

Statens forsøgsstation ved Studsgård (Ole Wagn)

Overførsel af kartoffelskimmel (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) ved kontakt mellem knolde under lagringen

Transmission of late blight (Phytophthora infestans (Mont.) de Bary) by contact during storage of potato tubers

Johs. Bak Henriksen

Resumé

Overførsel af kartoffelskimmel fra inficerede til sunde knolde forekom kun i større omfang, når såvel de sunde som de inficerede knolde var sårede på berøringsstedet, og når såringen af de sunde knolde var foregået kort forinden, der blev etableret kontakt med det sårede, inficerede væv. Høj fugtighedsgrad og højere temperaturer (indtil 15° C) tenderede til at øge smitteoverførslen.

I. Indledning

Kartoffelknolde kan blive inficerede med kartoffelskimmel (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) på tre måder: 1) Inden optagningen, d.v.s. i jorden, 2) ved smitte fra jord eller top under optagningen eller håndteringen kort efter og 3) ved overførsel fra knold til knold under lagringen. Det sidste kan ske, a) ved at svampen overføres direkte fra knold til knold under opbevaringen, b) ved at svampesporer føres med luftstrømme fra inficerede til sunde knolde, eller c) ved at sporerne overføres til sunde knolde under transport og sortering.

Spek (1953) slutter ud fra sine undersøgelser, at nogen spredning af kartoffelskimmel fra inficerede til sunde knolde må forekomme under fugtig opbevaring af en kartoffelafgrøde med inficerede knolde. Han fandt, at sporulering kunne forekomme på den jord, der hang ved de inficerede knolde, og at en infektion kunne finde sted med sporangier produceret fra mycel, der voksede ud gennem lenticeller, sår eller måske spirende øjne på de inficerede knolde. I overensstemmelse med *Spek's* iagttagelser er det ofte iagttaget ved Studsgård, at kartoffelskimmel sporulerer i sår hos inficerede knolde

fra fugtige, endnu ikke nedkølede partier. Det er antagelig sjældent, at fugtighedsgraden er så høj, at svampen sporulerer på de fleste af de inficerede knolde i en kartoffelbeholdning. Forfatteren har kun iagttaget det én gang (den 3. oktober 1963), og det var på kartofler opbevaret i kule. Kartoflerne var fugtige eller våde, og mere end 50 pct. var inficeret med kartoffelskimmel. Svampen sporulerede i hudafskrabninger eller sår hos alle de (ca. 30) inficerede knolde, der mikroskoperedes samme dag, som de var udtaget tilfældigt valgte steder i kulen. I lagrede kartofler med en så udbredt sporulering og så gode fugtighedsforhold for svampen, som her, må det antages, at nyinfektioner kan forekomme under selve opbevaringen, nemlig ved at sporangierne overføres til sår med luftstrømme eller ved fald. Medens det i beholdninger, hvor svampen kun sporulerer på få knolde, må antages, at mulighederne for en spredning af sporerne (sporangier) fra et område til et andet er få. Deres passage gennem beholdningerne hæmmes af knoldene, og på de knolde, de falder, er der sædvanligvis ikke det nødvendige frie vand til deres spiring. Kartoffelskimmel kan derfor ikke optræde epedemisk

under opbevaringen i samme grad som i marken. Sortering af en kartoffelbeholdning, hvor der forekommer en udbredt sporulering på de inficerede knolde, må dog frembyde stor fare for smitte af sunde knolde.

Der har hersket uenighed om, hvorvidt overførsel kan forekomme under opbevaringen. *Murphy & McKay* (1924, 1925) skriver, at de knolde, hvori kartoffelskimlen udvikles efter optagningen, enten må bære kimen til kartoffelskimlen med sig ind i opbevaringshuset eller må have begyndende angreb. De iagttog ingen eller så godt som ingen smitteoverførsel fra knold til knold, og herud fra sluttede de, at smitteoverførsel ikke finder sted i kuler eller bokse.

Mange landmænd er dog af den opfattelse, at en smitteoverførsel kan forekomme under opbevaringen. At det også er tilfældet, i hvert fald når snitsår på sunde knolde lægges mod snitsår på syge knolde, har *Löhnis* (1922) iagttaget hos knolde opbevaret ved 17°C, men ikke ved 1°C. For nærmere at belyse under hvilke forhold smitteoverførsel kan finde sted, undersøgte i 2 opbevaringssæsoner betydningen af 1) en såring af såvel de sunde som de inficerede knolde, 2) temperatur og luftfugtighed og 3) en »sårhelingsperiode« inden berøringen mellem det inficerede væv og det sunde væv.

2. Materiale og metodik

Undersøgelserne omfattede 3 afdelinger. I afdeling I belystes såringens indflydelse på kartoffelskimlens overførsel fra knold til knold, i afdeling II temperaturens og luftfugtighedens indflydelse og i afdeling III indflydelse af en »sårhelingsperiode«.

I afdeling I blev:

- sunde knolde uden sår lagt mod inficeret væv dækket af usåret hud,
- sunde knolde uden sår lagt mod friske sår på inficeret væv,
- friske sår på sunde knolde lagt mod såret, inficeret væv.

I afdeling II blev sår på sunde knolde straks efter såringen lagt mod såret, inficeret væv og derefter sat hen ved 4, 8, 12 eller 15°C ved

høj (95-100 pct.) eller lav (ca. 75 pct.) luftfugtighed.

I afdeling III anbragtes de sunde knolde efter en såring i 0 til 8 døgn ved 4, 8 eller 15°C (i 1. år dog kun ved 15°C), inden sårene på dem blev lagt mod såret, inficeret væv. Efter sammenlægningen anbragtes de ved 8 eller 15°C.

Undersøgelserne udførtes med modne knolde af den ret modtagelige sort Bintje. I det 1. år blev de såret med en ca. 1 cm² stor afskrabning ved gnidning med sandpapir (nr. 1½) og i det 2. år med en ca. 1 cm² stor afskrælling.

I plasticæsker holdtes det inficerede væv på de syge knolde fast ind mod de sunde knolde (i 1. år) ved hjælp af bølgepap presset omkring knoldene, eller (i 2. år) ved hjælp af tape. I det 1. år anvendtes knolde, der var inficeret med kartoffelskimmel i marken, og i det 2. år kunstigt inficerede knolde. I begge år blev alle knolde opbevaret ved 15-18°C i 3 døgn, inden de anvendtes. Alle 3 afdelinger udførtes i det 1. år med 2 gentagelser à 15 knolde og i det 2. år med 3 gentagelser à 12 til 20 knolde pr. forsøgsled. Undersøgelserne blev påbegyndt henholdsvis i december-januar og først i oktober, og antallet af inficerede knolde taltes henholdsvis ca. 1 og ca. 3 måneder senere.

3. Resultater

3.1. *Kontaktssmitte efter såring af sunde knolde*
Såringen af de sunde knolde øgede mulighederne for overførsel af kartoffelskimmel til det 10-dobbelte (tabel 1). 23 til 93 pct. af de sårede, sunde knolde blev inficerede efter sårenes sam-

Tabel 1. Infektion af sunde knolde under berøring med såret væv på angrebne knolde

Table 1. Per cent healthy tubers infected by late blight after contact with wounded, infected tuber tissue

Forsøgsår/year:	1.	2.
Opbevaret v./Stored at:	9° 15°	15° 15°C
Fugtighedsgrad/R. h.:	92-100	70-80 92-100
Sunde knolde/ Healthy tubers	% infektioner/% infektion	
Usårede/not-wounded	0	17 5 2
Sårede/wounded	60	93 63 23

menlægning med det sårede, syge væv, mod kun 0 til 17 pct. af de usårede, sunde knolde. Da det næppe er sandsynligt, at svampen er trængt gennem selve den forkorkede periderm hos disse modne, tilsyneladende usårede knolde, er smitteoverførslen til disse knolde antagelig foregået gennem øjne, lenticeller eller små sår, fremkaldt af sandkorn eller andet under sammenlægningen.

3.2. Kontaktsmitte efter såring af inficerede knolde

En såring af det inficerede væv, hvor det berørte de sunde knolde, var af lige så stor betydning for den direkte smitteoverførsel som en såring af berøringsstedet på de sunde knolde. Såringen af de inficerede knolde forårsagede, at antallet af infektioner på de oprindeligt sunde knolde blev forøget 8 til 9 gange (tabel 2).

Tabel 2. Infektion af sunde knolde med sår lagt mod såret, inficeret væv eller inficeret væv dækket af tilsyneladende usåret hud

Table 2. Per cent healthy, wounded tubers infected by late blight after contact with wounded, infected tissue or with infected tissue covered by an apparently unvounded periderm

Inficerede knolde/ Infected tubers	Opbevaret ved r. f. 92-100/ Stored at r. h. 92-100		
	12°	15°	15°C
	1. år/1st year	2. år/2nd year	
	% infektioner/% infection		
Ussåret/not-wounded	10	10	2
Såret/wounded	83	93	23

3.3. Kontaktsmitte under forskellige temperatur- og fugtighedsforhold

Smitteoverførslen fra de inficerede knolde til de sunde knolde var noget afhængig af temperaturen og i mindre grad af den rel. luftfugtighed, (tabel 3). Desto højere temperaturen var under opbevaring ved høj luftfugtighed, desto større synes mulighederne at have været for smitteoverførsel fra knold til knold (tabel 1 og 3). Høj fugtighedsgrad havde kun en øgende virkning på smitteoverførslen ved 15°. Virkningen af den høje fugtighedsgrad gav sig dog ikke alene udtryk i et større antal infektioner end ved den lave, men også i en langt mere om-

fattende hyfevækst og sporangiedannelse på sårfladerne.

Tabel 3. Overførsel af kartoffelskimmel fra såret, inficeret væv til sår på sunde knolde ved forskellige temperatur- og fugtighedsforhold (r. f.)

Table 3. Transmission of late blight from wounded, infected tissue to wounds on healthy tubers during storage at various temperatures and degrees of humidity (r. h.)

R. f./ R. h. ca.	Opbevaret ved/Stored at C°:				
	15	4	8	12	15
	% infektioner/% infection				
92-100	93	2	4	10	23
70-80	63	0	15	-	6

3.4. Kontaktsmitte efter en »sårhelingsperiode«

I det 1. år blev infektionsprocenten ca. 70, når sårene på de sunde knolde bragtes i kontakt med såret væv på inficerede knolde indenfor det første døgn efter såringen (tabel 4). Denne procent blev mere end halveret, hvis de sårede, sunde knolde blev opbevaret i yderligere 1 døgn inden sårenes berøring med det inficerede væv. Hvor der var gået 8 døgn mellem såringen og berøringen med det inficerede væv var infektionsprocenten kun $\frac{1}{7}$ af det, den var efter sårhelingsintervallet på 1 døgn.

I det 2. år lå infektionsprocenten på et noget lavere niveau, men udviste dog samme tendens som i det foregående år og var stærkt faldende, når intervallerne mellem såringen af de sunde knolde og sårenes berøring med inficeret væv blev forlænget udover 1-2 døgn. Ved intervallet på 8 døgn var den meget lille, selv hos de knolde, der inden berøringen med det inficerede væv, havde været opbevaret ved 4°C.

Infektionsprocenten var størst blandt de knolde, der var lagt mod det inficerede væv 6 timer efter såringen. Den var mindre, hvor sammenlægningen var foregået straks efter såringen. Hvor hurtigt infektionsprocenten faldt med stigende intervallængde udover de 6 timer, var afhængig af de temperaturer, knoldene blev opbevaret ved såvel inden som efter sammenlægningen. Den faldt hurtigst ved den højeste (15°C) og langsomst ved den laveste (4°C)

Tabel 4. Overførsel af kartoffelskimmel til sunde knolde efter sårheling i 0 til 8 døgn ved 4, 8 eller 15°C inden sårenes kontakt med såret, inficeret væv. Derefter opbevaret ved 8 eller 15°C

Table 4. Per cent infection by late blight of healthy wounded potato tubers stored for 0 to 8 days at 4, 8 and 15 C° before wounds were brought in contact with wounded, infected tissue, and afterwards stored at 8 and 15 C°

Temperatur C°		Sårhelet i døgn/Days of woundhealing					
under sårheling/ during healing	under inficering/ during infection	0	¼	1	2	4	8
		% infektioner/% infection					
		1. år/1st year					
15	15	66	73	67	28	19	10
		2. år/2nd year					
15	15	9	12	6	2	0	0
8	15	9	—	14	17	0	0
4	15	9	22	15	14	12	2
15	8	11	22	0	2	0	0
8	8	11	—	3	0	0	2
4	8	11	18	8	5	0	2

opbevaringstemperatur inden sammenlægningen.

Med hensyn til temperaturens virkning efter sammenlægningen gjorde det modsatte forhold sig gældende, her var det ved den højeste temperatur, 15°, at infektionsprocenten faldt langsomst med stigende intervallængde.

4. Diskussion

En såring af såvel det inficerede væv som af den sunde knold på berøringsstedet har været af væsentlig betydning for overførsel af kartoffelskimmel fra knold til knold. Da såvel sunde som angrebne knolde bliver sårede under optagning og håndtering, må kontaktsmitte forekomme i praksis. Dette er også i overensstemmelse med *Löhnis's* (1922) og mange landmænds erfaringer. Når en sådan smitteoverførsel ikke forekom ved *Murphy & McKay's* (1924) forsøg, kan det skyldes, at betingelserne herfor ikke har været til stede ved deres forsøg. De udførte deres undersøgelser ved at blande forholdsvis få inficerede knolde mellem sunde knolde ved nedkulingen, og det fremgår ikke af deres afhandling, om berøringsfladerne mellem knoldene var sårede, da de blev lagt ned i kulerne.

Når der er forholdsvis mange inficerede knolde til stede i en kartoffelbeholdning ved indkørsel, og såvel de inficerede som de sunde knolde er ret stærkt sårede kan kartoffelskimmel ved kontaktsmitte blive den egentlige årsag til en del råd under lagringen. Da sådanne betingelser forholdsvis sjældent er til stede i større omfang i kartoffelbeholdninger, må kontaktsmittens betydning under lagringen dog under de fleste forhold betragtes som værende lille, og af langt mindre betydning end de angreb, der udvikles efter smitte under optagningen eller sjældnere efter smitte under sortering og transport. I praksis er mulighederne for kontaktsmitte under lagringen forholdsvis små. De kan nedsættes ved i størst muligt omfang at sortere de angrebne knolde fra inden indkørsel eller nedkuling og ved at nedsætte såringen under optagningen til det mindst mulige.

Summary

Extensive transmission of late blight (*Phytophthora infestans*) from infected to healthy potato tubers during storage was found to occur, only where wounds of healthy and wounds of infected tubers were actually touching (table 1), and when healthy tubers had been damaged shortly before coming

into contact with infected tissue (table 4). High temperature and humidity tended to increase the transmission of infection (table 3).

Litteraturliste

Löhnis, M. P., 1922: Onderzoek over *Phytophthora infestans* (Mont.) de By. op de aardappelplant. – H. Veenman, Vageningen, 96 pp.

Murphy, P. A. & R. McKay, 1924: The development of blight in potatoes subsequent to digging. – J. Dep. Agric. Repub. Ire 24, 103-116.

– 1925: Further experiments on the sources and development of blight infection in potato tubers. – J. Dep. Agric. Repub. Ire. 25, 10-21.

Spek, J. van der, 1953: De infectie van opgeslagen aardappelknollen door *Phytophthora infestans* (Mont.) de By. – Tijdschr. Plziekten 59, 29-32.

Manuskript modtaget 26. juli 1972