

NEDERLANDSCHE PLANTENZIEKTENKUNDIGE (PHYTOPATHO-
LOGISCHE) VEREENIGING

TIJDSCHRIFT OVER PLANTENZIEKTEN

ONDER REDACTIE VAN

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

46e Jaargang

1e aflevering

Jan./Febr. 1940

DE VERSPREIDING VAN DE SPOREN VAN TARWESTUIFBRAND (*USTILAGO TRITICI*) DOOR DE LUCHT

(*The dissemination of the spores of loose smut of wheat*
(*Ustilago tritici*) through the air)

DOOR

A. J. P. OORT

1. INLEIDING

Het komt herhaaldelijk voor, dat in de nateelt van te velde voor stuifbrand goedgekeurde gewassen (d.z. gewassen, waarin hoogstens zes stuifbrandplanten per are worden gevonden) meer stuifbrand voorkomt dan men redelijkerwijze zou verwachten. Naar aanleiding daarvan doet de vraag zich voor, of deze hoge stuifbrandpercentages in de nateelt veroorzaakt worden door een abnormaal sterke vermeerdering van de stuifbrand in het betreffende veld of ten gevolge van het aanwaaien van stuifbrandsporen uit naburige velden. Hoewel met de mogelijkheid van een sterke vermeerdering van stuifbrand in bepaalde jaren onder bepaalde omstandigheden zeker rekening moet worden gehouden, ligt het toch meer voor de hand om in vele gevallen aan een besmetting van naburige velden te denken.

Ook voor het nemen van vatbaarheidsproeven, vooral wanneer men met verschillende stuifbrandrassen werkt, is het van belang om te weten, hoe ver de besmetting kan gaan.

In de literatuur zijn over de verspreiding van de stuifbrand geen gegevens te vinden, zoodat het experiment hier opheldering moet geven.

De eenvoudigste methode, om iets hierover te weten te komen is deze, dat op verschillende afstanden van een infectiebron, dus b.v. van een sterk besmet veld, de sporen opgevangen en geteld worden. Men krijgt op die wijze een indruk van de verspreiding,

maar men weet niet in hoeverre ook besmetting zou kunnen plaats hebben. En dit laatste is toch voor de praktijk van het grootste belang.

Om de mate van infectie op verschillende afstanden vast te stellen, moet een andere methode worden gekozen. Deze bestaat hierin, dat men een proefveld aanlegt, dat ingezaaid wordt met tegen stuifbrand ontsmette tarwe, op een klein vak midden in het veld na, waarin sterk besmette tarwe wordt gezaaid. Tijdens de bloei kunnen de dan juist vrij komende stuifbrandsporen door de wind van het besmette vak uit verspreid worden en de omringende planten infecteeren. Wanneer men nu op verschillende afstanden van dit vak en in verschillende richtingen monsters neemt van de oogst en wanneer men deze monsters het volgend jaar uitzaait, dan kan men in deze nateelt het aantal stuifbrandplanten of -aren vaststellen, om zodoende een indruk te krijgen over de mate van verspreiding.

In samenwerking met de N.A.K. werd in het najaar van 1936 een dergelijk proefveld met wintertarwe bij Jac. Vos te Sprundel aangelegd. De besmetting had plaats tijdens den bloei in 1937. Van de in najaar 1937 uitgezaaide nateelt werd in den zomer van 1938 het stuifbrandpercentage bepaald.

Een tweede proefveld, dat niet als zoodanig was opgezet, bevond zich op het terrein van het Laboratorium voor Mycologie en Aardappelonderzoek te Wageningen. Hier waren een aantal veldjes met stuifbrand omgeven door een breede strook tarwe zonder of vrijwel zonder stuifbrand. Uit deze randstrook werden op verschillende plaatsen monsters geoogst. De nateelt werd dan wederom op stuifbrand onderzocht. De besmetting had plaats in 1937 en de vaststelling van het stuifbrandpercentage in de nateelt in den zomer van 1938.

2. HET PROEFVELD TE SPRUNDEL

a. *De aanleg van het proefveld.*

Het proefveld werd in samenwerking met de N.A.K. aangelegd op een perceel pas ontgonnen zandgrond bij Jac. Vos te Sprundel (N.B.). In de omgeving was op een afstand van minstens 2 km geen ander tarweperceel te vinden, zoodat voor een besmetting van naburige velden niet gevreesd behoefde te worden. Het perceel was $\pm 90 \times 95$ m groot, aan de Zuidzijde werd het voor een deel begrensd door dennenbosch, terwijl in het Westen en Noorden zich op een afstand van ruim 100 m ook dennenbosch bevond. Op de aangrenzende perceelen werd rogge en zomergerst verbouwd.

Op 5 November 1936 werd het proefveld ingezaaid met Juliana wintertarwe, die met bijzondere zorg volgens de warmwater-behandeling ontsmet was. Rijafstand 20 cm. Bij het zaaien werd eenigszins uit het midden (zie plaat 1) een vak van ongeveer 10×10 m opengelaten. Hierin werd op dezelfde datum Juliana gezaaid, die afkomstig was van een zeer sterk met stuifbrand besmette partij, die voor besmettingsdoeleinden bij het Laboratorium voor Mycologie en Aardappelonderzoek te Wageningen verbouwd was. Het vak met de besmetter was omgeven door 5 rijen ontsmette tarwe, die evenwijdig aan de zijden van het vierkant waren gezaaid; overigens verliepen de rijen in één richting. Een paadje van 40 cm vormde de scheiding tusschen besmetter en het omgevende veld.

Gedurende den winter bleef op een iets lager gelegen baan water staan, zoodat de stand daar zeer hol werd. Ook overigens was de stand tamelijk ongelijk, zoodat de windhalm hier en daar sterk de overhand kreeg. Er kon in verband met de gekozen ligging van het proefveld ook geen betere stand verwacht worden.

Tijdens den bloei werd het proefveld zoo min mogelijk betreden, om geen ongewenschte infectie tot stand te brengen.

Op 19 Juni werd het proefveld door Ir SIEBENGA en den schrijver bezocht. De bovengenoemde verschillen in stand werden toen waargenomen. De bloei was juist afgelopen. In het besmette vak werden vele, meestal geheel verstoven stuifbrandaren aangetroffen, in het omringende veld, dat geheel omgewandeld werd, daarentegen geen enkele.

b. *De monstername.*

Begin Augustus 1937 werden op verschillende afstanden van het besmette vak en in acht verschillende richtingen monsters geoogst. Bovendien werden uit het besmette vak zelf vier monsters genomen. Deze waren $5 \times 0,4$ m groot en werden 1 m van den rand af genomen; ze werden gemerkt o Z, o W, o N en o O. Vóór het dorschen van deze monsters werd in elk het aantal stuifbrandaren vastgesteld.

De monsters van het omringende veld werden als volgt genomen: Evenwijdig aan de zijanten werd in ieder van de vier windrichtingen de eerste tot en met de vijfde rij over een lengte van 10 m weggesneden. Elke rij werd afzonderlijk gehouden, zoodat 5×4 monsters verkregen werden. De eerste rij, die afgezien van het paadje onmiddellijk aan het besmette vak grensde, werd aangeduid met 0,2 de tweede met 0,4, de derde met 0,6 enz., resp. Z, W, N en O, al naar gelang de ligging van het monster ten Z., ten W., enz. van het besmette vak.

Vervolgens werden op 2, 4 en 8 m van den rand af monsters genomen van $5 \times 0,4$ m en op grootere afstanden monsters van 10×1 m, eveneens in de vier windrichtingen. Bovendien werden in de richtingen Z.W., N.W., N.O. en Z.O. monsters genomen, gemeten van uit de hoeken van het besmette vak. Op de afstanden 1, 3 resp. 7 m werden monsters van $5 \times 0,4$ m genomen, op grootere afstanden monsters van 10×1 m. Alle monsters werden aangeduid door de afstand tot de rand (of de hoek) van het besmette veld met achtervoeging van de richting, waarin het monster genomen werd. In totaal werden genomen 66 monsters, verdeeld als volgt:

- 4 monsters $5 \times 0,4$ binnen het besmette vak.
- 20 monsters $10 \times 0,2$ op afstanden van 0,2 t/m 1,0 m in vier richtingen.
- 24 monsters $5 \times 0,4$ op afstanden van 2 t/m 8 m, resp. 1 t/m 7 m, in acht richtingen.
- 18 monsters 10×1 op afstanden grooter dan 8 m.

TABEL 1.

Het aantal halmen en stuifbrandaren in 3 monsters uit het besmette vak van het proefveld te Sprundel

(The number of haulms and loose smut heads found in 3 samples out of the infested plot of the first experiment (at Sprundel).)

Monster (sample)	Opp. in m ² (area in m ²)	Totaal aantal halmen (total number of haulms)	Aantal stuifbrandaren (number of smutted heads)		
			geheel ver- stoven (spores totally blown away)	gedeelt. verstoven (spores partly blown away)	niet verstoven (spores not blown away)
o W	2	671	16	18	13
o Z	2	528	21	9	12
o O	2	655	24	11	14

Van drie van de vier o-monsters werd het aantal stuifbrandaren en het totaal aantal aren geteld (tabel 1). Het bleek, dat een deel van de stuifbrandaren geheel of gedeeltelijk in de bladscheede was blijven steken, zoodat deze slechts voor een deel of in het geheel niet aan de verspreiding hadden bijgedragen. Laat men de niet verstoven aren buiten beschouwing en rekent men de gedeeltelijk verstoven aren voor $\frac{1}{2}$, dan is het aantal stuifbrandaren, dat effectief heeft medegewerkt aan de besmetting van de omgeving voor de drie o-monsters resp. 25, 26 en 30 per 2 m². Dit komt neer op resp. 1250, 1300 en 1500 stuifbrandaren per 100 m². Uitgedrukt in procenten van het aantal aanwezige halmen wordt dit gemiddeld ongeveer 4,5%.

c. *De nateelt.*

De monsters werden afzonderlijk gedorscht en geschoond, waarna de opbrengst werd bepaald. Door de groote verschillen in stand liepen de opbrengsten van de monsters sterk uiteen. Al naar gelang er meer of minder zaad aanwezig was, werd een grooter of een kleiner aantal rijen ingezaaid, zoodanig berekend, dat de zaaidichtheid van alle nateelt-veldjes gelijk werd. Van de monsters genomen op afstanden tot en met 8 m werd echter hoogstens 500 g, voor die op afstanden boven de 8 m hoogstens 1500 g afgewogen. De hoeveelheid zaaizaad bedroeg 110 kg/ha.

De 66 nateelt-veldjes werden gezaaid op het terrein van het Laboratorium voor Mycologie en Aardappelonderzoek te Wageningen op 19–21 October 1937. De opkomst was goed en het volgend jaar bleek de stand regelmatig te zijn. Tijdens en na den bloei (1938) werden de stuifbrandaren geteld, waartoe elk veldje tweemaal werd nagegaan. In verschillende veldjes kwam zeer veel stuifbrand voor, zoodat het onmogelijk was in verband met den beschikbaren tijd de stuifbrandplanten te tellen, hoewel dit oorspronkelijk de bedoeling was geweest en een zuiverder beeld zou hebben gegeven. Gezien echter de gelijkmatige stand van de veldjes geeft ook het aantal stuifbrandaren een goede indruk van de mate van besmetting. De gevonden aantallen stuifbrandaren werden, om een onderlinge vergelijking mogelijk te maken, op een eenheid van oppervlakte (100 m²) omgerekend.

De verschillende gegevens betreffende de genomen monsters, de grootte van de nateelt-veldjes en de aantallen stuifbrandaren zijn samengevat in tabel 2.

3. DE PROEF TE WAGENINGEN

a. *De opzet van de proef.*

In het najaar van 1936 werden op een gedeelte van het proefterrein bij het Laboratorium voor Mycologie en Aardappelonderzoek te Wageningen een aantal veldjes aangelegd, die betrekking hadden op verschillende stuifbrandproeven. Zoo waren er veldjes, die ingezaaid werden met zaad, dat op verschillende wijzen tegen stuifbrand behandeld was, veldjes voor de nateelt van een vatbaarheidsproef en enkele stuifbrandvermeerderingsveldjes. Aan twee kanten bleef een strook land over, waarin eveneens tarwe werd gezaaid, waarvoor gebruikt werd het overblijvende gedeelte van het zaad, dat op vier verschillende manieren tegen stuifbrand behandeld was. Hiervan kon verwacht worden, dat er weinig of geen stuifbrand in voor zou komen.

Het vak met de stuifbrandproeven had een afmeting van 44 × 125 m. Ten deele was het bezaaid met Juliana en Vilmorin 27

TABEL 2.

Gegevens betreffende de proef te Sprundel

(Data concerning the experiment at Sprundel. Z = South; O = East)

Aanduiding van monster en nateelt- veldje (indication of sample)	Werkelijke afstand (real distance)		Grootte v/h monster in m ² (area of the sample in m ²)	Grootte v/h nateeltveldje in m ² (area of plot of subseq. culture in m ²)	Aantal stuifbrandaren (number of smutted heads)	
	in m	gemeten van de zijde of van de hoek (measured from the side (= zijde) or corner (= hoek))			geteld (counted)	per 100 m ²
0 N . . .	1 ¹⁾	zijde	0,4 × 5	45	265	588
0,2 N . . .	0,4	„	0,2 × 10	45	38	84
0,4 N . . .	0,6	„	0,2 × 10	45	31	69
0,6 N . . .	0,8	„	0,2 × 10	40,5	18	44
0,8 N . . .	1,0	„	0,2 × 10	45	17	38
1 N . . .	1,2	„	0,2 × 10	36	14	39
2 N . . .	2,2	„	0,4 × 5	45	7	16
4 N . . .	4,2	„	0,4 × 5	45	2	4,4
8 N . . .	8,2	„	0,4 × 5	36	0	0
15 N . . .	14,7	„	1 × 10	94,5	7	7,4
1 N.W. .	1	hoek	0,4 × 5	45	6	13
3 N.W. .	3	„	0,4 × 5	40,5	1	2,5
7 N.W. .	7	„	0,4 × 5	45	1	2,2
14 N.W. .	14	„	1 × 10	124	6	4,9
27 N.W. .	27	„	1 × 10	54	0	0
0 W . . .	1 ¹⁾	zijde	0,4 × 5	45	368	817
0,2 W . . .	0,4	„	0,2 × 10	13,5	33	92
0,4 W . . .	0,6	„	0,2 × 10	29	14	48
0,6 W . . .	0,8	„	0,2 × 10	36	0	0
0,8 W . . .	1,0	„	0,2 × 10	22,5	2	8,9
1 W . . .	1,2	„	0,2 × 10	22,5	2	8,9
2 W . . .	2,2	„	0,4 × 5	40,5	1	2,5
4 W . . .	4,2	„	0,4 × 5	45	2	4,4
8 W . . .	7,2	„	0,4 × 5	45	14	31
15 W . . .	15,2	„	1 × 10	119	5	4,2
29 W . . .	29	„	1 × 10	135	5	3,7
1 Z.W. .	1	hoek	0,4 × 5	34	17	50
3 Z.W. .	3	„	0,4 × 5	29	0	0
7 Z.W. .	7	„	0,4 × 5	45	6	13
14 Z.W. .	14	„	1 × 10	135	5	3,7
28 Z.W. .	28	„	1 × 10	135	8	5,9
51 Z.W. .	51	„	1 × 10	133	2	1,5

1) binnenwaarts gemeten.

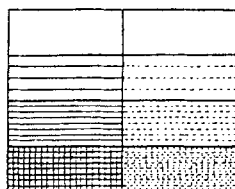
Aanduiding van monster en nateelt- veldje (<i>indication of sample</i>)	Werkelijke afstand (<i>real distance</i>)		Grootte v/h monster in m ² (<i>area of the sample in m²</i>)	Grootte v h nateeltveldje in m ² (<i>area of plot of subseq. culture in m²</i>)	Aantal stuifbrandaren (<i>number of smuffed heads</i>)	
	in m	gemeten van de zijde of van de hoek (<i>measured from the side (= zijde) or corner (= hoek)</i>)			geteld (<i>counted</i>)	per 100 m ²
0 Z . . .	1 ¹⁾	zijde	0,4 × 5	40,5	269	664
0,2 Z . . .	0,4	„	0,2 × 10	45	308	683
0,4 Z . . .	0,6	„	0,2 × 10	40,5	168	415
0,6 Z . . .	0,8	„	0,2 × 10	29	111	380
0,8 Z . . .	1	„	0,2 × 10	36	106	295
1 Z . . .	1,2	„	0,2 × 10	40,5	78	193
2 Z . . .	2,2	„	0,4 × 5	20	19	94
4 Z . . .	4,2	„	0,4 × 5	29	17	58
8 Z . . .	8,2	„	0,4 × 5	40,5	13	32
15 Z . . .	15,2	„	1 × 10	135	5	3,7
30 Z . . .	30	„	1 × 10	135	2	1,5
45 Z . . .	45	„	1 × 10	123	15	12
1 Z.O . .	1	hoek	0,4 × 5	45	139	309
3 Z.O . .	3	„	0,4 × 5	45	144	320
7 Z.O . .	7	„	0,4 × 5	45	51	113
14 Z.O . .	14	„	1 × 10	135	127	94
39 Z.O . .	39	„	1 × 10	124	34	28
70 Z.O . .	70	„	1 × 10	135	15	11
58 O.Z.O .	58	zijde	1 × 10	209	13	6,2
0 O . . .	1 ¹⁾	„	0,4 × 5	45	469	1041
0,2 O . . .	0,4	„	0,2 × 10	36	181	503
0,4 O . . .	0,6	„	0,2 × 10	47	260	551
0,6 O . . .	0,8	„	0,2 × 10	27	117	433
0,8 O . . .	1,0	„	0,2 × 10	36	154	428
1 O . . .	1,2	„	0,2 × 10	40,5	108	267
2 O . . .	2,2	„	0,4 × 5	45	131	291
4 O . . .	4,2	„	0,4 × 5	45	96	213
8 O . . .	8,2	„	0,4 × 5	36	21	58
30 O . . .	30	„	1 × 10	135	15	11
53 O . . .	53	„	1 × 10	135	11	8,1
54 O.N.O.	54	„	1 × 10	135	2	1,5
1 N.O. . .	1	hoek	0,4 × 5	45	28	62
3 N.O. . .	3	„	0,4 × 5	45	6	13
7 N.O. . .	7	„	0,4 × 5	45	1	2,2

¹⁾ binnenwaarts gemeten.

WAGENINGEN

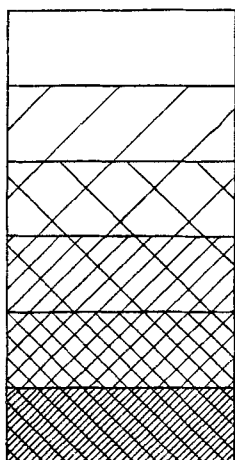
STUIFBRAND IN BESMETTER

A B AREN/100 m²

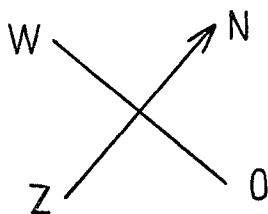


0
1 - 11
11 - 100
100 - 1400

INFECTIE VEROORZAAKT DOOR BESMETTER



<0,6
0,6-2
2 - 6
6 - 20
20 - 60
60 - 200

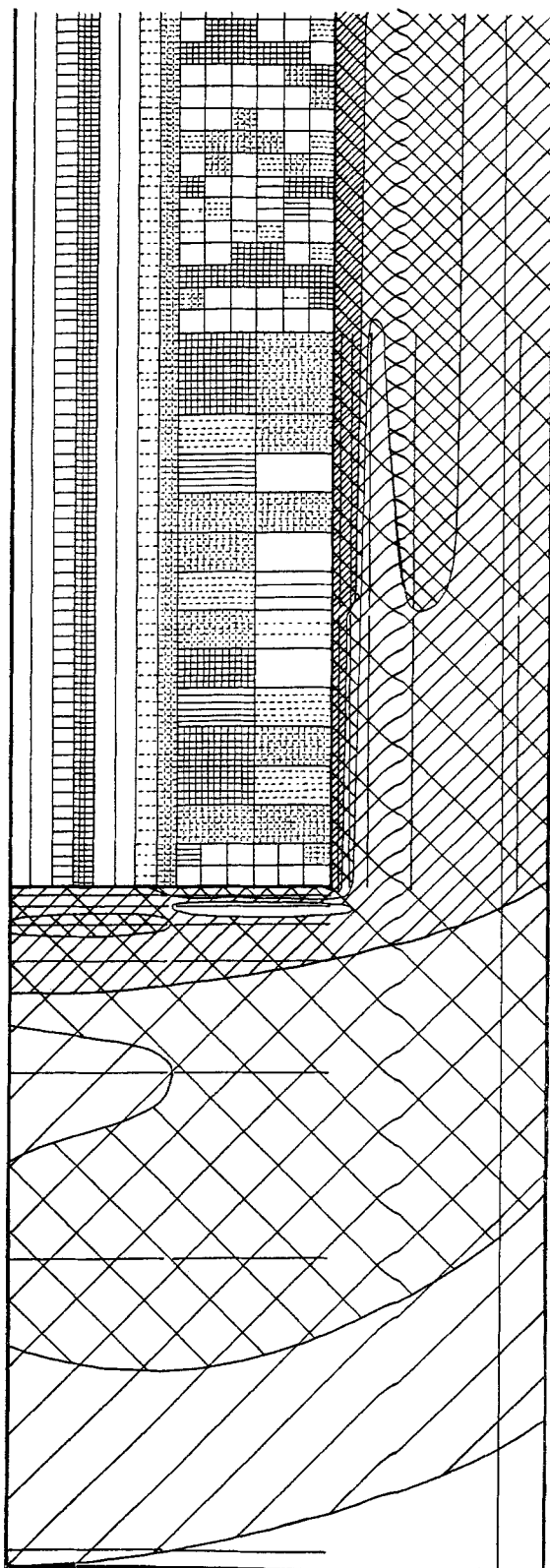


0 10 20 30 40 50m

Fig. 1.

Proefveld te Wageningen. De groote rechthoek links boven stelt de bron van infectie voor. De mate van infectie van de vakken met de besmetter is afzonderlijk aangegeven voor de vroeg- (A) en laat-bloeiende rassen (B).

Plaats waar de monsters genomen zijn. (Map of the experiment at Wageningen. The big right angle above the left represents the source of infection. The number of smutted heads occurring in the various plots serving as a source of infection is indicated separately for the early (A) and late flowering varieties (B). — Place where the samples were taken



(tegen stuifbrand behandelde partijen en stuifbrandvermeerdering) en ten deele met 22 verschillende rassen (stuifbrand vatbaarheidsproef). Aan den Z.O. kant bleef een strook van 91 m over, aan den N.O. kant een van 28 m. Hierin werd Vilmorin 27 (ontsmet) gezaaid.

In den zomer van 1937 werden van alle veldjes van de stuifbrandproeven de stuifbrandaren geteld, zoodat men zich een oordeel kan vellen over de besmettingskansen. De stuifbrand werd omgerekend op het aantal stuifbrandaren per 100 m². Het zou te veel plaatsruimte vergen van ieder veldje de cijfers afzonderlijk te geven. In Fig. 1 zijn deze cijfers weergegeven, ingedeeld in 4 klassen, waarbij iedere klasse afzonderlijk is aangeduid. Een onderscheid werd daarbij gemaakt tusschen de vroeg bloeiende rassen (zooals Vilmorin 27, Hâtif de Wattines, Schribeaux enz.), die een groote rol bij de besmetting hebben gespeeld, en de laat bloeiende rassen (zooals Juliana, Wilhelmina, Imperiaal IIa, enz.), die vermoedelijk van weinig belang zijn geweest voor de besmetting. Van het omringende veld Vilmorin 27 werd van ieder van de vier behandelingen een strook ter grootte van 275 m² op stuifbrand onderzocht. Slechts in één behandeling werd sporadisch stuifbrand gevonden, n.l. 4 aren op de onderzochte strook, d.i. 1,5 stuifbrandaar per 100 m². Deze strook lag ter breedte van 6 m. in het N.O. aan den rand van het veld en strekte zich over de geheele lengte uit (zie fig. 1).

b. *Monstername.*

Ondanks de aanwezigheid van een weinig stuifbrand in deze laatst genoemde strook werd het omringende veld toch gebruikt voor het nemen van monsters in twee richtingen en op verschillende afstanden van het blok met de stuifbrandproeven. Naar het Z.O. werden de monsters genomen op afstanden van 1, 2½, 5, 5, 10, 25, 50 en 90 m van de rand van de stuifbrandproeven, in twee strooken, ieder met een lengte van 22 m. Naar het N.O. werden de monsters genomen op afstanden van 1, 2½, 5, 5, 10 en 24 m van den rand, eveneens in twee strooken, ieder met een lengte van 37 m. In totaal werden 24 monsters genomen. De monsters werden aangeduid door hun afstand en de richting, waarin zij genomen werden. Beschouwd van den rand van de stuifbrandproeven werd de linker strook met *a*, de rechter met *b* aangeduid. (Zie fig. 1). Ook van deze monsters werd na afzonderlijk dorschen en schoonen de opbrengst bepaald.

c. *De nateelt.*

Van de monsters tot een afstand van 10 m werd 600 g uitge-

zaaid, van de monsters op groteren afstand 2400 g of minder, indien niet voldoende zaad geoogst was. De zaai van de nateeltveldjes had op dezelfde data en op hetzelfde perceel plaats als die van het proefveld te Sprundel. Hoeveelheid zaaizaad 110 kg/ha. De stand was regelmatig. Telling van de stuifbrandaren als bij het proefveld te Sprundel. De verschillende gegevens betreffende deze proef zijn in tabel 3 samengevat.

TABEL 3.

Gegevens betreffende de proef te Wageningen
(Data concerning the experiment at Wageningen; Z = South; O = East)

Afstand en richting v/d monstername (Distance and direction of the sample)	Grootte van het monster in m ² (Area of sample in m ²)	a ¹⁾			b ¹⁾		
		Grootte v/h nateeltveldje in m ² (Area of plot of subseq. culture in m ²)	Aantal stuifbrandaren (Number of smutted heads)		Grootte v/h nateeltveldje in m ² (Area of plot of subseq. culture in m ²)	Aantal stuifbrandaren (Number of smutted heads)	
			Geteld (counted)	per 100 m ²		Geteld (counted)	per 100 m ²
1 N.O	0,25 × 37	54	42	78	54	36	67
2,5 N.O	0,25 × 37	54	46	85	54	15	28
5 N.O.	0,25 × 37	49,5	8	16	54	9	17
10 N.O	0,25 × 37	54	18	33	54	4	7,4
24 N.O ²⁾	0,25 × 37	160	11	6,9	216	21	9,7
1 Z.O	0,25 × 22	54	15	28	54	9	17
2,5 Z.O	0,25 × 22	54	0	0	54	3	5,6
5 Z.O	0,25 × 22	54	4	7,4	54	13	24
10 Z.O	0,25 × 22	54	3	5,6	54	5	9,2
25 Z.O	0,25 × 22	216	7	3,2	216	3	1,4
50 Z.O	0,25 × 22	216	5	2,3	216	7	3,2
90 Z.O	0,25 × 22	194	0	0	216	2	0,9

a. Links, gezien van het besmette vak. (Sample taken at the left, as seen from the source of infection).

b. Rechts, gezien van het besmette vak. (Sample taken at the right, as seen from the source of infection.)

²⁾ Deze monsters waren gelegen in de strook, waarin 1,5 stuifbrandaar per 100 m² werden waargenomen.

(These samples have been taken from a strip of land, in which 1,5 smutted head to the 100 m² were found.)

4. RESULTATEN

De resultaten van het proefveld te Sprundel zijn reeds medegedeeld in tabel 2. Terwille van de overzichtelijkheid zijn zij nog eens samengevat in tabel 4. In Plaat 1 zijn lijnen getrokken, die de plaatsen verbinden, waar een gelijke infectie is opgetreden. Aangezien de infectie in nauw verband staat met de hoeveelheid neergekomen stuifbrandsporen gedurende den bloei, kan men

TABEL 4.

Proef te Sprundel. Overzicht van de in de nateelt gevonden stuifbrandaren, omgerekend per 100 m²

(Experiment at Sprundel. Survey of the number of smutted heads to the 100 m², found in the subsequent culture)

Afstand in m (Distance in m)		Richting (Direction)							
van de zijde (from the side)	van de hoek (from the corner)	N. (N.)	N.W. (N.W.)	W. (W.)	Z.W. (S.W.)	Z. (S.)	Z.O. (S.E.)	O. (E.)	N.O. (N.E.)
0	—	588	—	817	—	664	—	1041	—
0,4	—	84	—	92	—	683	—	503	—
0,6	—	69	—	48	—	415	—	551	—
0,8	—	44	—	0	—	380	—	433	—
1,0	—	38	—	8,9	—	295	—	428	—
1,2	—	39	—	8,9	—	193	—	267	—
2	1	16	13	2,5	50	94	309	291	62
4	3	44	2,5	4,4	0	58	320	213	13
8	7	0	2,2	31	13	32	113	58	2,2
15	14	7,4	4,9	4,2	3,7	3,7	94	—	—
27-30	—	—	0	3,7	5,9	1,5	—	11	—
39-45	—	—	—	—	—	12	28	—	—
51-58	—	—	—	—	1,5	—	(6,2) ¹⁾	8,1	(1,5) ²⁾
70	—	—	—	—	—	—	11	—	—

¹⁾ Richting O.Z.O.

²⁾ Richting O.N.O.

deze lijnen van gelijke infectie ook wel lijnen van gelijke hoeveelheden sporen of isosporen noemen, op dezelfde wijze als waarop men lijnen van gelijke temperatuur in de meteorologie isothermen noemt.

Beschouwt men deze isosporen nader, dan vallen drie punten onmiddellijk in het oog, namelijk:

1e de verspreiding van den stuifbrand in alle richtingen tot aan den rand van het proefveld (behalve in N.W.-richting); in het Z.O. op 70 m nog 11 stuifbrandaren per 100 m².

2e de sterke, regelmatig met den afstand afnemende verspreiding van de sporen in één bepaalde richting, te weten naar het Zuid-Oosten en Oosten.

3e de veel zwakkere en onregelmatige verspreiding van de sporen in de andere richtingen.

Betreffende punt 1 moet het volgende opgemerkt worden. Men hoort in de praktijk wel eens de veronderstelling uitspreken, dat de verspreiding van den stuifbrand alleen zou plaats hebben door het tegen elkaar slaan van stuifbrandaren en gezonde aren, dus

niet over grootere afstanden. Het is zeer duidelijk gebleken, dat deze veronderstelling niet juist is en dat de stuifbrandsporen op grooten afstand infectie teweeg kunnen brengen. Het proefveld was niet groot genoeg om de uiterste grens vast te stellen, in ieder geval ligt deze grens tot ver buiten het proefveld. Ook uit de proef te Wageningen blijkt hetzelfde. Op 50 en 90 m afstand van den rand van het besmette vak wordt nog stuifbrand aangetroffen, zij het ook in geringere mate dan bij het proefveld te Sprundel. De in de inleiding uitgesproken meening, dat perceelen ook besmet kunnen worden door aanwaaien van sporen van naburige velden, is dus juist. Daarbij moet dan nog aan een aantal voorwaarden voldaan worden, in de eerste plaats moeten de beide velden ongeveer gelijktijdig in bloei komen, terwijl ook de windrichting en de tusschenliggende gewassen van belang geacht moeten worden. Hierop zal bij de bespreking van de andere punten teruggekomen worden.

2e De sterke en regelmatig met den afstand afnemende verspreiding van de sporen in Zuid-Oostelijke en Oostelijke richting moet zonder twijfel aan de heerschende windrichting tijdens den bloei worden toegeschreven. Het tijdstip van in aar komen en van den bloei werd niet waargenomen, maar wij kunnen hieromtrent

TABEL 5.

Overzicht van de windrichting en windkracht van 10-19 Juni 1938 te De Bilt, ontleend aan de weerberichten van het Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut)

(Survey of the direction and the force of the wind from 10-19 June 1938, observed at De Bilt and taken from the weather-reports of the Royal Dutch Meteorological Institute at De Bilt.)

Datum (Date)	Windrichting gedurende het etmaal van 8 vm.-8 vm. van den volgenden dag (Direction of the wind from 8 a.m. to 8 a.m. of the following day. Z = South; O = East)	Windkracht (Force of the wind)		Opmerkingen (Remarks) (Overheerschend = predominating)
		Gemiddeld (Average)	Maximum (Maximum)	
10 Juni	Z.O; O; N.O; N; N.W	2-3	3-7	Overheerschend N. en N.O
11 Juni	Z; Z.W; W; N.W; N	1-3	2-4	Overheerschend N.W
12 Juni	Z.W; W; N.W	1-3	2-4	Overheerschend W.
13 Juni	W; Z.W; Z; N.O	1-2	2-5	
14 Juni	Z.W; W	1-3	2-6	Overheerschend W
15 Juni	W; N.W; N	3-4	5-7	Overheerschend N.W
16 Juni	N.W; N	2-3	3-5	Overheerschend N.W
17 Juni	Z.W; W; N.W	2-4	3-6	Overheerschend N.W
18 Juni	Z; Z.W; W	2-3	3-6	Overheerschend Z.W en W
19 Juni	veranderlijk	1-2	2-6	

wel een gissing maken. Te Wageningen kwam Juliana op 14 Juni in aar en begon eenige dagen later te bloeien. Gezien de min of meer schrale ontwikkeling en de meer Zuidelijke ligging van het proefveld te Sprundel kan men veilig aannemen, dat de bloei te Sprundel tusschen 10 en 14 Juni is begonnen. Op 19 Juni werd het proefveld bezocht en was de bloei vrijwel afgelopen. De gegevens omtrent windkracht en windrichting, gedurende die dagen te De Bilt waargenomen en ontleend aan de weerberichten van het Meteorologisch Instituut, zijn in tabel 5 samengevat. Het blijkt, dat gedurende de eerste dagen (van 10 tot en met 14 Juni) de wind meest zwak tot matig was en uit alle richtingen kwam. Alleen de eerste dag was vooral de maximum windkracht wat sterker met overheerschend N.O. richting. 15 Juni is de wind krachtig uit N.W., daarna blijft de wind matig tot krachtig uit het W.-N.W. waaien. Eerst op 18 Juni draait de wind meer naar Z.W., flauwt af om op den 19den zwak uit verschillende richtingen te waaien.

Het is waarschijnlijk, dat de sterke verspreiding van den stuifbrand naar het Z.O. en O. door de krachtigen N.W.-wind op 14 Juni en volgende dagen veroorzaakt is. Vermoedelijk is door deze krachtige wind de stuifbrand grootendeels verstoven. De verspreiding in de andere richtingen zou dan op de voorafgaande dagen hebben plaats gevonden. De duidelijke verspreiding naar het Z.W., b.v. door den N.O.-wind op 10 of 13 Juni. Wij zijn hiermede tevens bij het volgende punt aangeland.

3e De veel zwakkere en onregelmatige verspreiding in de andere richtingen. Terwijl krachtige wind hoofdzakelijk een verspreiding in een horizontaal vlak teweeg brengt, waarbij de stuifbrand snel verstuift, moet bij zwakkeren wind rekening gehouden worden met opstijgende luchtstroomingen en een langzame verstuiving van den stuifbrand. Door beide oorzaken heeft een geringere verspreiding in deze richtingen plaats. (Fig. 2). Wanneer men wel eens het stuiven van de rogge heeft waargenomen, dan weet men, dat zoo'n stuifmeelwolk zich in golven over het land beweegt, nu eens ziet men de wolk opstijgen, dan weer dalen ¹⁾). Hetzelfde kan men waarnemen bij het optrekken van nevelsluiers boven het land; deze zijn in voortdurende, zoowel horizontale als verticale beweging, blijkbaar tengevolge van plaatselijke verschillen in temperatuur en daardoor veroorzaakte luchtstroomingen. Het is aannemelijk, dat ook de stuifbrandverspreiding op deze wijze plaats vindt, zoodat stuifbrandeiland-

¹⁾ Men zie b.v. TH. ROEMER, Die Reichweite des Pollens beim Roggen. Z. ZÜCHT. A, Pflanzenzücht. 17, 1931, p. 29.

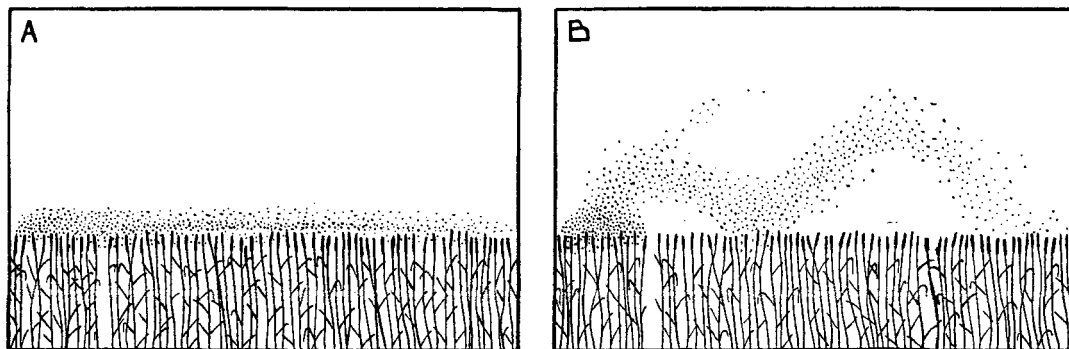


Fig. 2. A. Schematische voorstelling van de verspreiding van de stuifbrandsporen bij krachtige wind (infectiebron links).
 B. Idem bij zwakke wind.
 (A. Diagram showing the dissemination of smut spores with hard wind (source of infection at the left).
 B. The same with weak wind).

jes en stuifbrandvrije plekken met elkaar afwisselen, waarmee dan de onregelmatige verspreiding in alle richtingen behalve naar het Oosten en Zuid-Oosten goed te verklaren is. Het sterke optreden van stuifbrand in het veldje op 45 m in zuidelijke richting moet geweten worden aan het dennenbosch, dat op deze plaats aan het veld grenst. De Noordrand van het veld ligt geheel voor de zon beschut, zoodat hier overdag geen verwarming van den grond plaats vindt en dus geen opstijgende luchtstroom optreedt. Eerder kan men hier neerdalende luchtstromen verwachten ter compensatie van de op het bestraalde veld optredende luchtverdunningen. Een sterkere infectie kan daarvan het gevolg zijn.

Of de bij rustig weer door opstijgende luchtstromen naar boven gevoerde sporen kans hebben op grooten afstand van b.v. eenige kilometers nog infectie teweeg te brengen, is moeilijk te zeggen. Voor vele parasieten is verspreiding op grooteren afstand mogelijk. Zoo kunnen de sporen van roestzwammen zich over afstanden van kilometers, ja wel over afstanden van honderden kilometers verspreiden en nog infectie teweeg brengen. Bij de brandzwammen is de kans op infectie op grooten afstand zeker veel geringer. Heeft de roest de beschikking over alle groene deelen van de plant, dus practisch over het geheele oppervlak van het veld, de stuifbrand moet juist in een geopende bloem terecht komen. Wanneer men dan weet, dat de bloem soms maar enkele uren geopend is, dan begrijpt men, dat de kans op infectie veel geringer is. Bovendien is het niet zeker, of één stuifbrandspore infectie teweeg kan brengen. Toch moet het niet uitgesloten

geacht worden, dat de stuifbrand zich over afstanden van eenige kilometers zou kunnen verspreiden, hoewel in het algemeen blijkens de beide proeven de afstand niet veel meer dan eenige honderden meters zal bedragen.

Er is dus aangetoond, dat de stuifbrand zich tot op minstens 90 m van een infectiebron kan verspreiden. Hieruit volgt, dat bij de keuringen zeer zeker rekening moet worden gehouden met gewassen, die ongeveer in dezelfde periode bloeien, wanneer deze althans op een afstand van een paar honderd meter van elkaar zijn gelegen. Bevinden zich tusschen de velden hagen of boschjes of gewassen die hooger zijn, zooals rogge, dan zal de kans op infectie zeer zeker verminderen, omdat deze hindernissen als een zeef werken en een groot aantal sporen opvangen.

5. AAN WELKE WETMATIGHEDEN IS DE VERSPREIDING GEBONDEN ?

Voor een beantwoording van deze vraag kan alleen gebruik gemaakt worden van de verkregen getallen in Zuid-Oostelijke richting, aangezien de andere te onregelmatig zijn. Wanneer men in aanmerking neemt, dat de afstanden gemeten zijn van den hoek van het veld en dus een kleine correctie behoeven, dan leert een berekening, dat het aantal gevonden stuifbrandaren niet eenvoudigweg omgekeerd evenredig is met den afstand, doch omgekeerd evenredig met een macht van den afstand, die ligt tusschen 1 en 2. Het is niet goed mogelijk, hier theoretische beschouwingen aan vast te knopen, omdat er te veel onbekende factoren in het spel zijn. Enkele hiervan wil ik noemen:

1e De sporen worden opgevangen door planten, die verschillen in stand en bloeitijd.

2e Tusschen het opvangen van de sporen door de plant en het optreden van den stuifbrand in de nateelt ligt een lange tijdsduur, die door allerlei onbekende omstandigheden beïnvloed kan worden.

3e De verspreiding van de sporen heeft niet, althans niet geheel, in de vrije lucht plaats gehad, maar zeker voor een deel dóór het gewas, waarbij het gewas als zeef werkt.

4e Bij verandering van windrichting, b.v. van Noord-Westelijke in Westelijke richtingen, zullen de het dichtst bij gelegen veldjes in Z.O. richting nog sporen opvangen, terwijl de verder af gelegen veldjes in deze zelfde richting niet door de sporenstroom worden geraakt.

Wanneer al deze en wellicht nog andere factoren samenwerken, kan de verspreiding, althans volgens de hier gevolgde methode, onmogelijk volgens een eenvoudige wetmatigheid verlopen.

6. SAMENVATTING

Om de verspreiding van de stuifbrandsporen na te gaan, werd een tweetal proefvelden aangelegd te Sprundel (N.B.) en te Wageningen.

Het blijkt in beide gevallen, dat de besmetting zich tot aan den rand van het proefveld uitbreidt. Te Sprundel werden op 70 m. van de infectiebron nog 11 stuifbrandaren per 100 m², te Wageningen op 50–90 m, nog 1–3 stuifbrandaren gevonden. Bij krachten wind heeft in de richting van den wind een sterke en gelijkmatige verspreiding van de sporen plaats, waarbij aangenomen moet worden, dat de sporen hoofdzakelijk in een horizontaal vlak verstuiven. Bij zwakke en matigen wind heeft een onregelmatige en zwakkere verspreiding plaats; om het optreden van de onregelmatigheden, d.w.z. stuifbrandeilandjes en stuifbrandvrije plekken, te verklaren, moet rekening gehouden worden met opstijgende luchtstroomen, die juist bij zwakke wind een groote rol spelen. Het is niet onmogelijk, dat juist bij zwakke wind groote hoeveelheden sporen de lucht in worden gevoerd om op groteren afstand, b.v. van 1 km weer neer te komen. De proef geeft hierover echter geen uitsluitsel.

Voor de keuring moet zeer zeker rekening worden gehouden met de mogelijkheid van besmetting door naburige perceelen over afstanden van eenige honderden meters. Van belang is daarbij een ongeveer gelijktijdige bloei en het ontbreken van hindernissen als boschjes, hagen of gewassen, die hooger zijn.

Blijkens de proeven vindt de verspreiding in alle richtingen plaats, zoodat met de tijdens den bloei heerschende windrichting bij de keuring geen rekening behoeft te worden gehouden.

Laboratorium voor Mycologie en
Aardappelonderzoek, Wageningen

Februari 1939.

SUMMARY

THE DISSEMINATION OF THE SPORES OF LOOSE SMUT OF WHEAT
(USTILAGO TRITICI) THROUGH THE AIR

It occurs repeatedly that the subsequent culture of wheat crops, which have been approved by the field inspection for sowing seed in regard to the occurrence of loose smut, shows more smut than reasonably could be expected (crops are approved when at the utmost six smutted plants to the 100 m² are found). In view of this abnormally strong increase of loose smut in such a crop the question arises whether this has been caused by special

conditions or by the blowing over of smut spores from neighbouring fields. To study the possible infection from neighbouring fields two experiments have been made in which the degree of infection in the subsequent culture has been taken as criterion for the dissemination of the smut.

The first experiment has been carried out at Sprundel on a field measuring $92 \times 95 \text{ m}^2$, situated at a great distance from other wheat fields. Juliana winterwheat, which had been carefully disinfected by means of the hot water treatment, was sown in the field, with the exception of a plot of $10 \times 10 \text{ m}^2$, in which the same variety, heavily infested with loose smut was sown. This plot should serve as a source of infection for the surrounding field. The sowing took place in the autumn of 1936. An inspection of the field in the summer of 1937, in the plot of $10 \times 10 \text{ m}^2$, showed ± 1350 heads of loose smut tot the 100 m^2 , whereas the surrounding field was absolutely free from smut. In August samples were harvested in eight directions and at different distances from the source of infection. After threshing the samples were sown separately in the autumn of 1937. In 1938 the number of smutted heads (not plants!) in the subsequent culture was counted. The data concerning this experiment may be found in tables 2 and 4. For comparison all the figures have been converted to equal surface (100 m^2).

Plate 1 shows a map of the field at Sprundel. The rectangles indicate the place where the samples have been taken. The curved lines connect the points of equally high infection, making it possible to get an impression of the dissemination in the different directions.

The second experiment was made on a field at Wageningen of which a part was being used for several loose smut experiments and in which consequently much loose smut occurred. This part, which could be considered as a source of infection, was bounded on two sides by a strip of land on which disinfected Vilmorin 27 wheat had been sown. At harvest time samples were taken at different distances from the source of infection, as indicated for the experimental field at Sprundel. In the subsequent culture again the loose smut was counted (see table 3 and fig. 1).

From both experiments it may be concluded that in nearly all directions the dissemination of the loose smut reached the border of the field. In the first experiment, e.g., still 11 smutted heads to the 100 m^2 were found at a distance of 70 m to the S.E.; in the second experiment 1–3 smutted heads to the 100 m^2 at a distance of 50–90 m. This shows that the loose smut may spread readily over distances up to 100 m.

A closer inspection of Plate 1 (experiment at Sprundel) shows that the dissemination in S.E. direction is very strong and that it diminishes regularly with distance; the spreading in other directions on the contrary being much weaker and less regular, so that smut islands and more or less smut-free spots alternate. These facts may be explained as follows. The flowering time of the wheat at Sprundel and in consequence also the dissemination of the loose smut spores occurred in the period June 10-18. During the first days the wind blew weakly to moderately from different directions, on June 15 however the wind rose and for the following days it blew hard from the N.W. When the wind is blowing hard, the dissemination will take place almost in a horizontal plane at the height of the heads, consequently the infection will be heavy and regularly diminishing with distance (Fig. 2a); when on the contrary the wind is weak also vertical air-currents will occur, as a consequence of which the spores — as confirmed by observations on the spreading of pollen of rye during flowering time — now will rise and then will fall. In this case infection generally will be much weaker, thereby showing irregularities such as smut islands and more or less smut-free spots (Fig. 2b).

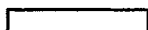
If it should prove that dissemination takes place over long distances, e.g. of 1 km or more (data on this point are not available), it is probable that the vertical air-currents resulting from weak wind may be of more importance than the horizontal air-currents resulting from hard wind. It is, however, obvious that in this case infection over great distances will happen only accidentally. At small distances the reverse will hold, since a heavier dissemination takes place while a hard wind is blowing (experiments described above).

In regard to the field inspection it must be recommended to take into account the neighbouring fields, since there is evidence of infection over at least 100 m.

PLAATVERKLARING

(Explanation of Plate)

Plattegrond van het proefveld te Sprundel. Het eenigszins uit het midden gelegen vierkant is het vak met de tarwe, vanwaar de infectie is uitgegaan.

 Plaats waar de monsters genomen zijn.

(Map of the experiment at Sprundel. The somewhat excentric square represents the plot from which the smut was disseminated.

 Place where samples were taken.)