

Statens forsøgsstation ved Studsgaard (Ole Wagn)

Infektion med kartoffelskimmel (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) ved lagring af kartoffelknolde i kortere perioder ved høj luftfugtighed

Infection of potato tubers by late blight (Phytophthora infestans (Mont.) de Bary) after storage for short periods at high relative humidity

Johs. Bak Henriksen

Resumé

Sårede knolde, der var inokuleret med kartoffelskimmel (*Phytophthora infestans*), blev opbevaret ved konstante temperaturer og høj luftfugtighed i indtil 16 døgn, inden fugtighedsgraden blev ændret til et lavere niveau.

Infektionsprocenten steg stærkt med længden af perioden ved den høje fugtighedsgrad og stærkest, når knoldene tillige opbevaredes ved den højeste temperatur indenfor intervallet 8-15 °C. Når der er fare for infektion af knoldene ved optagningen gælder det derfor om, at de tages op i tørt vejr og navnlig i den første tid efter optagningen opbevares under tørrende forhold. Blot et døgn opbevaring ved høj luftfugtighed og temperaturer omkring 15 °C kan få katastrofale følger for et parti kartofler, der har været udsat for stærk smitte.

Undersøgelser over sporangie- og vædskemængdens indflydelse på inokuleringsresultatet viste, at antallet af angreb steg stærkt med stigende sporangiekoncentration indtil en koncentration på 10.000 pr. ml, derefter tilsyneladende svagt.

En forøgelse af vædskemængden fra 1 til 2 ml pr. kg knolde ved konstant sporangiekoncentration fremkaldte en ret stærk stigning i infektionsgraden, mens en forøgelse udover de 2 ml kun var årsag til en mindre stigning i infektionsprocenten.

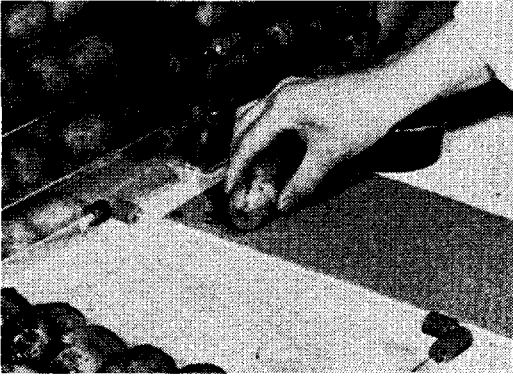
1. Indledning

Navnlig i fugtige efterår kan det iagttages, at oprindeligt tilsyneladende sunde knolde bliver inficerede med kartoffelskimmel (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) efter optagning. Oprindelsen til sådanne infektioner kan skyldes såvel en inokulering kort tid før optagningen som inokulering ved eller efter optagningen. Svampens muligheder for at inficere vil, udover virulens og knoldresistens på inokuleringstidspunktet, være afhængig af inokuleringsmængden, såringsgraden og ikke mindst af kårene under kartoflernes optagning og opbevaring.

Den indflydelse høj relativ fugtighed i den første periode efter inokulering kan have på udvikling af kartoffelskimmels knoldangreb er under-

søgt ved statens forsøgsstation i Studsgaard. Formålet var at belyse, hvor hurtigt kartofler, bør anbringes under tørrende forhold efter optagningen for at hindre, at en inokulering ved optagningen udvikler sig til en egentlig infektion.

Opbevaring under fugtige forhold kan i høj grad øge antallet af knoldinfektioner. Fugtighedsgradens indflydelse på antallet af knoldinfektioner synes især at være forbundet med infektionernes indledende faser, først og fremmest sporangiernes spiring og angrebets manifestering (ved en manifest infektion forstås en infektion, der har slået an. Modsat forstås ved en latent infektion en skjult og ofte hvilende infektion). Tilstedeværelse af frit vand må sædvanligvis betragtes som nødvendigt, for at et større antal sporangier kan



Figur 1. Såring af kartofler før inokulering med infesteret jord (bag hånden ses en skål med den infesterede jord, foran de inokulerede knolde).

Figure 1. Wounding of potato tubers before inoculation with soil contaminated with late blight (behind the hand: bowl with the contaminated soil, in front of the hand: the inoculated tubers).

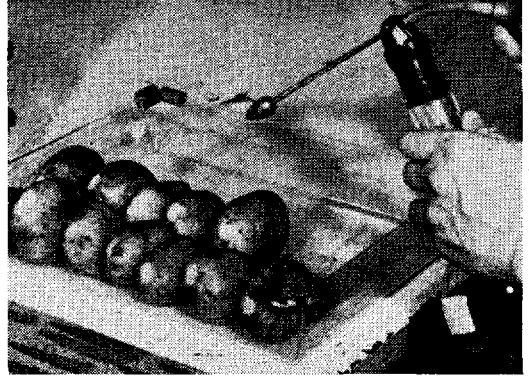
spire. *Glendinning et al. (1963)* har dog iagttaget, at en lille del af sporangierne (omkring 1 pct.) kan spire ved en rel. fugtighed på 95-100 pct.

Blandt de knolde, *Eddins (1945)* opbevarede under fugtige forhold, ødelagde svampen indtil 90 pct. mod kun enkelte, blandt knolde fra samme parti opbevaret under tørre forhold. Når først knoldene var synligt inficerede, fandt *Lepik (1929)*, at opbevaring under tørre forhold ikke var nogen hindring for svampens videre udbredelse i det indre af syge knolde. Dette er i overensstemmelse med *Hecke (1898)*, *Vowinkel (1926)* og *Orth's (1937)* iagttagelser. *Melhus (1915)* har dog ved opbevaring af naturligt inficerede kartofler i fugtigt og i tørt sand fundet, at svampen havde den største udbredelse i de knolde, der var blevet opbevaret under de fugtigste forhold.

2. Almen metodik og metodiske undersøgelser ved inokuleringsforsøg

I tilknytning til de forannævnte undersøgelser ved statens forsøgsstation i Studsgaard og en række andre undersøgelser samme sted over kartoffelskimmels knoldangreb, er det undersøgt, hvilken indflydelse sporangie- og vædskemængden kan have på angrebsgraden ved inokuleringsforsøg.

Nogenlunde den samme metodik blev anvendt



Figur 2. Inokulering med sporangieopslæmning.

Figure 2. Inoculation with a suspension of sporangia.

ved alle inokuleringsforsøgene ved Studsgaard. Knoldene, der anvendtes, blev vaskede, eller på anden måde rengjorte, og var af den for kartoffelskimmel modtagelige sort Bintje. I de enkelte forsøg anvendtes samme antal knolde pr. 1,00 kg til alle led. Før inokuleringen blev knoldene såret 2 steder på samme side. Det ene sår lagdes ved topenden, det andet ved navleenden. Sårene var ca. 10 mm i diameter og frembragtes ved let gnidning mod sandpapir (nr. 1 3/4). Efter såringen blev kartoflerne inokuleret med kartoffelskimmel dyrket på ærter efter en metode af *Thurston (1957)*. Det isolat, der anvendtes i de enkelte år, var, hvor intet andet er bemærket, nyisoleret fra naturligt smittede knolde. Inokulationen udførtes ved enten at gnide sårene let mod infesteret jord, eller hyppigere, ved hjælp af en parfumeforstøver at befugte knoldene med en sporangieopslæmning. Navnlig den sidst nævnte metode blev foretrukket fremfor andre, da det antoges, at en befugtning af knoldene med en parfumeforstøver i nogen grad kunne svare til den form for inokulering, kartofler kan udsættes for under optagningen.

Trods det, at godt halvdelen af knoldenes overflade blev befugtet med sporangieopslæmningen, forekom infektionerne normalt kun i sårene. Infektioner gennem øjne eller lenticeller var meget sjældne ved de udførte forsøg. De væsentligste årsager hertil har antagelig været, at øjnene var meget lidt udviklet på inokuleringstidspunktet, og at den tilførte vædskemængde ved inokuleringen

har været for lille til at sikre svampens indtrængen gennem øjne eller lenticeller.

Ved opgørelsen af forsøgene blev alle sår skåret igennem, og sygdomsangrebet bestemt makroskopisk. Undtagelsesvis, og det vil navnlig sige i forbindelse med de første forsøg og i tvivlstilfælde, blev de gennemskårne knolde lagt fugtigt et døgn eller to og efterkontrol foretaget under mikroskop.

Infektionsgraden blev i de fleste tilfælde gjort op som pct. inficerede sår, i de færreste ved måling af infektionsdybden og/eller infektionsarealet. Med infektionsdybden menes den største dybde målt vinkelret ind i knolden, hvor misfarvet væv kunne iagttages. Infektionsarealet eller -fladen er beregnet ved at måle den største og mindste diameter af det misfarvede væv, og så regne arealet tilnærmet ud som arealet af en elipse.

Med inficerede sår menes infektioner, der tydeligt kan iagttages ved en gennemskæring af sårene.

2.1. Sporangiekoncentration og infektionsgrad

De infektionsresultater, der opnås ved kunstig inokulering af kartoffelknolde med kartoffelskimmel kan afhænge af den anvendte sporangiekoncentration. Under gunstige forhold kan meget få sporangier fremkalde en infektion. Således har *Fehrmann* (1963) iagttaget infektioner efter inokulering med kun 2 sporangier pr. ml inokulum, og *Lacey* (1967) har iagttaget infektioner på 10 pct. af de knolde, han inokulerede med en opslæmning med 100 sporangier pr. ml. *Lacey* og *Davila* (1964) fandt, at infektionsgraden steg med stigende sporangiekoncentration, mens *Fehrmann* fandt et infektionsoptimum ved et sporangieantal på 2.000 til 10.000 pr. ml, og at infektionsgraden var aftagende ved inokulation med mere end 10.000 sporangier pr. ml. Forskellene mellem disse resultater kan skyldes forskellig fremgangsmåde, idet *Fehrmann* dyppede knoldene i sporangieopslæmninger, og *Davila* og *Lacey* befugtede knoldene med opslæmningen, eller (*Lacey*) inokulerede knoldene ved hjælp af fugtet filterpapir.

Sporangiekoncentrationens virkning under de forhold og med den teknik, vi har arbejdet med, er søgt belyst ved et forsøg. Kartoffelknolde af sorten Bintje blev inokuleret med 3 ml sporangie-

opslæmning pr. kg knolde. De anvendte opslæmninger indeholdt fra 0 til 100.000 sporangier pr. ml vædske. Efter inokuleringen blev knoldene opbevaret ved 14 til 15 °C og en fugtighedsgrad på 90-100. Inokuleringen blev foretaget den 13. august med 3×24 knolde pr. behandling og så kort tid (4 døgn) efter kartofflernes optagning, at det ikke kunne udelukkes, at enkelte af knoldene var smittet fra marken. Dette synes også at have været tilfældet, for hos knolde blot befugtet med vand (kontrollen) forekom infektioner i eller i forbindelse med 5 pct. af sårene. Infektioner uden forbindelse med sårene kunne ikke iagttages ved forsøgets opgørelse den 31. august.

Resultater:

Antallet af infektioner steg med stigende sporangiekoncentration (tabel 1). Stigningen var forholdsvist stærk indtil en koncentration på 10.000 pr. ml og derefter tilsyneladende svag. En sådan stigning i infektionsgraden med sporangiemængden udover 10.000 pr. ml er mere i overensstemmelse med *Lacey* (1967) og *Davila's* (1964) iagttagelser, end de foranømtalte resultater *Fehrmann* opnåede ved sine forsøg.

Tabel 1. Infektion efter inokulering med forskellige sporangiekoncentrationer

Kontrol	1000 sporangia / ml suspension							
	0,1	1	2	10	20	40	100	
	% infektioner / % infection							
5	8	42	68	90	93	94	96	

I forsøgsperioden har betingelserne været gunstige for udvikling af infektioner, da såvel temperaturforholdene som luftens indhold af fugtighed har begunstiget en hurtig spiring af sporangierne og vækst af svampen. Hertil kommer, at inokuleringen er udført på ret tidligt optagne og derfor umodne knolde af en modtagelig sort. Ved koncentrationerne på 10.000 sporangier eller derover har angrebsprocenten været 90 eller mere. Under gunstige forhold for angrebets udvikling har en sporangiekoncentration på 10.000 pr. ml givet nær det maksimale angreb, der må kunne forventes. Sporangiemængder på omkring dette antal er

blevet anvendt ved de fleste af de forsøg, der fra 1960 til 1971 er udført ved Studsgaard over kartoffelskimmens knoldangreb. En så stor sporangiemængde har antagelig bevirket, at en eventuel mindre variation i antallet af sporangier pr. ml ikke har haft nogen større indflydelse på infektionsresultatet ved forsøgene.

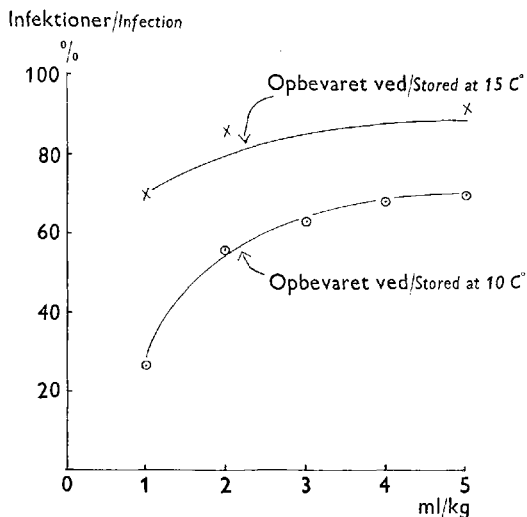
2.2. Vædske­mængde og infektionsgrad

Ved inokuleringen af knoldene ved forsøgene ved Studsgaard er sædvanligvis anvendt 3 eller 4 ml sporangieopløsning pr. kg knolde. Med en sådan mængde var det muligt at opnå en ensartet fordeling af vædsken og at befugte knoldene, uden at de blev så våde, at vandet drev ned ad dem. Anvendelse af større vædske­mængder gav ingen arbejdsmæssige fordele. Mindre mængder krævede større omhu og kunne, ved inokulering af et større antal prøver, øge faren for fejl forårsaget af uensartet vædskefordeling. Den virkning, vædske­mængden havde ved inokulering med et konstant antal sporangier pr. kg knolde, søgtes belyst i 2 mindre forsøgsserier.

Knoldene i den første forsøgsserie blev såret og inokuleret med kartoffelskimmel den 26. august og sygdomsangrebene optalt den 6. oktober. I den anden forsøgsserie foretoges inokulering og optælling henholdsvis den 7. december og den 7. januar. I den første forsøgsserie blev knoldene inokuleret en uge efter, at de var taget op, og det kunne ikke udelukkes, at nogle af dem var naturligt inokuleret med kartoffelskimmel ved forsøgets begyndelse. For at kontrollere om dette var tilfældet, blev en sjettedel af de anvendte knolde blot sårede og opbevaret ved de fastsatte forsøgstemperaturer og fugtighedsgrader. Ingen af disse knolde blev inficeret af kartoffelskimmel.

Efter inokulering med 2000 sporangier pr. kg knolde blev kartoflerne i den første forsøgsserie opbevaret ved 10 og 15 °C. Kartoflerne i den anden forsøgsserie blev inokuleret med to forskellige sporangiemængder, henholdsvis 9.000 og 36.000 sporangier pr. kg kartofler, og derefter opbevaret ved 15 °C.

De nævnte sporangiemængder tilførtes knoldene i 5 forskellige fortyndingsgrader svarende



Figur 3. Infektion under opbevaring ved 10 eller 15 °C efter inokulering den 26. august 1964 med 1 til 5 ml sporangieopløsning pr. kg knolde.

Figure 3. Per cent infected wounds after inoculation with 1 to 5 ml sporangiasuspension/kg tubers and storing at 10 and 15 °C.

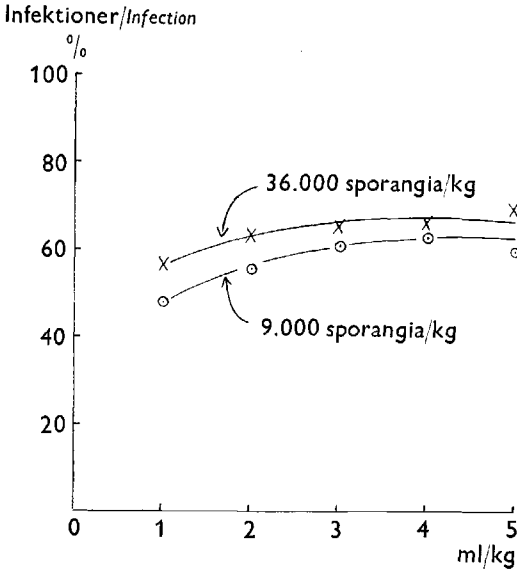
til opløsning i 1, 2, 3, 4 eller 5 ml vand pr. kg knolde.

Efter befugtningen med opløsningerne blev knoldene opbevaret ved høj luftfugtighed (ca. 95 pct.) i 0, 2 eller 4 døgn, hvorefter de blev flyttet til en lavere fugtighedsgrad. Under opbevaringen ved 15° var den lave relative luftfugtighed på 60-75 pct. og ved 10° på 70-75. For hver behandling blev 26-30 knolde inokuleret med kartoffelskimmel, og ingen behandling blev gentaget ved dette faktorielle forsøg.

Resultater:

Under de fleste forhold steg infektionsprocenten stærkt ved en forøgelse af vædske­mængden udover de 2 ml (figur 3, 4 og 5).

Opbevaring ved 15° gav en højere infektionsprocent end opbevaring ved 10 °C (figur 3). Vædske­mængden havde tilsyneladende større virkning ved de 10 end ved de 15°, for forskellen i infektionsprocenten ved de to temperaturer var faldende med stigende vædske­mængde indtil tilførsel af 3 ml sporangieopløsning pr. kg knolde. Ved



Figur 4. Infektion efter inokulering den 7. december 1965 med 1 til 5 ml vædske og 9.000 eller 36.000 sporangier pr. kg knolde under opbevaring ved 15 °C.

Figure 4. Per cent infected wounds after inoculation with 1 to 5 ml sporangiasuspension containing 9.000 and 36.000 sporangia/kg inoculated tubers stored at 15 °C.

tilførsel af 1 ml vædske pr. kg var forskellen mellem procenterne ca. 40 og i gennemsnit for alle de andre tilførte vædskemængder ca. 20. Udelukkes kan det dog ikke, at årsagen hertil eller i det mindste noget af årsagen til denne forskel i virkning mellem de to temperaturer skal søges i, at mulighederne for variation ikke har været så store ved de 15° som ved de 10°, da infektionsprocenterne ved de 15° lå nærmest maksimum på de 100.

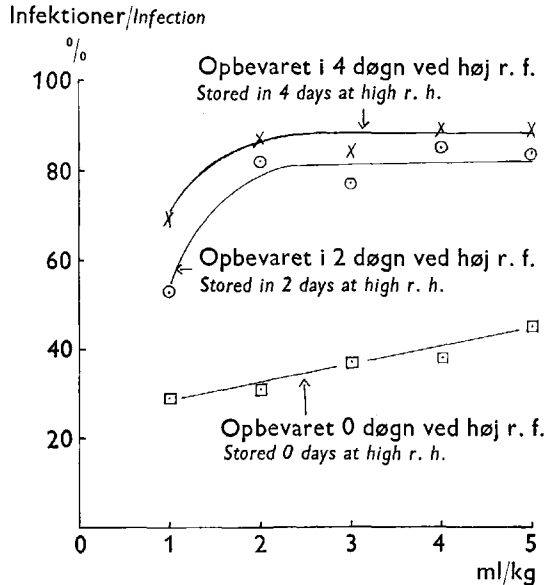
Antallet af sporangier pr. ml vædske havde ingen større indflydelse på den virkning, vædskemængden havde (figur 4). Dog var antallet af infektioner i gennemsnit 5 til 10 pct. højere efter inokulering med 36.000 sporangier pr. kg knolde, end det var efter inokulering med 9.000 sporangier pr. kg.

Ved begge forsøg havde den fugtighedsgrad, kartoflerne havde været opbevaret ved i de første døgn efter inokuleringen, nogen indflydelse på infektionsgraden (figur 5). Blandt de knolde, der ikke havde været opbevaret ved høj luftfugtighed efter inokuleringen steg infektionsgraden, om end

forholdsvis langsomt, med stigende vædskemængde. Hos de knolde, der havde været opbevaret i 2 eller 4 døgn ved høj luftfugtighed lige efter inokuleringen, forekom kun en stigning i infektionsprocenten ved en forhøjelse af vædskemængden fra 1 til 2 ml pr. kg knolde.

3. Materiale og metodik ved undersøgelser over virkninger af kort tids lagring ved høje fugtighedsgrader

Ved 4 forsøg blev knolde af sorten Bintje såret på den foran beskrevne måde og straks efter inokuleret med kartoffelskimmel. Derefter blev de først opbevaret ved høje fugtighedsgrader i indtil 16 døgn, inden de udsattes for mere tørre forhold. De ved forsøgene anvendte fugtighedsgrader og opbevaringstemperaturer fremgår af tabel 2. De temperaturforhold, knoldene blev opbevaret ved, lige inden forsøgene påbegyndes, for at sikre nogen heling af eventuelle småsår, fremgår af tabel 3 sammen med datoerne for såring, inokulering og optælling af manifeste infektioner. Det benyt-



Figur 5. Infektion efter opbevaring i 0, 2 eller 4 døgn ved en høj fugtighedsgrad og inokulering med 1 til 5 ml vædske pr. kg knolde.

Figure 5. Per cent infected wounds after inoculation with 1 to 5 ml sporangia-suspension followed by storage for 0, 2 or 4 days at high rel. humidity.

Tabel 2. Anvendte opbevaringstemperaturer og fugtighedsgrader før og efter ændring af fugtighedsgraden fra høj til lav

Forsøg	Opbevaringstemperatur C°									
	4		8		15		20		25	
	før	efter	før	efter	før	efter	før	efter	før	efter
1.	90-100	90-100	90-100	90-100	95-100	70-80				
2.	—	—	—	—	95-100	70-80	—	—	—	—
3.	—	—	—	—	ca. 95	70-80	—	—	—	—
4.	ca. 95	70-90*	ca. 95	70-90	ca. 95	70-90	ca. 95	70-90	ca. 95	70-90

*) blev flyttet til 15° efter 2 1/2 måned ved 4 °C.

Tabel 3. Sårhelingstemperatur og -varighed for forsøgets påbegyndelse, datoer for såring, inokulering og optælling af inficerede sår samt anvendte temperaturer under forsøget

Forsøg nr.	Sårheling		C° under forsøget	Såret og inokuleret	Optælling	
	før forsøget døgn	C°			mellem	endelig
1	4	16-18	4, 8 ell. 15	9. okt.	23. okt., 10. nov.	14. nov.
2	8	15-18	15	13. dec.	—	14. jan.
3	10	15-18	15	13. dec.	—	14. jan.
4	10	15-18	15, 20 ell. 25	14. febr.	—	7. marts
4	10	15-18	8	14. febr.	—	4. april
4	10	15-18	4	14. febr.	—	29. april

Tabel 4. Antal gentagelser pr. led, knolde pr. gentagelse og sår pr. led samt inokuleringsmåde

Forsøg nr.	Gentagelser pr. led	Knolde pr. gentagelse	Antal sår pr. led	Inokuleringsmåde
1	3	14	84	ved befugtning med sporangieopløsning
2	3	17	102	med jord inficeret 5 døgn forinden
3	3	26	156	» » » 8 » »
4	3	23-25	96	ved befugtning med sporangieopløsning

tede antal gentagelser pr. led, knolde pr. gentagelse og sår pr. led samt den anvendte inokuleringsmåde fremgår af tabel 4.

Ved forsøg 1, 2 og 3 blev fugtighedsgraden kun ændret fra høj til lav under opbevaringen ved 15°. I forsøg 1 var der dog medtaget en behandling ved 4° og en ved 8° uden ændring af fugtighedsgraden. Det var gjort for at få nogen orientering om temperaturens virkning sammenlignet med fugtighedsgradens. I forsøg 4 blev fugtighedsgraden ændret under lagring ved forskellige temperaturniveauer.

Efter såringen blev knoldene lagt i et lag i plastikbakker. Ved forsøg 1 blev bakkerne dækket med ikke tætsluttende låg. Hvor fugtighedsgraden skulle være lav, sattes plastikskåle med mættet NaCl-opløsning ned mellem knoldene, og

hvor den skulle være høj, sattes skåle med vand. Ved de 3 andre forsøg blev plastikbakkerne uden låg sat oven på hinanden med ca. 1 cm's mellemrum mellem bakkerne. I lave stabler sattes de ind i termostatskabe, hvori fugtighedsgraden blev reguleret.

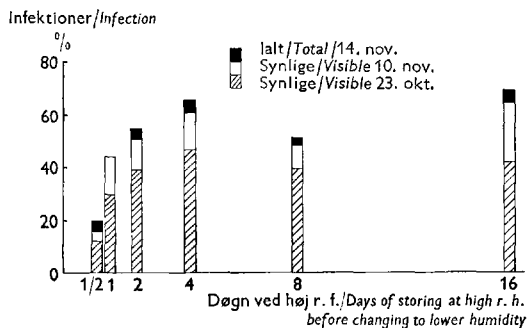
4. Resultater

I de første 2 døgn efter inokuleringen var infektionsgraden stærkt stigende med varigheden af den periode, knoldene havde været opbevaret ved den høje relative fugtighed (figur 6 og tabel 5 og 6). Ved forsøg 1 (figur 6) forekom ingen angreb blandt de sårede og inficerede knolde, der i hele forsøgsperioden havde været opbevaret ved den lave fugtighedsgrad. Hos de knolde, der i 12 timer havde stået ved den høje fugtighedsgrad, var

19 pct. af sårene inficerede. Efter et døgn opbevaring ved den høje fugtighedsgrad var antallet af inficerede sår steget til over det dobbelte og efter 2 døgn til det tredobbelte. Yderligere opbevaring ved den høje fugtighedsgrad inden flytningen til den lave fremkaldte kun en mindre fortsat stigning i infektionsprocenten.

Under opbevaringen ved 15° var den højeste målte, gennemsnitlige infektionsprocent 69, mens den var 73 hos de sårede og inokulerede knolde, der blev opbevaret ved 8° og en fugtighedsgrad på 95-100 pct. Blandt de knolde, der var opbevaret ved 4°, kunne der ikke iagttages nogen infektioner på optællingstidspunktet. Af figur 6 fremgår, at kun mellem 40 og 85 pct. af de sår, der var inficerede ved gennemskæringen af knoldene den 14. november kunne betegnes som inficerede ved et udvendigt syn 2 uger efter inokuleringen den 9. oktober. Selv den 10. november, næsten 5 uger efter inokuleringen, var det ikke muligt ved et udvendigt syn at konstatere alle infektioner. En medvirkende årsag hertil kan være det forhold, at kun hos forholdsvis få af knoldene var det inficerede væv tydeligt indfaldent.

Ved forsøg 2 og 3, hvor knoldene blev inoku-



Figur 6. Pct. synlige infektioner 14 og 32 døgn efter inokulering samt pct. manifeste infektioner i alt efter opbevaring ved 15 °C i 0 til 16 døgn ved høj rel. fugtighed inden flytning til lav rel. fugtighed ved samme temperatur (forsøg 1).

Figure 6. Per cent visible infection 14 and 32 days after inoculation with late blight and total per cent infection found after cutting in sections 36 days after inoculation. Stored at 15 °C, in the first 0 to 16 days at 90-100 per cent rel. humidity, and then at rel. humidity 70-80 maintaining temperatur at 15 °C.

Table 5. Manifeste infektioner i kartoffelknolde efter ændring af fugtighedsgraden fra 95-100 til 70-80 pct. under opbevaring ved 15 °C. Inokulering med infesteret jord i december

Table 5. Development of infection by late blight of tubers subjected to changes in rel. humidity from 90-100 to 70-80 during storage. Tubers were inoculated with contaminated soil in December

Ved r. f. 95-100 inden flytning til r. f. 70-80 i		At r. h. 95-100 before change to r. h. 70-80 in		timer / hours		døgn / days			
0	4	8	16	20	1	2	4	8	16
% infektioner / % infection									
Forsøg 2 / Exp. 2									
4	—	—	—	38	74	45	74	78	68
Forsøg 3 / Exp. 3									
29	31	39	67	—	83	97	98	92	98

leret med infesteret jord (tabel 5) havde fugtighedsgraden en lignende indflydelse som ved forsøg 1, hvor inokuleringen var udført ved befugtning med en sporangieopslæmning.

Ved forsøg 4, hvor fugtighedsgraden blev ændret fra høj til lav under opbevaring ved en række temperaturniveauer (4, 8, 15, 20 eller 25 °C), blev inokuleringen foretaget forholdsvis sent i opbevaringssæsonen (14. februar) (tabel 6).

Infektionsprocenten blev høj ved dette forsøg, og højest under opbevaring ved 20 °C, hvor næsten 100 pct. af sårene var inficerede. Ved 15 og 25° var infektionsprocenten lidt lavere. 63 pct. af sårene blev inficeret under opbevaringen ved 15° ved den lave fugtighedsgrad i hele forsøgsperioden, mod næsten 100 pct. hos de knolde, der blot i

Table 6. Indflydelse af temperatur og ændringer af fugtighedsgraden på manifeste infektioner (forsøg 4)

Table 6. Effect of temperature and changes in rel. humidity on the development of infection by late blight of potato tubers

Timer ved r. f. 95 inden flytning til r. f. 70-90		Hours at r. h. 95 before change to 70-90%			
0	24	45	96		
% infektioner / % infection					
4-5	10	45	60		
8	12	36	51	89	
15	63	94	100	100	
20	95	98	100	94	
25	46	93	98	96	

et døgn havde været anbragt ved den høje fugtighedsgrad.

Ved 8° steg infektionsprocenten noget langsommere med varigheden af den periode, knoldene havde været opbevaret ved den høje fugtighedsgrad inden ændring til lav. Efter 0 døgn opbevaring ved den høje fugtighedsgrad var den 12 og derefter jævnt stigende til den efter 4 døgn opbevaring ved den høje fugtighedsgrad var steget til det syv-dobbelte. Mellem opbevaring ved 4 til 5 og 8 °C var der ikke væsentlige forskelle i infektionsprocenten for indtil 45 timers opbevaring ved den høje fugtighedsgrad.

Disse undersøgelser synes ligesom forsøg 1 at vise, at indenfor temperaturintervallet 8 til 15 °C er det navnlig fugtighedsgraden og kun i mindre grad temperaturen, der er afgørende for, om en infektion kommer til udvikling i friske sår. Endvidere viser de, at stigningen i infektionsprocenten ved høj luftfugtighed foregår hurtigst ved den højeste temperatur indenfor temperaturintervallet 8-20 °C.

5. Diskussion

Vore klimaforhold skaber ofte ret gunstige forhold for kartoffelskimmel i den senere del af vækstperioden, og ved kartoffernes optagning vil svampens sporangier hyppigt være til stede på plantemateriale eller i jorden. Derfor kan selv små sår, opstået under optagningsprocessen byde svampen lette indtrængningsmuligheder. Om svampen får mulighed for at udvikle infektioner i knoldene afhænger af deres resistens og af temperatur- og luftfugtighedsforholdene.

Inden for temperaturområdet 8 til 20 °C viser de forsøg, der er omtalt i det foregående, at det i langt højere grad er luftens indhold af vanddamp end temperaturen, der er afgørende for, om infektioner kommer til udvikling i inokulerede knolde. Temperaturen betydning synes navnlig at være, at de inokulerede knolde skal opbevares i længere tid under fugtige forhold ved de lavere end ved de højere temperaturer indenfor området 8-20 °C, for at et stort antal infektioner kan udvikles.

6. Konklusion

Det er navnlig fugtighedsgraden, der er af betydning for infektionsgraden. Når der er fare for infektion ved optagningen, gælder det derfor om, at kartofflerne tages op i tørt vejr og at de navnlig i den første tid efter optagningen opbevares under tørrende forhold. Jo højere temperaturen er, desto vigtigere er det, at tørringen sker omgående, da mere end 1/2 døgn opbevaring under fugtige forhold ved 15° efter en såring og inokulering med kartoffelskimmel kan blive årsag til en meget væsentlig forøgelse i antallet af infektioner.

Summary

Effects of short periods of high humidity on the infection of potato tubers by late blight (*Phytophthora infestans*) have been studied. It was investigated by storing wounded, inoculated tubers in air with a high content of humidity (r. h. about 95) for 0 to 16 days and then removing them to storage conditions of lower humidity, maintaining the same temperature.

The number of infected wounds rose sharply with the duration of high humidity.

In the temperature range of 8 to 15 °C, humidity of the surrounding air proved to be the more decisive factor in determining whether inoculum added to freshly inflicted wounds would develop into infection. However, the rise in severity of infection occurred most rapidly at the highest temperature (15 °C).

As humidity in the first few days after inoculation is of paramount importance for the degree of infection, both lifting in dry weather and immediate storing after lifting under dry conditions becomes essential for the avoidance of risks of infection.

Results of investigating effects of varying concentrations and amounts of sporangia suspensions on infection showed that number of infections rose relatively sharply with concentrations up to 10.000 sporangia/ml and increased less at higher concentrations (table 1).

Litteraturliste

- Davila, E.*, 1964: Late blight infection of potato tubers. - Am. Potato J. 41, 103-112.
- Eddins, A. H.*, 1945: Transmission and spread of late blight in seed potatoes. - Am. Potato J. 22, 333-339 (Efter Hänni, 1949).
- Fehrmann, H.*, 1963: Untersuchungen zur Pathogenese der durch *Phytophthora infestans* hervorgerufenen

- Braunfäule der Kartoffelknolle. - *Phytopath. Z.* 46, 371-408.
- Glendinning, D. J. A., MacDonald & J. Grainger, 1963: Factors affecting the germination of sporangia in *Phytophthora infestans*. - *Trans. Br. mycol. Soc.* 46, 595-603.
- Hecke, L., 1898: Untersuchungen über *Phytophthora infestans* de By. als Ursache der Kartoffelkrankheit. - *J. Landwirtsch.* 46, 71-74, 97-142.
- Lacey, J., 1967: Susceptibility of potato tubers to infection by *Phytophthora infestans*. - *Ann. appl. Biol.* 59, 257-64.
- Lepik, E., 1929: Untersuchungen über den Biochemismus der Kartoffelfäulen I. Der Einfluss der *Phytophthora*-Fäule die chemische Zusammensetzung der Kartoffelknolle. - *Phytopath. Z.* 1, 49.
- Melhus, J. E., 1915: Hibernation of *Phytophthora infestans* in the Irish potato. - *J. agric. Res., Washington* 5, 71-102.
- Orth, H., 1937: Der Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf Keimverhalten der Sporangien von *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, des Erregers der Kartoffelkrautfäule. - *Z. PflKrankh. PflSchurz* 47, 425-447.
- Thurston, H. D., 1957: The culture of *Phytophthora infestans*. - *Phytopathology* 47, 186.
- Vowinkel, O., 1926: Die Anfälligkeit deutscher Kartoffelsorten gegenüber *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, unter besonderer Berücksichtigung der Untersuchungsmethoden. - *Arb. Biol. Reichsanst. Land- u. Forstw. Berlin-Dahlem* 14, 588-641.

Manuskript modtaget 30/7-73.