

PLASMODIOPHORA BRASSICAE EN *SPONGOSPORA SUBTERRANEA*, PUNTEN VAN OVEREENKOMST EN VERSCHIL¹

With a summary: Plasmodiophora brassicae and Spongospora subterranea, points of resemblance and difference

DOOR

A. P. KOLE

Laboratorium voor Phytopathologie, Landbouwhogeschool, Wageningen

Plasmodiophora brassicae WORON. veroorzaakt als verwekker van knolvoet aanzienlijke schade bij verscheidene kruisbloemige gewassen; *Spongospora subterranea* (WALLR.) LAGERH., hoewel economisch van veel minder belang, oefent in de vorm van poederschurft bij aardappelen in incidentele gevallen een nadelige invloed uit op de kwaliteit en de afzetmogelijkheden.

De symptomen van knolvoet zijn uitwassen en verdikkingen van de wortels, welke de groei vertragen, spoedig door secundaire organismen worden aange tast en de plant voortijdig doen afsterven; bij poederschurft ontstaan bloemkoolachtige wratjes aan wortels, stolonen en knollen, welke echter geen merkbare invloed op de ontwikkeling van de plant hebben. Ten tijde van het rooien der aardappelen zijn de wratjes op de knollen meestal vergaan; er blijft slechts een kratervormige holte over, waarin zich weefselresten en olijfgroene rustsporen van de schimmel bevinden. Deze poederschurftplekjes kunnen een invalspoort vormen voor andere parasieten, zoals *Phytophthora infestans*.

Beide schimmels behoren tot de orde der *Plasmodiophorales*; hun systematische classificatie verschilt echter doordat de rustsporen bij *Plasmodiophora* los van elkaar liggen en bij *Spongospora* tot sponsachtige aggregaten zijn verenigd.

In hun levenscyclus vertonen beide schimmels veel overeenkomst. In de rustspore ontwikkelt zich een zoöspore welke twee flagellen van ongelijke lengte heeft. Deze zoösporen dringen binnen in epidermiscellen van de wortel, in het bijzonder in wortelharen, en ontwikkelen zich daar tot veelkernige plasmodia. Uit deze plasmodia ontstaan zoösporangia, welke bij *Plasmodiophora* klein en bolrond en bij *Spongospora* iets groter en meer afgerond hoekig zijn.

De kernen van het zich ontwikkelende plasmodium delen zich aanvankelijk op een voor de *Plasmodiophorales* typische wijze, nl. promitotisch, waarbij de nucleolus intact blijft; bij de vorming van de zoösporangia ziet men „gewone” mitotische delingsfiguren. De zoösporen, welke uit de zoösporangia komen, hebben wederom twee flagellen van ongelijke lengte. Bij beide schimmels is waargenomen, dat deze zoösporen, meestal ten getale van twee maar soms meer, kunnen versmelten (KOLE, 1954, 1955). Verder was bij *S. subterranea* reeds gebleken, dat de versmelting der zoösporen, althans onder de omstandigheden van de waarnemingen, niet door kernversmelting wordt gevolgd. Bij *P. brassicae* doet zich hetzelfde voor. In het versmeltingsprodukt van 2 zoösporen (te constateren aan het aantal flagellen) werd 21 maal 2 kernen, daarentegen slechts 2 maal 1 kern gevonden. Er is dus meer reden om hier aan een waarnemingsfout

¹ Aangenomen voor publikatie 13 februari 1958.

door superpositie van de kernen te denken dan aan een kernversmelting. Verder werden in het versmeltingsprodukt van 3 zoösporen 5 maal 3 kernen gevonden en tenslotte zijn in één zoöspore, ontstaan door de versmelting van 5 zoösporen, 4 kernen waargenomen. Ter vergelijking werd op overeenkomstige wijze het gedrag van de zoösporen uit de zomersporangia van *Synchytrium endobioticum* onderzocht omdat van deze schimmel wel bekend is, dat bij versmelting van zoösporen twee der kernen tot een zygote versmelten en eventueel verder aanwezige kernen degenereren (KÖHLER, 1931). Als resultaat van dit onderzoek werden in het versmeltingsprodukt van 2 zoösporen 6 maal 1 kern en 2 maal 2 kernen gevonden, in het versmeltingsprodukt van 3 zoösporen 1 maal 1 kern en 1 maal 2 kernen, in het versmeltingsprodukt van 4 zoösporen 2 maal 1 kern en tenslotte in het versmeltingsprodukt van 5 zoösporen 4 maal 1 kern en 1 maal 2 kernen. Onder dezelfde omstandigheden blijft de kernversmelting bij *P. brassicae* dus achterwege en heeft zij bij *S. endobioticum* juist wel plaats. Hoezeer de versmelting van zoösporen bij *P. brassicae* en *S. subterranea* ook op een geslachtelijk proces duidt, waarbij een zygote wordt gevormd, het bewijs ervoor is door het ontbreken van een kernversmelting nog steeds niet geleverd.

De volgende fase in de levenscyclus van beide schimmels is de aanwezigheid van plasmodia in het schorsparenchym. Microscopisch zijn deze plasmodia niet te onderscheiden van die, welke voorafgaand aan de vorming van de zoösporangia in de epidermiscellen van de wortel worden aangetroffen. Wel onderscheiden zij zich in de reactie die zij bij de plant veroorzaken. In beide gevallen geven zij aanleiding tot celvergroting en sterke celdeling met als gevolg de uiterlijke symptomen van knolvoet en poederschurft. Aanvankelijk delen ook de kernen in deze plasmodia zich op promitotische wijze. Voordat tenslotte de rustsporen uit deze plasmodia ontstaan, zijn er enkele mitotische delingen. Bij het vergaan der aangetaste delen komen de rustsporen in de grond terecht; bij poederschurft blijft een deel der sporen in de poederschurftplekjes achter, waardoor de ziekte met het pootgoed kan worden verspreid.

Ook in hun gedrag ten opzichte van uitwendige omstandigheden vertonen de twee schimmels merkwaardige punten van overeenkomst, maar ook punten van verschil. Zo is het bij *P. brassicae* al heel gemakkelijk om een aantasting¹ te verkrijgen. Koolplanten, gezaaid of gepoot in besmette grond, zullen, mits de grond zuur reageert, vrijwel altijd worden aangetast. Voor *S. subterranea* daarentegen blijkt aan bijzondere, nog niet voldoende bekende voorwaarden te moeten zijn voldaan om zelfs in zwaar besmette grond een aantasting van enige betekenis te krijgen. Dit is ook het geval bij het optreden van poederschurft in de praktijk; het feit dat een zwaar ziek gewas van een perceel wordt geoogst, geeft geen enkele zekerheid, dat een volgend gewas aardappelen, zelfs in het volgende groeiseizoen, ook maar één zieke knol zal geven. Er is meer kans op het verkrijgen van een aantasting, indien men niet van besmette grond uitgaat, maar aangetaste pootaardappelen in gestoomde grond uitpoot. Deze kans wordt nog groter indien de aardappelen voor het poten met tetrachloor-nitrobenzeen (Fusarex) worden behandeld (KOLE, 1949). De resultaten van een behandeling met Fusarex zijn weergegeven in tabel 1.

¹ Indien hier van aantasting wordt gerept, dan worden bedoeld de eigenlijke knolvoet en poederschurft, dus niet het eerste stadium van aantasting, waarbij de zoösporangia worden gevormd.

TABEL 1. De invloed van een behandeling van aangetast pootgoed met TCNB (Fusarex) op het optreden van poederschurft.

The effect of treating infected seed potatoes with TCNB (Fusarex) on the occurrence of powdery scab.

	Gemiddeld beoordelingscijfer (schaal 0-300) <i>Mean degree of infection (scale 0-300)</i>
Onbehandeld <i>Untreated</i>	79,8
Fusarex, 6 g per kg poot aardappelen . <i>Fusarex, 6 g per kg seed potatoes</i>	130,0

Gezien de eigenschappen van TCNB kan de verklaring van dit verschijnsel worden gezocht in het uitschakelen van antagonistische invloeden in de grond. Indien dit zo is dan zou men een soortgelijk effect moeten kunnen verkrijgen door een zwakke ontsmetting van de rustsporen, waarbij antagonisten worden gedood maar waarvan de dikwandige, resistente rustsporen geen hinder ondervinden. Zoals uit tabel 2 blijkt, is dit inderdaad het geval. Uiteraard werd bij deze proef ook het pootgoed ontsmet.

TABEL 2. De invloed van een behandeling der rustsporen met 2‰ HgCl₂ op een aantasting door poederschurft.

The effect of treating resting spores with 2‰ HgCl₂ on the occurrence of powdery scab.

Duur van de behandeling <i>Duration of the treatment</i>	Gemiddeld beoordelingscijfer (schaal 0-300) <i>Mean degree of infection (scale 0-300)</i>
Onbehandeld <i>Untreated</i>	17,9
5 sec.	35,0
15 sec.	39,7
30 sec.	2,8
60 sec.	6,3

De behandeling gedurende 30 en 60 sec. heeft kennelijk ook de poederschurftsporen nadelig beïnvloed. Indien het tot stand komen van een aantasting door poederschurft onder invloed staat van het optreden van antagonisten in de grond, moet minder aantasting worden verkregen indien de aangetaste poot aardappelen in niet-gestoomde in plaats van in gestoomde grond worden gepoot. De resultaten van een dergelijke proef zijn in tabel 3 weergegeven.

TABEL 3. De invloed van het stomen van de grond op een aantasting door poederschurft.

The effect of steam sterilization of the soil on the occurrence of powdery scab.

	Gemiddeld beoordelingscijfer (schaal 0-300) <i>Mean degree of infection (scale 0-300)</i>
Gestoomde grond <i>Steam-sterilized soil</i>	43,7
Onbehandeld <i>Untreated</i>	17,6

Moge dan het optreden van poederschurft in sterke mate beïnvloed worden door andere bodemorganismen, merkwaardigerwijze is dit niet het geval bij het zoösporangiumstadium, dat zowel bij *P. brassicae* als bij *S. subterranea* gemakkelijk optreedt. Voor eerstgenoemde schimmel moet de grond dan echter zuur reageren (SAMUEL & GARRETT, 1945), maar bij *S. subterranea* heeft de zuurgraad van de grond weinig of geen invloed, noch op het optreden van poederschurft (KARLING, 1942) noch op de ontwikkeling van de zoösporangia (KOLE, 1954). Wat de invloed van de temperatuur betreft, is er een opmerkelijk verschil tussen beide ziekten. De optimumtemperatuur, welke voor knolvoet ongeveer 25°C bedraagt, ligt voor poederschurft lager.

De resultaten van een vergelijkende proef in een warme (20–25°C) en in een koude kas (15–20°C) zijn in tabel 4 weergegeven.

TABEL 4. De invloed van de temperatuur op het optreden van poederschurft.
The effect of temperature on the occurrence of powdery scab.

	Gemiddeld beoordelingcijfer (schaal 0–300) <i>Mean degree of infection (scale 0–300)</i>
20–25°C	15
15–20°C	196

Zowel bij *S. subterranea* als bij *P. brassicae* heeft de voorbehandeling van besmette grond invloed op de mate waarin aantasting door het zoösporangiumstadium optreedt (KOLE, 1954; MACFARLANE, 1952). Bij *S. subterranea* werd steeds de sterkste aantasting¹ verkregen door besmette grond aan de lucht te drogen en daarna voor infectieproeven te gebruiken. Naarmate de grond langer in vochtige toestand verkeerde werden de planten minder aangetast. Dergelijke „uitgewerkte” grond kon worden „geregenereerd” door de grond aan de lucht te drogen.

Bij *P. brassicae* is de situatie anders zoals uit de volgende proef blijkt. Besmette grond werd een half jaar bij 20°C in vochtige toestand bewaard. Daarna werd een gedeelte van de grond gedurende drie dagen op een temperatuur van –20°C gehouden; een ander deel werd gedurende deze drie dagen aan de lucht gedroogd. Vervolgens werd het infecterend vermogen van de rustsporen bepaald aan de hand van het aantal aangetaste wortelharen van kiemplanten van bloemkool welke in de grond werden geplant. Het vochtgehalte van de grond werd op 70 % van de watercapaciteit gebracht en gedurende de proef daarop gehouden. De resultaten zijn weergegeven in tabel 5. In de eerste plaats blijkt uit deze proef dat de rustsporen van *P. brassicae* na een langdurig verblijf in natte grond, in tegenstelling met die van *S. subterranea*, nog zeer infectieus zijn. Gaat men nu na wat de invloed van de behandeling is, dan blijkt na het bevriezen aanvankelijk een iets heviger aantasting te zijn opgetreden; het verschil met de aantasting in de grond, welke als voorbehandeling werd gedroogd, is groter. Hier krijgt men duidelijk de indruk dat het drogen een nadelige invloed op de aantasting heeft gehad.

¹ Indien thans het woord aantasting wordt gebruikt, dan wordt daarmee het zoösporangiumstadium, dus het eerste stadium van aantasting bedoeld.

TABEL 5. De invloed van verschillende behandelingen van besmette grond op de aantasting van de wortelharen door *P. brassicae*.

The effect of various treatments of infested soil on root-hair infection by P. brassicae.

Datum/Date	Gemiddeld beoordelingscijfer (schaal 0-300) Mean degree of infection (scale 0-300)			
	23/8	27/8	30/8	3/9
Gedurende 6 maanden vochtig gehouden <i>Kept moist for 6 months</i>	120	150	250	260
3 dagen - 20°C <i>3 days - 20°C</i>	260	200	250	260
Aan de lucht gedroogd. <i>Air-dried</i>	110	150	110	140

In verband met de resultaten van deze proef rijst de vraag, op welke wijze men het inoculum, i.c. het sporenmateriaal, het beste kan bewaren. Bij *S. subterranea* is dit nogal eenvoudig. Men verzamelt aardappelen welke zwaar door poederschurft zijn aangetast en verwijdt door krabben met een mesje de inhoud van de poederschurftplekjes. Ondanks het feit, dat op deze wijze ook gronddeeltjes en celresten meekomen, bevat het verkregen materiaal na drogen en zeven een hoog percentage sporenballen. De gedroogde sporen zijn lange tijd houdbaar. Een vergelijkend onderzoek naar het infectievermogen van sporenballen, welke van 1952 dateren, en van verse sporenballen, welke in 1958 zijn verzameld en gedroogd, toonde aan dat het oudste materiaal niets aan vitaliteit had ingeboet (tabel 6)¹.

TABEL 6. Aantasting der wortelharen door *S. subterranea* na besmetting van de grond met sporenballen daterend van 1952 en 1958.

Root-hair infection by S. subterranea after inoculation of the soil with spore balls dating from 1952 and 1958.

Datum/Date	Gemiddeld beoordelingscijfer (schaal 0-300) Mean degree of infection (scale 0-300)								
	12/3	15/3	18/3	21/3	24/3	27/3	31/3	3/4	10/4
1952	0	20	175	30	150	220	275	110	140
1958	0	10	25	140	110	75	150	190	80

Bij *S. subterranea* kan het aantal sporen in het inoculum in verband met de ligging van de rustsporen in aggregaten niet nauwkeurig worden bepaald. Het inoculum werd daarom toegediend in de vorm van 500 mg gedroogde sporenballen per 150 g tuinaarde met een vochtgehalte van 70 % van de watercapaciteit.

Bij *P. brassicae* is het moeilijker een goed inoculum te verkrijgen omdat bij knolvoet de sporen diep in het planteweefsel liggen opgesloten. De sporen werden als volgt vrijgemaakt. Van aangetaste, goed schoongespoelde stoppelknollen werden de uitwassen, bij voorkeur die welke een begin van rotting ver-

¹ De gegevens zijn ontleend aan een proef, welke Mej. P. C. RIEMENS als onderdeel van haar ingenieursstudie in het Laboratorium voor Phytopathologie heeft verricht.

toonden – hetgeen duidde op rijpheid van de sporen – afgesneden. Vervolgens werden de wratten 24 uur op een temperatuur van -20°C gehouden om goed door te vriezen en daarna in een beker glas, afgesloten met een plastic folie, gedurende een week op 25°C gehouden om goed door te rotten. De wratten zijn dan veranderd in een onwelriekende, bruine brei. Het materiaal laat zich in een Waring blender gemakkelijk macereren, waarbij de sporen vrijkomen. Passage door een 50μ zeef helpt de grovere bestanddelen te scheiden van de vloeistof met de sporen.

De suspensie werd verder gezuiverd door zesmaal te centrifugeren, de bovenstaande vloeistof telkens af te schenken en de sporen op te spoelen. Op deze wijze slaagden wij erin enkele suspensies te bereiden waarin het aantal rustsporen ongeveer 10^9 per ml bedroeg. Met behulp van een hemocytometer kan men het aantal sporen per ml nauwkeurig bepalen. De aldus bereide suspensies werden in stopflessen in een frigidaire bewaard. Dat de suspensies kwalitatief aanzienlijk kunnen verschillen, blijkt uit de resultaten van een vergelijkend onderzoek, zoals is weergegeven in tabel 7. De concentratie in de grond bedroeg 2.10^7 sporen per gram luchtdroge grond.

TABEL 7. Verschil in aantasting der wortelharen door *P. brassicae* bij het gebruik van twee verschillende sporensuspensies.

Difference in amount of root-hair infection by P. brassicae as a result of using two different spore suspensions.

Datum/Date	Gemiddeld beoordelingscijfer (schaal 0–300) Mean degree of infection (scale 0–300)				
	26/9	30/9	4/10	8/10	10/10
Sporensuspensie I <i>Spore suspension I</i>	250	238	167	175	300
Sporensuspensie II <i>Spore suspension II</i>	0	0	17	100	167

Men kan geneigd zijn de verklaring voor de geringere vitaliteit der sporen van suspensie II te zoeken in onvoldoende rijpheid der sporen; in dit geval geldt dat zeer zeker niet omdat voor het bereiden van suspensie II juist de rijpe wratten werden uitgezocht.

Het gebruik van een suspensie als inoculum heeft echter zijn bezwaren. Bij het toedienen van het inoculum voegt men water toe, waarmede rekening moet worden gehouden bij het op peil brengen van het vochtgehalte van de grond; het mengen met de grond gaat iets minder gemakkelijk en men loopt de kans dat door verdamping van het water de concentratie van de suspensie verandert. Vandaar dat het voordelen heeft over een inoculum in droge toestand te beschikken. Dit kan men verkrijgen door een suspensie door centrifugeren te concentreren, uit te gieten over droog zand en het mengsel voorzichtig te drogen. Indien men van bekende hoeveelheden suspensie en zand uitgaat, weet men precies hoeveel sporen het zand-inoculum per gewichts- of volumedeel bevat.

Uit de resultaten van onderzoek met aldus gedroogde sporen werd de indruk verkregen dat deze minder infectieus waren dan de sporen in suspensies. In het bijzonder gold dit naarmate de sporen langer in gedroogde toestand waren be-

waard. Teneinde dit verschijnsel nader te onderzoeken werd in het begin van 1957 een proef uitgevoerd met sporen welke dateerden van eind december 1954. Ter vergelijking met de in 1954 gedroogde sporen is een gedeelte van de suspensie gebruikt om nogmaals sporen te drogen. Het aantal sporen werd gebracht op 10^6 per gram luchtdroge grond. De in deze besmette grond gezaaide bloemkool werd na 9 weken geoogst en beoordeeld. Het resultaat is weergegeven in tabel 8¹.

TABEL 8. De invloed van het drogen der rustsporen op een aantasting door knolvoet.
The effect of drying resting spores on the occurrence of clubroot.

	Gemiddeld beoordelingscijfer (schaal 0-300) <i>Mean degree of infection (scale 0-300)</i>		
Sporensuspensie 1954 <i>Spore suspension 1954</i>	216	208	208
Gedroogd in 1954 <i>Dried in 1954</i>	0	0	0
Gedroogd in 1957 <i>Dried in 1957</i>	108	143	127

Uit deze resultaten bleek dat de rustsporen van *P. brassicae*, nadat zij ruim twee jaar in waterige suspensie bij 2-3°C werden bewaard, nog zeer infectieus waren. De in 1954 gedroogde sporen hebben alle vitaliteit verloren; de vers gedroogde sporen verwekten nog wel knolvoet, zij het in aanzienlijk mindere mate dan de tot het gebruik in suspensie bewaarde sporen.

Van een uit 1955 daterend onderzoek was bekend dat de sporen toen ook korte tijd na het drogen nog infectieus waren, zoals blijkt uit de resultaten, weergegeven in tabel 9, welke betrekking heeft op de aantasting der wortelharen. De grond werd besmet met $2 \cdot 10^7$ sporen per gram luchtdroge grond.

TABEL 9. Aantasting der wortelharen door *P. brassicae* bij gebruik van natte en vers gedroogde rustsporen.
Root-hair infection by P. brassicae in an experiment in which wet and recently dried resting spores were used.

	Gemiddeld beoordelingscijfer (schaal 0-300) <i>Mean degree of infection (scale 0-300)</i>							
Datum/Date	11/1	14/1	18/1	21/1	25/1	28/1	1/2	4/2
Sporensuspensie 1954 . . . <i>Spore suspension 1954</i>	0	0	267	50	200	300	300	300
Gedroogd in 1954 <i>Dried in 1954</i>	0	150	300	250	188	300	300	300

Uit deze proeven blijkt dat de rustsporen van *P. brassicae* zonder bezwaar twee jaar in water bij een temperatuur van 2-3°C kunnen worden bewaard. Worden de sporen gedroogd en daarna bewaard, dan vermindert hun kiem-

¹ De gegevens zijn ontleend aan een proef, welke de heer M. HEUVER als onderdeel van zijn ingenieursstudie in het Laboratorium voor Phytopathologie heeft verricht.

kracht geleidelijk met als resultaat dat zij na twee jaar alle vitaliteit hebben verloren. De rustsporen van *S. subterranea* daarentegen kunnen zeer goed zelfs meer dan zes jaar in droge toestand worden bewaard.

SAMENVATTING

1. Zowel bij *P. brassicae* als bij *S. subterranea* kunnen de zoösporen uit de zoösporangia met elkaar versmelten. In het versmeltingsprodukt werden evenveel kernen aangetroffen als er oorspronkelijk zoösporen waren, zodat de versmelting van zoösporen niet door een kernversmelting werd gevolgd, waardoor het bewijs, dat de zoösporenversmelting een geslachtelijke fase in de levensloop van deze schimmels betekent, dus nog niet is geleverd.
2. De symptomen van knolvoet kunnen gemakkelijk te voorschijn worden geroepen door vatbare planten te zaaien of te planten in zuur reagerende, besmette grond. Het optreden van poederschurft staat niet onder invloed van de zuurgraad van de grond; het tot stand komen van een aantasting is echter aan andere beperkende factoren onderhevig. Het uitpooten van gezond pootgoed in besmette grond leidt zelden tot een aantasting. Er is aanzienlijk meer kans op een aantasting bij gebruik van aangetast pootgoed in gestoomde grond. Aangetast pootgoed in niet-gestoomde grond geeft weer minder aantasting. Behandeling van aangetast pootgoed met TCNB of een lichte ontsmetting van de rustsporen met HgCl_2 versterkt de aantasting. Hieruit wordt geconcludeerd dat het optreden van poederschurft door antibiotische verhoudingen in de grond wordt beheerst. Dit is niet het geval bij het zoösporangiumstadium, dat bij beide schimmels, zij het bij *P. brassicae* met een restrictie voor de zuurgraad, in besmette grond gemakkelijk tot stand komt. De optimumtemperatuur, welke voor knolvoet ongeveer 25°C is, ligt voor poederschurft beneden 20°C .
3. In tegenstelling met hetgeen bij *S. subterranea* het geval is, nl. dat door verblijf in vochtige grond het infectievermogen van de sporen geleidelijk afneemt, maar door drogen van de grond weer kan worden hersteld, doet zich bij *P. brassicae* het verschijnsel voor dat door het drogen van de rustsporen het infectievermogen irreversibel afneemt.
4. Evenals bij *P. brassicae* verdragen de sporen van *S. subterranea* een lage temperatuur (drie dagen bij -20°C).
5. De rustsporen van *S. subterranea* behouden hun vitaliteit het beste bij bewaren in gedroogde toestand (na zes jaar werd nog geen achteruitgang in kiemkracht geconstateerd). Bij *P. brassicae* daarentegen verdient het de voorkeur de sporen in water bij $2-3^\circ\text{C}$ te bewaren (minstens twee jaar houdbaar).

SUMMARY

1. Fusion of the zoösporangial zoöspores of both *P. brassicae* and *S. subterranea* has been observed. The number of nuclei in the compound zoöspores corresponded to the number of zoöspores which fused to form the compound zoöspore. Zoöspore fusion was therefore not followed by karyogamy and proof of zoöspore fusion as a sexual phase in the life history of these fungi could not be given.
2. The symptoms of clubroot are easily produced by sowing or planting sus-

ceptible plants in contaminated acid soil. The occurrence of powdery scab is largely independent of soil reaction but is governed by other limiting factors. Infection is seldom obtained when healthy seed potatoes are planted in contaminated soil. Planting infected seed potatoes in steam-sterilized soil results in more infection but this is decreased when non-sterilized soil is used. Treating infected seed potatoes with TCNB or brief treatment of resting spores with HgCl_2 increases infection. From these results it is concluded that the occurrence of powdery scab is governed by antagonistic relations in the soil. This does not apply to the zoosporangial stage of these fungi which occurs readily in contaminated soil, subject, in the case of *P. brassicae*, to favourable soil reaction. The optimum temperature for clubroot is about 25°C and for powdery scab below 20°C.

3. The infectivity of resting spores of *S. subterranea*, kept in the soil under continuously moist conditions, gradually diminishes but can be restored by air-drying the soil. In contrast, drying the resting spores of *P. brassicae* decreases their ability to cause infection.
4. Resting spores of both *P. brassicae* and *S. subterranea* are not killed when exposed to a low temperature (three days at -20°C).
5. Resting spores of *S. subterranea* can be stored dry for a long period without loss of vitality (after six years' storage no loss of germinative power has been observed). Resting spores of *P. brassicae* can be stored best in water at 2-3°C (for at least two years).

LITERATUUR

- KARLING, J. S., - 1942. The Plasmodiophorales. New York City.
- KÖHLER, E., - 1931. Zur Biologie und Cytologie von Synchronium endobioticum (Schilb.) Perc. Phytopath. Z. 4: 43-55.
- KOLE, A. P., - 1949. Over de invloed van Fusarex op een aantasting door poederschurft (*Spongospora subterranea* (Wall.) Lagerheim). T. Pl.ziekten 55: 308-312.
- KOLE, A. P., - 1954. A contribution to the knowledge of *Spongospora subterranea* (Wallr.) Lagerh., the cause of powdery scab of potatoes. T. Pl.ziekten 60: 1-65.
- KOLE, A. P., - 1955. Some observations on the zoospores from the zoosporangia of *Plasmodiophora brassicae* Woron. T. Pl.ziekten 61: 159-162.
- MACFARLANE, I., - 1952. Factors affecting the survival of *Plasmodiophora brassicae* Woron. in the soil and its assessment by a host test. Ann. appl. Biol. 39: 239-256.
- SAMUEL, G. & S. D. GARRETT, - 1945. The infected root-hair count for estimating the activity of *Plasmodiophora brassicae* Woron. in the soil. Ann. appl. Biol. 32: 96-101.