

Kartoffelskimlens (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) persistens i jord infesteret med svampen

*Persistence of late blight (Phytophthora infestans (Mont.) de Bary) in soil
infested with the fungus*

Johs. Bak Henriksen

Resumé

Kartoffelskimlens (*Phytophthora infestans*) persistens i jord er undersøgt ved at måle, hvor længe infesteret jord kunne inficere sårede kartoffelknolde. Den infesterede jords evne hertil faldt jævnt med tiden, men ikke hurtigt. Der hengik ca. 80 døgn, inden den helt eller næsten helt havde mistet infektionsevnen. Den faldt hurtigere i ubehandlet jord end i dampsteriliseret jord.

Infektionsevnen blev bedst bevaret ved 4 og 8°C og dårligst ved 20°. Derfor må det forventes, at ved samme fugtighedsgrad i jorden vil svampens smitteevne hyppigt bevares længere i eller på jorden efter de sene end efter de tidlige angreb på toppen, hvor jordtemperaturen oftest er højest.

Svampens smitteevne faldt hurtigst i den fugtige jord. Derfor må det antages, at den bevares forholdsvis godt i jorden, når angreb på toppen følges af en periode, hvor jorden er forholdsvis tør.

Rækkefølgen, med hensyn til svampens overlevelsessevne i de fire benyttede jordtyper: sandjord, sortsandet jord, lerjord og højmoesjord varierede i de to forsøgsår. Det var derfor ikke muligt at drage nogen konklusion med hensyn til i hvilken af jordtyperne, kartoffelskimlen kan overleve længst.

Summary

The persistence of late blight (*Phytophthora infestans*) in soil was investigated by estimating the ability of soil infected with sporangia to infect wounded potato tubers under varying experimental conditions.

The persistence decreased gradually with time, although the infectivity was still rather high after 30 days. After 80 days storage it was in generally lost. It decreased faster in non-sterilized than in steam-sterilized soil, faster in humid than in dry soil and faster at 20 C° than at 4 and 8 C°.

The order of persistence in the soil types: sandy, black sandy, clay and spagnum peat was not maintained in experiments over two years preventing conclusion on the effects of soil type on the persistence of late blight.

1. Indledning

Såvel de af kartoffelskimlens (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) sporer (zoosporer og sporangier), der forekommer på blade og stængler, som de, der forekommer i eller på jorden, kan inficere kartoffelknolde, når de tages op. Derfor kan en fjernelse af den inficerede kartoffeltop med kemiske eller fysiske midler ikke være noget sikkert middel til at hindre efter-

smitte under markforhold. Dræbningen af toppen hindrer kun smitten fra den angrebne top. En eftersmitte fra jorden kan tænkes hindret ved at udsætte optagningen, indtil alle svampens sporer eller sporangier i jorden er ude af stand til at spire og dermed ude af stand til at inficere kartoffelknoldene.

Hvor hurtigt faldet i jordens smitteevne kan ske, og dets afhængighed af jordbundsforhold,

som pH, temperatur, vandindhold og type, er undersøgt i nogle laboratorieforsøg ved Studsgård.

1.1. Tidligere undersøgelser

Om sine iagttagelser over topangrebets indflydelse på knoldangrebet skrev *Hofman Bang* allerede i 1882: »Knoldene fandt lige syge, hvad enten toppen blev fjernet eller ikke. Derefter blev det forsøgt at tage kartoflerne op i forskellige afdelinger og deraf syntes at fremgå, at de knolde blev mindst syge og holdt sig bedst, som fik lov at sidde længst i jorden, indtil den kølige eftersommer«. *Hofman Bang* har således iagttaget, at en fjernelse af den angrebne top ikke havde nogen større indflydelse på knoldangrebet, og at desto længere knoldene sad i jorden, desto mindre angrebne blev de. Forklaringen herpå er utvivlsomt, at knoldene blev inficeret under optagningen, og at infektionstrykket var mindsket med senere optagning på grund af en aftagende mængde infektionsdygtige sporangier i eller på jorden og måske tillige en tiltagende knoldresistens. At angreb udviklet efter optagningen oftest skyldes en smitte under optagningen, er iagttaget af andre (*Jensen* 1882; *Murphy & McKay* 1925; *Volkart* 1936 m.fl.).

Svampens muligheder for at inficere knoldene under optagningen afhænger blandt andet af den periode, der hengår mellem infesteringen af jorden og knoldenes berøring med denne. Under markforhold fandt *Murphy & McKay* (1925), at svampens infektionsevne i jorden faldt hurtigt og forsvandt i løbet af tre uger. *Lacey* (1965) fandt, at infektionsevnen ved 20-22°C forblev høj i indtil 56 døgn, og at den derefter faldt hurtigt i jord opbevaret ved stuetemperatur. Tilsvarende iagttagelse *Zan* (1962), at sporangierne kunne forblive infektionsdygtige i indtil 77 døgn i lerjord, der havde en vandkapacitet på 25 pct. og blev opbevaret ved 15°C. Han iagttagelse endvidere, at den periode, sporangierne forblev infektionsdygtige i jorden, blev forlænget ved faldende temperatur, og varede længst ved en vandkapacitet på 15-25 procent.

Selvom jorden naturligvis smittes med zoosporer eller vel navnlig med sporangier fra bladene, synes knoldangrebets styrke ikke altid at stå i forhold til topangrebets omfang. Flere (*Bonde & Schultz* 1945; *Callbeck* 1949; *Boyd & Henderson* 1953) har iagttaget, at stærke angreb på knoldene kan forekomme efter lettere angreb på bladene.

Jord indeholder utvivlsomt stoffer, der kan hæmme svampens udvikling, da såvel autoklaveret som ikke-ikke-autoklaveret ekstrakt af jord har en fungistatisk virkning (*Zan* 1962).

2. Materiale og metodik

Kartoffelskimlens persistens i jord er undersøgt ved statens forsøgsstation i Studsgård i 2 år ved at dyppe sår på kartoffelknolde i jord, der i 1 til 100 døgn forinden var blevet inokuleret med en sporangieopslæmning. I hvert af årene var undersøgelserne delt i 4 forsøg. Næmlig i 1) virkningerne af jordtemperaturen og dampsterilisering af jorden, 2) jordtypen og jordtemperaturens indflydelse, 3) virkningen af jordens vandindhold og 4) virkningen af jordens pH. Forsøg 1 og 2 var faktorielle forsøg.

I forsøg 1 blev sandjord fra Studsgård:

- a. ubehandlet
- b. steriliseret med damp i 1½ time.

Jorden blev infesteret med en sporangieopslæmning og derefter opbevaret ved:

- 1) 2-3°, 2) 4°, 3) 8°, 4) 12° (kun i 1. år),
- 5) 15° eller ved 6) 20°C, indtil dagen før den anvendtes til at inokulere kartoffelknolde.

I forsøg 2 anvendtes følgende jordtyper efter, at de var dampsteriliseret i 1½ time

- a. sandjord fra Studsgård
- b. sortsandet jord fra Midtjylland
- c. lerjord fra Østjylland
- d. højmoesjord fra Nordjylland

Efter infesteringen blev jorden opbevaret ved: 2) 4°, 3) 8° eller 5) 15°C, indtil dagen før den anvendtes til at inokulere de sårede kartoffelknolde.

De jordtyper, der anvendtes i forsøg 2, henlå i kar ved Studsgård, hvor de blev gravet op og infesteret på samme datoer som jorden til forsøg 1, 3 og 4. Samme dag som jorden blev gra-

vet op, blev den steriliseret med damp i $1\frac{1}{2}$ time. I det 1. år blev den gravet op i en kartoffelmark den 22. oktober og infesteret med kartoffelskimmel den 23. eller for 2. gentagelses vedkommende den 30. oktober. I det 2. år var den gravet op i en høstet bygmark den 15. august og inokuleret den 3. eller 9. september. Efter infestering af jorden til forsøg 3 og 4 blev den opbevaret ved 8°C .

Til forsøg 3 anvendtes sandjord fra Studsgård med et vandindhold beregnet af vægten på 1) 5 pct., 2) 14 pct. (det vil i begge år sige jord med det foreliggende vandindhold ved opgravning), 3) 16 pct. og 4) 21 pct. Jorden med de 21 pct. vand havde et så højt vandindhold, at der var frit vand til stede. Det ønskede vandindhold i jorden i de enkelte forsøgsled blev opnået ved at tilsætte vand ved hjælp af en parfumesprøjte, hvor vandindholdet skulle være højere end ved opgravningen, og hvor det skulle være lavere ved at hensætte jorden ved 35°C , indtil vandindholdet var faldet til det ønskede niveau.

Ved forsøg 4, undersøgelserne over betydningen af jordens pH, anvendtes dampsteriliseret sandjord fra Studsgård med et vandindhold på 14 pct. (B) som den var ved opgravning, (A) efter tilsætning af fortyndet svovlsyre for at nedsætte dens pH eller (C og D) efter tilsætning af CaCO_3 for at øge det. Herved blev jordens pH:

i 1. år i 2. år

- A. - 5,6 = foreliggende + 10 ml 2,0 n
 H_2SO_4 pr. kg jord
 B. 5,5 6,8 = foreliggende + 10 ml
 destilleret vand
 C. 7,8 7,8 = foreliggende + 2 g CaCO_3
 + 10 ml vand pr. kg jord
 D. - 8,2 = foreliggende + 10 g CaCO_3
 + 10 ml vand pr. kg jord

Jorden, der anvendtes til alle fire forsøg var udtaget i pløjelaget. Dens rumvægt og vandindhold ved opgravning samt dens pH blev bestemt efter frasigtning af sten. Vandindholdet blev bestemt som vægtprocent på tør finjord ved tørning til konstant vægt ved 105°C . Pr. forsøgsled

anvendtes 2 kg jord, der blev opbevaret i plastikæske med ikke tætsluttende låg. Hvert kg jord blev inokuleret med 10 ml af en sporangieopslæmning, der i det 2. år indeholdt 7000 af kartoffelskimmels sporangier pr. ml vædske. Antallet af sporangier pr. ml i det 1. år er ikke kendt. Hver ugedag kontrolleredes jordens vægt ved alle forsøgene, og hvor der forekom fordampning af vand, tilsattes med en parfumesprøjte en vandmængde svarende til den fordampede.

For at sikre ensartede infektionsbetingelser blev følgende foretaget :Dagen før knoldene blev inokuleret udtoges 50 g jord fra hver jordbehandling. Den udtagne jord blev befugtet med så meget vand, at dens totale vandindhold kom til at svare til dens vandindhold ved opgravning + 100 ml vand pr. kg jord. Efter vandtilsætningen hensattes jorden ved 15° og høj luftfugtighed, indtil den dagen efter anvendtes til at smitte knolde af sorten Bintje. Straks efter såring i top- og navleende ved gnidning mod sandpapir, blev sårene dyppet i jorden under en samtidig let drejning af knoldene. Derefter blev de sat hen ved 15° og høj luftfugtighed. I det 1. år blev knoldene smittet 1. gang en uge, efter at jorden var infesteret; i det 2. år dagen efter og derefter i begge år med 1 til 2 ugers mellemrum. Antallet af angreb optaltes efter en måneds forløb. Til hvert forsøgsled anvendtes 2 gentagelser á ca. 25 ensartede, vaskede kartofler.

3. Resultater

3.1. Kartoffelskimmels persistens i ubehandlet og i dampsteriliseret jord

Navnlig i det 2. år faldt den infesterede jords evne til at inficere sårede kartoffelknolde hurtigere og til et lavere niveau i den ubehandlede jord end i den dampsteriliserede (tabel 1). I det 1. år var angrebsprocenten ret høj i den ubehandlede jord efter 7 døgn forløb. Denne ret høje angrebsprocent kan have forbindelse med, at jorden, der var gravet op i en kartoffelmark den 22. oktober ikke alene var kunstigt smittet, men måske tillige har været naturligt smittet med levedygtige sporangier ved opgravningen.

Tabel 1. Kartoffelskimmens persistens i ubehandlet eller dampsteriliseret jord opbevaret i indtil 79 døgn ved forskellige temperaturer

Table 1. Persistence of late blight in non-sterilized and steam-sterilized soils stored at varying temperatures and for varying periods

Døgn mellem infestering af jorden og knoldene med denne

Jorden opbev. ved The soil stored at C°	1. år/year (100% = 104 sår/wounded)						2. år/year (100% = 106 sår/wounded)								
	7	24	30	43	58	79	1	8	15	22	29	36	43	57	78
	% infektioner/% infection														
	efter berøring med ubehandlet jord/after contact with non-sterilized soil														
2—3	74	53	46	2	0	0	79	61	35	24	12	4	6	6	0
4	89	41	62	27	7	0	79	52	25	21	11	5	3	4	4
8	92	71	77	22	12	1	79	54	36	19	10	5	4	6	0
12	66	48	43	12	2	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	75	4	17	8	1	0	79	30	15	11	1	2	11	1	3
20	66	12	4	0	0	0	79	32	7	7	1	0	6	5	0
Gens./Average ..	77	38	42	12	4	0	79	46	23	17	7	3	6	4	1
	efter berøring med den dampsteriliserede jord/after contact with steam-sterilized soil														
2—3	78	52	43	18	1	0	68	64	54	47	32	26	10	2	0
4	53	31	32	10	16	0	68	58	43	42	53	20	12	6	0
8	38	38	26	27	11	1	68	48	39	14	44	14	10	1	2
12	60	60	35	48	8	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	55	29	45	22	6	0	68	66	58	58	45	23	24	3	0
20	43	46	49	10	0	0	68	58	39	22	18	8	2	0	1
Gens./Average ..	54	43	38	23	7	0	68	59	47	37	38	18	11	2	1

3.2. Persistens ved forskellige jordtemperaturer

De temperaturer, den infesterede jord blev opbevaret ved, kunne have indflydelse på svampens persistens i jorden (tabel 1). Den var størst i den jord, der var blevet opbevaret ved 4 eller 8°, og mindst i den, der var blevet opbevaret ved 20°C. Størst synes temperaturens indflydelse at have været for persistensen i den ikke-dampsteriliserede jord.

3.3. Persistens i forskellige jordtyper

Löhnis (1924) har iagttaget, at svampen kan forblive i live i længere tid i ler- end i sandjorder. Når der ses bort fra den sortsandede jord, var dette også tilfældet ved vore forsøg i det 1. år, men ikke i det 2. år, hvor smitteevnen tilsyneladende blev bedst bevaret i sandjorden (tabel 2). I det 1. år havde svampen den bedste overlevelsessevne i højmoesjorden og i det 2. år den dårligste. Så med hensyn til i hvilken jordtype kartoffelskimmel kan overleve længst, er

det ikke muligt at drage nogen konklusion af disse forsøg, og de har således ikke bekræftet de iagttagelser Löhnis har gjort.

3.4. Persistens ved forskelligt vandindhold i jorden

Kartoffelskimmens persistens var dårligst i den meget fugtige jord, den med et vandindhold på 21 pct. (tabel 3). Dette resultat svarer i nogen grad til de resultater, Zan (1962) opnåede ved sine forsøg. Han fandt, at persistensen var størst ved et vandindhold på 15 til 25 pct. af dens vandkapacitet, hvilket ved vore forsøg svarer til et vandindhold på omkring 5 pct., beregnet som vægtprocent.

3.5. Persistens ved forskelligt pH

Fehrmann's (1963) forsøg viste, at forskelle i pH-værdier fra 4,7 til 7,5 i sporangiesuspensionen næsten ingen indflydelse havde på infektionsgraden. Han sluttede herudfra, at knold-

Tabel 2. Persistens i forskellige jordtyper efter inokulering med kartoffelskimmel (100% = 306-324 sår)

Jordtype Soil type	År Year	Døgn mellem inokulering af jorden og knoldene med denne Days between infestation of the soil with late blight and inoculation of potato tubers with the soil											
		1	8	15	22	29	36	43	50	57	71	85	99
		% infektioner/ % infection											
Sand/Sandy	1.		45		15	13		4		6		0	
» »	2.	70	54	60	37	25	20	22	11	11	4	5	0
Sort sand/Black sandy	1.		60		27	30		10		4		0	
	2.	75	67	64	56	53	26	26	30	15	6	7	2
Ler/Clay	1.		49		29	20		19		4		0	
» »	2.	84	65	67	41	40	23	20	16	2	1	0	0
Højmoose/Peat . . .	1.		—		58	51		27		13		0	
» »	2.	43	36	30	26	21	10	12	8	2	1	0	1

Tabel 3. Kartoffelskimmens persistens i sandjord med forskelligt vandindhold

Table 3. Persistence of late blight in sandy soils at various water levels (14% = field capacity)

% vand i jord % water in soil	Døgn mellem infestering af jordens og knoldene med denne Days between infestation of the soil with late blight and inoculation of tubers with the soil																	
	1	5	7	12	19	24	26	30	33	40	43	48	55	58	62	69	76	78
	% infektioner/ % infection																	
1. år/year (100% = 108 sår/wounds)																		
5%		72			44		44		33				21					1
14%		62			58		41		27				22					1
16%		58			38		36		18				20					3
21%		67			3		18		2				1					0
2. år/year (100% = 108 sår/wounds)																		
5%	34	41		20	28		15		5	5		3	0		0	0	0	
14%	47	50		25	25		9		23	21		10	7		6	1	1	
16%	47	45		30	41		6		10	10		6	10		1	7	0	
21%	43	59		4	8		10		2	1		1	2		0	0	0	

Tabel 4. Kartoffelskimmens persistens i sandjord med forskelligt pH (100% i 1. år = 324 sår ved pH 5,5 og ved pH 7,8 = 216; i 2. år = 108 sår)

Table 4. Persistence of infectivity of late blight in sandy soils at various pH levels

Jordens pH pH of the soil	År Year	Døgn mellem infestering af jorden og knoldene med denne Days between infestation of the soil with late blight and inoculation of potato tubers with the soil																
		1	5	7	12	19	24	30	33	43	48	58	62	76	79			
		% infektioner/ % infection																
5,5	1.			57			41	40		47		7						1
7,8	1.			44			30	33		18		13						2
5,6	2.	61	37		34	32			14		12		5	1				
6,8	2.	47	45		30	31			10		6		1	0				
7,8	2.	56	49		23	25			15		5		2	0				
8,2	2.	62	35		19	23			8		0		1	0				

infektion i almindelige kartoffeljorder kun i væsentlig grad er influeret af jordens pH. Zan (1956) fandt, at smitteevnens vedligeholdelse i jorden ikke var meget påvirket af forskellige jordtyper med et pH fra 4,8 til 8,0. Ved vore undersøgelser, hvor pH i en sandjord blev ændret ved syre- eller basetilsætning, var virkningen heller ikke stor. Kartoffelskimlens persistens tenderede dog til at være dårligst i den jord, der havde et pH på 8,2, og til at være lidt dårligere i jordprøverne med et pH på 7,8 end i de med lavere reaktionstal (tabel 4).

4. Diskussion

For alle forsøg gælder, at i almindelighed faldt kartoffelskimlens persistens i jorden ret jævnt med tiden, men ikke hurtigt. Endnu 30 døgn efter, at jorden var blevet infesteret med kartoffelskimmel var persistensen høj under de fleste forhold. Der hengik oftest 80 døgn og i enkelte tilfælde ca. 100 døgn (tabel 4) inden jorden helt eller næsten helt havde mistet infektionsevnen. Disse resultater er ret overensstemmende med Zan's (1962), der som foran nævnt fandt, at sporangierne kunne forblive levedygtige i lerjord i indtil 77 døgn.

Lacey (1965) har ved udlægning af prøver i kartoffelmarker i 0,5 og 10 cm's dybde konstateret, at overfladejord (0 cm's dybde) kan have en infektionsevne svarende til 2100 sporangier pr. ml jord, og at jord taget i mere end 5 cm's dybde aldrig har en, der svarer til mere end 100 sporangier pr. ml. Den mængde sporangier (10×7000 pr. dm^2), der anvendtes ved forsøgene ved Studsgård svarer til ca. 700 sporangier pr. ml overfladejord. Den anvendte sporemængde har således næppe været større end den mængde, der ofte vil være til stede under markforhold, men infektionsprocenten har alligevel været højere, end den sædvanligvis træffes efter optagning i inficerede kartoffelmarker. Det skyldes dog næppe så meget en forholdsvis kraftig såring af knoldene som det, at betingelserne for angreb (kontakt med våd eller fugtig jord og opbevaring ved meget høj luftfugtighed) har været gunstigere ved forsøgene end det er almindeligt i praksis.

Da kartoffelskimlens persistens i jorden faldt hurtigst i den fugtige jord, var langsomt aftagende ved 4 og 8°C og kunne være afhængig af en sterilisering af jorden, må den under markforhold kunne afhænge af forhold som jordens vandindhold, temperatur og måske dens mikroflora. De samme forhold bevirker, at det må antages, at faren for smitte fra jorden efter et angreb på toppen vil være forholdsvis længst, når stærke angreb på toppen følges af en periode, hvor jorden er forholdsvis tør. Endvidere at persistensen hyppigt vil være af længere varighed efter sene end efter tidlige angreb, fordi jordtemperaturen sædvanligvis oftest er lavest efter de sene angreb.

5. Konklusion

Risikoen for jordsmitte under optagningen i marker, der ikke har kunnet holdes helt frie for angreb, kan nedsættes ved at udsætte optagningen til nogen tid efter, at angreben top er nedvisnet eller fjernet. Valg af det rette optagningstidspunkt afhænger dog af en række andre faktorer, blandt andre af mulighederne for optagning under tørre vejrforhold, samt af faren for øget knoldinfektion inden optagning, og for øget angreb af kartofflens rodiltsvamp (*Rhizoctonia solani*). Derfor kan det i almindelighed ikke anbefales at udsætte optagningstidspunktet til faren for jordsmitte ved optagningen kan udelukkes. En udsættelse bør kun anvendes som en hjælp til at nedsætte smittefaren, når der ikke er andre forhold, der taler herimod.

Litteraturliste

- Bonde, R. & E. S. Schultz, 1945: The control of late blight tuber rot. – Am. Potato J. 22, 163-167.
- Boyd, A. E. W. & J. M. Henderson, 1953: Susceptibility of immature potato tubers to blight. – Pl. Path. 2, 113-116.
- Callbeck, L. C., 1949: Late blight epidemiology studies in Prince Edward Island. – Proc. Can. Phytopath. Soc. 16, 13-14.
- Fehrmann, H., 1963: Untersuchungen zur Pathogenese der durch *Phytophthora infestans* hervorgerufenen Braunfäule der Kartoffelknollen. – Phytopath. Z. 46, 371-408.
- Hofman Bang, N. E., 1882: Kartoffelsygen. – Om

- Landbrugets Kulturpl. og dertil hørende Frøavl 4, 44-50.
- Jensen, J. L., 1882: Kartoffelsygen kan overvindes ved en simpel og let udførlig dyrkningsmåde. – Wilh. Priors Hof-Boghandel, København, 70 pp.
- Lacey, J. 1965: The infectivity of soils containing *Phytophthora infestans*. – Ann. appl. Biol. 56, 363-380.
- Löhnis, M. P., 1924: Onderzoek naar het verband tusschen de weersgesteldheid en de aardappelziekte (*Phytophthora infestans*) en naar de eigenschappen, die de vatbaarheid der knollen voor deze ziekte bepalen. – Med. Wetenscapp. Commissie Volkswelvaart en Weerbaarheid. 129 pp.
- Murphy, P. A. & R. McKay, 1925: Further experiments on the sources and development of blight infection in potato tubers. – J. Dep. Agric. Repub. Ire 25, 10-21.
- Volkart, A., 1936: Die Krautfäuleanfälligkeit der Sorten des Kartoffelrichtsortimentes. – Schweiz. Landw. Z. 35, 2.
- Zan, K., 1962: Activity of *Phytophthora infestans* in soil in relation to tuber infection. – Trans. Br. mycol. Soc. 450, 205-221.

Manuskript modtaget d. 7. september 1973