of ternauwernood, de meer naar binnen gelegen cellen daarentegen sterk in volumen kunnen toenemen.

De aaltjes kruipen ook tusschen de nog opgevouwen blaadjes; men vindt nu en dan, zoodra deze zich gaan ontplooien, opzwellingen aan den benedenkant of kleine bruine verwondingen aan den bovenkant, vlak naast de uitpuilende hoofdnerf. In de wijde intercellularen van het sponsparenchym der aan de onderzijde aangetaste blaadjes vindt men de aaltjes; tusschen de vast aaneensluitende palissade-cellen dringen ze echter niet in; het blijft hier bij een wondje, waaromheen de palissadecellen zijn bruingekleurd. In 't centrum van de opgezwollen gedeelten der bladeren ziet men, evenals bij de spruiten, een verdiept donker plekje. Dit zijn de doode resten van het weefsel waar het indringen plaats had, maar de huidmondjes en zelfs de cellen onder de ademholte vindt men daarin niet meer terug. Om zulk een necrotisch centrum ziet men (in fig. 10, die een spruit voorstelt), de gezwollen epidermiscellen; op iets grooter afstand is de epidermis weer normaal.

De parenchymcellen van de schors der aangetaste spruiten of van het sponsparenchym vergrooten zich en zij splijten van een. De aaltjes leven in de intercellulaire ruimten. Men vindt er volwassen dieren, eieren en larven. Er zijn ook doode cellen te vinden tusschen die, welke zijn opgezwollen. Hebben de aaltjes deze voor hun voeding aangeboord? De zieke spruiten sterven spoedig, reeds in Juli; de aaltjes kruipen er dan uit. Een groot aantal generaties heeft er niet in geleefd. Afbeeldingen van sterk aangetaste spruiten vindt men in de figuren 2, 8 en 9.

HET BINNENDRINGEN EN DE VOORTPLANTING IN AARDAPPELKNOLLEN.

Het onderzoek der spruiten liet enkele vragen onbeantwoord. Waarom schrompelen sommige cellen van het aangetaste weefsel onder bruinkleuring ineen, en bestaat de hoofdmassa van dit weefsel uit opzwellende cellen? Door het onderzoek der aangetaste knollen kwam deze vraag iets nader tot een oplossing.

Wij zagen reeds, dat de aaltjes in de knollen door de lenticellen binnendringen. Wel vindt men de bulten, die als gevolg van de aantasting ontstaan, dikwijls nabij het naveleinde, maar dit is het gevolg daarvan, dat aaltjes, die de aangetaste stengeldeelen bij vochtig weer verlaten, langs den stengel naar beneden kruipen, zich door den grond langs de stolonen bewegen en eerder kans hebben bij het naveleind, dan bij het topeind een ingangspoort te vinden.

Ook de uiteinden der „wenkbrauw” zijn geliefkoosde plekken

om binnen te dringen (fig. 6). Zulk een „wenkbrauw” is de verbrede aanhechtingsplaats van een klein blijvend blaadje, in den oksel waarvan het „oog” staat. Bij de verdikking der knolscheurt deze huidplooi aan zijn uiteinden en komt het parenchym, evenals bij de lenticellen, aan de oppervlakte.

Aangetaste knollen zijn in verschillende toestanden van ontwikkeling door mij onderzocht. De bultjes, die aanvankelijk klein zijn, breiden zich geleidelijk uit, zoowel wanneer de aardappels aan de plant blijven doorgroeien als wanneer zij jong zijn geoogst. Meestal is dan op doorsnede het oudste deel nog terug te vinden doordat hier de aantasting zich tot den vaatbundelring in de diepte uitstrekt (fig. 13). Daaromheen heeft zich de ziekte in alle richtingen onder de schil uitgebreid. Het zieke weefsel is grauwbrown van kleur. Met de loupe kan men er bruine en witte korreltjes in waarnemen; in doorsneden is het vrij scherp begrensd door een bruine lijn; daarbuiten bevindt zich een smalle lichte lijn. Wanneer dunne doorsneden door het zieke weefsel bij doorvallend licht worden beschouwd, ziet men, dat daar het zetmeel is opgelost. Bij microscopisch onderzoek blijkt, dat het weefsel hier nog niet ziek is, maar dat door het vormen van tusschenschotten een kurkcambium van platte cellen is ontstaan, dat het zieke gedeelte afgrenst van het nog gezonde (tekstfiguur 34 p.). Terwijl in het gezonde vleesch van de zetmeelhoudende aardappel de cellen stevig aan elkaar zijn gekit door een intercellulaire substantie, die aan de ribben slechts nauwe, niet meer dan hoogstens 5 micron wijde luchtkanalen overlaat, bestaat het zieke weefsel voor het grootste gedeelte uit afgeronde cellen met, daartusschen, verwijde luchtholten, waarin de aaltjes zich bewegen, paren en eieren leggen. De uit pectine bestaande intercellulaire substantie, de z.g. middenlamel, of het oudste deel der celwanden, is in 't algemeen minder bestand tegen de oplossende werking van vele parasitaire en half parasitaire schimmels en bacteriën, dan het jongere, uit cellulose bestaande gedeelte der celwanden. Blijkbaar oefenen de aaltjes een dergelijke oplossende werking uit. Uit deze afgeronde cellen is het zetmeel vrijwel geheel verdwenen; ook dit zetmeel moet zijn opgelost want de meeste cellen zijn niet mechanisch door de aaltjes beschadigd. De wand der afgeronde cellen is een weinig bruin gekleurd en een bruine substantie is buitenop de wanden afgezet. Deze bruine substantie is vooral aan den rand van het aangetaste weefsel, waar de cellen nog niet zoo sterk afgerond en de intercellulaire ruimten dus ook nog maar weinig verwijd zijn, aanwezig (fig. 34 s). Zij vormt hier de bruine begrenzingslijn, die men met de loupe kan zien. Men

R 0,01 O 0,06 x 0,028 L 0,38 x 0,011

T 1,3 x 0,03

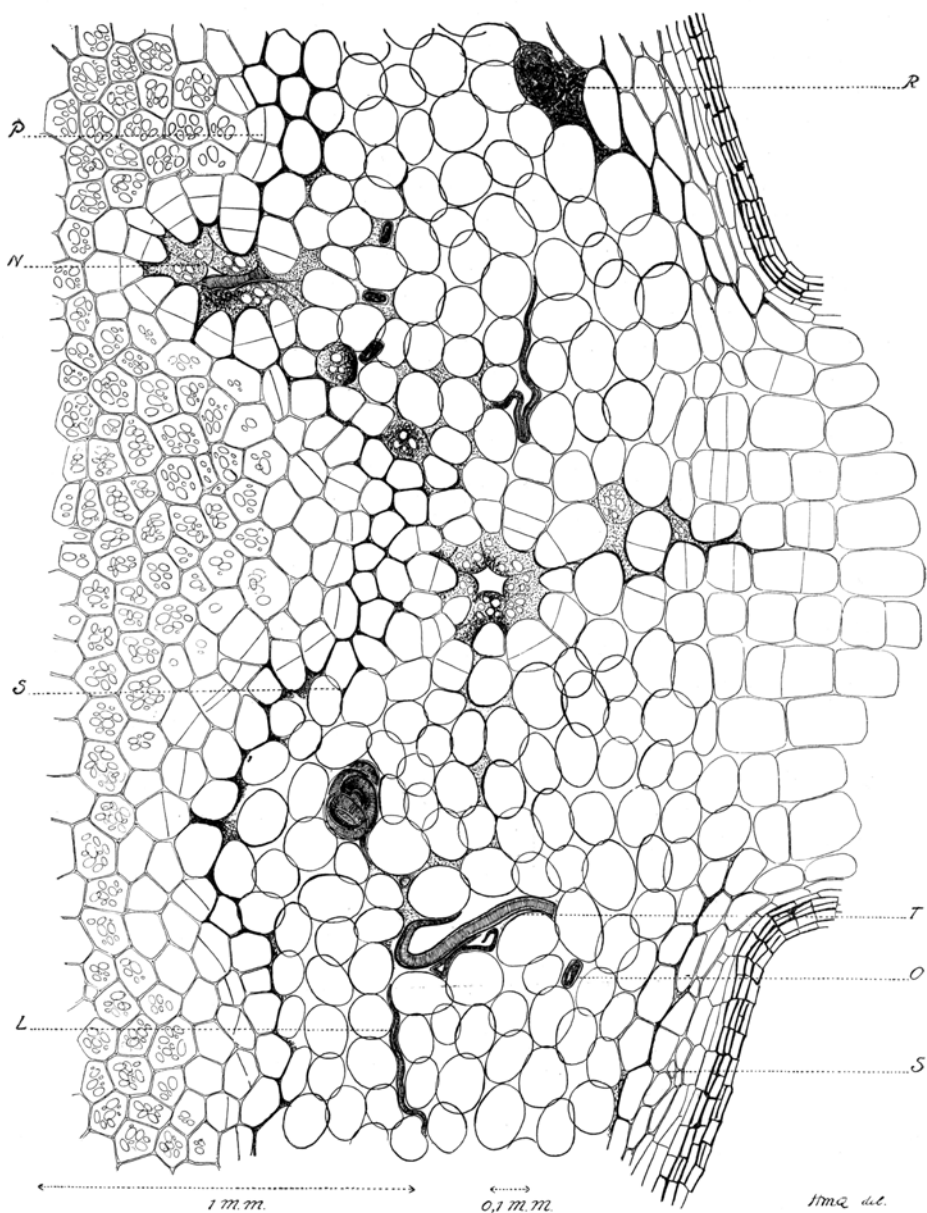


fig. 34.

heeft dus hier precies hetzelfde als bij verwonde, kringrige, door *Phytophthora infestans* en door netnecrose aangetaste aardappelen. In mijn artikel over „kringrigheid” in dit tijdschrift (QUANJER 1926) is dit beschreven: „Wanneer men een aardappel prikt met een steriele naald, worden de cellen, die direct grenzen aan de verwonde en gedooide cellen, met een gele kurkachtige stof, die de intercellulairen afsluit, geïmpregneerd en vormt zich onder deze afsluitende laag een kurkcambium.” Dus een bruine lijn, die het zieke weefsel afsluit (*s* in fig. 34) en daaromheen een doorschijnende lijn, het kurkcambium in het gezonde weefsel (*p* in fig. 34).

In de beschreven hoofdmassa, bestaande uit afgeronde cellen, zagen wij reeds met de loupe bruine en witte korreltjes. De eerste zijn necrotische celcomplexen (fig. 34 *n*), waarin het microscoop ons de pleisterplaatsen doet vermoeden, waar de aaltjes zich moeten hebben gevoed. Deze cellen toch zijn verwond, en zoo snel afgestorven, dat het zetmeel geen tijd had er uit op te lossen; het ligt besloten in de bruine necrotische massa. Bij jonge bultjes ziet men nog duidelijk zooals fig. 34 aangeeft, aan de opeenvolging dezer pleisterplaatsen welken weg de aaltjes na het binnendringen in het losse weefsel der lenticellen gevolgd hebben. Om deze necrotische celcomplexen, die natuurlijk het oudste gedeelte van den infectiehaard zijn, zijn de omringende, nog levende cellen naar elkaar toe gegroeid; zij hebben tusschenschotten gevormd, zoodat ook hier weer een kurkcambium het doode weefsel inkapselt; zij moeten dit reeds gedaan hebben voor de hoofdmassa van het zieke weefsel zijn cellen afrondde. Ook hier is weer bij de celdeeling het zetmeel verbruikt.

Men vindt in de bulten de aaltjes in alle ontwikkelingstadien. Niet zelden zijn de volwassen exemplaren ineengerold, afzonderlijk of ook wel paarsgewijze (witte korreltjes, met de loupe gezien). Het is waarschijnlijk, dat hier paring plaats grijpt; in de buurt van de volwassenen vindt men de eieren en de larven, zooals zij in de teekening zijn afgebeeld (fig: T. Tylenchus, L: larven, O: eieren; de afmetingen zijn in de figuur opgegeven).

De aantasting breidt zich bij den groei der knollen en ook bij geoogste knollen geleidelijk uit; soms over een zeer groot deel van de oppervlakte (fig. 13 en 14).

Het weefsel om de oogen blijft nog lang gespaard, zoodat men a.h.w. het tegenbeeld ziet van de bij „stippelstreep” behorende „oogziekte” van de Schotsche muis. Wij zagen reeds, dat de aaltjes het vaatbundelweefsel, dat geen intercellulaire ruimten

heeft, vermijden; dit moet de reden zijn waarom de omgeving van de oogen 't langst gezond blijft.

In het begin van dit hoofdstuk werd de vraag gesteld: waarom sommige cellen van het aangetaste weefsel ineenschrompelen en andere opzwellen. De eerste zijn natuurlijk die, welke door de aaltjes zijn verwond. Het opzwellen der niet-verwonde cellen moet in verband gebracht worden met nieuwere opvattingen over galvorming, waarvan wellicht later in dit tijdschrift een overzicht zal worden gegeven.

SECUNDAIRE ORGANISMEN, NATUURLIJKE VIJANDEN, UITWENDIGE OMSTANDIGHEDEN, VATBAARHEID VAN RASSEN.

Dat tenslotte de huid onder de zich uitbreidende zieke plekken rimpelig ineenzinkt, waarbij het ziektebeeld ontstaat, dat wij uit de bestaande literatuur kennen, is daaraan toe te schrijven, dat steeds nieuwe generaties van aaltjes ontstaan en een grooter deel van de schors en ook van het merg in bezit nemen, terwijl ze gevolgd worden door humusaaltjes, *Hypochnus*, mijten en slakken. *Hypochnus solani*, die anders slechts buiten op de schil wordt aangetroffen, volgt de aaltjes in de verwijde intercellulair en vult ook dikwijls groepen van gezwollen parenchymcellen op (fig. 34 R = *Rhizoctonia solani*). Slakken zijn zeer verzot op het weefsel der bulten (fig. 15 door *Limax agrestis* uitgeholde zieke knol). Of zij er toe bijdragen, dat de uitbreiding van de aaltjesziekte der aardappelen, die vooral voorkomt op de zwaardere en vochtige gronden, betrekkelijk zelden ernstige afmetingen aanneemt, dan wel of zij door niet verteerde aaltjes weer af te scheiden tot de verspreiding ervan bijdragen, moet nader worden nagegaan. Natuurlijke vijanden kunnen er ook de oorzaak van zijn, dat bij den oogst, der uit zieke poters gegroeide planten, geen of weinig aaltjesziekte meer gevonden wordt (Plantenziektenkundige Dienst 1922). Intusschen zijn mij nog veel meer gevallen ervan bekend, dat de nateelt van aangetaste knollen in sterke mate besmet was en men moet er dan ook voor oppassen met zieke aardappels de aaltjes nog meer te verspreiden.

SPIECKERMANN (1911) maakt melding van plaatsen in Westfalen, waar de roggeziekte steeds in stand is gebleven, nadat zij er zich 50 of meer jaren geleden voor 't eerst vertoonde, en van andere plaatsen, waar zij afneemt of verdwijnt. In hoeverre een studie van de natuurlijke vijanden van het stengelaaltje ons

in staat zal stellen van hun hulp gebruik te maken om een plaag te doen ophouden, moet de toekomst leeren.

Het binnendringen der aaltjes in de lenticellen verklaart een verschilpunt, dat er in de literatuur bestaat tusschen RITZEMA Bos, die meende, dat aaltjesziekte van de aardappelplant typisch was voor het vochtige jaar 1888 en de Plantenziektenkundige Dienst, die meent, dat zij vooral in droge jaren voorkomt (1921). In zwaren, vochtigen grond zijn de lenticellen lossen van bouw en zij puilen meer naar buiten uit, zoodat de aaltjes er meer vat op hebben. Maar bij den oogst is het zieke weefsel dikwijls door slakken uitgevreten en de praktijk onderscheidt ze niet van aardappels, die door *Phytophthora infestans* zijn aangetast. In droge jaren daarentegen (1911, 1921) is de Phytophthoraziekte zoo zeldzaam, dat de aaltjesziekte knollen worden opgemerkt en opgestuurd (Phytopathologisch Laboratorium Willie Commelin Scholten 1911, Plantenziektenkundige Dienst 1921). Wanneer de gegevens van Prof. RITZEMA Bos, het Phytopathologisch Laboratorium W. C. S., den Plantenziektenkundigen Dienst en het Laboratorium voor Mycologie en Aardappelonderzoek bij elkaar geteld worden, komt men tot de conclusie, dat de aaltjesziekte van den aardappel in alle provincies en alle grondsoorten voorkomt, maar het meest is opgemerkt op zeeklei en rivierklei. In dit verband zij hier herinnerd aan het onderzoek van M. P. LÖHNIS (1925), waaruit blijkt, dat in 't algemeen de lenticellen der kleiaardappelen meer toegankelijk zijn voor *Phytophthora infestans* dan die der zand-aardappelen. Op besmette stukken grond worden de aardappelrassen aangetast, die er verbouwd worden: vroege en late, rassen met ongekleurde en gekleurde schil, met wit en met geel vleesch. Opzettelijke proeven over de vatbaarheid van aardappelrassen zijn door mij echter niet genomen.

WAARNEMINGEN OVER DE HERKOMST VAN HET AARDAPPELAALTJE.

In 1922, toen ik in de gelegenheid was een flink stuk terrein voor proefnemingen over de ziekten van aardappelen en andere planten te Wageningen in gebruik te nemen, viel de keuze op een stuk kleigrond in de Geldersche Vallei ten Westen van de Binnenhaven, begroeid met gras en grenzende naar het Westen aan land, dat sinds lange jaren met gras was bedekt. Het laboratorium van het Instituut voor Phytopathologie, dat zich met het mycologisch gedeelte en het aardappelonderzoek zou bezighouden, is ook daar gebouwd. Toen in het jaar 1923 op het inmiddels

geploegde land tusschen suikerbieten nog maar weinig rijen van aardappelplanten werden geteeld, vertoonde zich op een enkele plek de aaltjesziekte in de stengels van dit gewas. De aaltjes bezaten alle kenmerken van *Tylenchus dipsaci* KÜHN. In latere jaren, toen het terrein van ongeveer 6 H.A. geheel in gebruik genomen was, werd zij ook gevonden op enkele andere plekken.

De in 1923 uitgepote aardappelen waren vrij van aaltjesziekte; dus moet de parasiet in den grond aanwezig geweest zijn. Niettegenstaande steeds de zieke planten en de knollen ervan onschadelijk werden gemaakt en nauwlettend werd toegezien, dat in de volgende jaren geen aangetaste knollen werden uitgepoot, hebben de zieke plekken zich uitgebreid en is de ziekte op enkele andere plekken van het terrein gevonden.

In de buurt van de aardappelplanten op de oorspronkelijk zieke plek vond ik *Ranunculus repens* met zichtbaar aangetaste bladstelen (fig. 1). Langzamerhand werden nog andere wildgroeijende waardplanten ontdekt. Ook is uitgekookte grond in potjes met stukjes van aaltjeszieke aardappels besmet en zijn daarin verschillende gekweekte en wilde plantensoorten uitgezaaid. De volgende lijst vermeldt de planten, in welke de aaltjes van de soort *Tylenchus dipsaci* zich voortplantten en die daarbij opzwellingen kregen.

PLANTEN, AANGETAST DOOR TYLENCHUS DIPSACI KÜHN IN DE
BUURT VAN ZIEKE AARDAPPELS OF IN DAARMEDE BESMETTEN
WEIDEGROND.

(Cursief de soorten, waarvan niet bekend was, dat zij worden aangetast).

(VON T. DIPSACI BEFALLENE PFLANZEN IN DER NACHBARSCHAFT VON
BEFALLENEN KARTOFFELN ODER AUF DER VERSEUCHTEN WIESENERDE).

(italics: 28 Pflanzenarten bis jetzt nicht als Wirt bekannt).

Familie	Lat. naam	Ned. naam	Opmerk.
Gramineae	<i>Avena sativa</i>	haver	veld en pot
	<i>Poa annua</i>	éénjarig beemdgras	veld en pot
	<i>Secale cereale</i>	rogge	veld en pot
Liliaceae	<i>Allium cepa</i>	ui	veld en pot
Polygonaceae	<i>Polygonum persicaria</i>	perzikkruid	veld
	<i>Polygonum fagopyrum</i>	boekweit	pot
	<i>Polygonum convolvulus</i>	zwaluwtong	veld en pot

Familie	Lat. naam	Ned. naam	Opmerk.
Polygonaceae	<i>Rumex acetosa</i>	veldzuring	veld
Chenopodiaceae	<i>Beta vulgaris</i>	voederbiet	veld en pot
	<i>Chenopodium album</i>	witte melde	veld
Caryophyllaceae	<i>Spergula arvensis</i>	spurrie	veld en pot
Ranunculaceae	<i>Ranunculus repens</i>	kruipende boterbloem	veld, fig. 1
Cruciferae	<i>Arabis alpina</i>	Alpen scheefkelk	veld en pot
	<i>Brassica oleracea capitata</i>	sluitkool, witte	pot, fig. 16
	„ „	„ roode	pot
	„ <i>oleracea sabauda</i>	Savoye kool	pot
	„ <i>oleracea acephala</i>	boerenkool	pot
	„ <i>oleracea gemmifera</i>	spruitkool	pot
	„ <i>oleracea Botrytis</i>	bloemkool	pot
	„ <i>oleracea gongylodes</i>	glaskoolraap	pot
	„ <i>rapifera</i>	koolraap	pot
	„ <i>nigra</i>	zwarte mosterd	pot
	<i>Camelina sativa</i>	oliezaad	pot
	<i>Cardamine pratensis</i>	pinksterbloem	veld fig. 18, 19
	<i>Cheiranthus cheiri</i>	muurbloem	pot
	<i>Isatis tinctoria</i>	weede	pot
	<i>Lepidium sativum</i>	tuinkers	pot
	<i>Raphanus raphanistrum</i>	knopherik	pot
	<i>Sinapis alba</i>	witte mosterd	pot
	<i>Sinapis arvensis</i>	herik	pot
	<i>Stenophragma thalianum</i>	zandraket	pot
	<i>Thlaspi arvense</i>	boerenkers	pot
Linieae	<i>Linum usitatissimum</i>	vlas	veld en pot,
Rosaceae	<i>Fragaria vesca</i>	aardbei, maandbloei	pot fig. 28
	<i>Fragaria indica</i>	indische aardbei	pot, fig. 29
Papilionaceae	<i>Lupinus luteus</i>	gele lupine	pot
	<i>Pisum sativum</i>	erwt	veld en pot
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	bruine boon	pot, fig. 20
	<i>Trifolium pratense</i>	roode klaver	veld en pot
	<i>Trifolium repens</i>	witte klaver	veld en pot
	<i>Vicia faba</i>	tuinboon	pot
Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i>	akkerwinde	veld, fig. 30
Polemoniaceae	<i>Phlox Drummondii</i>	eenjarige Phlox	pot
Solaneae	<i>Solanum tuberosum</i>	aardappel	veld en pot
	<i>Nicotiana tabacum</i>	tabak	pot
Scrophulariaceae	<i>Veronica serpyllifolia</i>	thymbladige cereprijs	veld, fig. 31
Dipsaceae	<i>Dipsacus fullonum</i>	kaardebol	pot, fig. 32
Compositae	<i>Cirsium arvense</i>	stekelvederdistel	veld en pot,
	<i>Cirsium lanceolatum</i>	speerdistel	pot fig. 33
	<i>Senecio vulgaris</i>	gemeen kruiskruid	veld en pot
	<i>Sonchus asper</i>	ruige zoogdistel	veld en pot
	<i>Sonchus oleraceus</i>	moeras zoogdistel	veld en pot

Meer dan de helft van deze waardplanten was nog niet als zoodanig bekend. Niet in al deze planten is de ziekte van ernstigen aard. Hare symptomen zijn bij alle dicotyle planten van hetzelfde type. De stengelschors zwelt op meestal bij de knoopen. Dit is bij de zeer jonge kiemplanten, waar de infectie aan den oksel der zaadlobben, soms ook aan het hypocotyle lid of aan hoogere geledingen der stengeltjes of aan bladstelen of bladnerven plaats heeft, reeds zichtbaar. Bij vegetatieve voortplanting wordt de knop bij de oppervlakte van den grond aangetast. De rozetvormers dragen de gallen vooral aan de bladstelen. Bij vele onderzochte Crucifeeren blijft de gal klein; zij droogt uit en verdwijnt als het stammetje houtig wordt. Knollen en koolrapen worden veelal genoemd als gewassen, die men op besmetten zandgrond kan verbouwen; dit is in zooverre juist, dat deze gewassen in den toestand van jonge plant worden aangetast, en de iets grootere planten, die op het veld worden uitgepoot het vatbare stadium reeds ontgroeid zijn, zooals trouwens bij ongeveer alle dicotyle planten het geval is. Waar de infectie aan de nerven van de jonge nog tot pluimpje vereenigde loofblaadjes heeft plaats gevonden, herkent men later bleeke, bultige, slecht groeiende plekken aan de ontplooide bladeren. Of de ziekte het jonge plantje ernstig beschadigt hangt er van af of de aaltjes op een enkele plaats dan wel op verschillende punten zijn binnengedrongen. Men ziet duidelijk in de photo der twee aangetaste boonenkiemplanten (fig. 20), dat het aantal der plaatsen, dat het stengelaaltje als basis zijner operatiën heeft gekozen, beslissend is voor de gezondheidstoestand. Als de afzonderlijke opzwellingen ineenvloeden en als de stengel er rondom mee bezet is, blijft de plant klein en zij sterft spoedig af. Een tot twee weken nadat de opzwelling zichtbaar werd, vond ik in de gallen bij alle soorten de intusschen volwassen geworden indringers, de eieren, die zij hadden voortgebracht en de daaruit voortgekomen larven.

Het lag voor de hand ook naar de gallen te zoeken op de aangrenzende weiden van de Geldersche Vallei. Reeds waren vele vergeefsche excursies gemaakt met het doel de natuurlijke waardplanten te vinden, toen op de weide, die ten Westen aan het laboratoriumterrein grensde, in Oct. 1926 jonge rozetjes van de pinksterbloem, *Cardamine pratensis* werden gevonden met kleine oneffenheden op de steeltjes der jonge hartblaadjes (fig. 18). In deze bladstelen (vergroot afgebeeld in fig. 19) bevond zich *Tylenchus dipsaci* in al zijn ontwikkelingstoestanden. Zoo ook in kort daarop in deze weiden gevonden bladsteeltjes van de kruipende boterbloem, *Ranunculus repens* en de witte klaver,

Trifolium repens, die op dergelijke wijze verdikt of van kleine verhevenheden voorzien waren als de op het proefveld gevonden planten.

De weide, waarop deze zieke plantjes het eerst gevonden werden, was ongeveer 60 jaar geleden door een steenbakker afgegraven. Voor dien tijd was hier een bosch geweest, en na het afgraven was de boschgrond er weer opgebracht. Op deze weide werd wel eens mest met roggestroo gebracht. Er werd daarom ook gezocht op een weide verder westelijk, waar een dergelijke verstoring van den natuurlijken toestand niet had plaats gehad en waar voor bemesting slechts gier is gebruikt. Ook hier werden plantjes van *Ranunculus repens* met aangetaste bladstelen gevonden.

De genoemde plantensoorten vermenigvuldigen zich behalve door zaad ook langs vegetatieven weg. Bij de pinksterbloem, waarvan het zaad meestal niet kiemkrachtig is, vindt men aan den voet der blaadjes knoppen. Deze blaadjes vallen in den herfst af als de steeltjes ervan door aaltjes zijn aangetast; de gemeenschappelijke steel blijft staan en daar de aaltjes daarin spoedig geen voedsel meer vinden, verlaten zij hem. Zij vinden dan dikwijls een schuilplaats in het hart der jonge rozetten, die zich intusschen uit de bewortelde knoppen hebben ontwikkeld. Van deze rozetten, die overwinteren, zijn de nieuwe blaadjes soms reeds van kleine opzwellingen voorzien, wanneer zij hun aanvankelijk gebogen en toegevouwen blaadjes uitspreiden. Bij de kruipende boterbloem en de witte klaver bewortelen zich in den herfst de knopen van de neerliggende stengels, en ook hier ontstaan overwinterende rozetjes. Als de schijven van de bladeren der moederplanten, in de stelen waarvan de aaltjes leven, geel worden, kruipen de dieren er uit en zij begeven zich tusschen de scheeden der nieuw gevormde rozetblaadjes. Ook hier zijn dus de bladstelen veelal reeds geïnfecteerd als zij uit de scheeden der buitenste, eerst ontwikkelde blaadjes te voorschijn komen. De aaltjes verspreiden zich in deze bladstelen niet over groote afstanden. Men ziet dikwijls verschillende infectiehaarden naast elkaar als afzonderlijke bultjes, vooral in den winter wanneer voortplanting en voeding slechts bij tusschenpoozen plaats hebben.

Soms zijn deze bultjes zeer klein en worden er geen aaltjes in gevonden. Nader onderzoek bij *Ranunculus repens* leerde mij, dat de aaltjes, in de scheeden der oudere blaadjes verborgen, met hun vooreind de ook hier veelal uitpuilende huidmondjes en epidermiscellen der jongere bladstelen bewerken. Onder de huidmondjes zwelt het schorsparenchym op (fig. 23 en 25: doorsneden door aldus aangetaste bladsteel), maar ook gaat de

opzwellings, zooals reeds in een vorig hoofdstuk gezegd, wel eens van epidermiscellen uit (fig. 26).

Wanneer de aaltjes er in slagen tusschen deze gezwollen cellen door te dringen ontstaan er weer groote intercellulaire ruimten (fig. 24). Zij stuiten op de vaatbundelscheeden; daarvan ondergaan de buitenste cellen een dergelijke bewerking als de epidermiscellen (fig. 24).

Waarnemingen verricht bij de kiemplantjes van de opzettelijk aan infectie blootgestelde plantensoorten leerden, dat de aantasting in den regel plaats heeft aan den binnenkant van de steeltjes der zaadlobben. Men vindt hier necrotische plekjes, waar soms een huidmondje, soms een epidermiscel, het middelpunt van vormt (fig. 17: *Brassica oleracea*, koolkiemplant, de eene zaadlob met steel is weggenomen, vergroot). Om deze necrotische plekjes zwelt het weefsel op en zoo ontstaan de gallen, die zich meestal uitstrekken over het hypocotyle lid en den basis van de stelen der zaadlobben (fig. 16). Ook bij andere plantensoorten, die hierop zijn onderzocht — mooi ziet men dit o.a. bij bruine boon (*Phaseolus vulgaris*) en veldboon (*Vicia faba*) — vormen huidmondjes, die zich bij het niet aangetaste hypocotyl soms boven de oppervlakte der schors verheffen, soms in een inzinking der schors zijn verscholen, het middelpunt van necrotische haarden, waaronder het schorsparenchym is opgezwollen, maar zij ontstaan ook wel onafhankelijk van huidmondjes. Aan bladstelen en hoofdnerfen kan men hetzelfde waarnemen. Aan de onderzijde der bladeren vindt men de opzwellingen met necrotische plekjes in 't midden ook, maar ik heb hier geen enkel geval getroffen, waarbij nog duidelijk een huidmondje als middelpunt te herkennen was. De infectie moet hebben plaats gehad toen het pluimpje door den grond naar boven barstte. Het is aan de snelle ontplooiing der bladeren en de daardoor veroorzaakte snelle verscheuring van het necrotisch gedeelte der epidermis te wijten, dat het zoo moeilijk is hier de toegangsweg der aaltjes terug te vinden.

Dat bij geen der plantensoorten de wortels worden aangetast moet worden toegeschreven aan de afwezigheid van huidmondjes, ademholten en intercellulaire ruimten in de buitenste lagen van schorscellen en aan het onvermogen dezer cellen om hypertrophisch op te zwellen.

Evenals in de rogge kan het stengelaaltje ook in de op vochtige en nu en dan onder water staande weiden groeiende *Ranunculus repens*, *Cardamine pratensis* en *Trifolium repens* overwinteren, zooals mij door herhaald onderzoek van aangetaste planten in den winter 1926—'27 is gebleken.

Het ligt voor de hand aan te nemen, dat *Tylenchus dipsaci* behalve in deze nieuw ontdekte, maar in werkelijkheid waarschijnlijk eeuwenoude waardplanten, nog wel in andere inheemsche bewoners van weiden en bosschen zal leven, die in bovenstaande lijst niet zijn genoemd. Dat de parasiet niet met mest, waarin zich roggestroo bevond, op deze weiden is ingevoerd, wordt nog waarschijnlijker door het feit, dat hij zich nog steeds niet, evenmin als 45 jaar geleden, vertoond heeft in den Eng en op den zandgrond ten Noorden van Wageningen en Bennekom, waar rogge op zoo groote schaal wordt verbouwd. Rogge kan trouwens niet in ons land een oorspronkelijke waardplant van het stengelaaltje geweest zijn, daar dit gewas in 't begin der 4de eeuw in deze streken moet zijn ingevoerd; evenmin is de hier ingevoerde aardappelplant voor ons land een oorspronkelijke voedsterplant.

Als men in de weiden naar aangetaste planten zoekt, zijn er geen kale plekken, die den weg wijzen. Zoo gering is de ziekte, dat men zich niet kan voorstellen, dat het aaltje de rogge sterk teistert. Ook in de oerbosschen leven talrijke parasieten. Schijnbaar zegeviert de mensch, wanneer hij land ontgint, maar van de oorspronkelijk onschadelijke parasieten is de kracht niet gebroken. Zij hebben het beter dan voorheen en noodzaken hun tiran tot telkens weerkerende bestrijdingsmaatregelen; ja in vele gevallen staat hij machteloos tegen de verwoestingen, die zij aanrichten.

Intusschen is het nog lang niet zeker, dat *Tylenchus dipsaci* KÜHN van Europeeschen oorsprong is.

BYARS (1914) en andere Amerikanen meenden, dat hij niet in Amerika zou voorkomen als hij niet met bloembollen uit Europa in de Vereenigde Staten geïmporteerd was, maar de laatst verschenen „Disease Reporter” (1926) toont aan, dat hij reeds meer dan 25 jaar bekend is in de alfalfa (lucerne), die in de Rocky Mountains wordt geteeld, terwijl het voorkomen in de in 't wild groeiende *Fragaria chiloensis* aan de vochtige westkust van Oregon (GODFREY & Mc. KAY 1924) zou kunnen duiden op Zuid-Amerikaansche afkomst. Met evenveel schijn van recht kunnen wij dus beweren, dat *Tylenchus dipsaci* evenals *Phytophthora infestans* met de aardappel mee uit Zuid-Amerika in Europa is ingevoerd.

Herhaaldelijk is het in de veertig jaren, gedurende welke RITZEMA BOS zich met het onderzoek van dezen parasiet bezighield, voorgekomen, dat het stengelaaltje werd ontdekt in nieuwe waardplanten, zooals de erwten en het vlas in Groningen, de lupine in Gelderland (MAYER GMELIN 1906), de tulpen later,

in 1910, de narcis (v. SLOGTEREN 1923) in het bloembollengebied, de tabak in het land van Maas en Waal (SCHOEVERS 1918). Hij verklaart dit verschijnsel door aan te nemen, dat het stengelaaltje zich aan het leven in nieuwe voedsterplanten accomodeert.

Naar aanleiding van het steeds toenemend aantal plaatsen, waar, of planten waarin het stengelaaltje gevonden werd, heeft RITZEMA Bos een proef genomen om na te gaan of het overal daar tot ontwikkeling geraakt, waar men jaren achtereen een bepaald gewas, b.v. rogge, haver, uien, klaver, aardappelen op denzelfden akker teelt. Hij verbouwde elk van deze gewassen 14 jaar achtereen op zandgrond op den Wageningschen Berg. De ziekte trad daar echter niet op, en zoo werd Wageningen niet gemerkt op de kaart, waarop de gemeenten waren aangeduid, waar het stengelaaltje was gevonden.

SPIECKERMAN (1911) vraagt zich af hoe het komt, dat de ziekte in 1911 reeds 100 jaar in de Rijnprovincie en nog maar ongeveer half zoo lang in Westfalen bekend was. Volgens zijn veeljarige ervaring heeft de verspreiding met stroo, onkruiden of strooisel niet een zoo groote beteekenis als men er wel aan hecht; meer voor de hand liggend is, volgens hem, de veronderstelling, dat het in geringe hoeveelheid in iederen grond aanwezige aaltje door den herhaalden verbouw van rogge tot vermenigvuldiging is gebracht, ofschoon hij daar natuurlijk niet het door hem geconstateerde pleksgewijze optreden mee verklaart.

PROEVEN OVER DE MOGELIJKHEID VAN HET VERKRIJGEN VAN EEN GESPECIALISEERD RAS.

Duidelijk blijkt uit het voorafgaande hoofdstuk, dat het niet noodig is aardappel, rogge, klaver, haver of uien jaren lang achtereen te telen om een ras te krijgen, dat in een dezer cultuurgewassen kan leven. Alle vatbare gewassen verbouwd in den omgeploegden weidegrond werden onmiddellijk ziek, daar waar hij besmet was. Precies op de plekken, waar aardappels waren aangetast, zag men in 1926 de „reup” in de rogge van het Veredelingsinstituut, die daar was gezaaid om haar voor windbestuiving door andere rogge te behoeden.

Als men voor 't eerst hoort van het stengelaaltje als vijand van cultuurgewassen, behoeft men niet meer, zooals dat tot nu toe gedaan werd, zich voor te stellen, dat een aaltjesras van een ander cultuurgewas daarin door aanpassing is overgegaan.

Waarschijnlijk is het, dat er infectie heeft plaats gehad van uit de inheemsche flora, b.v. als gevolg van het scheuren van grasland, of het in gebruik nemen van boschgrond. Dat dit niet de eenige mogelijkheid is, maar dat ook niet inheemsche aaltjes gelijkende op het stengelaaltje, misschien ook wel een meer gespecialiseerd biologisch ras vormend, van elders kunnen worden ingevoerd, wordt waarschijnlijk door VAN SLOGTEREN's onderzoek over het narcissenaaltje. Om na te gaan of uit de blijkbaar niet gespecialiseerde aaltjes van het grasland in korten tijd rassen te kweken zouden zijn, die, zooals velen het zich voorstellen, aan het leven in bepaalde gewassen zijn geaccomodeerd en die andere gewassen laten staan, heb ik ze onder telkens herhaalde microscopische contrôle, eenige generaties lang in dezelfde waardplant voortgekweekt. Uitgegaan werd daarbij van de aangetaste aardappelen, zooals die bij den oogst op de geïnfecteerde plekken der gescheurde weide werden gevonden. De bulten, die op de jonge aardappeltjes uitgaan van de lenticel, waardoor de infectie plaats heeft, zijn dan ineengeschrompeld en in de kruimelige massa onder de schil bevinden zich de aaltjes in groot aantal.

Stukjes van zulke zieke aardappelen werden, na zooveel mogelijk van aanhechtende gronddeeltjes gezuiverd te zijn, gebracht in uitgekookte aarde, waarin vervolgens gezonde aardappels met kleine spruiten werden gepoot. De jonge spruiten werden aangetast door de aaltjes, die de oude stukjes verlaten hadden. De gallen, die zich aan de spruiten vormden, werden door de strekking der stengelleden passief omhoog geschoven. Minstens één nieuwe generatie heeft zich in deze gallen ontwikkeld en wanneer wij aannemen, dat de aaltjes der oude knollen reeds 3 generaties in de aardappelplant hadden doorgebracht, wat zeker niet te hoog is, waren het aardappelaaltjes van de 4de generatie, die aanwezig waren, toen zich knolletjes aan de potplanten begonnen te ontwikkelen. De aaltjes kropen langzamerhand uit de gallen, die begonnen te barsten, weg meermalen werd waargenomen, dat zij langs vochtige stengels naar beneden kropen en dat de in den vochtigen grond uitpuilende lenticellen het middelpunt vormden van bulten, die tengevolge van de aantasting op de jonge knolletjes ontstonden. In deze zich langzamerhand in omvang uitbreidende bulten zijn generaties geboren, die wij minstens als de 5de en 6de kunnen aanduiden.

Om nog meer zekerheid te hebben, dat nu verder slechts met aaltjes werd gewerkt, die 5 of meer generaties in aardappels hadden doorgebracht, werden knolletjes, die er, afgezien van

de nog zeer gladde bulten, volkomen gaaf uitzagen, uitwendig met sublimaat (1 op 1000) en daarna met leidingwater afgeborsteld. Ten einde ze voor infectie-proeven op verschillende plantensoorten te gebruiken, werd naar schatting een ongeveer evengroote hoeveelheid van het weefsel, waarin zich aaltjes in alle ontwikkelingstoestanden bevonden, gebracht op uitgekookten grond, waarin de zaden der verschillende te beproeven plantensoorten gezaaid waren. Wel niet alle 50 soorten (16 families) genoemd in bovenstaande tabel, maar toch 43 soorten behorende tot 13 families werden aan infectie blootgesteld. Dit geschiedde wegens noodzakelijk gebleken beperking bij het gebruik van tijd en ruimte. De 43 soorten, die aan deze proef zijn blootgesteld, zijn aangewezen door het woord „pot” in de tabel. Al deze planten werden op met het bloote oog zichtbare wijze ziek. Er was echter een groote afwisseling in het aantal exemplaren, dat van elke soort werd aangetast en het aantal opzwellingen, dat zich aan elk dezer planten vormde. Het is bij deze proeven gebleken, dat groote droogte en te hooge temperatuur voor het doen ontstaan der ziekte niet bevorderlijk zijn. Bij geen der beschreven proeven is echter gevonden, dat er accommodatie voorafging aan de aantasting der verschillende plantensoorten.

Enkele proeven zijn ook genomen met aaltjes afkomstig van kleigrond langs den weg van Wageningen naar de Grebbe. Hier werd *Tylenchus dipsaci* o.a. aangetroffen in aardappel, voederbiet, vlas en in de bovengenoemde tot de Polygonaceae en Convolvulaceae behorende onkruiden. De symptomen der ziekte waren bij deze gewassen typisch ontwikkeld en alle ontwikkelingsstadiën van *Tylenchus dipsaci* werden in de gallen gevonden, ook bij de jonge bietenplanten. Bij volgroeide bieten had inrotting van het bovineind, dat in werkelijkheid een stengeldeel is, plaats op de wijze, zooals dit beschreven is door RITZEMA Bos (1908).

Ook met deze aaltjes zijn enkele proeven genomen met het resultaat, dat zij even weinig gespecialiseerd bleken te zijn, als die van de weiden. Verder is materiaal van zieke rogge verzameld in Didam en ontvangen uit Leur (N.-Br.), verder van zieke roode klaver uit Oude-Gastel (N.-Br.). De klaveraaltjes bleken rogge en aardappelen even gemakkelijk aan te tasten, als de roggeaaltjes van beide herkomsten aardappelen en klaver aantasten.

Daar ik wegens het meermalen in de praktijk geconstateerde feit, dat het aaltje van roode klaver niet in andere gewassen overgaat, nog niet gelooven kon, dat het Brabantsche klaveraaltje zoo weinig gespecialiseerd zou zijn, heb ik met de tot

stukjes gehakte zieke klaver uit Oude Gastel potjes met uitgekookten grond besmet, en bij een, wegens noodzakelijke beperking niet al te groot opgezette proef bevonden, dat er 11 plantensoorten behoorende tot 7 familiën door werden aangetast (rogge, ui, wilde boekweit, boekweit, spurrie, bruine boon, roode klaver, witte klaver, tuinboon, Phlox, aardappel). Ik twijfel er niet aan, dat bij herhaling dezer proef met meer materiaal nog veel meer plantensoorten voor deze klaveraaltjes vatbaar zullen blijken te zijn.

Men mag uit deze proeven niet de conclusie trekken, dat ik het bestaan van gespecialiseerde rassen zou willen ontkennen. VAN SLOGTEREN (1923) heeft aangetoond, dat het stengelaaltje van de narcis geen hyacinthen, en dat van de hyacinth geen narcissen aantast. Een in hoofdzaak op roode klaver gespecialiseerd ras komt voor op zware gronden in de landen om de Noordzee: Noorwegen (SCHÖYEN), Denemarken (SOFIE ROSTRUP), Westfalen (SPIECKERMANN), Groningen (OORTWIJN BOTJES), Engeland (AMOS, GOODEY); een meer op witte klaver gespecialiseerd ras komt voor in permanente weiden in Kent (WARE). Een minder gespecialiseerd ras komt voor in haver, boonen en erwten in Groningen (OORTWIJN BOTJES). Een nog minder gespecialiseerd ras is het blijkbaar, waarover de voorafgaande bladzijden handelen. Het is mogelijk, dat opzettelijk daarvoor ingerichte proeven met herhalingen en wiskundige bewerking der daarbij verkregen cijfers zullen uitwijzen, dat van de eene plantensoort steeds een grooter percentage planten door het Wageningsche ras worden aangetast dan van de andere of dat de aaltjes er zich sterker in zullen vermenigvuldigen. Het is ook mogelijk, dat men door middel van vangplanten uit onge-specialiseerde rassen of uit populaties van het stengelaaltje meer gespecialiseerde rassen kan krijgen.

Ook is het mogelijk, dat er van het stengelaaltje van de aardappelplant meer dan een ras is, want de *Tylenchus dipsaci*, die WOLLENWEBER als oorzaak der „Aelchenkraetze” van de aardappel beschrijft, schijnt niet identiek te zijn met de Wageningsche. De afmetingen van WOLLENWEBER's aaltjes zijn n.l. geringer dan die welke door RITZEMA BOS en mij voor *Tylenchus dipsaci* werden gevonden. De stengelaaltjes, die DEBRAY en MAUPAS in de veldboon in Algiers vonden als oorzaak van stengelopzwellingen, zijn grooter dan die uit West Europa. Die welke zij vonden in necrotische plekken aan de veldboon, een vorm van ziekte welke elders niet bekend is, kwamen geheel overeen met *Tylenchus dipsaci* uit West-Europa.

	Lengte in micron.	Verhouding lengte tot breedte	Verhouding lengte tot lengte der staart	Verhouding lengte tot afstand vulva eindpunt
bij rogge van RITZEMA Bos	1010—1470	33 —51	11,5—17	4,2—6
bij hyacinthen van RITZEMA Bos	1070—1700	31 —51	12 —17	3,5—6,4
bij uien van RITZEMA Bos	1430—1730	37 —50	14 —16,5	4 —5,5
bij aardappels van RITZEMA Bos	1320—1650	40,5—43	15 —17	4,3—6,1
bij aardappels van WOLLENWEBER ...	800—1290	29 —41	10 —16	3,9—5,9
bij aardappels van QUANJER	1056—1408	32 —52	13 —15	4,7—5,3
bij veldboon, Algiers v.	1758—2216	35 —40	5 —18	
DEBRAY et MAUPAS	1716—2016	52 —61	17 —18	

Hoe onvolledig wij hierover ook mogen zijn ingelicht, toch kan het bestaan van min of meer gespecialiseerde rassen van het stengelaaltje niet worden ontkend. Over het ontstaan ervan echter weten wij niets; slechts nieuwe onderzoekingen zullen ons daarover iets kunnen leeren. Hoe men die zou moeten doen, daarover is iets gezegd in 't laatste deel van het Duitsche auto-referaat, dat aan dit artikel is toegevoegd.

BESTRIJDING.

Tegen vergrooting van het verspreidingsgebied van het ongespecialiseerde stengelaaltje kan veel gedaan worden door meer aandacht aan deze ziekte te schenken bij het keuren te velde en op partij. Er dient gewaakt te worden tegen invoer uit het buitenland; in 1921 toch werden uit Polen besmette pootaardappels in Limburg ingevoerd. Ook dient speciaal te worden gelet op pootaardappels, afkomstig van pas gescheurd grasland.

Meer systematisch dient te worden onderzocht welke gewassen bevorderlijk zijn voor de vermenigvuldiging van het stengelaaltje, en welke onvatbaar zijn.

Nagegaan dient te worden of er, evenals Ottersumsche rogge, nog andere, meer productieve roggerassen resistent zijn en of ook van andere vatbare plantensoorten resistente rassen te vinden zijn.

Zoowel de zich vegetatief voortplantende als de zaadonkruiden spelen een rol bij de instandhouding en verbreiding van het

stengelaaltje. Bij vele plantensoorten: ui, klaver, lucerne, Composieten en Dipsaceeën, kunnen passief omhooggeschoven aaltjes in de zaden aanwezig zijn en met de zaden verspreid worden. Bij de zaadcontrôle dient met deze mogelijkheid rekening te worden gehouden. Tot vermindering van door het stengelaaltje aangebrachte schade zal krachtige onkruidbestrijding iets moeten kunnen bijdragen. In deze richting zijn nieuwe onderzoekingen noodig.

VERLEENDE HULP.

Met erkentelijkheid wordt hier melding gemaakt van de hulp van den heer M. H. POSTMA bij het zoeken van aangetaste planten en het nemen van proeven, alsmede van die van de Heeren Dr. W. DROESEN te Roermond, W. P. M. VAN DER HORST te Roosendaal, H. E. HUIZENGA te Breda, VAN LANKWAARDEN te Enschede, die mij hielpen bij het verzamelen van materiaal in de praktijk, hetgeen ook gedaan werd door enkele ambtenaren van den Plantenziektenkundigen Dienst, o.a. de Heer K. ONRUST, als gevolg van een opdracht welwillend verstrekt door het Hoofd van dien Dienst.

EINE ÄLCHENKRANKHEIT DER KARTOFFELPFLANZE, DIE INFEKTIONSWEISE UND HERKUNFT IHRES ERREGERS, *TYLENCHUS DIPSACI* KÜHN.

(REFERAT DER VORHERGEHENDEN ARBEIT).

Die Einschleppung im Jahre 1921 einer Kartoffelkrankheit mit Pflanzgut aus Polen in die holländische Provinz Limburg hat zu den hier beschriebenen Beobachtungen Veranlassung gegeben. Diese Kartoffelkrankheit, welche durch das Stengelälchen, *Tylenchus dipsaci* KÜHN, verursacht wird, ist bisher unvollständig beschrieben; infolge dessen wird sie oft übersehen. Um weitere Verbreitung mit Pflanzkartoffeln zu verhindern, ist eine genauere Kenntnis ihrer Symptome nötig.

In den ersten Monaten nach dem Emporwachsen der befallenen Kartoffel-Schösslinge bilden sich an denselben Anschwellungen oder Gallen, die von den Achseln ausgehen. Mitunter findet man sie auch auf der Unterseite der erst-entfalteten Blätter.

An den Stolonen und jungen Knollen sind die Anschwellungen lokalisierter Natur. Junge Sprösslinge oder Stolonen können ganz und gar missgebildet sein. Die Anschwellungen der Schösslinge gehen nicht in die Knolle über und umgekehrt. Die Sprosse werden befallen, wenn sie die Bodenoberfläche durchbrechen. Die Anschwellungen gehen durch die Streckung der Glieder passiv in die Höhe.

In den jungen Anschwellungen der Sprosse entdeckt man von aussen mit der Lupe nekrotische Stellen, welche den Ort andeuten, wo die Infektion stattgefunden hat. In einem noch jüngeren Anfangsstadium findet man, dass die Infektion von den Stomata ausgeht. Die Rindenzellen um die Atemhöhlen schwellen bereits an, und die Interzellulärsubstanz dazwischen löst sich auf, unter Braunfärbung, noch bevor die Älchen sich dort befinden. Die Stomata klaffen in diesem Zustande

weit aus einander, was das Eindringen der Älchen begünstigen dürfte. Die meisten Stomata sind nämlich zu eng um die auswandernden halberwachsenen ± 20 micron dicken Larven hindurchzulassen. Ob die Älchen auch an andern Orten eindringen können, beispielsweise neben etwas nach aussen hervorstehenden oder unter die Oberfläche eingesenkten Stomata, oder bei Haaren, konnte nicht mit Sicherheit festgestellt werden.

Die Älchen leben in den Interzellularen, welche sich durch Auflösung der Mittellamelle und Vergrösserung der Parenchymzellen erweitert haben. Die Zellen in dem befallenen Gewebe sind nur vergrössert; sie teilen sich nicht. Die Älchen sind die Ursache, dass zwischen den auseinandergerissenen und mitunter getöteten Zellen grosse Spalten entstehen. Bei der Kartoffelpflanze stirbt das Gewebe der Gallen bereits zu Beginn des Sommers ab; die Älchen, welche sich aus Eiern in den Gallen entwickelt haben, begeben sich, wenn sie ungefähr halb erwachsen sind, dem Stengel oder den Stolonen entlang, oder durch den Boden nach den Knollen.

In die Knollen dringen sie durch die Lentizellen ein. Die infizierten Lentizellen erkennt man an losen, weissen, hervorstehenden Zellen. Oftmals haben Infektionen an den Enden der augenbrauenförmigen Hautfalte statt, welche das Auge umgiebt. Hier findet man häufig kleine Risse, welche den Älchen Zugang verschaffen.

Die infizierten Lentizellen bilden das Zentrum einer anfänglich glatten Beule. Das Parenchym in dieser Beule hat abgerundete, etwas vergrösserte, aber nicht geteilte Zellen ohne Stärkekörner. Die Interzellularsubstanz löst sich auf, eine braune Masse imprägniert die Wände und überzieht sie an der Aussenseite. Zwischen den vergrösserten Zellen befinden sich erweiterte Interzellularen, in denen die Älchen leben. Einzelne Zellen sind unter Braun-Verfärbung so rasch abgestorben, dass die Stärke sich nicht lösen konnte. An diesen Zellen, die die Älchen wahrscheinlich zwecks Nahrungsaufnahme getötet haben, kann man noch den Weg erkennen, auf welchem sie eingedrungen sind. Um diese nekrotischen Zellen haben die umringenden Zellen Teilungen ausgeführt. Das erkrankte Gewebe wird unter der Schale vom normalen Korkkambium begrenzt, nach innen wird er meistens vom Gefässbündelring abgeschlossen. Am Rande des erkrankten Gewebes ist die Interzellularsubstanz noch nicht gelöst, wohl aber dunkelbraun. Daran angrenzend haben sich die Zellen des noch gesunden Gewebes geteilt, wobei ihr Stärkevorrat verbraucht ist, sodass eine durchscheinende Lage entsteht.

In den Knollen entwickeln sich verschiedene Älchengenerationen nach einander. Die Antastung unter der Schale schreitet stets weiter fort. Das gefässbündelreiche Gewebe um die Augen wird vermieden, weil die Zellen der Gefässbündelscheiden zu fest an einander schliessen. Schliesslich kann auch das Mark angetastet werden. Das abgestorbene, anfänglich geschwollene Gewebe fällt dann zusammen, man findet dort ausser den mitunter zu Knäueln vereinigten Älchen, braune Zellreste, sowie häufig Humus-Älchen, Milben und *Rhizoctonia solani*; es wird oft durch die graue Feldschnecke leergefressen (*Limax agrestis*). Ein Teil der Stengelälchen bleibt bei der Ernte im Boden zurück.

Wenn infizierte Knollen ausgepflanzt werden, gehen die Älchen, die sich in denselben befinden, in den Boden über, und vom Boden aus werden die Kartoffelsprosse infiziert. Zwischen der Mutterknolle und dem Spross ist so gut wie keine Rinde vorhanden, durch welche die

Älchen direkt in den Spross hinüber wandern könnten. Die Stengelälchen dringen gelegentlich an solchen Stellen ein, wo die Wurzeln aus der Stengelbasis heraustreten und von losen Rindenzellen umgehen sind. Die Wurzeln werden nicht angegriffen, weil ihre peripheren Zellenlagen zu fest an einander schliessen; wahrscheinlich sind diese Zellen auch weniger zu hypertrophischen Anschwellung im Stande.

Der Boden bleibt jahrelang infiziert, wo er mit kranken Kartoffelpflanzen bestanden gewesen ist, und die Infektion breitet sich jedes Jahr ein wenig aus.

Die Krankheit wurde stellenweise auf umgearbeitetem Wiesenlande, auf Leimboden in Wageningen gefunden, zwischen der Nude und der Grift, wo älchenfreie Kartoffeln ausgepflanzt waren. Sie wurde an diesen Stellen in verschiedenen Unkräutern beobachtet, die in schwach krankem Zustande auch auf benachbarten, permanenten Wiesen vorhanden waren. Es ist unwahrscheinlich, dass sie mit Dünger oder Stroh dorthin gebracht sind; man hat hier vermutlich mit einem ursprünglichen Auftreten zu tun.

Auf diesem alten Wiesengelände ist die Krankheit in den sich vegetativ fortpflanzenden *Cardamine pratensis*, *Ranunculus repens* und *Trifolium repens* angetroffen, das ganze Jahr hindurch. Im Winter werden die Reservestoffe aufgezehrt, daher eignen sich die Älchen, welche man am Ende des Winters findet, für die mikroskopische Beobachtung der innere Organe am besten.

Auf dem umgearbeiteten und als Ackerland in Gebrauch genommenen Teile, der an diese Wiesen grenzt, ist sie in denjenigen Pflanzen angetroffen, die in der Tab. 1 mit „veld“ angegeben sind. Ausserdem geht sie aus diesem infizierten Boden auf die Pflanzen über, welche in der Tab. unter „top“ verzeichnet sind. Es sind in der Tab. 28 Wirtspflanzen aufgezählt, welche als solche bisher nicht bekannt waren.

Bei *Ranunculus repens* wurde festgestellt, dass die Stengelälchen, verborgen in der Scheide eines umhüllenden älteren Blattes, den Stiel eines jüngeren Blattes an den auch hier eingermassen hervorgelagerten Stomata, an den Haaren und an andern Stellen oberflächlich beschädigen. Unter den Spaltöffnungen schwillt das Rindenparenchym solcher Blattstellen an, auch können anschwellende Epidermis-Zellen das Zentrum eines grösseren Komplexes anschwellender Rindenzellen bilden. Die Älchen dringen nicht immer ein. Wenn es ihnen gelingt zwischen den losen Zellen hindurch zu kriechen, leben sie in den erweiterten Interzellularen, aber sie dringen nicht durch bis in die Gefässbündelscheiden; nur sind die äusseren Zellen davon etwas braun verfärbt und gereckt, nach der Seite, wo die Älchen drauf gestossen sind.

Die meisten Pflanzenarten werden von der Innenseite der Stiele der Keimblätter her infiziert. Man findet hier nekrotische Stellen als Mittelpunkt der Anschwellungen. Spaltöffnungen, gelegentlich auch Epidermis-Zellen, bilden den Mittelpunkt solcher nekrotischer Stellen, von denen eine Anschwellung ausgeht.

Wenn die Infektion an Blättern erfolgt ist, so hat diese stattgefunden, als die Keimpflanze den Boden durchbrach. In dem Zeitpunkte, worauf man die Anschwellungen bemerkt, lässt sich nicht mehr feststellen, wie die Älchen in die Blätter gelangt sind, aber eine nekrotische Stelle bildet auch hier den Ausgangspunkt.

Ob die infizierten Pflanzen mehr oder weniger unter der Krankheit zu leiden haben, hängt von der Anzahl der Gallen ab, die auf denselben

vorkommen. Bei Crucifeeren vertrocknen die Gallen häufig, wenn die Stengel kräftiger werden.

Von den ursprünglichen Wirtspflanzen gehen die Stengelälchen unmittelbar zum Parasitismus auf allen andern Pflanzenarten über, welche geprüft wurden, nl. Kulturgewächse und wilde Pflanzen, die in der Tabelle aufgezählt sind. Ziemlich alle Crucifeeren, von denen Samen erhältlich waren, wurden geprüft und wurden alle angegriffen. Ob ein Unterschied zwischen Familien und Arten gemacht wird, sollte untersucht werden auf Grund besonderer wiederholter Experimente und durch mathematische Berechnung der Zahlen, die den Prozentsatz infizierter Pflanzen und die darin vorkommenden Älchenmengen wiedergeben.

Die Zahl der Pflanzenarten, von denen man weiss, dass sie infiziert werden, beträgt bereits mehr wie hundert. Wenn es immune Pflanzenarten geben sollte und wenn die Ottersumsche und andere resistente Roggenrassen wirklich immun sein sollten, so musste untersucht werden, auf welchen Eigenschaften diese Immunität beruht.

Nachdem die Älchen in einer bestimmten Wirtspflanze (der Kartoffel) sechs Generationen durchgemacht haben, also so viel wie ungefähr in einem Jahre auf einander folgen, sind sie noch imstande, zahlreiche Pflanzen, zu den verschiedensten Familien gehörig, zu infizieren.

Hieraus folgt, dass die auf Wiesen lebenden Älchen keine Population oder Gemisch spezialisierter Rassen bilden, sondern dass sie zu einer sehr polyphagen Rasse von *Tylenchus dipsaci* gehören.

Erfahrungen aus der Praxis und Beobachtungen von OOBTWIJN BOTJES, SORIE ROSTRUP u.A. über das Klee-Älchen, wie Versuche von VAN SLOGTEREN über das Narzissen-Älchen haben gezeigt, dass es mehr oder weniger spezialisierte Rassen von *Tylenchus dipsaci* giebt. Ueber die Weise, wie solche Rassen entstanden sind, ist noch nichts bekannt, aber das Vorkommen des Stengelälchens in wildwachsenden Pflanzen in Berggegenden verschiedener Länder (Schotland, Taunus, Piemont), und an der Westküste vom Amerikanischen Staate Oregon macht es wahrscheinlich, dass sie schon seit sehr langer Zeit eine grosse Verbreitung haben, oder dass sie sich von mehr wie einem ursprünglichen Fundort aus verbreitet haben. Auch weist hierauf die Tatsache, dass die Älchen, welche *Vicia faba* in Algier befallen, ungefähr $1\frac{1}{2} \times$ so gross sind als die, welche die Pferdebohne in Nord-Frankreich infizieren.

Wenn man untersuchen will, ob aus nicht spezialisierten Älchen Rassen zu züchten sind, die sich auf den Parasitismus in einer einzelnen, oder in einer Gruppe von Wirtspflanzen beschränken, dann müsste man einer viel grösseren Anzahl von Generationen die Gelegenheit geben sich auf einander folgend in einer bestimmten Pflanze zu entwickeln; man müsste also die Versuche länger wie ein Jahr fortsetzen. Die Methode der reinen-Linien-Kultur in reinen Linien der Wirtspflanzen, die bei vielen Gruppen parasitischer Pilze viel zuverlässigere Resultate wie die alte Methode ergeben hat, wobei mit unreinen Rassen des Pilzes und der Wirtspflanze gearbeitet wurde, sollte auch auf das Anpassungsproblem der Stengelälchen angewendet werden. Man sollte dabei probieren Linien zu züchten, die von apart isolierten Paaren des Stengelälchens abstammen. Man sollte hierbei von Material verschiedener Herkunft ausgehen.

Es ist nötig, dass die Bedingungen untersucht werden unter denen die Infektion stattfindet, und dass Infektionsversuche mit Bezug auf

das Rassenproblem unter optimalen Bedingungen angestellt werden.

Sowohl die sich vegetativ fortpflanzenden wie die samenbildenden Unkräuter spielen eine Rolle bei der Instandhaltung und Verbreitung des Stengelälchens. Namentlich bei einigen Rosettenbildnern können passiv in die Höhe geschobene Älchen in den Samen vorhanden sein.

Zur Verminderung des durch das Stengelälchen verursachten Schadens dürfte kräftige Unkrautbestreitung etwas beitragen. In dieser Richtung sind neue Untersuchungen erwünscht. Bei der Feldbesichtigung von Kartoffelfelder und bei der Beurteilung der geernteten Kartoffeln soll man auf die Krankheit achten, speziell wo Kartoffeln auf umgeackerten Wiesengelände angebaut werden.

Untersucht sollte werden in wie weit natürliche Feinde des Stengelälchens zum Verschwinden von Infektionsherden beitragen.

GEBRUIKTE LITERATUUR.

1. AMOS, 1918. The difficulties of growing red clover. Clover sickness and other causes of Failure. Journ. Roy. Agric. Soc. England. Vol. 79. p. 68.
2. ATKINSON, 1889. Nematode root-galls. Alab. Agr. Exp. St. Bull. 9. p. 177.
3. BOS, RITZEMA, 1888. Die Älchenkrankheit der Zwiebeln. Nobbe's Landwirtschaftliche Versuchstationen. p. 35.
4. ———, 1888. L'anguillule de la tige (*Tylenchus devastatrix* KÜHN) et les maladies des plantes dues à ce Nematode. I Archives Teyler Ser. II, T III, 2me p.
5. ———, 1889. II. Archives Teyler Ser. II, T III, 3me p.
6. ———, 1891. Annotations. Archives Teyler Ser. II, T III 7me p.
7. ———, 1893. Neue Nematodenkrankheiten bei Topfpflanzen. Zeitschr. f. Pflanzenkr. III. 69.
8. ———, 1908. Het stengelaaltje (*Tylenchus devastatrix*), oorzaak van rot in de bieten. Tijdschr. o. Plantenz., XIV, p. 65.
9. ———, 1917. Het stengelaaltje (*Tylenchus devastatrix*) en de tegenwoordig in de bloembollentreek heersche aaltjesziekte der narcissen I. Tijdschrift o. Plantenz., XXIII. p. 99.
10. ———, 1921. Mijn proefveldje bij het Instituut voor Phytopathologie van 1906 tot 1920. Tijdschr. o. Plantenz. XXVII, p. 29.
11. ———, 1922. Het stengelaaltje (*Tylenchus devastatrix* KÜHN), excursie te Malden. Tijdschr. o. Plantenz., XXVIII, p. 159.
12. BOTJES OORFWIJN, 1913. Iets over het optreden van het stengelaaltje. Cultura, Jrg. 25, p. 199.
13. BUCKHURST, 1925. Notes upon mites and eelworms. Journal of the Ministry of Agriculture XXXII, No. 8, p. 734.
14. BYARS, 1914. A destructive nematode introduced into the United States. Phytopathology IV, p. 45.
15. CLINTON, 1915. Rep. of the Conn. Agric. Exp. St. New Haven, Conn. 1915. Prt. VI, p. 456. Leaf blight Nematode.
16. COBB, 1927. A new parasitic Nema found infesting cotton and potatoes. Journ. o. Agr. Res. XI. p. 27.
17. DEBRAY et MAUPAS, 1896. Le *Tylenchus devastatrix* KÜHN, et la maladie vermiculaire des fèves en Algérie. L'Algérie agricole.

18. GODFREY, 1924. Dissemination of the stem and bulb infesting nematode, *Tylenchus dipsaci*, in the seeds of certain composites. Journ. o. Agr. Res. XXVIII. p. 473.
19. GODFREY and MC. KAY, 1924. The stem nematode *Tylenchus dipsaci* on wild hosts in the Northwest. U.S. Dept. of Agr. Bull. No. 1229.
20. GOODEY, 1922. On the susceptibility of clover and some other Legumes to stem disease caused by the Eelworm, *Tylenchus dipsaci* KÜHN. Journ. Agr. Sci. XII. Pt. 1. p. 20.
21. GOOT, VAN DER, 1924. Overzicht der voornaamste ziekten van het aardappelgewas op Java. Instituut voor Plantenziekten. Dep. v. Landb., Nijverheid en Handel. Buitenzorg. Bull. No. 18.
22. HODSON, 1926. Notes on the stem eelworm. Journ. of the Min. o. Agr. XXXIII. p. 259.
23. KLEBAHN, 1891. Zwei vermutlich durch Nematoden erzeugte Pflanzenkrankheiten. Zeitschr. f. Pflanzenkr. I. p. 321.
24. KÜHN, J., 1858. Krankheiten der Kulturgewächse, ihre Ursachen und ihre Verhütung, Berlin.
25. ———, 1884. Berichte aus dem physiologischen Lab. und der Versuchsanst. d. landw. Inst. der Universität Halle. Deel I, afl. III, p. 1.
26. ———, 1890. Die Wurmfüule, neue Erkrankungsform der Kartoffel. Biologisches Zentralblatt, Bd. IX, No. 21.
27. LÖHNIS, M. P., 1923. On the resistance of the potato tuber against Phytophthora. Rep. Internation. Conf. of Phytopath. and Econ. Entom. Holland, p. 174.
28. LOUNSBURY, 1904. Agric. Journ. Cape of Good Hope.
29. MAN, DE, 1892. Ueber eine neue in Gallen einer Meeresalge lebende Art der Gattung *Tylenchus* Bast. Festschr. z. 70ten Geburtstag R. LEUCKARTS.
30. MARCINOWSKI, 1908. Zur Kenntniss von *Aphelenchus ormerodis* RITZEMA Bos, Arb. d. Kais. Biolog. Anst. f. Land. u. Forstw., VI, p. 407.
31. ———, 1910. Parasitisch und Semi-parasitisch an Pflanzen lebenden Nematoden, Arb. d. Kais. Biol. Anst. für Land- u. Forstw. VII, p. 1.
32. MAYER GMELIN, 1906. Over het voorkomen van *Tylenchus devastatrix* in lupinen en de daaruit voor de landbouwpraktijk te trekken conclusies. Tijdschr. o. Plantenz. XII, p. 93.
33. MC. ALPINE, 1911. Handbook of fungus diseases of the Potato in Australia and their treatment. Melbourne.
34. MOLZ, 1909. Ueber *Aphelenchus olesistus* RITZEMA Bos und die durch ihn hervorgerufene Aelchenkrankheit der Chrysanthemum. Centralbl. f. Bakt. u. Parasitenkunde u. Inf. Kr. IIte Abt. XXIII, p. 656.
35. PETHYBRIDGE, 1924. Report of Proc. of Potato Conference, held in Aug. 1924 at Edinburgh, p. 58.
36. Phytopathologisch Laboratorium Willie Commelin Scholten, 1911, Jaarverslag.
37. Plant disease Reporter 1925, 1926. Off. Plant Dis. Survey. Suppl. 40, 42 en 48 Bur. of Pl. Ind., Washington D. C.
38. Plantenziektenkundige Dienst, 1921 en 1922. Aaltjesziekte in aardappels. Versl. en Med. v. d. Plantenz. k. D. No. 27, p. 30, No. 31, p. 43.

39. QUANJER, 1926. Waarnemingen over kringrigheid (sprain) en netnecrose. Tijdschr. o. Plantenz., XXXII.
40. ROSTRUP, SOFIE, 1913. Klöveraals optraeden i lucerne. Tidsskrift f. Landbrugets planteavl. B. 20, p. 731.
41. SCHOEVEERS, 1917. Het stengelaaltje als tabaksvijand. Tijdschr. o. Plantenz. XXIII, p. 167.
42. SCHÖYEN, 1891. Bericht aan RITZEMA BOS 1891, dat *Tylenchus dipsaci* in het Z. O. van Noorwegen alleen als parasiet van klaver, niet als parasiet van rogge bekend is.
43. SCRIBNER, LAWSON, 1889. A new disease of the Irish potato. Agr. Exp. St. University of Tennessee Knoxville, p. 39.
44. SLOGTEREN, VAN, 1923. Modern methods of combating bulb diseases. Report of the international conference of Phytopathology and economic entomology. Holland.
45. SPIECKERMANN, 1911. Die Bekämpfung der Stockkrankheit des Roggens mit besonderer Berücksichtigung der Westfälischen Verhältnisse. Landw. Jahrb. v. Thiel XL, p. 475.
46. WAKKER, 1883. Onderzoek der ziekten van hyacinthenbollen en andere bol- en knolgewassen ged. 1883, 1884 en 1885. Alg. Ver. voor Bloembollencultuur.
47. WARE, 1925. A disease of wild white clover caused by the eelworm *Tylenchus dipsaci* (KÜHN) BASTIAN. Annals of appl. Biol. XII, p. 113.
48. WOLLENWEBER, 1920. Beiträge zur Aelchenfauna der Kartoffel. Tätigkeitsbericht. Mitt. d. Biol. Reichsanstalt, 1921, p. 258.
49. ZIMMERMANN, 1922. Versuche ueber die Kartoffelnematode. Arbeiten d. Forschungsinstitutes für Kartoffelbau. Heft 6, p. 120.

VERKLARING DER FIGUREN.

1. Aardappelstengel, aangetast door het stengelaaltje, *Tylenchus dipsaci*; links: *Ranunculus repens* met aangetaste bladsteel.
2. Aardappel, sterk aangetaste spruit.
3. Aardappel. Zijspruit onder den invloed der aantasting gekromd.
4. Aardappelknol, op twee plaatsen vormt een lenticel het middelpunt van den bult, door het stengelaaltje teweeggebracht.
5. Aardappel. Infectiehaarden op stengel en knol, door gezond stuk stolon van elkaar gescheiden.
6. Aardappel, eerste symptoom van aantasting aan jonge knol: uitpuilen van cellen aan de uiteinden der wenkbrauwvormige huidplooï, die een oog omgeeft.
7. Aardappel. Op één plaats van huidmondje uitgegane infectie in spruit. 5 × vergroot.
8. Aardappel. Op talrijke plaatsen tegelijk aangetaste spruit. Samen-vloeiing der locale infecties, die hebben plaats gehad tusschen bij huidmondjes naar buiten woekerende, de sluitcellen uit elkaar rukkende schorscellen; de meest zichtbare dezer woekerings hebben niet als ingangspoort gediend maar zijn het gevolg van infectie, die op naburige punten heeft plaats gevonden. 5 × vergroot.
9. Aardappel. Aantasting van de blaadjes eener spruit. 5 × vergroot.
10. Aardappel. Necrotisch plekje in 't midden van het door aantasting eener spruit ontstaan bultje, afgebeeld in fig. 7. 30 × vergroot.

11. *Phaseolus vulgaris*. Aantasting van het hypocotyl van een gekiemden boon, uitgaande van de barst, teweeggebracht door een naar buiten tredend worteltje. $2 \times$ vergroot.
12. Aardappel. Aantasting der cellen, die de ademholte onder een huidmondje begrenzen; opzwellings- en bruinkleuring van de middenlamel dezer cellen. De sluitcellen van het huidmondje zijn zichtbaar. $120 \times$ vergroot.
13. Aardappel. Aangetaste knol op doorsnede. Het donkere weefsel geeft aan het verspreidingsgebied van de aaltjes, welke het eerste nageslacht vormen van de indringers. Dit weefsel is reeds dood. De tweede generatie is hare werkzaamheid begonnen, hetgeen aan een lichte kleur (oplossing van de middenlamel en van het zetmeel) te zien is.
14. Aardappel, zooals men die bij den oogst vindt: de aantasting is verder doorgedrongen. De aaltjes zijn niet bij het (zichtbare) navelende binnengedrongen.
15. Aardappel. Slakken (*Limax agrestis*) hebben het zieke weefsel uitgevreten.
16. *Brassica oleracea*. Eerste plantje meest voorkomend aantastings-type; tweede aangetast bij het midden van het hypocotyl.
17. *Brassica oleracea*. Kiemplantje door 't wegnemen van een zaadlob met steel zijn donkere streepjes zichtbaar; hier zijn opperhuidscellen door aaltjes gedood. 't Necrotische plekje, waar opzwellings- van uitgaat en infectie heeft plaats gevonden (links) had huidmondje tot middelpunt. $16 \times$ vergroot.
18. *Cardamine pratensis* met aangetaste bladsteel, zooals zij op de weide gevonden wordt.
19. *C. pratensis*. Aangetaste bladstelen, $4 \times$ vergroot.
20. *Phaseolus vulgaris*, hevigheid der ziekte hangt af van aantal plaatsen waar aaltjes zijn binnengedrongen. Bij tweede plant samenvloeiing der locale infecties.
21. Aardappel; twee infectieplekken: rechts beginstadium, aaltje nog niet in ademholte doorgedrongen. Links verder stadium; geen huidmondje meer te herkennen. Links boven afgesneden stuk van een halfvolwassen aaltje, dikker (± 20 micron) dan spleet van huidmondje (± 10 micron). Beide infectiehaarden verheffen zich boven oppervlakte der schors. $120 \times$ vergroot.
22. Aardappel. Waar spruit uit knol ontspringt is geen schors aanwezig. $6 \times$ vergroot.
23. *Ranunculus repens*, bladsteel, oppervlakkige beschadigingen door aaltjes, die verblijf hielden in scheede van een ouder blad. Waar de schorscellen zijn gaan opzwellen was een huidmondje aan de oppervlakte aanwezig. $48 \times$ vergroot.
24. *R. repens*, bladsteel, vaneensplijting der cellen door binnengedrongen aaltje $48 \times$ vergroot.
25. *R. repens*, bladsteel, opzwellings- Necrotische sluitcellen en ademholte nog te herkennen. $120 \times$ vergroot.
26. *R. repens*, bladsteel. Een door een aaltje geraakte niet gedooide opperhuidscel vormt het middelpunt van opzwellings-, die in verder gevorderd stadium tot omringende cellen overgaat $120 \times$ vergr.
27. *Chenopodium album*, melde, aantasting bij de aanhechtingsplaats van de stelen der zaadlobben.
28. *Linum usitatissimum*, vlas, aantasting van uit de oksels der loofblaadjes.

29. *Fragaria indica*, aardbei, aantasting van een bladsteel bij oksel.
30. *Convolvulus arvensis*, akkerwinde, dito.
31. *Veronica serpyllifolia*, tymbladige eereprijs, aantasting van stengel.
32. *Cirsium arvense*, Vederstekeldistel, aantasting bij aanhechtingsplaats van de stelen der zaadlobben.
33. *Dipsacus fullonum*, weverkaarde: dito. De aantasting gaat op de in den rozet bijeenstaande bladstelen en blaadjes over; door lengtegroei van niet aangetaste bladstelen worden zieke plekken omhoog geschoven. Op dergelijke wijze kunnen de aaltjes in de zaden komen.
34. (Tekstfiguur zie blz. 148 en 149).

Alle coupes met de hand gemaakt door J. v. D. PEPPEL BZN., photo's gemaakt door denzelfde en J. BOEKHORST.

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

1. Kartoffelstengel; vom Stengelälchen, *Tylenchus dipsaci*, befallen. Links: *Ranunculus repens* mit befallenem Blattstiel.
2. Kartoffel: stark befallener Spross.
3. Kartoffel: Seitenspross, infolge des Befalls gekrümmt.
4. Kartoffelknolle: an zwei Stellen bildet eine Lentizelle den Mittelpunkt einer vom Stengelälchen hervorgerufenen Beule.
5. Kartoffel: Infektionsherde auf Stengel und Knolle, durch ein gesundes Stolonenstück von einander geschieden.
6. Kartoffel: erstes Symptom der Infektion: Hervortreten von Zellen an den Enden der augenbrauenartigen Hautfalte, die eine Knospe umgibt.
7. Kartoffel: Infektion eines Sprosses, die von einer Spaltöffnung ausgegangen ist. 5 ×.
8. Kartoffel: An zahlreichen Stellen zugleich infizierter Spross. Verschmelzung der lokalen Infektionen, welche auf Rindenzellen stattfanden, die zwischen den Spaltöffnungen hervorstachen und die Schliesszellen aus einander trieben. Die auffälligsten dieser Wucherungen haben nicht als Einfallstor gedient, sondern sind die Folge einer Infektion, die an benachbarten Punkten stattgefunden hat. 5 ×.
9. Kartoffel: Infektion der Sprossblättchen. 5 ×.
10. Kartoffel: Nekrotisches Fleckchen in der Mitte einer durch Infektion eines Sprosses entstandenen Beule, wie Abb. 7. 30 ×.
11. *Phaseolus vulgaris*: Befall des Hypocotyls einer gekeimten Bohn. Die Eintrittsstelle ist der durch das Heraustreten des Würzelchens verursachte Riss. 2 ×.
12. Kartoffel: Infektion der Zellen, die die Atemhöhle unter einer Spaltöffnung begrenzen. Anschwellung und Bräunung der Mittellamelle dieser Zellen. Die Schliesszellen der Spaltöffnung sind sichtbar. 120 ×.
13. Kartoffel: Befallene Knolle im Durchschnitt. Das verfärbte Gewebe gibt das Verbreitungsgebiet der Älchen an, welche die erste Nachkommengeneration der Eindringlinge bilden. Dieses Gewebe ist bereits abgestorben. Die zweite Generation hat mit ihrer Tätigkeit angefangen, was an der helleren Färbung (Schwund der Mittellamelle und der Stärke) zu sehen ist.

14. Kartoffel: wie man sie bei der Ernte antrifft: die Infektion ist weiter durchgedrungen. Die Älchen sind nicht bei dem (sichtbaren) Stolonende eingedrungen.
15. Kartoffel: Schnecken (*Limax agrestis*) haben das erkrankte Gewebe weggefressen.
16. *Brassica oleracea*: Erste Pflanze am meisten vorkommender Infektionstypus; zweite in der Mitte des Hypocotyls infiziert.
17. *B. oleracea*: Keimpflanze, durch Entfernung eines Keimblattes mit Stiel sind dunkle Streifen sichtbar. Hier sind Epidermiszellen durch Älchen getötet. Die nekrotische Stelle, wo die Anschwellung beginnt und die Infektion stattgefunden hat, hatte eine Spaltöffnung zum Mittelpunkt. 16 $\times$.
18. *Cardamine pratensis*: mit infiziertem Blattstiel, wie sie auf Wiesen gefunden wird.
19. *C. pratensis*: Infizierte Blattstiele. 4 $\times$.
20. *Phaseolus vulgaris*: Die Heftigkeit der Erkrankung hängt von der Zahl der Stellen ab, wo Älchen eingedrungen sind. Bei der zweiten Pflanze Verschmelzung der lokalen Infektionen.
21. Kartoffel: zwei Infektionsstellen: rechts Anfangsstadium, das Älchen noch nicht in die Atemhöhle durchgedrungen. Links späteres Stadium; keine Spaltöffnung mehr zu erkennen. Links oben ein abgeschnittenes Stück eines halb erwachsenen Älchens, dicker ($\pm 20 \mu$) wie die Spaltöffnung ($\pm 10 \mu$). Beide Infektionsherde erheben sich über die Oberfläche der Rinde. 120 $\times$.
22. Kartoffel: Wo ein Spross aus der Knolle entspringt, ist fast keine Rinde vorhanden. 6 $\times$.
23. *Ranunculus repens*: Blattstiel, oberflächliche Beschädigungen durch Älchen, die sich in der Scheide eines älteren Blattes aufhielten. Wo die Rindenzellen angeschwollen sind, war eine Spaltöffnung vorhanden. 48 $\times$.
24. *R. repens*: Blattstiel, durch eingedrungenes Älchen aus einander getriebene Zellen. 48 $\times$.
25. *R. repens*: Blattstiel, Anschwellung. Nekrotische Schliesszellen und Atemhöhle noch zu erkennen. 120 $\times$.
26. *R. repens*: Blattstiel. Eine durch ein Älchen getroffene, nicht getötete Epidermiszelle bildet den Mittelpunkt einer Anschwellung, die in einem späteren Stadium auf die umgebenden Zellen übergeht.
27. *Chenopodium album*: Melde, Befall bei den Achseln der Kiemblätter.
28. *Linum usitatissimum*, Flachs. Befall bei den Achseln der Laubblätter.
29. *Fragaria indica*: Indische Erdbeere. Befall eines Blattstieles bei der Achsel.
30. *Convolvulus arvensis*: Ackerwinde. dito.
31. *Veronica serpyllifolia*: quendelblättriger Ehrenpreis. Befall des Stengels.
32. *Cirsium arvense*: Ackerdistel. Befall bei den Achseln der Keimblätter.
33. *Dipsacus fullonum*: Weberkarde. Dito. Der Befall geht auf die in der Rosette zusammenstehenden Blattstiele und Blätter über. Beim Längenwachstum von nicht befallenen Blattstielen werden kranke Stellen emporgeschoben. Auf dieser Weise können die Älchen in der Samen geraten.
34. (Textabb. vergl. S. 148 u. 164).

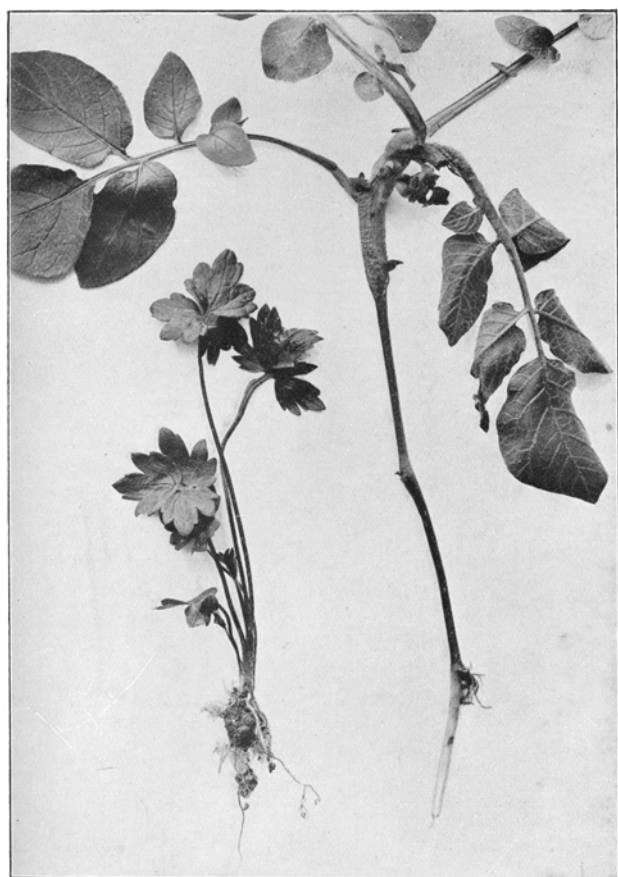


fig. 1.

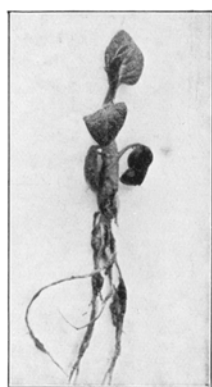


fig. 2.



fig. 4.

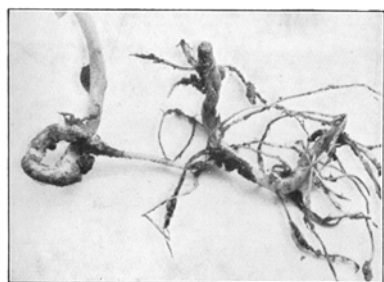


fig. 3.



fig. 6.



fig. 5.

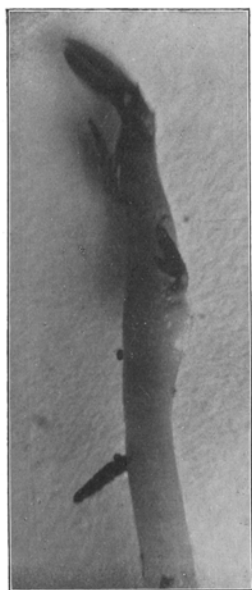


fig. 7.

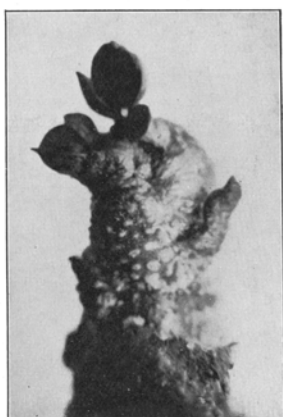


fig. 8.

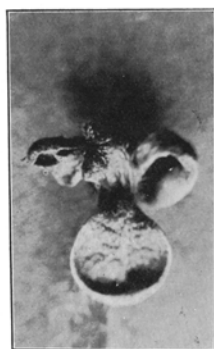


fig. 9.



fig. 13.



fig. 10.



fig. 11.

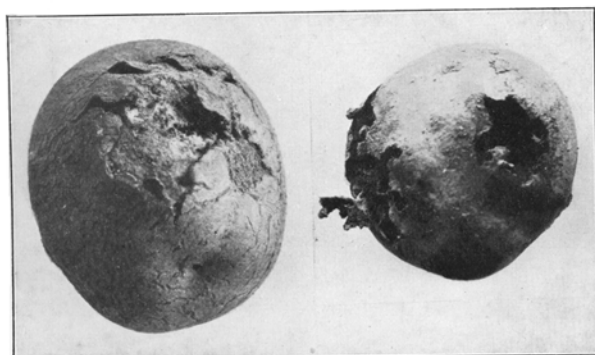


fig. 14.

fig. 15

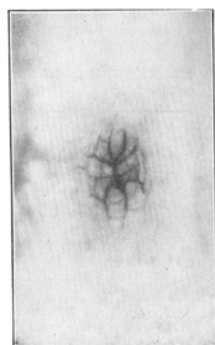


fig. 12.



fig. 16.

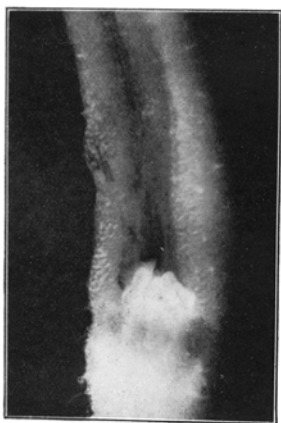


fig. 17.

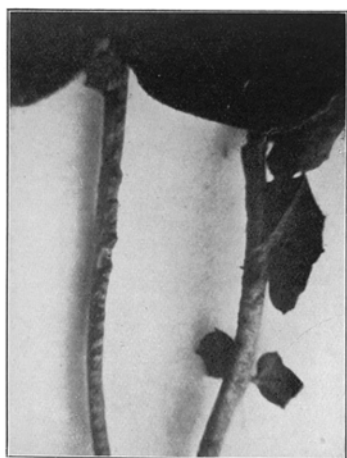


fig. 19.

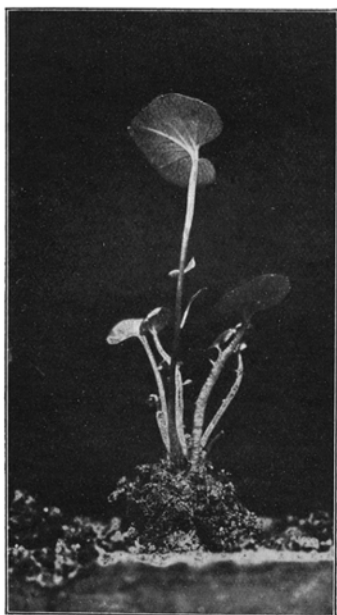


fig. 18.



fig. 20.

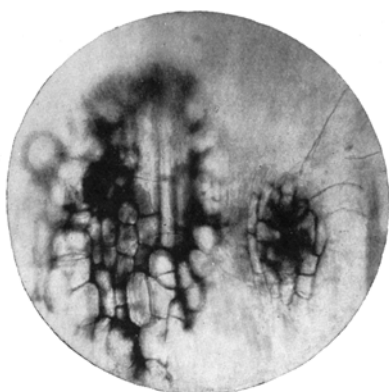


fig. 21.



fig. 22.



fig. 23.

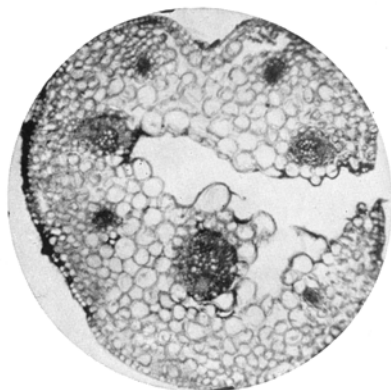


fig. 24.

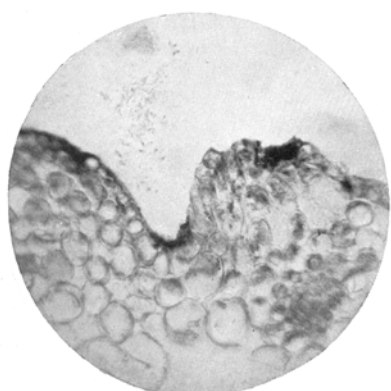


fig. 25.

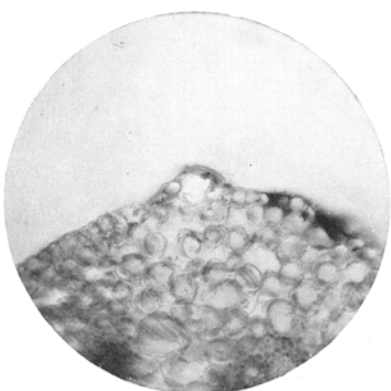


fig. 26

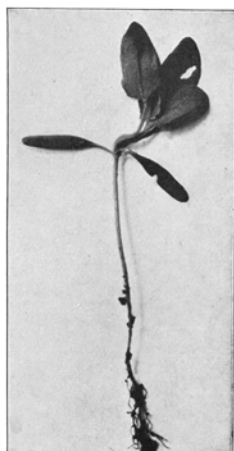


fig. 27.



fig. 28.

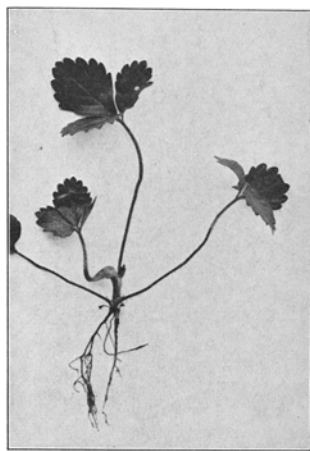


fig. 29.

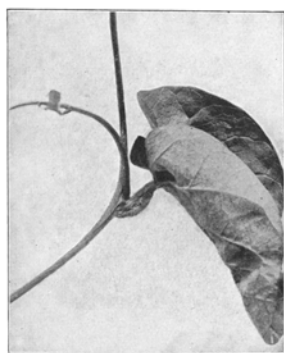


fig. 30.

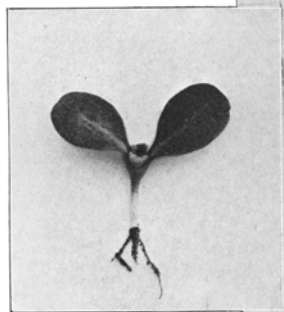


fig. 33.



fig. 31.



fig. 32.