

VOETZIEKTEN BIJ ERWTEN, EEN GEVOLG VAN STUIVENDE GROND ¹⁾

With a summary: Footrot of peas caused by sand-storms

DOOR

Dr L. C. P. KERLING

Laboratorium voor Phytopathologie, Wageningen ²⁾

1. INLEIDING

Met de naam voetziekte duidt men bij erwten een donkere verkleuring van de schors van stengelvoet en wortelhals aan, die dikwijls gepaard gaat met een rode verkleuring van de houtvaten. Uit de zieke weefsels kan men vaak pathogenen isoleren, die een goed groeiende plant nauwelijks kunnen beschadigen. Het is bekend, dat dergelijke schimmels, zoals *Botrytis cinerea* en *Fusarium species* slechts planten binnendringen, die in ongunstige omstandigheden verkeren, b.v. na beschadiging door vorst (KERLING, 1952). Volgens verspreide mededelingen in de literatuur zouden ook voet- en vaatziekten benevens groeiremmingen kunnen optreden op lichte gronden, die door harde wind verstuiven (LAMMERS, 1949). Omtrent de aard en het verloop van dit ziekteproces bestaan echter geen nadere gegevens.

In Mei 1951 ontving de Plantenziektenkundige Dienst jonge nog met zand bedekte plantjes, die van stuifschade verdacht werden. Het epicotyl vertoonde aan één zijde één of twee horizontale scheuren, waarschijnlijk ontstaan door het buigen in de wind. De schors van de opmerkelijk dunne stengelvoet was grijs en ingevallen, terwijl de blaadjes vaal-groene of bruine onregelmatige sectoren vertoonden, die deels reeds verschrompeld waren. Voor het tot stand komen van voet- en vaatziekten zullen echter nog andere factoren nodig zijn dan alleen stuiven. Droge perioden worden in het voorjaar vaak afgewisseld met regenbuien, waarbij niet alleen water door de harde wind met kracht tegen de planten geblazen wordt, maar ook opspattende regendruppels met gronddeeltjes een bron van besmetting kunnen zijn, vooral wanneer zij tegen reeds eerder door zand beschadigde stengels aangedreven worden.

Het doel van dit onderzoek was de symptomen te leren kennen, die ten gevolge van deze omstandigheden optreden. Daartoe werden planten bespoten met zand, met water en met mengsels van beide, waarna het gedrag van de beschadigde planten ten opzichte van enkele zwakke parasieten werd nagegaan.

2. METHODIEK

Planten van het ras Unica, ongeveer 3 à 4 cm hoog, opgekweekt in kleine potjes in gestoomde tuingrond werden gedurende $\frac{3}{4}$ minuut bespoten met fijn glaszand, met fijn verdeeld water of met een mengsel van zand en water. De straal werd tegen het epicotyl en de iets blootgelegde wortelhals gericht, terwijl de plantjes langzaam rondgedraaid werden op een afstand van 10 cm van de uitstromingsopening van het toestel afgebeeld in fig. 1. Een luchtstroom uit een compressor werd door a gevoerd na passeren door een manometer. Uit het bakje

¹⁾ Ontvangen voor publicatie Nov. 1952.

²⁾ Thans Phytopath. Lab. W. C. Scholten te Baarn.

b werden fijn verdeelde waterdruppels meegenomen. Een deel van de lucht kon door c naar het cylindertje d gevoerd worden, gevuld met droog fijn zand en voorzien van een afvoeropening, waarvan de grootte door een kraan e geregeld kon worden. Door de druk op het zand uitgeoefend, werd dit door de luchtstroom a meegenomen. Het was mogelijk naar verkiezing water, zand of mengsels van beide te verspuiten. Bij verschillende werkdruk van de aangevoerde lucht, aangegeven door een manometer, werd nu de windsnelheid bepaald op verschillende afstanden van de uitstromingsopening (fig. 2). Voor alle proeven werd een druk van 0,6 tot 0,8 kg gekozen, waarbij de windsnelheid op een afstand van 10 cm van de opening ongeveer 30 km per uur bedroeg, een snelheid, die in graden De Beaufort uitgedrukt overeenkomt met 5: krachtige wind. Daar bij het ijken van het toestel zand en water niet meegevoerd konden worden, was niet precies vast te stellen, aan welke windsnelheid uiteindelijk de behandelde stengeltjes blootgesteld werden. Veel vertraging zal de stroom door meevoeren van zand en water wel niet ondervonden hebben.

Als pathogenen werden gekozen *Fusarium avenaceum* FR. (Sacc.), die vaak in het voorjaar in voetzieke planten voorkomt en *Fusarium solani* (MART.) APP. et WR., een schimmel, die geregeld in zieke weefsels aanwezig is. De planten werden met mycelium of sporensuspensies geïnoculeerd, gelijktijdig met of na het bespuiten. In één proefserie werd de grond vóór het zaaien besmet. Na behandeling van de planten volgde een verblijf van 24 uur in een vochtige inoculatiebak, waarbij de potjes met hun voet in water geplaatst werden om een snel herstellen

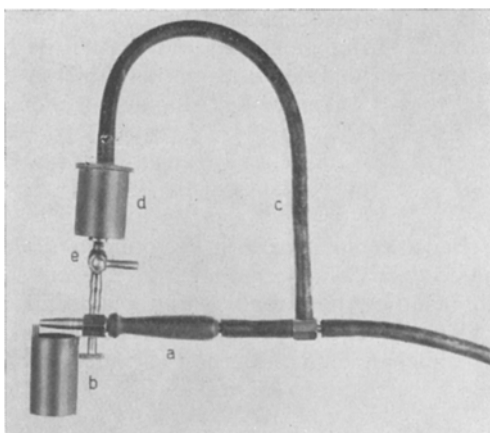


FIG. 1. Toestel waarmee zand, water of een mengsel van beide verspoten werd. Voor de beschrijving zie tekst.

Instrument used for blowing sand, water or a mixture of both. Description in the text.

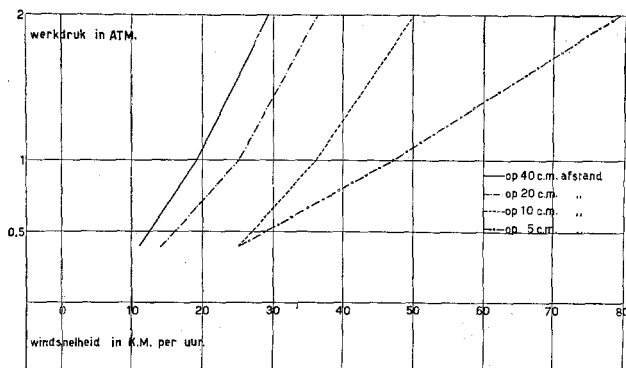


FIG. 2

Windsnelheid in km per uur bij verschillende werkdruk en op verschillende afstanden van de uitstromingsopening van de verstuiver.

Airspeed in km per hour at different air pressures and at different distances from the atomizer nozzle.

van de plantjes tegen te gaan. Ook op het veld zal na een periode van regen en wind de grond nog enige tijd nat en de luchtvochtigheid hoog blijven. Vervolgens werden de potjes op het tablet in de kas geplaatst. De planten werden vier tot zes weken na de behandeling beoordeeld.

3. DE RESULTATEN DER PROEVEN

A. De gevolgen van bespuiten met zand, water of mengsels van beide

In een eerste proefserie vertoonden alleen met water bespoten planten direct na de behandeling een donker groene, enigszins glazige stengel, terwijl de onderste blaadjes, die geraakt waren, plaatselijk met water geïmpregneerd waren. Ze zagen donker groen. De planten herstelden zich echter snel en waren later van de onbehandelde alleen nog te onderscheiden door de iets zachtere cotylen en een hoger % donkere verkleuringen van de stengelhoef (tabel 1a en b).

TABEL 1. Planten bespoten met zand, water of mengsels van beide en geïnoculeerd met *Fusarium avenaceum*. Onbeh. = onbehandeld; myc. = mycelium aan de voet van de plant gebracht; spor. = sporensuspensie bij de voet gegoten.

Plants sprayed with sand, water or a mixture of both and inoculated with Fusarium avenaceum. Onbeh. = untreated; myc. = mycelium placed the base of the plant; spor. = spore-suspension poured at the base of the plant

Behandeling	Inoculatie na de behandeling	Aantal planten	Gem. stengellengte in cm	Percentage met verkleurde voet	planten dood
<i>Treatment</i>	<i>Inoculation after treatment</i>	<i>Number of plants</i>	<i>Average length of stem in cm</i>	<i>Percentage with dark foot</i>	<i>of plants dead</i>

Serie 1 Zaaidatum (date of sowing): 19/1; behandeling (treatment): 19/2; waarneming (observation): 29/2

a	onbeh.	onbeh.	24	15	4	0
b	water	onbeh.	29	14,5	10	0
c	zand	onbeh.	25	17	0 ¹⁾	0
d	onbeh.	myc.	27	10,5	100	18
e	water	myc.	25	17	84	0
f	zand	myc.	26	9	100	81
g	onbeh.	spor.	28	15	36	3
h	water	spor.	26	16	61	0
i	zand	spor.	27	9,5	100	81
j	water + spor. ²⁾		28	15	28	0
k	zand + droge sporen (dry spores)		26	13,5	100	23

Serie 2 Zaaidatum (date of sowing): 26/2; behandeling (treatment): 16/3; waarneming (observation): 9/4

l	onbeh.	onbeh.	90	12	5	0
m	zand + water	onbeh.	89	10,5	12	12
n	onbeh.	myc.	30	10	100	13
o	zand + water	myc.	30	6	100	77

¹⁾ Voet van de plant bedekt met grijs wondkurkweefsel.
Foot of plant covered with grey woundcorktissue.
²⁾ Sporensuspensie tegen de voet gespoten.
Spore-suspension sprayed against the foot of the plant.

Met zand bespoten planten vertoonden aanvankelijk hetzelfde beeld in heviger mate, doch hier vond herstel plaats onder vorming van een bruin-grijs wondweefsel, dat de dun geworden stengelvoet na een paar weken bedekte (c¹) en Fig. 3).

In een tweede proefserie werden planten met een mengsel van zand en water bespoten. De epicotylen werden nu geheel glazig. Bij opensplijting was de kleur vuil grijs-wit, in tegenstelling met de helder wit glinsterende sneevlakke van onbehandelde planten. De geraakte blaadjes waren donkergroen en hingen slap. Dit beeld werd ook waargenomen op zandgronden na stuiven gevolgd door regen bij krachtige wind. Ook nu trad in de regel herstel op onder vorming van een wondweefsel, terwijl de getroffen blaadjes verschrompelden. De planten bleven in lengte iets bij onbehandelde achter (l en m). Dit beeld kwam volkomen overeen met de verschijnselen door de Plantenziektenkundige Dienst aan stuiven toegeschreven. Na langere behandeling bleven wondreacties uit, de stengels bleven glazig en de planten stierven tenslotte af. Ook in de praktijk schijnt dit voor te komen: er zijn gevallen vermeld, waarbij men na stuiven opnieuw moest inzaaien.

Bij microscopisch onderzoek bleek na bespuiten met zand en water de epidermis gedeeltelijk verscheurd of zelfs verdwenen te zijn. Door de binnendringende zandkorrels werden vooral ook cellen van de buitenste schorslagen beschadigd. De celwanden waren gegolfd, de inhoud was gedegenereerd. Daarnaast kwamen cellen voor, die nog te plasmolysen waren en die dus kennelijk nog leefden. Uit de intercellulaire van de beschadigde schorsgedeelten was de lucht verdwenen en vervangen door water of celvocht.

Enkele dagen na de behandeling trad vergroting op van de cellen van de diepere schorslagen en van endodermis en pericykel. Er ontwikkelde zich een onregelmatig wondweefsel, dat de centrale cylinder omringde en de beschadigde weefsels afstootte.

B. De invloed van schimmels op met zand en (of) water bespoten planten

Het is bekend uit de onderzoeken van JOHNSON (1947a en b), dat sommige schimmels beter binnendringen in weefsels geïmpregneerd met water dan in normale. Ter vergelijking werd nu een stukje agar met mycelium van *Fusarium avenaceum* geplaatst tegen de voet van onbehandelde planten en van planten op verschillende wijzen bespoten. In alle gevallen trad schorsverkleuring op. Bij de niet bespoten planten bleef deze meestal oppervlakkig; de planten bleven in lengte achter bij onbehandeld en in beide proefseries stierf resp. 18 % en 13 % af (d en n). Waarschijnlijk door het snelle herstel van planten alleen met water bespoten, vond het mycelium hier geen bijzonder gunstige voorwaarde tot binnendringen, want deze planten reageerden nog minder sterk op aanwezigheid van mycelium dan onbehandelde (e). Bij planten aan een zandstraal blootgesteld drong het mycelium echter snel binnen: de schorskleur veranderde van vuilwit in donkerbruin, de vaatbundel verkleurde oranje-rood. De plantjes waren zwaar vaatziek, ze groeiden niet meer verder en 81 % stierf af (f). Conidiën waren op het epicotyl aanwezig. Hetzelfde beeld vertoonden planten bespoten met zand en water en besmet met mycelium (o). Verwonding van de weefsels was dus blijkbaar gunstig voor het tot stand komen van infecties.

¹) De letters a-o hebben betrekking op tabel 1.

In de natuur raken de planten echter nooit op een dergelijke hevige wijze geïnfecteerd. Men mag aannemen, dat infecties in het veld op verschillende manieren tot stand kunnen komen:

1. Planten beschadigd door stuivend zand en geïmpregneerd met water zouden direct vanuit de bodem besmet kunnen worden. Om dit na te gaan werden erwten uitgezaaid in grond besmet met *F. avenaceum* of *F. solani*. Na bespuiten met een mengsel van zand en water breidden de donkere verkleuringen van de voet veroorzaakt door *F. avenaceum* zich niet verder uit. *F. solani* veroorzaakte rotting van hoofd- en zijwortels, voor zover de schors geïmpregneerd was. De planten bleven iets achter in lengte vergeleken met onbehandelde planten. Het gevaar, dat beschadigde planten vanuit de bodem besmet worden, kan echter niet groot worden geacht.

2. Opspattende druppels zouden een infectiebron kunnen zijn voor beschadigde planten. Om dit na te gaan werden planten begoten met een sporensuspensie van *F. avenaceum*. Op onbehandelde planten had de aflopende suspensie weinig invloed: (g en Fig. 3). Met water bespoten planten vertoonden een donkere verkleuring van de stengelvoet, maar leden daarvan weinig (h), doch na stuiven van zand was het effect van de sporensuspensie zeer groot: alle planten bleven achter in groei en waren hevig vaat- en voetziek. Tenslotte stierf 81 % af (i en Fig. 3). Het effect van de verwonding was groot.

3. In het veld kunnen ook druppels verontreinigd met aardedeeltjes en sporen met kracht door de wind tegen al of niet beschadigde stengels geblazen worden. Om dit na te bootsen werd een suspensie direct tegen de planten gespoten. Onbehandelde planten werden hierdoor slechts in lichte mate ziek (j). Bij beschadigde planten werd dit helaas niet meer geprobeerd.

4. Tenslotte kan men zich afvragen, welk effect stuiven van droog, besmet zand heeft, zonder dat regen optreedt. Om dit na te gaan werd een dichte sporensuspensie van *F. avenaceum* met zand gemengd. Na een week drogen aan de lucht waren de sporen nog kiemkrachtig. Plantjes met dit zand bespoten vertoonden alle een bruine schorsverkleuring met oranje conidiën en rood-oranje vaatbundels. Ze bleven achter in groei en 23 % stierf af. Ook dit ziektebeeld treedt te velde op (k en Fig. 3).

In de beide proefseries uitgevoerd in Februari en Maart gaf *F. solani* weinig aantasting van onbehandelde planten. Doch na bespuiting met water en zand en bijgieten van suspensie werd de schors van stengelvoet en wortels zacht en bruin, de vaatbundels verkleurden. Alle planten waren 3½ week na de behandeling zwaar ziek en 13 % stierf af. Het ziektebeeld was duidelijk verschillend van dat veroorzaakt door *F. avenaceum*, die zich tot de stengelvoet bepaalt. Verwonding door zand was ook hier een voorname factor.

In een derde proefserie uitgevoerd in Mei en Juni werd met *F. avenaceum* een iets minder gunstig resultaat verkregen, terwijl daarentegen het effect van *F. solani* op beschadigde planten heviger was dan vroeger in het jaar. Misschien hielden de resultaten verband met het stijgen van de temperatuur in de kas. Vooral sporensuspensies van *F. solani* deden met zand en water beschadigde planten snel verwelken en afsterven. De wortels waren zacht en bruin. Waarschijnlijk moet de oorzaak hiervan niet gezocht worden in het snel binnendringen van mycelium, maar in de toxische werking van de suspensie, die in het vocht in de intercellulairen der gewonde weefsels kon diffunderen. Snel verwelken werd ook bereikt door afgesneden erwtenstengels in toxine van *F. solani*



FIG. 3. Van links naar rechts: 1 onbehandeld; 2 bespoten met zand; 3 sporensuspensie van *F. avenaceum* bijgegoten; 4 bespoten met een droog mengsel van zand en sporen; 5 bespoten met zand en suspensie bijgegoten.

Stems from left to right: 1 untreated; 2 subjected to blowing with dry sand; 3 spore suspension of F. avenaceum poured at the base.

Zaaidatum (date of sowing): 18 Jan.; behandeling (treatment): 19 Feb.; foto: 29 Feb.

te plaatsen. Een soortgelijk proces heeft waarschijnlijk plaats bij het snelle binnendringen van het enzym van *Botrytis cinerea* in aardappelweefsel geïmpregneerd met water, wat rotting tengevolge heeft (FERNANDO & STEVENSON, 1952).

C. De invloed van schimmels op met water geïmpregneerde, niet verwonde planten

Uit de voorgaande proeven bleek, dat bespuiten met zand een belangrijke factor is voor het tot stand komen van infecties. Bespuiten met water alleen bleek onvoldoende om de inoculaties te doen slagen. Dit kan op verschillende wijzen verklaard worden. Het is mogelijk, dat de waterstraal tegen het epicotyl gericht niet krachtig genoeg was, of niet lang genoeg aanhield om voldoende lucht uit de intercellulairen te verdrijven. Ook is het mogelijk, dat niet verwonde weefsels na met water geïmpregneerd te zijn, te snel naar de oude toestand terugkeerden om verhoogde gevoeligheid voor de schimmels te vertonen. JOHNSON (1947a) beschrijft dit verschijnsel bij tomatenbladeren, die hoewel met water geïmpregneerd, ongevoelig waren voor *Phytophthora infestans*. Ter beantwoording van de vraag of erwtenstengels, die gedurende enkele dagen met water geïmpregneerd blijven ook zonder voorafgaande verwonding door de onderzochte schimmels aangetast kunnen worden, werden acht dagen oude plantjes, in een buis steriel opgekweekt, in een exsiccator onder water gebracht, waarna de lucht erboven weggezogen werd gedurende 15, 30 of 45 seconden. Luchtbellen ontweken voornamelijk uit de aanhechtingsplaats van de cotylen. Na plotseling toelaten van de lucht verkregen de geïnjecteerde planten een min of meer glazig uiterlijk. Ze werden geïnoculeerd met mycelium van *F. avenaceum* of *F. solani* en verder opgekweekt in buizen door een wattenprop gesloten. Zij herstelden zich niet meer of slechts langzaam.

TABEL 2. Planten steriel opgekweekt in buizen, onder water gebracht in partieel vacuum en geïnoculeerd met *Fusarium avenaceum* of *F. solani*.

Sterile plants grown in tubes, brought under water in vacuum and inoculated with Fusarium avenaceum or F. solani. Onbehandeld = untreated; zaaidatum (date of sowing): 3/1; behandeling (treatment): 11/1; meting (measured): 19/1.

Duur van uitpompen in sec. <i>Period of exhausting in sec.</i>	Inoculatie <i>Inoculation</i>	Aantal planten <i>Number of plants</i>	Gem. stengellengte in cm <i>Average length of stem in cm</i>	Percentage planten met doorschijnende of donkere ¹⁾ voet <i>Percentage of plants with translucent or dark ¹⁾ foot</i>	dood <i>dead</i>
0	onbehandeld	10	7½	0	0
15	onbehandeld	12	7	25	0
30	onbehandeld	11	7	100	18
45	onbehandeld	10	3½	100	50
0	<i>F. avenaceum</i>	12	7	0	0
15	<i>F. avenaceum</i>	11	6½	27	0
30	<i>F. avenaceum</i>	12	5	100	33
45	<i>F. avenaceum</i>	11	3	100	82
0	<i>F. solani</i>	12	8	0	0
15	<i>F. solani</i>	12	9	8	0
30	<i>F. solani</i>	12	4½	92	25
45	<i>F. solani</i>	12	3	100	66

¹⁾ Vaak bedekt met mycelium en conidiën. *Often covered with mycelium and conidia.*

Uit tabel 2 blijkt niet alleen, dat luchtverlies zeer slecht verdragen werd, maar ook dat planten, naarmate zij meer lucht verloren hadden, makkelijker door de schimmels doorwoekerd werden. Langer uitpompen dan 45 seconden had ook zonder aanwezigheid van schimmels steeds de dood ten gevolge. Het is dus bij de voorgaande proeven niet de verwonding door het zand op zichzelf, die het binnendringen van hyphen mogelijk maakt, maar via wonden kan water gemakkelijker in de intercellulairen komen.

4. BESPREKING VAN DE RESULTATEN

Uit de proeven bleek het volgende:

Na bespuiten met water, met onbesmet zand of met een mengsel van zand en water herstelden de planten zich goed, waarbij de beschadigde schors door een wondweefsel vervangen werd. Besmetting van de grond, toedienen van mycelium of suspensies hadden weinig invloed op onbehandelde planten, doch na verwonding door zand of door zand en water was de infectiekans groot. Ook bespuiten met een droog mengsel van zand en sporen gaf aantasting.

De omstandigheden waaronder gewerkt werd waren niet analoog met die te velde. De tijd, waarin de planten bloot staan aan stuivend zand of regenvlagen is niet te vergelijken met de tijd van $\frac{3}{4}$ minuut bij de proeven. Op het veld worden daarentegen nooit zoveel zandkorrels tegelijk verstoven of met druppels tegen de planten gespat. Ook zal de kans op besmetting buiten minder groot zijn dan langs kunstmatige weg. In analogie met de proeven zal men de volgende conclusies kunnen trekken:

Stuiven van zand gedurende niet te lange tijd behoeft geen schadelijke gevolgen te hebben, evenmin als stuiven gevolgd door regen. Opspattende besmette druppels leveren weinig gevaar voor niet verwonde planten, doch na

beschadiging door stuivend zand kan besmet regenwater hevige infectie geven en ook stuivend zand besmet met sporen kan gevaar opleveren. De mogelijkheid bestaat, dat ook regen door krachtige wind tegen de planten gezweept, de weefsels kan binnendringen. JOHNSON spreekt dan van „storm-water soaking” (1947b). Wanneer de planten door aanhoudende hoge luchtvochtigheid in geïmpregneerde toestand blijven, zal de gevoeligheid voor schimmels groot zijn. Verwondingen maken waarschijnlijk het binnendringen van water makkelijker en verhogen zodoende de gevoeligheid. Celvocht dat uit verwonde cellen treedt, zal het omringende weefsel eveneens kunnen impregneren en zodoende de gevoeligheid voor schimmels verhogen, zoals het geval was bij het bespuiten van stengels met een droog mengsel van zand en sporen. Een dergelijk geval deed zich voor bij *Cercospora nicotianae*, die in verwonde tabaksbladeren kon binnendringen (JOHNSON, 1945).

In geïmpregneerde toestand is ook besmetting rechtstreeks van uit de bodem mogelijk. Dit geldt uiteraard alleen voor die schimmels, die in de gevoelig geworden wortelhals kunnen binnendringen. *Fusarium solani* gaf in dit geval sterker besmetting dan *F. avenaceum*. Behalve deze beide schimmels zullen waarschijnlijk ook andere zwakke parasieten in staat zijn erwtenstengels die in gevoelige toestand verkeren, binnen te dringen. Welke organismen dan een rol spelen, zal wel niet geheel afhangen van het toeval maar waarschijnlijk speelt de temperatuur hierbij een rol. *Botrytis cinerea*, die men na vorstbeschadiging kan aantreffen, zal misschien ook na beschadiging door stuiven kunnen optreden.

5. SAMENVATTING

Het doel van het onderzoek was de invloed na te gaan van stuivend zand, harde regenvlagen en opspattende aardedeeltjes op jonge erwtenplanten en de gevoeligheid van de aldus beschadigde weefsels voor enkele zwakke parasieten. Zand, water of een mengsel van beide werd daartoe met behulp van het toestel afgebeeld in fig. 1 gespoten tegen stengels van ± 4 cm hoge plantjes van het ras Unica gedurende $\frac{3}{4}$ minuut. De windsnelheid waarmee gewerkt werd bedroeg ± 30 km per uur (fig. 2). Als schimmels werden *Fusarium avenaceum* en *F. solani* gekozen. De volgende resultaten werden bereikt (tabel 1):

1. Na bespuiten met water, zand of met een mengsel van beide trad herstel op. Wondkurk verving de beschadigde schors.
2. Inoculatie met mycelium of sporen-suspensie had weinig invloed op onbehandelde of met water bespoten planten, maar veroorzaakte hevige infecties bij planten van te voren door bespuiten met zand of zand en water beschadigd. Een hoog percentage van de planten stierf af (Fig. 3).
3. Ook zonder voorafgaande verwonding kon de gevoeligheid voor parasieten verhoogd worden door planten onder water uit te pompen, waardoor de weefsels met water geïmpregneerd werden (tabel 2).
4. Deze toestand kon ook bereikt worden na langdurige bespuiting met water. Bij planten met stuivend zand verwond geschiedde dit sneller dan bij niet verwonde planten, daar water via de wonden in de intercellulairen kon binnendringen.

5. Ook celvocht uit verwonde cellen kan weefsels plaatselijk impregneren. Spuiten van een droog mengsel van zand en sporen van *Fusarium avenaceum* veroorzaakte eveneens schorsverkleuringen en afsterven van planten.
6. Bij verhoogde gevoeligheid van de wortelhals kan *F. solani* uit besmette grond de schors doen rotten.

In analogie met de proeven zal in het veld het volgende plaats kunnen vinden:

1. Na stuiven van onbesmet zand of na harde regen is herstel mogelijk.
2. Opspattende besmette waterdruppels of besmette grond hebben weinig invloed op onbeschadigde planten.
3. Planten geïmpregneerd met water al of niet na beschadiging door zand hebben verhoogde gevoeligheid voor zwakke parasieten.
4. Ook stuiven van droog besmet zand kan infectie veroorzaken.

SUMMARY

Footrot of peas caused by weak parasites may occur after damage by drifting sand or sand storms in early spring. The aim of the experiments was to imitate the field conditions under which young pea plants may become diseased. Sand, water or a mixture of both were blown with force on to the lower parts of the stems of 10 day-old plants of the variety Unica, thus imitating sandstorms, heavy rain and the blowing of water mixed with soil particles. An air current from a compressor was fed partly through tube *a* (Fig. 1), and partly through *c* and the cylinder *d* filled with dry sand. In this way the sand could be directed through the tap *e* into the air stream coming from *a*. If water mixed with sand was required, it was atomized from the cylinder *b*. Airspeed was measured at several distances from the opening and at different air pressures (Fig. 2). The speed used in the experiments was about 30 km per hour, measured at a distance of 10 cm from the opening. Each plant was exposed to the air stream for $\frac{3}{4}$ minute. After treatment the plants were inoculated with *Fusarium avenaceum* FR. (SACC.) or *F. solani* (MART.) App. & Wr. and kept in an incubator for 24 hours.

The results of the experiments are given in Table 1. The slightly water-congested condition of the plants following atomization with water only, disappeared quickly. After sand or a mixture of water and sand had been blown with force on to the plants, however, a more serious water congestion occurred, the stems becoming translucent and the lower leaves dark green. After a few days the plants recovered, though the wounded cortex was replaced by a grey layer of wound-cork. The watercongested condition directly after treatment, and the thin corky epicotyl and partly necrotic leaves observed after a couple of weeks, gave a picture very similar to that occurring in the field after a thunder-storm.

Inoculation with mycelium of the two *Fusaria* mentioned killed a high percentage of the plants wounded by sand, but inoculation with a spore suspension was less effective. Plants treated with water only behaved as did the untreated ones.

By blowing water on to the stems without wounding, the predisposition of the tissues to infection was not increased. This may have been due to one of the following reasons: 1. The epicotyls not having reached the water-congested condition, owing to failure of the atomized water to enter the tissues during the rather short treatment; 2. The condition having been reached, but the plants

quickly recovering from it; 3. Fungal penetration not being possible in the water-congested condition without wounding. In order to decide whether water-soaking without wounding would be sufficient to permit infection, young plants were immersed in water in a closed vessel and the air was evacuated for 15, 30 or 45 seconds. The injected plants were then inoculated with mycelium of *F. avenaceum* or *F. solani*. It was found that a relationship exists between the amount of loss of air and the predisposition of the plants to infection (Table 2). The conclusion was drawn, that wounding is not necessary for infection. Heavy water-soaking for a longer period may render plants as susceptible as a short exposure to rain after wounding. Wounds facilitate the entrance of water into the intercellular spaces. On the other hand, the water-congested condition can be reached in the absence of outside water, as a result of the cell sap from wounded cells filling the intercellular spaces. Infections occurring after blowing a dry mixture of sand and viable spores of *F. avenaceum* on to the stems could be explained in this way.

From the experiments the conclusion was drawn that young plants in the field may recover from sandstorms and from damage by sand not contaminated with spores followed by heavy rain. However, plants wounded by sand may easily be infected by spores splashed up with soil particles by heavy rain.

7. LITERATUUR

- FERNANDO, M. & G. STEVENSON – 1952. Studies in the physiology of parasitism IV. Effect of the condition of potato tissue, as modified by temperature and watercontent, upon attack by certain organisms and their pectinase enzymes. *Ann. Bot. N.S.* 16: 103–114.
- JOHNSON, J. – 1945. Infection experiments with detached water congested leaves. *Phytopathology* 35: 1017–1028.
- JOHNSON, J. – 1947a. Water-congestion and fungus parasitism. *Phytopathology* 37: 403–417.
- JOHNSON, J. – 1947b. Water-congestion in plants in relation to disease. *Wiscon. Agr. Exp. St. Bull.* 160: 1–35.
- KERLING, L. C. P. – 1952. Beschadiging en schimmelaantasting bij erwten als gevolg van nachtvorst. *T. Pl.ziekten* 58: 29–54.
- LAMMERS, R. P. – 1949. Verslag omtrent de technische werkzaamheden. *Peulvruchten Studie Combinatie* 1949: 5–45.