

Kartoffelskimlens (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) knoldangreb i jord

Late blight (Phytophthora infestans (Mont.) de Bary)
infection on tubers in soil

Johs. Bak Henriksen

Resumé

Efter smitte ved vanding med en sporangieopslemning forekom der færre angreb af kartoffeskimmel (*Phytophthora infestans*) på sårede knolde i en ubehandlet jord end hos tilsvarende knolde i en dampsteriliseret jord. I begge tilfælde var angrebsgraden stærkt stigende med stigende tilførsel af vædske og faldende med tykkelsen af det lag jord, knoldene var dækket med. Under alle forhold forekom der kun få angreb, når knoldene var dækket med 8 cm jord.

Ved almindelig eller høj jordfugtighed må det forventes, at 5 mm nedbør eller mere indenfor et døgn øger faren for knoldsmitte, når knoldene er dækket med mindst 2 cm jord. Faren herfor kan dog øges ved nedbørsmængder på under 4-5 mm, hvis knoldene kun lige er dækkede med let fugtig jord.

1. Indledning

Kartoffelknolde, der ligger i jorden inficeres sædvanligvis med kartoffelskimmel (*Phytophthora infestans*), efter at svampens sporer fra toppen er vasket ned på jorden. Med sporer menes her og i det følgende svampens sporangier eller de zoosporer (sværmsporer), som sporangierne oftest spirer med. Sporangierne kan dog under særlige forhold spire direkte med en hyfe. Fra jordoverfladen siver sporerne ned til knoldene ved hjælp af vandet i jorden eller gennem de koniske huller, der kan opstå under vindens rokken frem og tilbage med stænglerne (Lacey 1966). Smitteoverførsel mellem knolde i jorden synes også mulig, for såvel Lapwood (1961) som Parmentier (1967) har iagttaget sporulerende angreb hos knolde under jordens overflade. Lapwood havde let ved at finde sådanne knolde i jorden, hvor kammene var ved at tørre efter regn, men vanskeligt ved at finde dem under eller lige efter yderligere regn. Han antog, at dette skyldtes, at det nedsivende regnvand havde vasket sporerne af knoldene.

Svampens muligheder for at nå ned til knoldene afhænger navnlig af fire forhold, nemlig 1) mængden af sporer på eller i jorden, 2) nedbørsmængden efter at topangrebet er begyndt, 3) jordbundsforholdene og 4) hvor dybt knoldene ligger i jorden.

I marken er infektionsmulighederne størst, når topangrebet skrider hurtigt frem (Lacey 1963). I en sådan periode med mellem 20 og 70 pct. ødelæggelse af toppen fandt Lacey en infektionsevne svarende til 1300 sporer pr. ml overfladejord, mens infektionsevnen under overfladen af den ophyppede kam aldrig svarede til mere end 100 sporer pr. ml jord. Sporemængden i jorden er dog næppe af afgørende betydning for infektionsgraden under alle forhold, for ifølge Fehrmann (1963) kan selv meget lave koncentrationer i jordvædsken forårsage en betydelig grad af infektion.

Lacey (1962) fandt, at knoldinfektionen i jorden sædvanligvis krævede mindst 5 mm nedbør, og Hirst et al. (1965), at den var fremherskende, når intens sporulering på bladene faldt sammen med en nedbør på mindst 13 mm i en eller to på

hinanden følgende dage. Nedbør synes således ofte at være en forudsætning for knoldinfektion i jorden, men ikke i alle tilfælde, for *Lacey* (1965) fandt, at det ikke var under alle forhold, der forekom en stærk stigning i antallet af angreb efter regn.

Hvor langt sporangierne eller zoosporerne trænger ned synes, udover at variere med den tilførte vandmængde, at variere med jordtypen. Den største jorddybde, gennem hvilken svampen trængte ned ved *Zan's* (1962) forsøg, var ca. 20 cm i sand og 15 cm i sort mosejord. *Jensen* (1882) slutter udfra sine undersøgelser over svampens nedtrængen i jord, at årsagen til, at der ofte iagttages stærkere knoldangreb i ler- end i sandjorder, er sporenes større nedtrængningsevne i lerjorderne. Han mente, at årsagen til denne forskel mellem ler- og sandjorder skulle søges i krummestrukturen hos lerjorderne. *Zeck* (1957) fandt derimod, at sandjorder er mere gennemtrængelige for zoosporer end lerede jorder med bedre krummestruktur. Han mener, at i fugtige år begrundes knoldangrebet i lerjorderne af en stærkere tendens til dannelse af korkvorter hos knoldene.

Lacey (1966) har i et år med meget stærke angreb af kartoffelskimmel iagttaget i en række kartoffelmarker, at mere end halvdelen af knoldene i 5 cm's dybde var angrebne, mens kun en enkelt knold var angreben ved 15 cm's dybde. Ved et forsøg i Give landboforening (*Ramskov* 1969) forekom ret alvorlige angreb af kartoffelskimmel på knoldene efter lægning i 3 og 6 cm's dybde, mens knoldene efter de to større læggedybder 9 og 12 cm var helt frie for angreb.

Ved Statens forsøgsstation i Studsgaard har man undersøgt, hvilken betydning den dækkende jords tykkelse og tilførsel af forskellige vandmængder pr. arealenhed kan have på svampens muligheder for angreb i jorden. Det er endvidere undersøgt, om en dampsterilisering af jord kan have indflydelse på svampens muligheder for nedtrængen i jord og infektion af knoldene. Formålet med den sidstnævnte undersøgelse var at få orientering om, hvorvidt mikroorganismer i jorden kan tænkes at have indflydelse herpå.

2. Materiale og metodik

I 2 år udførtes under laboratorieforhold et og i et tredje år to faktorielle forsøg, over hvilken indflydelse dampsterilisering af jord samt dæknings- og vandingsgrad kan have på kartoffelskimmels angreb på knolde i jorden. Forsøgene udførtes med ensartede, vaskede knolde af sorten Bintje. Lige før de blev lagt ned i jorden, blev alle knolde i de 2 første år samt knoldene til den ene gentagelse i det 3. år såret i top- og navleende ved afskrabning mod sandpapir (1 3/4). Knoldene til den anden gentagelse i det 3. år blev skåret igennem, og begge knoldhalvdele blev lagt ned i jorden.

Jorden, der anvendtes, var harpet sandjord fra Studsgaard. I de to første år deltes den i 2 portioner. Den ene

1. blev ikke steriliseret, den anden
2. blev steriliseret med damp i 1 1/2 time.

Jordens vandindhold og pH bestemtes såvel før som efter steriliseringen. Inden den steriliserede jord anvendtes, tilsattes den så meget vand, at dens vandindhold kom til at svare til det, den havde ved opgravningen om efteråret.

Forsøgene anlagdes i plastikspande eller -baljer med dræn bestående af et 1-2 cm tykt lag dampsteriliseret ral. Hvis dette dræn var utilstrækkeligt, blev plastikbeholderne tillige forsynet med bundstuds til aftapning af overskudsvand. Ovenpå rallen lagdes et mindst 2 cm tykt lag jord, og de sårede kartofler blev placeret ovenpå jorden med sårfladerne opad og med alle sårflader i samme niveau. Straks efter fyldtes jord ned mellem og oven på knoldene, der i de to første år dækkedes med 0, 1 og 5 cm jord og i det 3. år med 1, 2, 4 og 8 cm jord. Jorden blev lagt imellem og oven på knoldene i et passende tæt og ensartet leje, der i så høj grad som muligt svarede til naturlig lejring i marken. Den blev trukket op langs beholderens sider for at hæmme vandet i at trænge ned her.

Inokulationen blev foretaget ved, at der pr. dm² jordoverflade i alle forsøg blev vandet med 10 ml af en standard sporangieopslemning.

Vandmængden blev alt efter det tilsigtede reguleret ved yderligere tilsætning af frisk destilleret

vand til følgende niveauer, alt pr. dm² jordoverflade:

i 1. år til	i 2. år til	i 3. år til
10 ml	10 ml	10 ml
—	—	20 ml
—	—	40 ml
—	50 ml	—
—	—	80 ml

10 ml pr. dm² svarer til 1 mm nedbør. I det 3. år blev vandingen i det sidste led foretaget med 40 ml ad gangen og med en times mellemrum mellem hver vanding. Efter vandingen sættes plastikbeholderne ind i et kartoffelhus (i de 2 første år) eller i en boks ved ca. 15° (i 3. år). Datoerne for knoldenes optagning, såring og nedlægning i jorden samt optælling af angrebne sår var i de enkelte år som følger:

År og forsøg	optagning	Dato for	
		såring og nedlægn.	optælling af angreb
1. år.	9. aug.	14. okt.	29. nov.
2. år.	4. aug.	10. aug.	28. aug.
3. år, forsøg 1	6. sept.	15. sept.	13. okt.
3. år, forsøg 2	6. sept.	19. dec.	30. jan.

Hovedvirkningerne og de to-sidige virkninger, hvor der forekom en vekselvirkning, er i det følgende anført i tabelform. Ved beregningen af disse virkninger er der ved kombination af de for-annævnte faktorer og de nedenfor nævnte antal gentagelser og knolde pr. gentagelse indgået følgende antal behandlinger, knolde og sår pr. forsøg: i 1. år: 6 behandlinger $\times$ 2 gentagelser $\times$ 15 knolde $\times$ 2 sår, i alt 360 sår, i 2. år: 12 behandlinger $\times$ 3 gentagelser $\times$ 15 knolde $\times$ 2 sår, i alt 1080 sår og i 3. år: 16 behandlinger $\times$ 2 gentagelser (såringsmåder) $\times$ 16 knolde $\times$ 2 sår pr. knold eller i alt 1024 sår pr. forsøg.

3. Resultater

3.1. Nedtrængen af kartoffelskimmel i dampsteriliseret jord

Nedtrængen af kartoffelskimmels sporer i ubehandlet jord blev i de to første år sammenlignet med nedtrængen i dampsteriliseret jord. Formålet var at få et udtryk for, om sterilisering af jor-

den kunne have indflydelse på nedtrængen og/eller smittegrad, og dermed om svampens infektionsmuligheder i jorden kunne formodes at afhænge af tilstedeværelsen af andre mikroorganismer.

I begge år forekom færre angreb i den ubehandlede end i den steriliserede jord (tabel 1) og denne forskel mellem jordpartierne blev navnlig øget med stigende dækningsgrad (tabel 2) og i mindre grad med stigende vædsketilførsel (tabel 3).

Tabel 1. Infektionsprocent ved nedtrængen af kartoffelskimmel i dampsteriliseret jord. (100% = 180 sår i 1. år; = 530 i 2. år)

Table 1. Effect of steamsterilization of soil on penetration of late blight. Per cent of infected wounds of tubers in soil on average of 0-5 cm depth in the soil and application of 10-50 ml suspension of sporangia per dm² surface (100% = 180 wounds in year 1.; = 530 in year 2.)

Jorden (the soil)	1. år (year)	2. år (year)
	% angrebne sår (infected wounds)	% angrebne sår (infected wounds)
Ubehandlet (control)	43	34
Dampsteriliseret (steamsterilized)	41	38
LSD ₉₅	6	2

Tabel 2. Procent inficerede sår ved kartoffelskimmels nedtrængen til forskellig dybde i dampsteriliseret jord vandet med 10 ml sporangieopslemning pr. dm² (100% = 60 sår i 1. år; = 180 sår i 2. år)

Table 2. Effect of sterilization of the soil on penetration of late blight to varying depths, 0-5 cm. 10 ml of standard suspension of sporangia applied (100% = 60 wounds in 1st year; = 180 wounds in 2nd year)

Jorden (the soil)	cm jord over sårene (Depth of soil covering wounded tubers cm)		
	0	1	5
	% infektioner (infections)		
	1. år (1st year)		
Ubehandlet (control)	100	0	3
Dampsteriliseret (steamsterilized)	100	23	0
	2. år (2nd year)		
Ubehandlet (control)	97	3	1
Dampsteriliseret (steamsterilized)	98	11	5

Tabel 3. Procent inficerede sår på kartoffelknolde i jord ved tilførsel af 10 ml sporangieopslæmning + 0-40 ml vand pr. dm² (2. år, 100% = 270 sår)

Table 3. Per cent infected wounds on tubers in soil after application of 10 ml standard suspension of sporangia + 0-40 ml distilled water. Average of tubers placed at 0, 3 and 5 cm depth (100% = 270 wounds)

	ml per dm ² vædske (liquid)	
	10	50
Jorden (the soil)	% infektioner (infections)	
Ubehandlet (control)	33	34
Dampsteriliseret (steamsterilized) . .	35	42

3.2. Angreb i jorden ved forskellig dæknings- og vandingsgrad

Antallet af angreb var stigende med stigende tilførsel af vædske og faldende med dækningsgraden. Resultaterne fra det 2. år (tabel 4) viser, at en dækning af sårfladerne med blot 1 cm jord reducerede antallet af kartoffelskimlens angreb meget stærkt i forhold til de udækkede sår. En yderligere forøgelse af det dækkende jordlags tykkelse fra 1 til 2 cm havde i det 3. år en lignende om end ikke helt så stærk nedsættende virkning på angrebsgraden (tabel 5). En forøgelse af dækningsgraden fra 2 til 4 cm havde kun en signifikant nedsættende virkning på angrebsgraden, hvor der var tilført 80 ml vædske pr. dm², og ingen, hvor der var tilført fra 10 til 40 ml vædske pr. dm². Hvor

Tabel 4. Procent inficerede sår på kartoffelknolde i jord ved tilførsel af 10 ml sporangieopslæmning + 0 eller 40 ml vand pr. dm² (100% = 120 sår i 1. år; = 180 sår i 2. år)

Table 4. Per cent infected wounds on tubers placed at various depth in soil supplied with 10 ml of standard suspension of sporangia + 0 or 40 ml distilled water per dm² surface

	cm jord over sårene (cm soil covering wounds)		
	0	1	5
ml per dm ² vædske (liquid)	% infektioner i 1. år (infections in 1st year)		
10	100	12	2
	% infektioner 2. år (infections 2nd year)		
10	99	2	0
50	96	12	6

Tabel 5. Procent inficerede sår på kartoffelknolde i jord ved forskellig dækningsgrad og tilførsel af 10 ml sporangieopslæmning + 0-70 ml vand pr. dm² (3. år, 100% = 60 sår)

Table 5. Per cent infected wounds on tubers placed at various depths in soil supplied with 10 ml of standard suspension of late blight sporangia + 0-70 ml water per dm² surface (100% = 60 wounds)

	cm jord over sårene (cm soil covering wounds)			
	1	2	4	8
	% infektioner (infections)			
ml per dm ² vædske (liquid)	ved forsøg 1 i 3. år (at exp. 1 in 3rd year)			
10	8	3	3	2
20	13	3	9	0
40	31	5	0	3
80	53	30	6	—
	ved forsøg 2 i 3. år (at exp. 2 in 3rd year)			
10	3	0	0	0
20	6	3	0	0
40	14	0	0	0
80	11	8	0	—

knoldene var dækket med 8 cm jord, var der kun ganske få angreb.

4. Diskussion

Dampsteriliseringen ændrede tilsyneladende ikke den anvendte sandjords struktur. Den større overlevelsesevne, kartoffelskimlen havde i den steriliserede end i den ikke-steriliserede jord, har derfor næppe været forbundet med en strukturændring af jorden. Den virkning, dampsteriliseringen havde på svampens smittemuligheder, må i nogen udstrækning have været forbundet med en dræbning af mikroorganismer, der kunne hæmme svampen i at trænge ned i jorden. Tilstedeværelse af sådanne mikroorganismer i den ikke-steriliserede jord må formodes at være årsagen til, at en lille dækning havde en større virkning på angrebsprocenten i denne jord end i den steriliserede jord.

De tilførte vandmængders virkning på svampens infektionsmuligheder var stærkt afhængig af, hvor tykt et lag jord knoldene var dækket med. Hvor knoldene var dækket med 2 cm jord, skulle der i overensstemmelse med Lacey's (1962) resultater tilføres en vædskemængde svarende til over

4 mm nedbør for at fremkalde en væsentlig stigning i angrebsgraden.

Med hensyn til hvor stor en nedbørsmængde, der skal til for at øge infektionsfaren i jorden, synes en nedbørsgrense på 5 mm indenfor et døgn at være en anvendelig rettesnor for praksis, når mulighederne for infektion skal vurderes i marker med en dækningsgrad på mindst 2 cm jord. Ved en dækningsgrad på 1 cm var angrebsprocenten over 11 i det 1. år efter tilførsel af en vædskemængde svarende til 1 mm nedbør (10 ml pr. dm²) og over 12 i det 3. år efter tilførsel af en vædskemængde svarende til 2 mm nedbør. Dette tyder på, at under 4-5 mm nedbør i nogen grad kan øge knoldinfektionen i marker, hvor knoldene kun lige er dækkede med let fugtig jord. Hvis forholdene har været sådan, at knoldene kan være smittede inden optagning, bør de, fra det øjeblik de er taget op og i de følgende par uger, opbevares under tørre forhold for at hindre udvikling af latente og nye angreb.

Summary

Experiments were conducted to investigate effects of steamsterilizing soil and of depth of penetration of late blight on the degree of attack on potato tubers. Tubers wounded at the roseend and heel, were placed in steamsterilized and untreated soil at depths from 0 to 8 cm. 10 ml. of a standard suspension of sporangia + 0 to 70 ml. water was applied to the surface of the soils. There were fewer attacks by late blight on tubers in untreated than in steamsterilized soil (table 1).

The difference in the degree of attack by the fungus in the two soils increased with increasing amount of applied liquid (table 3) and with depth of soil cover (table 2). In both soils the degree of attack rose steeply with increasing volume of added liquid and fell with depth of covering soil layer (tables 4 and 5). Effects of amounts of added liquid on the infection by the fungus were obscured by the concomittant effects of the thickness of the soil layer. Whatever the conditions, only very few attacks occurred at a depth of 8 cm.

In accordance with results by Lacey (1962), it may be presumed that where tubers, under field conditions,

are covered with a soil layer of at least 2 cm. thickness, precipitation of 5 mm. or more will increase the danger of late blight attack, whereas it may be expected that where tubers are only just covered with slightly moist to wet soil, rainfall of less than 4 to 5 mm. will increase the degree of infection before the lifting.

Litteraturliste

- Fehrmann, H., 1963: Untersuchungen zur Pathogenese der durch *Phytophthora infestans* hervorgerufenen Braunfäule der Kartoffelknolle. - Phytopath. Z. 46, 371-408.
- Hirst, J. M., O. J. Stedman, J. Lacey & G. A. Hide, 1965: The epidemiology of *Phytophthora infestans* IV. Spraying trials, 1959 to 1963, and the infection of tubers. - Ann. appl. Biol. 55, 373-395.
- Jensen, J. L., 1882: Kartoffelsygen kan overvindes ved simpel og let udførlig dyrkningsmåde. - Wilh. Priors Hof-Boghandel, København, 70 pp.
- Lacey, J., 1962: The activity of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary in soil. - Ph. D. Thesis London University. (Efter Hirst, J. M. et al. 1965).
- Lacey, J., 1963: Soil activity of *Phytophthora infestans*. - Rep. 1962 Rothamsted exp. Stn. 119-120.
- Lacey, J., 1965: The infectivity of soil containing *Phytophthora infestans*. - Ann. appl. Biol. 56, 363-380.
- Lacey, J., 1966: The distribution of healthy and blighted tubers in potato ridges. - Eur. Potato J. 9, 86-98.
- Lapwood, D. H., 1961: Sporulation of blight on potato tubers within ridges. - Pl. Path. 10, 40.
- Parmentier, G., 1967: Sporulation de *Phytophthora infestans* De Bary sur tubercules dans le Sol. - Parasitica 23, 46-48.
- Ramskov, K. K. 1969: Give og omegns Landboforening. - 68. beretning om planteavlssarbejdet i landboforeningerne i Jylland 1968. - Andelsbogtrykkeriet, Odense, 649-656.
- Zan, K., 1962: Activity of *Phytophthora infestans* in soil in relation to tuber infection. - Trans. Br. mycol. Soc. 45, 205-221.
- Zeck, W., 1957: Untersuchungen über die Infektionsverhältnisse bei der *Phytophthora*-Knollenfäule und über deren Beeinflussbarkeit durch Kupferdüngung. - Phytopathol. Z. 29, 233-264.

Manuskript modtaget den 9. juli 1973.