

Nogle *Fusarium*-arters betydning i komplekset af fodsygefremkaldende svampearter hos korn

Ved B. Dam Christensen

818. beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur

Under arbejdet med isolering af plantepatogene svampearter fra rødder af korn er der ved Statens plantepatologiske Forsøg, Lyngby, udvalgt en serie isolater af forskellige *Fusarium*-arter. Disse svampes patogenitet over for vårformen af de fire kornarter er undersøgt i 1967.

Undersøgelsen er foretaget med økonomisk støtte fra Statens Teknisk-Videnskabelige Fond.

Forstanderne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur

Indledning

Formålet med undersøgelsen var at gøre iagttagelser over forskellige *Fusarium*-arters betydning i korndyrkningen.

Spørgsmålet har tidligere været diskuteret, og især i begyndelsen af dette århundrede anså man *Fusarium*-arterne for at være alvorlige skadevoldere i korndyrkningen (Mortensen, 1911).

Indførelsen af såsædens bejdsning medførte, at risikoen for skade af *Fusarium*-arter formindskedes, og en forøget opmærksomhed omkring fodsygesvampene *Ophiobolus graminis* og *Cercospora herpotrichoides* fik til følge, at talen om *Fusarium*-arter som fodsygefremkaldende svampearter efterhånden gled i baggrunden. Der er dog med jævnlige mellemrum indkommet kornprøver til Statens plantepatologiske Forsøg, Lyngby, hvor man under diagnosticering af sygdommene traf på *Fusarium*-arter som mulige parasiter.

Dette medførte, at et undersøgelsesarbejde over nogle *Fusarium*-arter blev planlagt.

Materiale

Der anvendtes ved undersøgelsen 52 isolater af *Fusarium*.

Isolaterne var udvalgt under isolering af plantepatogene svampearter fra rødder af korn.

Ved en artsbestemmelse af isolaterne, som blev foretaget efter retningslinier angivet i Proceedings of the International Seed Testing Association

(1964), viste det sig, at de enkelte arter forekom med følgende hyppighed:

<i>Fusarium avenaceum</i>	12 isolater
<i>Fusarium graminearum</i>	18 »
<i>Fusarium culmorum</i>	16 »
<i>Fusarium oxysporum</i>	6 »

I alt 52 isolater

Svampene afprøvedes på vårformen af de fire kornarter, fordelt på følgende sorter:

Vårrug:	Petkus Vårrug
Vårhvede:	Heine Koga II
Havre:	Svalöf Staal F
Vårbyg:	Carlsberg II

Al anvendt såsæd var uafsvampet.

Metodik

Afprøvning af svampenes patogenitet foregik under forskellige forsøgsbetingelser.

Forsøgene, der udførtes sideløbende med hverandre, foregik i drivhus i plasticurtepotter (16 gentagelser pr. isolat) efter en teknik anvendt ved afprøvning af andre fodsygefremkaldende svampearters patogenitet (Christensen, 1967).

Desuden på friland i hvide plasticspande (8 gentagelser pr. isolat) med et rumindhold på 10 liter indeholdende 6 liter markjord (pH (H₂O) 6,1; Ft 12,7, Tk 5,6) taget fra et areal, på hvilket der i de senere år ikke havde været dyrket korn. Derover anbragtes inokulum fremstillet efter tidligere

beskrevet metode (Christensen, 1967) i en mængde på 1,3 liter pr. m². Over inokulum anbragtes endnu 2 liter jord. Dernæst udsåedes såsæden i en mængde på 18 g pr. m². Såsæden blev tildækket med 1 liter sand, og til slut tilførtes 3 g Hoechst pr. spand.

Sammensætning af Hoechst:

6,0 pct. ammoniakkvælstof
6,0 pct. nitratkvælstof
5,2 pct. citratopløseligt fosfor
14,9 pct. vandopløseligt kalium
0,7 pct. magnesium
0,1 pct. bor

Forsøget deltes i to led, et hvor afgrøden blev vandet til normale dyrkningsbetingelser, og et hvor afgrøden vandedes til fugtige dyrkningsbetingelser. Afgrøden blev høstet på grøn-gulmodenhedsstadiet, og følgende registreredes: Strå-længden, vægt af strå + kerne samt mørkfarvning af testplanternes rødder.

Endvidere foretoges en afprøvning i marken på statens forsøgsstation, Virumgård, Lyngby. Forsøget udførtes her efter en teknik beskrevet tidligere under afprøvning af fodsyesvampen *Ophiobolus graminis* (Christensen, 1967). Endvidere undersøgte svampenes evne til at nedbryde cellulose (Christensen, 196), for derigennem at få et fingerpeg om deres evne til at ernære sig saprofytisk i jordbunden.

Resultater

Planteantallet

Første led i undersøgelsen var *Fusarium*-isolater-nes indflydelse på planteantallet; dette blev optalt ved forsøgets afslutning (drivhusforsøg) og gav det i tabel 1 viste resultat.

Tabel 1. *Fusarium*-isolaternes indflydelse på planteantallet

Forholdstal, hvor usmittet = 100

Ant.

Smittet med:	isol.	Rug	Havre	Hvede	Byg	Gns.
<i>F. avenaceum</i> ...	12	96	104	104	105	102
<i>F. graminearum</i> ...	18	99	106	99	104	102
<i>F. culmorum</i> ...	16	99	104	101	102	102
<i>F. oxysporum</i> ...	6	106	109	104	97	104
Gns.		100	106	102	102	

Strå længde

Andet led i undersøgelsen var en opgørelse over ændring i strå længden i forhold til den usmittede del af forsøget.

Der blev foretaget stråmålinger på grøn-gulmodenhedsstadiet under alle tre dyrkningsforhold.

Resultaterne er angivet i tabellerne 2, 3, og 4.

Tabel 2, 3 og 4. Strå længden i smitteforsøg med *Fusarium* spp. på vårformen af rug, havre, hvede og byg
Forholdstal, usmittet = 100

Tabel 2. Drivhusforsøg

Smittet med:	Rug	Havre	Hvede	Byg	Gns.
<i>F. avenaceum</i>	89	85	80	86	85
<i>F. graminearum</i> ...	88	87	84	83	86
<i>F. culmorum</i>	89	90	88	89	89
<i>F. oxysporum</i>	86	83	84	80	83
Gns.	88	86	84	85	

Tabel 3. Frilandsforsøg

N = normale, F = fugtige dyrkn. forh.

Smittet med:	Rug		Havre		Hvede		Byg		Gns.	
	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F
<i>F. avenaceum</i> ...	95	98	96	102	100	102	107	102	100	101
<i>F. graminearum</i> ...	93	94	94	107	93	102	102	102	96	101
<i>F. culmorum</i> ...	93	97	94	100	95	102	98	102	95	100
<i>F. oxysporum</i> ...	91	94	92	100	95	97	95	98	93	97
Gns.	93	96	94	102	96	101	101	101		

Tabel 4. Markforsøg

Smittet med:	Rug	Havre	Hvede	Byg	Gns.
<i>F. avenaceum</i>	95	94	93	101	96
<i>F. graminearum</i> ...	93	94	93	102	96
<i>F. culmorum</i>	95	93	94	100	96
<i>F. oxysporum</i>	93	92	91	99	94
Gns.	94	93	93	101	

Udbytte

Det 3. led i denne del af undersøgelsen var udbyttemåling af strå + kerne i drivhusforsøget samt i frilandsforsøget.

Resultaterne er angivet i tabellerne 5 og 6.

Tabel 5 og 6: Udbytte af strå+kerne ved dyrkningsforsøg med vårformen af rug, havre, hvede og byg, smittet med *Fusarium spp.* Forholdstal, usmittet = 100

Tabel 5. Drivhusforsøg

Udbytte af strå + kerne i forhold til usmittet (usm. = 100)					
Smittet med:	Rug	Havre	Hvede	Byg	Gns.
<i>F. avenaceum</i>	85	90	77	81	83
<i>F. graminearum</i>	91	91	82	81	86
<i>F. culmorum</i>	85	92	86	85	88
<i>F. oxysporum</i>	86	87	84	74	83
Gns.	87	90	82	80	

Tabel 6. Frilandsforsøg

N = normale, F = fugtige dyrkningsforhold									
Rug Havre Hvede Byg Gns.									
Smittet med:	N	F	N	F	N	F	N	F	N
<i>F. avenaceum</i>	78	112	87	94	85	94	83	84	83
<i>F. graminearum</i>	74	106	85	95	76	100	77	80	78
<i>F. culmorum</i>	72	110	82	90	73	85	64	78	73
<i>F. oxysporum</i>	69	106	75	92	80	95	71	80	74
Gns.	73	109	82	93	79	94	74	81	

Mørkfarvning af rødder

Som 4. led bedømtes svampenes evne til at forårsage mørkfarvning af kornplanternes rødder.

Bedømmelsen blev foretaget på alle tre lokaliteter.

Resultaterne fra bedømmelsen, som blev foretaget på grøn-gulmodenhedsstadiet, er angivet i tabellerne 7, 8 og 9.

Tabel 7, 8 og 9. Mørkfarvning af rødder: Procent af rodnettet mørkfarvet efter podning med *Fusarium*

Tabel 7. Drivhusforsøg

Smittet med:	Rug	Havre	Hvede	Byg	Gns.
<i>F. avenaceum</i>	6	3	13	10	8
<i>F. graminearum</i>	4	2	14	10	8
<i>F. culmorum</i>	5	5	15	13	10
<i>F. oxysporum</i>	3	2	13	13	8
Gns.	5	3	14	12	

Tabel 8. Frilandsforsøg

N = normale, F = fugtige dyrkningsforhold

Rug Havre Hvede Byg Gns.									
Smittet med:	N	F	N	F	N	F	N	F	N
<i>F. avenaceum</i>	9	7	3	3	10	7	11	8	8
<i>F. graminearum</i>	11	6	2	2	8	3	16	10	9
<i>F. culmorum</i>	11	5	2	4	7	6	11	8	8
<i>F. oxysporum</i>	10	6	3	3	7	6	15	8	9
Gns.	10	6	3	3	8	6	13	9	

Tabel 9. Markforsøg

Smittet med:	Rug	Havre	Hvede	Byg	Gns.
<i>F. avenaceum</i>	7	0	3	5	4
<i>F. graminearum</i>	7	1	3	4	4
<i>F. culmorum</i>	7	0	4	5	4
<i>F. oxysporum</i>	5	0	5	5	4
Gns.	7	0	4	5	

Vækstvilkårenes indflydelse

Undersøgelsen over normale og fugtige vækstvilkårs indflydelse på svampenes angrebsevne og

Tabel 10. Drivhusforsøg. Sammenligning af udbytte og angrebsgrad på korn smittet med *Fusarium*-arter (12 isolater*) og dyrket under normale og fugtige forhold. Angivne tal er forholdstal, usmittet = 100

Normal vandtilførsel, normale dyrkningsforhold				Stor vandtilførsel, fugtige dyrkningsforhold			
pct.del af				pct.del af			
spire-evne	strå-længde	vægt af strå + kerne	rodnettet mørkfarvet	spire-evne	strå-længde	vægt af strå + kerne	rodnettet mørkfarvet
Rug	99	81	88	3	104	101	88
Havre	105	87	93	2	98	108	92
Hvede	101	84	86	17	93	108	104
Byg	103	90	87	13	99	100	84
Gns.	102	86	89	9	99	104	92

*) Fordeling af isolater: *F. avenaceum* 2
F. graminearum 4
F. culmorum 5
F. oxysporum 1
F. spp. i alt 12

skadevirkning blev foretaget i drivhus og på fri-land ved i det ene led at vande til normale vækst-vilkår, og i det andet at vande til fugtige vækst-vilkår.

Resultaterne er angivet i tabellerne 3, 6, 8 og 10.

Cellulolytisk evne

Svampenes cellulosenedbrydende evne undersø-gtes ved overpodning på autoklaveret filtrerpapir sammenrullet i kræmmerhusform i reagensglas og gennemvædet med en saltopløsning tilsat B-vita-miner (Christensen, 196). Efter henstand i 4 mdr. blev filtrerpapir + svamp fjernet fra glasset og tør-re ved 120°C til konstant vægt.

Filtrerpapir + svamp blev vejlet, og vægttab be-regnet i pct. blev opgjort (tabel 11).

Tabel 11. Vægttab af filtrerpapir ved bevoksning med følgende *Fusarium*-arter ved 12°C i 4 mdr.

<i>F. avenaceum</i>	11 pct.
<i>F. graminearum</i>	12 »
<i>F. culmorum</i>	16 »
<i>F. oxysporum</i>	18 »

Diskussion og sammendrag

Resultatet af undersøgelsen blev, at *Fusarium*-arterne er i stand til at skade kornplanterne væ-sentligt under deres vækst.

Antallet af enkeltplanter var uforandret (tab. 1), hvilket måske kan virke overraskende, idet spiringsfusariose ofte er anset for at være en alvor-lig sygdom på korn (Colhoun and Park, 1964).

Strållængden reduceredes med gennemsnitlig 14 pct. under dyrkningsforhold, hvor svampene var uden konkurrence fra jordens øvrige mikroflora (tab. 2), medens reduktionen i strållængden under »normale« dyrkningsforhold (tab. 3 og 4) kun ud-gjorde gennemsnitlig 4 pct.

Udbyttet af strå + kerne påvirkedes kendetligt af svampenes tilstedeværelse; smitte med *Fusarium* gav således i drivhusforsøget (tab. 5) en gennem-snitlig udbyttereduktion på 15 pct. og under nor-male fugtighedsforhold i frilandsforsøget (tab. 6) en reduktion på 23 pct.

Den kornart, der var mest modstandsdygtig mod svampene, var havre, derefter fulgte rug; mindst modstandsdygtig var hvede og byg.

En opgørelse over de enkelte *Fusarium*-arters evne til at forårsage udbyttereduktion viste, at disse stort set var lige patogene, dog så det ud til, at *F. culmorum* og *F. oxysporum* i forsøget på fri-land (tab. 6) under »naturlige« forhold var de mest patogene.

Hvis man sammenligner mørkfarvningen af rodnettet (tab. 7, 8 og 9) med udbytte-depressio-nen, viser det sig, at resultaterne fra denne bedøm-melse er sammenfaldende med resultaterne fra ud-byttemålingen, idet havre viser sig at være mest modstandsdygtig over for skade på rødderne, der-efter følger rug/hvede og til slut byg.

Fusarium-arternes skadevoldende mekanisme har været diskuteret, og er bl.a. undersøgt ved *Fusarium oxysporum*s angreb på tomat (Scheffer and Walker, 1953; Gäumann, 1958). Det viser sig, at vandledningsevnen i angrebne planter er nedsat (Dimond and Waggoner, 1953) formodentlig på grund af tilstopning af ledningskarrene.

Forsøg (Gäumann, 1958) har endvidere vist, at fusarinsyre, som sikkert afsondres fra de fleste *Fusarium*-arter (Wood, 1967), har evnen til at ænd-re cellevæggens permeabilitet, således at plantens vandøkonomi forringes under tørre dyrkningsforhold. Dette kan måske være en forklaring på det forhold, at planter, dyrket under normale forhold i vort forsøg, led stærkere end planter dyrket under fugtige forhold (tab. 3, 6, 8 og 10); lignende iagttagelser er tidligere gjort (Colhoun and Park, 1964). Andre forskere har endvidere arbejdet med den teori, at tilstopningen af ledningskarrene ske-te som følge af, at en viskøs masse blev afsondret af planten, når denne blev udsat for pectolytiske enzymer fra *Fusarium* (Gothoskar, Scheffer, Wal-ker and Stahmann, 1953), og at denne masse skul-le kunne tilstoppe ledningskarrene. Undersøgel-sen over den cellulolytiske evne hos *Fusarium* (tab. 11) kan måske give et fingerpeg i samme retning, idet arterne *F. oxysporum* og *F. culmorum*, som vi-ste sig at have den stærkeste cellulosenedbrydende evne, på friland tenderede mod at være de mest patogene. Den kraftige cellulolytiske evne kan endvidere ifølge Garrett (1966) måske også være en af årsagerne til, at svampens overlevelsessevne i jordbunden er god.

Konklusionen af undersøgelsen må være, at alle

de undersøgte *Fusarium*-arter har været i stand til at forårsage fodsyge på korn, og at de ikke kun må betragtes som harmløse saprofytter, når de isoleres fra rødder af kornplanter. Yderligere undersøgelser bør dog udføres for at konstatere omfanget af skadevirkningen i de forskellige dele af landet, idet allerede udførte prøveudtagninger (Jørgensen, 1965) tyder på, at skadevirkningen er større i Jylland end på Sjælland.

Summary

Fusarium species as root-rot causing organisms

Inoculation trials were carried out with four species of *Fusarium* (*F. avenaceum*, *F. graminearum*, *F. culmorum*, and *F. oxysporum*) on spring sown wheat, rye, barley, and oats.

Under fields conditions *F. culmorum* and *F. oxysporum* were shown to be the most pathogenic, while under green-house conditions where there was no competition from other microorganisms as in the field, no marked differences between the pathogenicity of the species were found.

There was not much dark colouring of the roots but it had a good correlation with the reduction of yield.

A trial in which the cellulolytic ability of the fungi was tested showed that *F. oxysporum* and *F. culmorum* were the strongest cellulosedecomposing species.

Oats were the most resistant to the attack of the fungi while rye, wheat and barley showed marked reductions in yield.

Low water content in the soil seemed to favour the disease.

Litteratur

Christensen, B. Dam: Undersøgelser over goldfodsyge-svampen *Ophiobolus graminis* (Sacc.). I. Undersø-

gelse over virulensens variation, kornarternes modtagelighed og udbyttedepression ved smitte med *Ophiobolus graminis*. Tidsskr. f. Planteavl 71 (1): 64-69, 1967.

Christensen, B. Dam: Undersøgelser over goldfodsyge-svampen *Ophiobolus graminis* Sacc. II. Undersøgelse over svampens cellulolytiske og proteolytiske evne. Tidsskr. f. Planteavl: (I tryk).

Colhoun, I. and Park, D.: *Fusarium* diseases and cereals. I. Infection of wheat plants, with particular reference to the effects of soil moisture and temperature on seedling infection. Trans. Brit. mycol. Soc. 47: 559-572, 1964.

Dimond, A. E. and Waggoner, P. E.: The water economy of *Fusarium* wilted tomato plants. Phytopathology 43: 619-623, 1953.

Garrett, S. D.: Cellulose-decomposing ability of some cereal foot-rot fungi in relation to their saprophytic survival. Trans. Brit. mycol. Soc. 49 (1): 57-68, 1966.

Gäumann, E.: The mechanisms of fusaric acid injury. Phytopathology. 48: 670-686, 1958.

Gothoskar, S. S.; Scheffer, R. P.; Walker, J. C. and Stahmann, M. A.: The Role of Pectic Enzymes in *Fusarium* Wilt of Tomato. Phytopathology 43: 535-536, 1953.

Jørgensen, Johs.: Om *fusarium*-arternes betydning for fodsyge hos kornarterne. Ugeskr. f. Landmænd. 110 (40): 659-661, 1965.

Mortensen, M. L.: Om sygdomme hos kornarterne, forårsagede ved *Fusarium*-angreb (Fusarioser). Tidsskr. f. Planteavl: 18: 177-276, 1911.

Proceedings of the International Seed Testing Association 29 (2): 266-278, 1964.

Scheffer, R. P. and Walker, J. C.: The physiology of *Fusarium* wilt of tomato. Phytopathology. 43: 116-124, 1953.

Wood, R. K. S.: Physiological Plant Pathology. 298-310. Blackwell scientific Publications, Oxford and Edinburgh, 1967.