

Revnedannelse i kirsebær

J. Vittrup Christensen

	Side
1. Indledning	292
2. Frugtens vækst	293
3. Revnetyper	294
4. Revnedannelse	295
5. Numerisk bestemmelse af revnedannelsen	295
5.1 Revneprocent i plantage	295
5.2 Under laboratorieforhold	296
5.3 Revneprocent i vand	296
5.4 Revneindeks	296
5.5 Variationer ved bestemmelse af revneindeks	296
5.5.1 Bestemmelsestidens længde	296
5.5.2 Tidspunkt for prøveudtagning	297
5.5.3 Tidspunkt for nedlægning i vand	297
5.5.4 Årsvariation	298
5.5.5 Revnerytme	298
5.5.6 Geografisk variation	298
5.5.7 Revneindeks i relation til revneprocent i plantage	298
5.5.8 Procedure for bestemmelse af indeks	299
5.6 Under kunstig regn	299
5.7 Diskussion af metoder	300
6. Revneresistens i relation til forskellige faktorer	300
6.1 Frugtens udviklingstrin	301
6.2 Hastigheden af vandoptagelsen	301
6.3 Optaget vandmængde	302
6.3.1 Hastigheden af vandoptagelsen i relation til optaget vand	302
6.4 Spalteåbninger i frugtens hud	303
6.5 Frugtens sukkerindhold	304
6.6 Temperatur	305
6.7 Klimatiske forhold	306
6.8 Frugtens størrelse	306
6.9 Frugtens fasthed	306
7. Revnedannelsens forløb	307
8. Sortsbestemt revneresistens	308
8.1 Årsag til sortsforskelle i revneresistens	310
9. Forebyggelse af revnedannelse	310
9.1 Indledning	310

9.2	Metalsalte		310
9.2.1	Calciumsalte		311
9.2.2	Virkningen af calciumsalte		312
9.3	Spredemidler		313
9.3.1	Indflydelse på revnedannelse		313
9.3.2	Sprøjtning efter regn		314
9.3.3	Konklusion		315
9.4	Hydrophobe midler		315
9.4.1	Forsøg		315
9.4.2	Diskussion		316
9.5	Fungicider		317
10.	Oversigt		317
11.	Summary		319
12.	Erkendtlighed		322
13.	Tilhørende publikationer		322
14.	Anden litteratur		322

Denne afhandling samt 9 tilsluttende tidligere publicerede arbejder er af Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles fagråd for havebrugsvidenskab antaget til offentligt at forsvares for den jordbrugsvidenskabelige doktorgrad

København, den 22. januar 1976

Birger Farestveit

Formand for fagrådet for havebrugsvidenskab

1. Indledning

Frugter af vidt forskellige arter kan have en større eller mindre tendens til at revne under særlige klimatiske forhold. Den stærkest begrænsende faktor for dyrkning af f.eks. blommesorten 'Kirkes' er dens stærke tilbøjelighed til at revne. Enkelte æblesorter har nogle år en stærk tendens til revnedannelse. Tomater og druer er andre eksempler på frugtarter, hvor revnedannelse forekommer.

Men navnlig kirsebær har en stærk tilbøjelighed til revnedannelse. I flere lande er det et af de største problemer for kirsebær dyrkningen. Da frugterne kun revner i forbindelse med regn, er det et særligt stort problem i områder, hvor kirsebærs modningssæson falder sammen med hyppige regnbyger. Her i landet modner kirsebær i juli og august, hvor der normalt er 14 nedbørsdøgn i hver af månederne. Hos sødkirsebær er revnetilbøjeligheden formodentlig den stærkest begrænsende faktor for en produktion i Danmark.

Frugter med revner safter og er meget modtagelige for angreb af gråskimmel (*Botrytis cinerea*), hvorfor de er uegnede til markedsføring som frisk frugt. Beskadigede frugter er ligeledes uegnet til flere industrielle formål. Revnedannelse på frugter til disse formål medfører foruden udbyttetabet desuden et betydeligt merarbejde med sortering af frugterne.

Revnedannelse er ikke direkte diskriminerende for kirsebær til saftproduktion, men en indtørring af frugterne i tidsrummet fra revnedannelse til høst kan medføre et betydeligt udbyttetab for producenten, foruden merudgifter til forebyggelse af *Botrytis*.

Der findes ingen generel opgørelse over tabet af kirsebær, forårsaget af revnedannelse. Men i en sortsplantering af sødkirsebær på Statens Forsøgsstation Blangstedgaard, Odense, var følgende procent af frugterne i gennemsnit af 29 sorter uegnede som handelsvare på grund af revnedannelse:

1967	19 %	1970	17 %
1968	34 %	1971	30 %
1969	7 %	gns. 5 år	21 %

Sorter, der modnede i perioder med megen regn, havde i flere tilfælde over 90 % revnede frugter.

Spisekirsebær har igennem en årrække været en lille og stagnerende kultur her i landet, men den har de senere år af flere grunde fået fornyet interesse og meget tyder på, at der er gode muligheder for en produktionsudvikling. I forbindelse med andet udviklingsarbejde for denne kultur stod det tidligt klart, at forebyggelse eller reduktion af revnedannelsen ville være af største betydning for en sådan udvikling.

I 1967 påbegyndtes på Statens Forsøgsstation Blangstedgaard enkelte undersøgelser over denne problematik hos kirsebær. Undersøgelserne, der intensiveredes de følgende år, omfattede studier af metoder til bestemmelse af revnedannelse, sorters genetiske revneresistens, årsager til forskel i revneresistens, ydre forhold, der øver indflydelse på revnehastigheden og muligheder for forebyggelse eller reduktion af revnedannelse.

I forbindelse med en meget intensiv sortsafprøvning blev revnetilbøjeligheden anset for at være et meget vigtigt kriterium for en sorts dyrkningsværdi. Derfor blev en bestemmelse af deres revneresistens en betydelig del af dette arbejde. En fortsat udvikling af metode til arbejdet fandtes påkrævet.

Ved en gennemgang af foreliggende litteratur konstateredes, at kendskab til revnefænomenet var begrænset og meget ofte var angivelserne modstridende. Det blev derfor fundet formålstjenligt at arbejde videre med undersøgelser af selve revnedannelsens mekanik og årsagssammenhæng, som en nødvendig forudsætning for en mulig forebyggelse.

Sideløbende med ovennævnte undersøgelser blev en lang række midler og metoder afprøvet for en eventuel revnereducerende virkning. Mange midler er i tidens løb hævdet at have en sådan virkning, men kun i få tilfælde har det været muligt at reproducere gunstige resultater.

En del af de resultater afhandlingen bygger på, er beskrevet i 9 tidligere afhandlinger. Desuden omtales supplerende undersøgelser af

revneindeksets sikkerhed, det absorberede vands placering i frugten og flere forsøg med forebyggelse af revnedannelsen ved hjælp af calcium, spredemidler, vandafvisende midler og fungicider. Tillige gives samlede vurderinger og konklusioner af revnemekanismen og de praktiske muligheder for deres forebyggelse.

2. Frugtens vækst

Inden en videre behandling af revnefænomenet er det fundet nyttigt summarisk at beskrive frugtens udvikling fra blomst til frugt. Dens anatomiske udvikling fra blomst til modning er demonstreret af *Tukey og Young (1939)*.

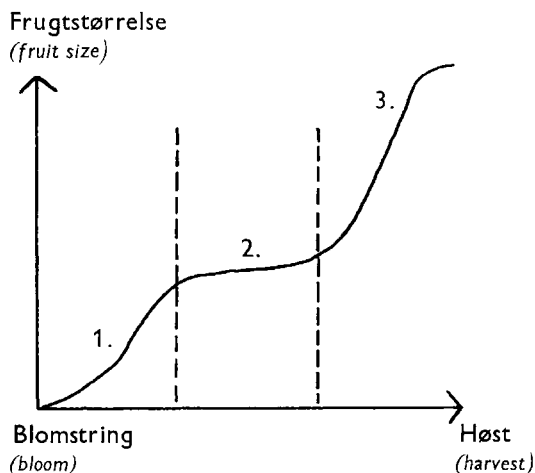


Fig. 1. Typisk vækstkurve for kirsebærfrugt. 1.-3. vækstfase.
Typical growth curve of cherry fruits. 1.-3. growth phase.

Flere forskere har påvist, at kirsebær har tre vel-definerede vækstfaser (fig. 1). Den første fase umiddelbart efter afblomstring strækker sig her i landet over 20-25 dage (*Christensen 1973 a*). Den er karakteriseret ved hastig vækst, der skyldes en forøgelse af antallet af celler med 20-30 % og en stærk cellevækst, op til en fire-dobling af cellernes diameter. I samme fase vokser stenen stærkt, også ved en forøgelse af både antal og størrelse af cellerne.

I anden fase er frugtens vækst meget svag. I frugtkødet forekommer ingen celledeling, men kun en svag cellevækst. Hos stenen er en forøgelse af tykkelsen og hærkning af stenen mest karakteristisk for anden fase, men celledeling forekommer dog stadig. Længden af denne periode er bestemmende for sortens modningstid. Hos tidlige sorter er fasen så kort, at den vanskeligt erkendes, mens den hos meget sene sorter kan vare 6-7 uger.

Tredje vækstfase er karakteristisk ved en meget stærk vækst indtil frugtens modning. Der forekommer ingen celledeling, men cellerne vokser til en størrelse, hvor diameteren er op til 25 gange dens størrelse under blomstringen. Der sker en fortsat hærkning af stenen og tab af vandindhold.

Foruden *Tukey og Youngs* beskrivelse af den udviklede frugts anatomi (fig. 2) er illustrative mikrofotos givet af *Marcussen (1972)* (Fig. 3 og 4).

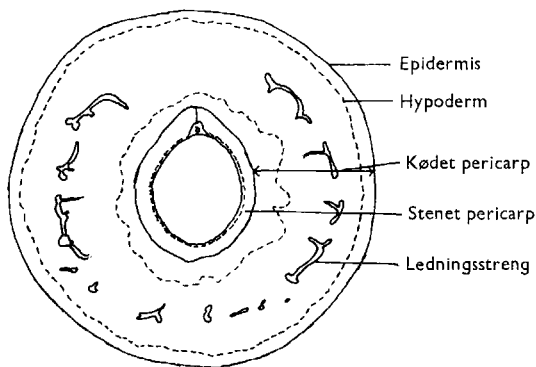


Fig. 2. Tværsnit af udviklet frugt.
Transverse section of ripen fruit. Tukey og Young, 1939.

Frugten er meget heterogent opbygget, og kun de 3 vævstyper epidermis, kødet pericarp og stenet pericarp er klart differentierede.

Epidermis består af en enkelt række celler og spalteåbninger. Epidermis er yderst dækket af kutikula, som kun er afbrudt af spalteåbninger. Ingen nye spalteåbninger dannes efter

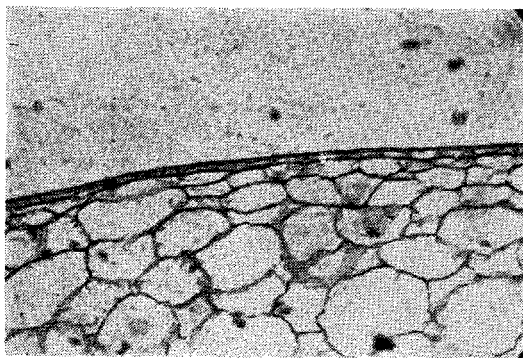


Fig. 3. Et horisontalt tværsnit af sorten 'Van' i et område med store celler, der går helt ud til epidermis.
Transverse section in an area with large cells of 'Van'.
Marcussen 1972.

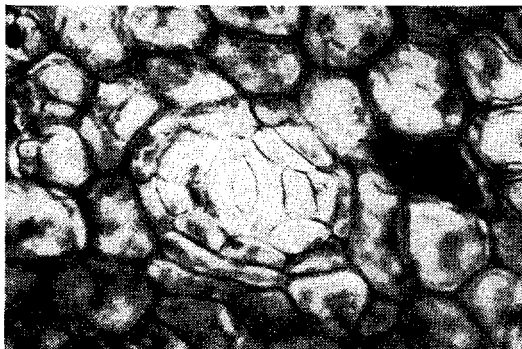


Fig. 4. 'Van'. Overfladebillede af en spalteåbning.
'Van'. Surface section with a stomata.
Marcussen 1972.

blomstring, men deres størrelse øges noget i takt med frugtens udvikling.

Den kødede pericarp består overvejende af parenkymceller, men i første vækstfase differentieres lige under epidermis en hypoderm på 5–6 lag celler. Epidermis og hypoderm udgør tilsammen frugtens hud.

En fuldt udviklet frugt varierer en del i størrelse, men en typisk sort har her i landet en gennemsnitsstørrelse på $21 \times 23 \times 20$ mm for henholdsvis højde, bredde og tykkelse. Dens gennemsnitsvægt er 6,6 g, hvoraf stenen udgør ca. 5 % (Christensen 1974)

3. Revnetyper

Der iagttages hos kirsebær 2 vel-definerede typer af revner, der efter deres betydning kan betegnes henholdsvis primær-revner og sekundær-revner (Fig. 5 og 6).

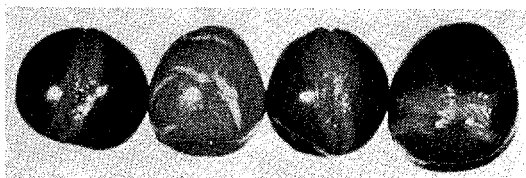


Fig. 5. Primær-revner. *Primary splits.*

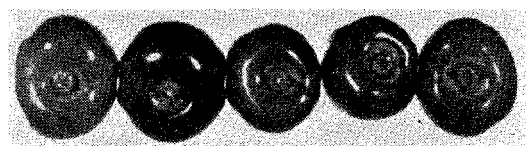


Fig. 6. Sekundær-revner, stilkhulerevner.
Secondary splits, cavity splits.

Primær-revner forekommer uregelmæssigt i alle retninger på frugtens sider og kan være flere centimeter lange og er ofte dybe. De fremkommer normalt i sidste halvdel af tredje vækstfase. Hvis de fremkommer længere tid før høst, kan de medføre, at frugten ved øget transpiration skrumper ind, resulterende i reduktion af udbyttet. Det er den alvorligste revnetype, der medfører, at frugten i reglen kun er anvendelig til saftfremstilling.

Sekundær-revner kan efter deres placering deles i to grupper, henholdsvis *top-revner* og *stilkhule-revner*. Disse polære revner er ofte krumme omkring frugtens spids eller frugtstilk og er i reglen korte og overfladiske. De kan opstå på et tidligt stadium, mens frugterne endnu er umodne. De dækkes ofte med et korklag, inden frugterne modner, hvorved de sjældent er ødelæggende for frugternes brugsværdi.

Revnetypernes sortsafhængighed er undersøgt hos 28 sorter (Christensen 1972 c). Undersøgelsen viste, at revnetyperne var stærkt genetisk bestemte, således at nogle sorter i særlig grad var disponerede for en af revne-

typerne. Nogle af de tidlige sorter var således stærkt disponerede for top-revner, mens stilkhule-revner var dominerende hos andre.

Det påvises endvidere, at mængden af sekundær-revner var betydeligt mere konstant fra år til år end de ødelæggende primær-revner. Det er i harmoni med *Uriu et al.* (1962), der desuden fandt, at sekundær-revnernes fremkomst er uafhængig af frugtens udviklingstrin.

Det var ikke muligt selv med dette ret store antal sorter klart at bekræfte *Sawada's* (1934) teori, at dominerende revnetyper var afhængig af frugtens form.

Det konkluderedes endelig, at en tilfredsstillende beskrivelse af en sorts revneresistens også bør indeholde en angivelse af den/de dominerende revnetyper.

4. Revnedannelse

Den kendsgerning, at kirsebær kun revner efter nedbør, tyder på, at dette fænomen er forbundet med en for stor optagelse af vand. Frugternes optagelse af vand kan teoretisk ske via rod-systemet, gennem træets organer eller direkte gennem frugtens hud. Nogle mindre demonstrationer blev som indledning til revneundersøgelsen udført for at belyse den dominerende opfattelse, at den vandoptagelse, der fører til revnedannelse, sker direkte gennem frugtens hud.

1. Nogle træer blev dagligt vandet så kraftigt, at jorden altid var vandmættet, mens træernes kroner blev dækket med et plasticfelt. Ingen frugter revnede i modsætning til frugter på udækkede og uvandede nabotræer af samme sort, der var udsat for regn.
2. Grene med frugter blev nedlagt i vand, således at kun frugterne var over vandet, mens grene, blade og frugstilk var under vandets overflade. Ingen frugter revnede.
3. Frugter blev nedlagt i vand i petriskåle, således at kun $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{2}$ af frugterne var vanddækkede. Frugterne var efter flere dages forløb kun revnede på den del, der var under vand.
4. Frugter nedlagt i vand revnede i løbet af få timer.

På grundlag af disse og blandt andre *Sawada's* (1931) påvisninger konkluderes, at den vandoptagelse, der fører til revnedannelse, alene sker gennem frugtens hud. Demonstration nr. 3 tyder endvidere på, at revnedannelse er et meget lokalt fænomen, der opstår i umiddelbar nærhed af det sted, hvor vandoptagelsen har fundet sted.

5. Numerisk bestemmelse af revnedannelsen

I alle typer af undersøgelse i forbindelse med revnedannelse er det af betydning at have et defineret udtryk for revnedannelsens intensitet. Et sådant udtryk eller dets bestemmelsesmetode behøver dog nødvendigvis ikke at være det samme til alle typer af undersøgelser. Det vigtigste må være, at der benyttes en metode, der giver et tilfredsstillende og entydigt svar på den aktuelle problemstilling. I det følgende beskrives nogle af de metoder, der kan benyttes, og deres anvendelighed diskuteres.

5.1. Revneprocent i plantage

Den mest naturlige metode til at bestemme intensitet af revnedannelse ville være at bestemme procenten af revnede frugter under planlageforhold.

Hvis formålet er at bestemme forskellige sorters revneresistens, er denne metode imidlertid kun anvendelig for sorter, der modner samtidigt på samme lokalitet, da de enkelte års bestemmelser ellers i lige så høj grad er et udtryk for regnbygers fordeling i forhold til sorternes modningstid som til deres revneresistens.

Da det er sjældent, at flere sorter har nøjagtig samme modningstid, og det desuden ofte er ønskeligt at sammenligne revneresistensen hos sorter i tidligere forsøgsserier, må en bestemmelse efter denne metode ske over en lang årrække for at have nogen værdi.

Enkeltårs resultater kan derimod være relevante, hvis formålet er at undersøge forebyggende midlers indflydelse på revnedannelsen. Plantageforsøg efter denne metode giver dog flere vanskeligheder. En serie forsøg kræver mange ensartede træer for at opnå sikre resultater. Ved benyttelse af større eller mindre

grenpartier opnås ofte meget svingende resultater og ved forsøg med påsprøjtede midler desuden fare for nabovirkning. Endvidere vil meget forberedende arbejde være spildt, hvis der ikke falder regn i sortens revnemodtagelige periode.

5.2. Revnedannelse under laboratorieforhold

Allerede i 1931 erkendte *Verner og Blodgett*, at bestemmelse af revnedannelsens intensitet under plantageforhold havde sine begrænsninger og vanskeligheder. I en række undersøgelser bestemte de revnedannelsen ved nedlægning af frugterne i vand. Denne metode gav så mange fordele, at den er blevet benyttet i stort omfang i senere undersøgelser vedrørende revnedannelse. Blandt de vigtigste fordele hører, at undersøgelser kan gennemføres uafhængigt af nedbør, sortsbestemt revneresistens kan bestemmes over en kortere årrække og med et begrænset antal træer opnås en betydelig større forsøgskapacitet.

Intensiteten af revnedannelsen kan efter problemstillingen udtrykkes som procent revnede frugter efter et givet tidsrum eller som revneindeks.

5.3. Revneprocent ved nedlægning i vand

Det enkleste udtryk for revnedannelsen efter nedlægning af frugter i vand er procenten af revnede frugter efter et givet tidsrum. Dette tidsrum kan varieres efter frugternes revneresistens og forsøgets opgave. Metoden er særligt anvendelig til at give et groft udtryk for saltes virkning på revnedannelsen og kan dermed tjene som en screening af forsøgsbehandlinger. Men metoden har den væsentlige svaghed, at den ikke udtrykker noget tidsforløb af revnedannelse. Hvis bestemmelsestiden eksempelvis fastsættes til 6 timer, kan den opnåede revnedannelse lige så vel være sket den første time som den sidste. Det vil sige, at ens revneprocenter kan være udtryk for forskellige revnemodtagelighed.

5.4. Revneindeks

I erkendelse af revneprocentens svagheder ind-

førte *Verner og Blodgett* (1931) vægtfaktorer, der tog hensyn til revnedannelsens tidsmæssige forløb. Senere standardiserede *Verner* (1957) metoden ved et revneindeks, der udtrykker procenten af den maksimalt opnåelige revneintensitet.

Metoden udførtes ved at nedlægge 50 frugter i destilleret vand eller en forsøgsopløsning og optælle revnede frugter 5 gange med 2 timers mellemrum. Et revneindeks betegnedes ved

$$\frac{(9a + 7b + 5c + 3d + e) 100}{450}$$

hvor a, b, c, d og e var antal revnede frugter efter henholdsvis 2, 4, 6, 8 og 10 timer og 450 det maksimalt opnåelige. Det vil sige, at et indeks på 100 angav, at alle frugter var revnede efter 2 timer, men indekset var nul, hvis ingen frugter var revnet efter 10 timer.

Metoden er værdifuld til mange formål, og giver et bedre numerisk udtryk for revneintensiteten end de tidligere nævnte metoder. Revneindeks er navnlig blevet anvendt til bestemmelse af den sortsbestemte revneresistens.

Selv om metoden var ret tidskrævende, og dens sikkerhed og relation til revnedannelse under plantageforhold var uklar, blev det fundet relevant at arbejde videre med metoden.

5.5. Variationsfaktorer ved bestemmelse af revneindeks

5.5.1. BESTEMMESESTIDENS LÆNGDE

Den oprindeligt beskrevne metode til bestemmelse af revneindeks byggede på nedlægning af frugter i vand og optælling af revnede frugter over en 10 timers periode. Med forberedelse, høst af frugterne og lignende ville en bestemmelse ikke kunne gøres på en arbejdsdag under 11–12 timer. Da der i reglen ville være tale om et større antal bestemmelser i en 5–6 ugers periode, fandtes det af betydelig værdi at søge tiden nedbragt.

I undersøgelse af bestemmelsestidens længde (*Christensen* 1972c) konkluderedes, at perioden uden nævneværdig forringelse af indeksets beskrivende værdi kunne reduceres til 6 timer,

således at indeks kunne gennemføres på en normal arbejdsdag. En yderligere forkortelse af bestemmelsestiden blev fundet betænkelig, da det kunne give en ringere differentiering af sorter med høj revneresistens. Ved en 6 timers bestemmelsesperiode beregnes revneindekset som

$$\frac{(5a + 3b + c) 100}{250}$$

hvor a, b og c er antal revnede frugter efter henholdsvis 2, 4 og 6 timer og 250 det maksimalt opnåelige.

Ved denne reduktion af bestemmelsestiden bliver den absolutte størrelse af revneindekset noget lavere, navnlig i prøver med stor revneresistens. Men variationsbredden mellem prøver med varierende revnedannelse forblev af omtrent samme størrelse, som ved 10 timers nedlægning i vand.

5.5.2 TIDSPUNKT FOR PRØVEUDTAGNING

Prøveudtagning af frugter til bestemmelse af revneindeks kan være ret tidskrævende. Da der i reglen dagligt skal udføres flere bestemmelser gennem en periode på 6–7 uger, fandtes det af betydning at bestemme indflydelsen af tidspunktet for prøveudtagning på frugternes revnetilbøjelighed.

Frugter blev høstet henholdsvis kl. 7, 8, 10 og 12 og blev efter 15 minutter lagt i vand. Af praktiske grunde blev frugternes revnetilbøjelighed bestemt som procent revnede frugter efter 4 timers forløb.

Tabel 1. Revneresistens i relation til høsttid.

Procent revnede frugter efter 4 timer					
<i>Cracking in relation to time of harvest.</i>					
% cracked fruits after 4 hours					
Høsttid	'Venus'		'Büttners'		'Winston'
<i>Time of harvest</i>	a	b	a	b	
kl. 7 (a.m.)	41	23	67	81	95
– 8 –	29	22	61	81	95
– 10 –	15	57	53	82	83
– 12 –	7	11	45	75	60
LSD ₉₅	6.7	5.5	5.4	5.8	4.4

Forsøget blev udført 5 dage med 3 sorter. Kun en dag var der en større signifikant forskel mellem prøveudtagning kl. 7 og kl. 8. Blev prøveudtagningen udsat til kl. 10, var der derimod væsentlige ændringer hos sorten 'Venus'. Den første dag var der et meget stort fald i revnetilbøjelighed. Den anden dag (b) steg revneprocenten fra 22 kl. 8 til 57 kl. 10. Årsagen hertil må tilskrives, at denne prøveudtagning skete umiddelbart efter en kort regnbyge, med den virkning, at frugterne allerede havde optaget vand inden nedlægning i vand. Ved udtagningen kl. 12 kunne denne virkning ikke mere konstateres i revneprocenten. Årsagen til en generelt reduceret revnetilbøjelighed ved forsinket prøveudtagning er formodentlig, at frugterne ved transpiration har tabt vand, hvorefter det tager længere tid at optage tilstrækkeligt til at forårsage revnedannelse.

I de tilfælde, hvor revneindeks benyttes til at bestemme sorters revneresistens, må udtagningen for sammenligningens værdi ske over så kort en periode som muligt og på samme tidspunkt hver dag.

Resultatet i 'Venus' viser tillige, at prøver, der udtages umiddelbart efter regn, ikke er karakteristiske for sorten.

5.5.3. TIDSPUNKT FOR NEDLÆGNING I VAND

Ved arbejdet med undersøgelse vedrørende revnedannelse og navnlig ved bestemmelse af sortsbestemt revneindeks, kan der være risiko for, at frugter henligger i forskellige tid inden de nedlægges i vand. En undersøgelse af betydningen af en forsinket nedlæggelse i vand blev udført, som beskrevet i tidligere afsnit. Prøver blev høstet kl. 7, mens tidsrummet for nedlægning i vand varieredes, således at prøver blev nedlagt i vand henholdsvis ½, 1, 2 og 4 timer efter høst. Resultatet ses i tabel 2.

Det mest generelle resultat var, at der i intet tilfælde kunne påvises nogen signifikant forskel mellem nedlægning en halv og en hel time efter høst, og at revnetilbøjeligheden altid var signifikant lavere hos frugter nedlagt i vand efter 4 timers forløb.

Årsagen til den stigende revneresistens er for-

Tabel 2. Revneresistens i relation til tidspunkt for nedlægning i vand.

Procent revnede frugter efter 4 timer
Cracking resistance in relation to time of immersion.
% cracked fruits after 4 hours

Tid efter høst <i>Time after harvest</i>	'Venus'	'Büttners'	'Winston'	
		a	b	
½ time (hour)	27	69	84	96
1 - -	30	68	87	93
2 - -	19	53	91	90
4 - -	15	43	67	75
LSD ₉₅	4.1	6.8	5.4	3.1

modentlig den samme som ved forsinket prøveudtagning. Resultaterne understreger betydningen af, at prøver, der skal sammenlignes, nedlægges i vand samtidig og på samme tid fra dag til dag, og iøvrigt beskyttes mod fordampning, f.eks. ved anbringelse i plast-poser.

5.5.4. ARSVARIATION

Som nævnt er procenten af revnede frugter under plantageforhold stærkt påvirket af årets regnperioder i sortens modningstid.

I en undersøgelse (Christensen, 1972c) påvistes, at også indekset varierer en del fra år til år. Selv om revneindekset i gennemsnit af 29 sorter i en tre-års periode kun varierer fra 56,7 til 58,6, dækker det dog over betydeligt større variationer inden for de enkelte sorter. Forskellen mellem højeste og laveste års-indeks var således 35 % af gennemsnit.

Det er tidligere vist (Christensen, 1970), at kun en forskel på 20 points var signifikant ved sammenligning af sorter med modningstid fordelt over hele sæsonen. For sorter med omtrent samme modningstid, hvor en eller flere bestemmelser sker samtidigt, er forudsætningerne for et sikrere resultat betydeligt større. Men under alle omstændigheder bør enkelte års resultater tages med stort forbehold, og ved vurdering af 2-3 års bestemmelser bør gennemsnitstallene tages som en gruppering af sorterne.

5.5.5. REVNERYTME I FORHOLD TIL INDEKS
Et givet revneindeks kan teoretisk (Christensen, 1972c) opnås ved forskellig hastighed af revnedannelse i bestemmelsesperioden. I en undersøgelse af sortsgupper med næsten identiske indeks påvistes, at revnerytmen var meget ensartet i sorter med samme indeks. Denne erkendelse bestyrker revneindeksets sortsbeskrivende værdi.

5.5.6. GEOGRAFISK VARIATION

Nogle angivelser af revneindeks bestemt i Oregon, Idaho og Ungarn sammenlignes med danske resultater (Christensen, 1972c). Det mest påfaldende ved sammenligningen er, at indeksenenes størrelsesorden kan variere betydeligt mellem lokaliteter. Eksempelvis varierede nogle sorter i Oregon mellem 12-49, mens samme sorter i Danmark varierede mellem 39 og 75.

Selv om der overvejende var god overensstemmelse mellem sorterens relative revneresistens, er der dog enkelte væsentlige afvigelser. I Oregon havde 'Van' således laveste indeks, mens den i Ungarn og Danmark havde et meget højt indeks.

Undersøgelsens konklusion er, at konkrete størrelser af revneindeks fra en lokalitet til en anden ikke er direkte sammenlignelige, men alene den relative forskel mellem sorterne kan vurderes. Undersøgelsen antyder desuden, at bestemmelse af revneindeks bør efterprøves under de klimatiske forhold, hvor sorterne skal dyrkes.

Årsagen til de regionalt betingede forskelle i revneindekset er vanskelig at vurdere. Sorternes udvikling i størrelse og af vokslag er muligvis klimatisk betinget og ikke parallel. Eksempelvis var frugter af 'Van' relativt mindre i Oregon end i Danmark.

5.5.7. REVNEINDEKS I RELATION TIL REVNEPROCENT I PLANTAGE

En undersøgelse af revneindeksets sammenlignelighed med revneprocent under naturlige forhold i plantage kræver en længere årrækkes bestemmelse af revneprocenten. Til rådighed for en undersøgelse af dette forhold (Chri-

stensen, 1972c) var et gennemsnit af 5 års bestemmelse, hvilket sikkert er i underkanten for et sandt udtryk.

Revneindekset var hvert år korreleret med de 5 års gennemsnit af procenten af primærrevner. Sammenhængen blev yderligere forbedret ved at benytte 2 og 3 års gennemsnit af revneindeks. Der konkluderedes, at et gennemsnit af 2–3 års revneindeks giver et tilfredsstillende udtryk for en sorts revneresistens.

De tidligere beskrevne sortstypiske sekundærrevner blev ikke registreret i revneindekset. Da disse revner i reglen ikke er ødelæggende for frugten, er det næppe en svaghed ved indekset, blot er erkendelsen nødvendig for en tilfredsstillende beskrivelse af en sorts revneresistens.

På grundlag af disse resultater må revneindekset anses for at være et nyttigt instrument til bestemmelse af sorters revnetilbøjelighed, selv om en mere sikker metode vil være ønskelig. Dets største svaghed er, at det også er påvirket af klimaforhold, hvorved det har en ret stor årsvariation, der dog er langt mindre end revneprocent i plantage.

5.5.8. PROCEDURE FOR BESTEMMELSE AF INDEKS

På grundlag af tidligere beskrivelser af *Verner og Blodgett* (1931) og *Verner* (1957) og nærværende supplerende undersøgelser kan metoden udføres som følger:

1. 50 ensartede, veludviklede frugter høstes om morgenen på samme tid og inden for kortest mulige tidsinterval (højest een time) for de sorter, der skal sammenlignes.
2. Frugterne nedlægges i 2 liter destilleret vand ved ens temperatur og inden for kortest mulige tidsinterval for de sorter, der skal sammenlignes.
3. Revnede frugter optælles og fjernes efter henholdsvis 2, 4 og 6 timers forløb.
4. Revneindekset beregnes ved

$$\frac{(5a + 3b + c)}{100},$$

250

hvor a, b og c er antal revnede frugter efter henholdsvis 2, 4 og 6 timer, og 250 er det maksimalt opnåelige.

5. Det årlige indeks beregnes som gennemsnit af 3 bestemmelser med 2–3 dages mellemrum omkring optimal modningstid.
6. Sortens gennemsnit beregnes som gennemsnit af 2 års bestemmelser i orienterende undersøgelser, mens en endelig bestemmelse bør hvile på 3 års gennemsnit.

5.6. Revnebestemmelse under kunstig regn

Bestemmelse af revnedannelsen ved nedlægning af frugter i vand har flere svagheder. Ved forsøg med forebyggende midler afviger forholdene så meget fra naturlige plantageforhold, at resultaterne måske kan være misvisende. Eksempelvis har et påsprøjtet spredemiddel ikke mulighed for at være »vandafvisende«, forstået på den måde, at en eventuel virkning under naturlige forhold på mængden af frit vand på frugt og blade ikke kan komme til udtryk, hvis frugterne ligger i vand.

Desuden giver denne metode ikke gode muligheder for at simulere forskellige tilstande, som f.eks. regnbyger af forskellig længde.

Derfor blev regnvejrsimuleret indendørs ved hjælp af deioniseret vand og en vandingsdyse. Vandingsdysen, der blev monteret ca. 150 cm over forsøgsbordet, gav ca. 10 mm vand i timen. For at sikre naturligt afløb af vandingsvand, fremstilledes forsøgsbordet af net med 1 cm store masker.

Da anlægget primært ønskedes benyttet til forsøg med forebyggende midler, tilstræbtes en høj vandtemperatur for at fremme revnedannelse, der øges stærkt med stigende temperatur (*Bullock*, 1952). Vandets naturlige temperatur var 10–12°C. Det søgtes opvarmet til ca. 25–30°C, men indledende forsøg viste, at rumtemperaturen var mere afgørende for vandets temperatur, idet det forstøvede vand meget hurtigt nåede rummets temperatur. Rummet blev derfor opvarmet til 25–30°C for at sikre en tilsvarende vandtemperatur. En mere eksakt temperatur var ikke nødvendig, da formålet med anlægget var at sammenligne parallelt og samtidigt løbende behandlinger. Anlægget havde en kapacitet på 24 prøver pr. dag.

Til hver prøve benyttedes 50 ubeskadigede frugter, der i alle behandlinger var så ensartede i størrelse og udviklingstrin som muligt. Til forsøgene med forebyggende midler benyttedes så vidt muligt sorter med stor revnetilbøjelighed for at sikre, at revnedannelsen fandt sted. Det var særligt påkrævet i større forsøg, hvor forberedelsesarbejdet, blandt andet med høst og sortering, kunne medføre, at forsøget ikke kunne påbegyndes før frugternes revnetilbøjelighed var faldende (tabel 1 og 2).

Med et kunstigt regnanlæg opnås en meget stor kapacitet i den korte sæson, der er modne kirsebær til rådighed, ligesom der i forhold til nedlægning af frugterne i vand gives større sikkerhed for, at resultaterne er sammenlignelige med de, der opnås under plantageforhold. Revnedannelsens mekanik er af en sådan karakter, at der næppe kan ventes principielle afvigelser fra de virkninger, der kunne opnås under naturlige forhold. Anlæggets største fordel er måske, at der gives de bedste muligheder for at simulere tilstande som regnbyger af forskellig længde.

Virkningen under plantageforhold af forebyggende midler vil dog formodentlig være noget svagere, da en mindre del af frugterne vil blive dækket af de udsprøjtede midler, og temperaturen udendørs er lavere. En endelig klarlægning af et middels eller en behandlings virkning bør derfor søges bekræftet under naturlige forhold.

5.7. Diskussion af anvendte metoder til bestemmelse af revnedannelse

I undersøgelser vedrørende revnedannelse er det lige som i andre undersøgelser af betydning at vælge den metode, der giver det rigtigste svar på stillede opgaver, ligesom der i reglen vil være et hensyn til dets rationelle gennemførelse.

Revneprocent under naturlige forhold er sjældent den foretrukne, da regnbyger ikke altid forekommer i frugtens modningsperiode og iøvrigt har flere ulemper, som tidligere beskrevet. Til undersøgelse af saltes langtidsvirkning kan

denne metode dog være en fordel, og den er benyttet i enkelte forsøg.

Revneprocent i vand kan benyttes til flere undersøgelser, navnlig som en enkelt metode til en grov screening af forebyggende midler. Men i næsten alle tilfælde vil simuleret regn være at foretrække. Metoden er benyttet til nogle forsøg.

Revneindeks ved nedlægning af frugter i vand er velegnet til mange formål, men har især betydning ved bestemmelse af sortens relative revneresistens. I modsætning til simpel revneprocent i vand tager den højde for hastigheden af frugternes revnedannelse og kan med sikkerhed give en vurdering af en sorts revnetendens i løbet af 2–3 år, mens en lige så sikker bestemmelse under naturlige forhold vil kræve en lang årrække. Sortsbestemt revneindeks kan også bestemmes under simuleret regn, men da formålet alene er at bestemme den relative revnetendens, er der næppe fordele ved at benytte denne mere komplicerede metode. Indekset er benyttet til alle bestemmelser af sortens revneresistens og flere andre undersøgelser.

Simuleret regn er navnlig af værdi i undersøgelser, hvor regnbygers længde ønskes varieret og i forsøg med forebyggende midler iøvrigt. Metoden er mere plads og udstyrskrævende end nedlægning af frugter i vand, men foreløbige resultater opnås langt hurtigere og sikrere end under plantageforhold. Metoden er navnlig benyttet til forsøg med hydrophobe og hydrophile midler og til behandlinger i relation til regnbyger.

I undersøgelser, der omtales senere, er anvendt metode angivet. Den var ikke alene afhængig af forsøgets karakter, men har også i tidens løb gennemgået nogen udvikling.

6. Revneresistens i relation til forskellige faktorer

Mange faktorer påvirker hastighed og intensitet af frugternes revnedannelse. Resultater af undersøgelse af erkendte faktorer, der påvirker revnedannelsen, og enkelte, der har været antaget at have betydning, er opsummeret og diskuteret i følgende afsnit.

6.1. Frugtens udviklingstrin

Kirsebærfrugters vækstrytme er beskrevet i tidligere afsnit (side 2). Revnetilbøjelighed i relation til frugternes udviklingstrin udtrykt ved denne vækstrytme er af interesse for kirsebæravlernes eventuelle modforanstaltninger. Men en sådan erkendelse er også af betydning for et studie af revnemekanismen og for bestemmelse af sorters revneindeks.

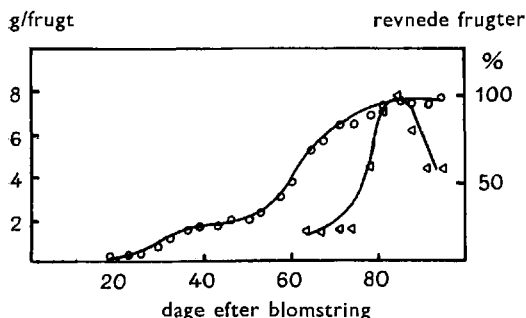


Fig. 7. 'Sam'. Frugtvekst (o-o) og revneresistens (Δ-Δ).

'Sam'. Fruit growth (o-o) and relative cracking resistance (Δ-Δ).
Christensen 1973a.

I fig. 7 er vist et eksempel på revnetilbøjelighed i forhold til frugternes vækstkurve (Christensen, 1973a). I figuren er revnedannelsen illustreret som procent af den stærkeste revnedannelse, der blev observeret i frugtens vækstperiode.

Hos de fleste sorter forekom, som vist på figuren, ingen revnedannelse efter 4 timer i vand i første og anden vækstfase. Revnetilbøjeligheden var hos alle sorter stærkt stigende i sidste halvdel af tredje vækstfase og nåede et maksimum omkring optimal modningstid. Efter denne tid observeredes hos flere sorter atter et fald i revnetilbøjeligheden, som tilskrives en reduktion af frugternes saftspænding på grund af overmodning.

Der konkluderedes i undersøgelsen, at eventuel forebyggelse kan koncentreres i sidste halv-

del af tredje vækstfase, og at den relative korte periode med maksimal revnetilbøjelighed nødvendiggør, at tidspunktet for prøveudtagning til bestemmelse af sortsbestemt revneindeks vælges med omhu.

6.2. Hastighed af vandoptagelse

Varierende hastighed af vandoptagelsen hos forskellige sorter regnedes for at være en væsentlig årsag til den sortsbestemte revneresistens. Denne antagelse søgtes dokumenteret ved at bestemme vægtforøgelsen over en maksimalt seks timers periode på enkeltfrugter af 26 sorter. (Christensen, 1972a).

I undersøgelsen påvist, at vandoptagelsen efter een times forløb, og indtil frugterne revnede, var direkte proportional med den tid, de lå i vand.

Erkendelsen af en sådan proportionalitet simplificerer undersøgelser af vandoptagelsen, idet frugtens vægtforøgelse kan bestemmes i en vilkårlig tid efter nedlægnings i vand og derefter omregnes til vandoptagelse pr. time. Det har navnlig betydning for sorter, der revner allerede efter 2-3 timers forløb.

Undersøgelsen viste, at der var stor forskel i hastigheden af sorternes vandoptagelse. Den varierede fra en vægtforøgelse på 0.14 % pr. time hos 'Early Rivers' til 0.70 % hos 'Napoleon'.

Sammenhængen mellem frugternes revnedannelse og hastigheden af vandoptagelsen søgtes konstateret ved forskellige korrelationsberegninger, hvor vandoptagelsen udtryktes både som optagelse i forhold til overfladens størrelse og i forhold til frugtens vægtforøgelse. Den største korrelation med sortens revneindeks havde den procentvise vægtforøgelse af frugterne. Beregningen viste, at højst 36 % af årsagen til sorternes varierende revneindeks kunne tilskrives hastigheden af deres vandoptagelse ($R = 0,603$).

Det mest bemærkelsesværdige ved disse resultater er måske, at hastigheden af vandoptagelsen har en så relativ beskeden andel i årsager til revnetilbøjeligheden.

6.3. Optaget vandmængde

I undersøgelsen over hastigheden af frugternes vandoptagelse gav materialet mulighed for at bestemme, hvor meget vand frugterne optog, inden de revnede. (Christensen 1972a).

Der påvistes en betydelig sortsforskel varierende fra 0.44 % vægtforøgelse inden revnedannelse hos 'Knauff' til 2.04 % hos 'Sodus'. Der var ingen signifikant korrelation mellem denne vandoptagelseskapacitet og sorterens revneindeks, uanset om optaget vand blev udtrykt i forhold til frugtens vægt eller overflade.

Det mest interessante ved disse resultater var, at så små vandmængder som 0.44 til maksimalt 2.04 procent af frugtens vægt var tilstrækkeligt til at få frugterne til at revne. Denne erkendelse indikerer sammen med andre iagttagelser, at vandet ikke trænger gennem hele den kødede pericarp, inden frugten revner. Hvis optaget vand fordelte sig i hele frugten inden revnedannelse, ville der formodentlig have været en vis sammenhæng med frugtens størrelse, men det var ikke tilfældet. Som tidligere omtalt (side 295) blev det iagttaget, at frugter selv efter flere dages forløb aldrig revnede på den del, der var over vandets overflade.

Disse iagttagelser tyder på, at revnedannelse skyldes påvirkninger i de ydre celler, og at den vandoptagelse, der fører til revnedannelse, er koncentreret i en lille del af frugtens volumen, hvorved denne del øges betydeligt mere i vægt end de refererede tal angiver. Hvis forøgelsen af frugtens volumen var fordelt i blot hovedparten af den kødede pericarp, ville den næppe overstige cellevæggenes elasticitet.

6.3.1. HASTIGHEDEN AF VANDOPTAGELSEN I RELATION TIL OPTAGET VAND INDEN REVNEDANNELSE

I foregående to afsnit er hastigheden af vandoptagelsen og absolut optaget vandmængde hver for sig belyst i relation til frugternes revneindeks. En videre analysering af disse resultater viste, at der var en større sammenhæng mellem de to første egenskaber i forening og frugternes revneindeks.

Verner (1937) fremsatte den teori, at kirsebær med hensyn til revnetilbøjelighed kunne inddeles i følgende 4 grupper:

1. Hurtig vandoptagelse og uelastisk hud (stor revnetilbøjelighed)
2. Hurtig vandoptagelse og elastisk hud (middel revnetilbøjelighed)
3. Langsom vandoptagelse og uelastisk hud (middel revnetilbøjelighed)
4. Langsom vandoptagelse og elastisk hud (lille revnetilbøjelighed)

Verner søgte ikke nærmere at definere elasticiteten, men har formodentlig benyttet den som udtryk for, at forskellige sorter ikke optog lige meget vand, inden de revnede. Rootsi (1960) forsøgte at måle elasticiteten af blommehud, men måtte konkludere, at den var mest påvirket af hudens fugtighedsgrad under hans målinger.

På baggrund af Verners hypotese beregnedes den multiple korrelation mellem hastighed og kapacitet af vandoptagelse og revneindeks. Den viste, at ca. 47 % ($R = 0,684$) af revnetilbøjeligheden kunne tilskrives de to faktorer i forening. Det vil sige, at en så skarp og klar inddeling, som ovennævnte af Verner, ikke var mulig.

Men sorterens evne til at optage varierende mængde vand inden revnedannelse forklarer dog en del af årsagen til den relative svage korrelation mellem hastigheden af frugternes vandoptagelse og deres revneindeks. (Christensen 1972a, tabel 1).

Navnlig sorterne 'Erianne', 'Knauff', 'Merton Premier', 'Bing', 'Merton Bounty' og 'Gil Peck' havde et højere revneindeks end hastigheden af vandoptagelsen betingede. De 3 første sorters afvigelse hænger markant sammen med deres meget ringe vandoptagelseskapacitet før revnedannelse. Det samme gælder til dels 'Bing', hvorimod den ikke kan forklare de store afvigelser af 'Merton Bounty' og 'Gil Peck'.

I modsætning til disse sorter havde 'Ohio Beauty', 'Kassin', 'Sodus', 'Napoleon' og 'Merton Heart' et væsentligt lavere revneindeks end hastigheden af deres vandoptagelse betingede.

De fire førstnævnte sorters afvigelse kan forklares ved, at netop de fire havde den største kapacitet for vandoptagelse inden revnedannelse. 'Merton Heart's' afvigelse kan derimod ikke forklares ved denne sammenhæng.

Sammendraget vil det sige, at af de 11 største afvigelser fra regressionslinien mellem revneindeks og hastigheden af vandoptagelse kan de 8 tilskrives deres kapacitet for vandoptagelse.

Resultaterne er således kun en delvis bekræftelse af Verners teori, idet også andre faktorer spiller en rolle. Resultaterne giver heller ikke nogen indicier for, om det er cellevæggenes (hudens) elasticitet eller andre faktorer i frugtens anatomiske eller kemiske opbygning, der påvirkes forskelligt af vandoptagelsen.

'Ohio Beauty' er den sort, der kommer idealt nærmest i revnemæssig henseende. Den har en meget langsom vandoptagelse samtidig med, at den kan optage meget vand uden revnedannelse. Omvendt forholder det sig med 'Bing', der optager vand meget hurtigt, men kun tåler relativt beskedne mængder inden revning. Denne sort er da også internationalt kendt for sin store revnetilbøjelighed.

6.4. Spalteåbninger i frugtens hud

På grundlag af de mange indicier for, at den vandoptagelse, der fører til revnedannelse, sker gennem frugtens hud, var det naturligt at studere nogle af de egenskaber hos frugten, der er bestemmende for vandoptagelse. Der er i disse undersøgelser særligt lagt vægt på at bestemme de sortsbestemte forskelle i vandoptagelsen.

Det er påvist af *Wetzel* (1924) og senere af flere forskere, at direkte vandoptagelse af blade helt overvejende sker gennem epidermisceller, mens optagelsen gennem spalteåbninger er uvæsentlig. *Meyer og Andersen* (1959) tilføjer dog til denne almindelige antagelse, at vand under regn eller kunstig sprøjtning også kan presses gennem spalteåbninger, navnlig hos arter og organer, der har store spalteåbninger. *Sawada* (1931) iagttog, at i hvert fald en del af kirsebærs vandoptagelse skete gennem spalteåbningerne.

Da kirsebærs vandabsorption gennem epidermisceller måtte formodes at være stærkt hæmmet af deres kutikula og vokslag, blev det fundet af interesse på grundlag af *Sawadas* iagttagelser at undersøge størrelse og antal af en række sorters spalteåbninger i relation til deres vandoptagelse.

Målingerne blev udført ved hjælp af et aftryk på klar neglelak som beskrevet af *Stoddard* (1965). I undersøgelsen (*Christensen 1972d*), der omfattede 33 sorter, påvist en betydelig sortsforskel både i størrelse og i antal af spalteåbninger pr. arealenhed af frugtens overflade. Antallet pr. cm² varierede fra 85 hos 'Van' til 229 hos 'Seneca'. Størrelsen var derimod omtrent den samme som normalt for blade. Det vil sige, at det samlede areal af spalteåbninger pr. arealenhed kun var omkring en procent af det normale for blade.

Trods det lave antal af spalteåbninger var der en højt signifikant korrelation mellem deres størrelse og hastigheden af frugternes vandoptagelse ($r = 0,679^{***}$). Antallet og arealet af spalteåbninger havde derimod ingen signifikant sammenhæng med frugternes vandoptagelse.

Årsagen til de største afvigelser fra korrelationen mellem hastigheden af frugternes vandoptagelse og stomatas størrelse er søgt videre analyseret ved hjælp af nogle beregninger af multiple korrelationer.

Ved en af disse beregninger viste det sig, at indflydelsen af spalteåbningernes størrelse på hastigheden af frugternes vandoptagelse i nogen grad var påvirket af frugternes kapacitet for vandoptagelse og kun i mindre grad af det samlede areal af spalteåbninger. Der blev fundet følgende korrelationskoefficienter:

	Vandopt. pr. time
Størrelse af stomata	0,679 ^{***}
Størrelse af stomata × kapacitet for vandopt.	0,827 ^{***}
Størrelse af stomata × kapacitet for vandopt. × areal af stomata	0,847 ^{***}

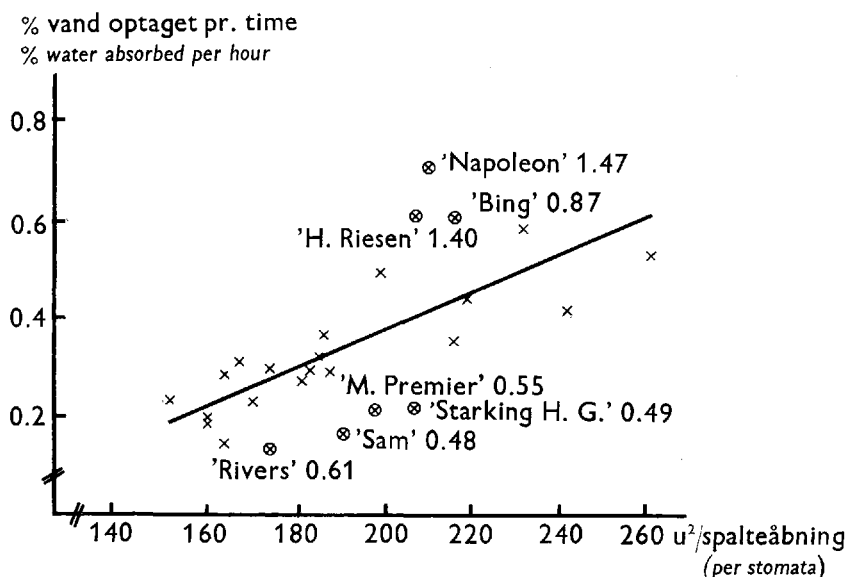


Fig. 8. Hastigheden af vandoptagelsen i forhold til størrelsen af spalteåbningerne. 26 sorter. $r = 0,679$. $\otimes$ = % vægtforøgelse før revnedannelse. Rate of water absorption in relation to size of stomates. $\otimes$ = per cent increase in weight to cause cracking.

Figur 8 er en gengivelse af tidligere publiceret figur (Christensen 1972d, figur 4) med den ændring, at de største afvigelser er markeret med angivelse af deres procentvise vægtforøgelse inden revnedannelse.

Figuren viser, at de tre største positive afvigelser havde to en meget stor kapacitet for vandoptagelse, mens den for 'Bing' var middels. Til gengæld havde denne sort et meget stort samlet areal af stomata pr. cm^2 overflade.

De fire største negative afvigelser var blandt de fem sorter, der havde den laveste kapacitet for vandoptagelse inden revning (Christensen 1972a).

Resultaterne leder således til den konklusion, at spalteåbningerne spiller en betydelig rolle for frugternes vandoptagelse, og sammen med frugternes vandoptagelseskapacitet forklarer ca. 72 % af årsagen til forskelle i hastigheden af sortens vandoptagelse.

Konstateringen af, at navnlig spalteåbningernes størrelse var korreleret med hastigheden af

vandoptagelsen er i god overensstemmelse med love om væskestrømme, der angiver, at gennemløbet stiger eksponentielt pr. arealenhed åbning med stigende åbningsstørrelse.

I forædlingsarbejdet med revneresistente sorter kan en bestemmelse af stomata størrelse muligvis være et nyttigt og enkelt hjælpemiddel til en tidlig screening af et større materiale. Metoden findes derimod ikke tilfredsstillende til endelig angivelse af sorters revneresistens, men sammen med et endnu ikke erkendt kriterium, kan det måske føre til en mere konstant og sikker metode end revneindekset.

6.5. Frugtens sukkerindhold

Da vandoptagelsen i planteceller overvejende er et osmotisk fænomen, er det naturligt, at mange kirsebærforskere har forsøgt at forbinde forskelle i frugternes vandoptagelse og revnetilbøjelighed med deres sukkerindhold, der er den afgørende komponent for cellernes diffusionsstryknedsættelse.

Den væsentligste årsag til, at foreliggende litteratur om sukkerindholdets betydning for frugtens revneresistens er uklar eller direkte modstridende, er tilsyneladende at både sukkerindhold og revnetendens øges med modningsgraden, og opmærksomheden i mindre grad har været rettet mod de andre ændringer, der sker med frugtens konstitution i denne udviklingsperiode.

Udviklingsbestemt sukkerindhold: Ved daglige prøveudtagninger fra ca. 20 dage før fuld modning til optimal høsttid bestemtes forløbet af både revneresistens og refraktometertal, der benyttedes som udtryk for sukkerindhold. (Christensen 1972b).

Undersøgelsen viste, at sammenhængen mellem udviklingstrin og sukkerindhold i forsøgsperioden var meget større end sammenhængen mellem revneresistens og sukkerindhold.

Særligt bemærkelsesværdige var to års resultater af 'Ohio Beauty', hvor der begge år var en meget høj korrelation mellem sukkerindhold og udviklingstrin ($r = 0,93$), mens der slet ingen sammenhæng var mellem revneindeks og sukkerindhold ($r = 0,08$ og $0,25$).

Resultatet for denne sort indikerer, at andre faktorer har haft den afgørende betydning for resistensen. Det ligger derfor nært at bekræfte den antagelse, at revneindeks og sukkerindhold, selv om de ofte forløber parallelt, er to uafhængige egenskaber, der begge forøges med stigende modningsgrad.

Sortsbestemt sukkerindhold: Resultaterne fra en tidligere omtalt undersøgelse af den sortsbestemte hastighed af frugternes vandoptagelse blev sammenholdt med deres sukkerindhold (Christensen 1972d). I dette tilfælde var det ikke muligt at påvise en sammenhæng mellem hastigheden af 26 sorters vandoptagelse og deres sukkerindhold.

Derimod er der i samme afhandling påvist en signifikant korrelation ($r = 0,53^{**}$) mellem 3 års gennemsnit af revneindeks og sukkerindhold hos 35 sorter.

Det er vanskeligt at tolke disse resultater, men det sidste resultat kan skyldes, at de sorter, der var mest disponerede for revnedannelse, blot tilfældigt havde tendens til højere sukkerindhold, men at de to egenskaber ellers var uafhængige. Denne tolkning bekræftes delvis af, at korrelationen indenfor de enkelte år var meget svag eller insignifikant.

På grundlag af ovennævnte resultater, må det antages, at cellernes osmotiske tryk spiller en ringe rolle for hastigheden af frugternes vandoptagelse.

6.6. Temperatur

Flere forskere (Gerhardt et al. 1945, Levin et al. 1959, Verner og Blodgett 1931) har påvist, at temperaturen øver en betydelig indflydelse på frugternes revnehastighed. Bullock (1952) angav, at Q_{10} for denne reaktion var 1,55 i temperaturområdet $12-25^{\circ}\text{C}$. I egne undersøgelser (Christensen, 1972b) var der omtrent proportionalitet mellem revnehastighed og temperaturstigning i hele det prøvede temperaturområde fra $10-40^{\circ}\text{C}$. I gennemsnit af 3 sorter steg revneprocenten ca. 28 points ved en temperaturstigning på 10 grader; i en mere revneresistent sort var stigningen på 20 points.

Proportionaliteten mellem temperatur og revneprocent tyder på, at revnedannelsen er påvirket af en fysisk proces. Ifølge Poiseulles lov om væskers viskositet er hastigheden af væskestrømme gennem kar med en lille diameter direkte proportional med temperatur. Det vil sige, at temperaturens indflydelse på revnedannelsen kan skyldes dens påvirkning af væskestrømmen gennem frugtens spalteåbninger.

Men da temperaturen desuden påvirker mange andre faktorer som cellevæggenes permeabilitet og biokemiske processer i cellerne, kan der næppe gives nogen entydig forklaring på temperaturens virkning. Temperaturens indflydelse indikerer, at risikoen for revneskade under planteforhold er betydelig større under og efter regn i varme perioder (tordenbyger) end i kolde perioder (om natten f.eks.). Erkendelsen af temperaturens store indflydelse er af betydning for undersøgelser af revnefænomenet.

6.7. Klimatiske forhold

Ved bestemmelse af det sortsbestemte revneindeks bemærkedes uventede variationer i revnetilbøjelighed hos samme sort ved forskellige dages prøveudtagninger. Disse jagttagelser ledte til en undersøgelse af indflydelsen af vejrforholdene på frugtens revnetilbøjelighed (*Christensen 1972b*).

Ved daglige prøveudtagninger fra ca. 3 uger før optimal modning påvistes en betydelig korrelation mellem revnetilbøjelighed og udviklingstrin, men der var også, i denne forbindelse mere interessante, markante afvigelser fra regressionslinien.

Trods omfattende beregninger af simple og multiple korrelationer på grundlag af meteorologiske data var det ikke muligt at påvise nogen generel signifikant korrelation mellem revnemodtagelighed og klimatiske forhold. Til beregningerne benyttedes foregående døgns nedbør, temperatur, skydække og relative fugtighed.

En sikker påvisning af klimaets indflydelse på revnetilbøjeligheden synes kun mulig i klimakamre, hvor alle meteorologiske forhold er under kontrol. Under plantageforhold, hvor mange faktorer er variable, vil enkelte dages extreme klimaforhold i et relativt kort modningsforløb kunne påvirke korrelationsberegningerne så kraftigt, at resultatet bliver tilfældigt eller misvisende.

En enkelt klimafaktor kan formodentlig have forskellig virkning afhængig af de øvrige klimatiske forhold. Eksempelvis vil en høj temperatur kombineret med solskin medvirke til at mindske saftspændingen i frugten og dermed virke reducerende på revnetilbøjeligheden. I fugtigt vejr vil høj temperatur derimod stimulere frugternes vandoptagelse og medvirke til at øge deres turgortryk og dermed deres revnetilbøjelighed.

I ovennævnte beretning postuleres, at frugterne antageligt er mere revnemodtagelige end udviklingen betinger efter perioder, der befordrer stor saftspænding af frugterne.

6.8. Frugtens størrelse

Det er en almindelig antagelse, at store frugter

af kirsebær lettere revner end små frugter. Det er i denne forbindelse nødvendigt at skelne mellem sortsbestemt frugtstørrelse og individuel forskel mellem frugter inden for samme sort.

De meget sparsomme undersøgelser, der forelå om dette forhold, var ikke entydige og søgtes derfor belyst i et større materiale (*Christensen 1975*).

Individuel frugtstørrelse: Der påvistes i 5 sorter, at revnetilbøjeligheden var stærkt stigende med stigende frugtstørrelse inden for samme sorter. Der kan ikke heraf sluttes nogen forskel i deres evne til optagelse af vand. Med lige stor vandoptagelse pr. arealenhed overflade og ens konstitution af frugtens hud vil revnetendensen ud fra et rent fysisk tryk-kriterium øges med stigende frugtstørrelse (*Christensen 1974b*).

Sortsbestemt frugtstørrelse: Det var derimod kun muligt at påvise en meget svag signifikant sammenhæng mellem sortsbestemt frugtstørrelse og deres revnetilbøjelighed. I et materiale på 41 sorter, der i gennemsnitsstørrelse varierede fra 4,6 g til 9,7 g og i revneindeks fra 12 til 90 var korrelationskoefficienten så svag som 0,35, d.v.s. at kun ca. 12 % af sortens revnetilbøjelighed kunne tilskrives frugtens størrelse.

Konklusionen af denne undersøgelse er således, at revnetilbøjeligheden er stærkt korreleret med den individuelle frugtstørrelse inden for en sort, mens sortens genetiske størrelse kun har ringe betydning for revnedannelsen.

6.9. Frugtens fasthed

Der er en betydelig forskel på modne frugters fasthed (*Christensen 1974a*). Det er en udbredt opfattelse, at fastkødede sorter revner lettere end bløde sorter, selv om de enkelte undersøgelser, der foreligger om denne sammenhæng, er baseret på meget få sorter og desuden er modstridende.

Opfattelsen skyldes formodentlig, at det kan forekomme nærliggende, at en blød frugt kan optage mere vand inden revnedannelse end fast frugt.

I en undersøgelse af forholdet hos 41 sorter, der varierede i revneindeks fra 12 til 90 og i fasthed fra en karakter på 3 til 10, var der imidlertid ingen sammenhæng mellem frugtens fasthed og dens revnetilbøjelighed (*Christensen 1975*).

7. Revnedannelsens forløb

På grundlag af de undersøgelser, der foreligger, er det muligt at danne hypotese for revnedannelsens forløb.

Frugterne absorberer vand, fortrinsvis gennem spalteåbninger (*Sawada 1931*, side 303) fordelt over hele frugten, ikke kun ved stilk- og topende (*Davenport et al. 1972*).

Revnedannelsen sker, når hele frugten ved vandoptagelse har forøget sin vægt med 0,5–2,0 % (side 302). Det absorberede vand, der fører til revnedannelse, kan næppe være ensartet fordelt i hele frugten. Flere forhold indikerer, at revnedannelsen sker allerede, når de yderste, måske 5–10 cellelag har absorberet et overskud af vand.

I de iagttagelser af frugter, der kun havde en del af overfladen under vand (side 295) forekom revnedannelsen kun i denne del af frugten. Hvis der skete en større fordeling af vandet i frugten inden revnedannelsen, måtte der forventes revnedannelse også i områder over vandoverfladen. Da det desuden er påvist, at frugten absorberer vand, så længe de er våde (side 301), vil alene den rent tidsmæssige faktor for transporten af vand betinge en større vægt, og volumenforøgelse af de yderste vævlag. Det er yderligere støttet i en undersøgelse ved hjælp af ^{45}Ca .

Frugter af en revnemodtagelig sort ('Windsor') og en revneresistent sort ('Knuthenborg') blev lagt i en opløsning med $2 \mu\text{Ci } ^{45}\text{Ca}$ pr. 100 ml. Efter 2–4 timers forløb, inden nogen frugt var revnet, blev de taget op af opløsningen, skyllet, delt i frugthud og frugtkød, forasket, opløst i syre og det relative ^{45}Ca indhold målt som counts pr. minut (cpm). Resultatet er et relativt udtryk for ^{45}Ca i frugthud og frugtkød pr. frugt. Undersøgelsen blev udført på 3 fællesprøver og gentaget 3 høstdage.

Tabel 3. Relativ fordeling af absorberet calcium i frugter, cpm af ^{45}Ca
Relative distribution of absorbed calcium in cherry fruits, cpm of ^{45}Ca

Sort	Forsøg	cpm	
<i>cultivar</i>	<i>trial</i>	Hud <i>skin</i>	Kød <i>flesh</i>
Knuthenborg	1	330	69
	2	2420	234
	3	1750	287
Windsor	1	1160	133
	2	4200	541
	3	2300	356

Af resultaterne i tabel 3 fremgår, at 80–90 % af det absorberede calcium, uanset sortens revneresistens, blev genfundet i frugtens hud, det vil sige de yderste 5–7 cellelag. Det kan ikke umiddelbart tages som et udtryk for det absorberede vands fordeling i frugten, da vands og calciums gennemstrømhastighed nødvendigvis ikke er den samme. Under opløsningens passage gennem spalteåbning, luftkammer, der er 2–3 cellelag dybt, og de nærmeste intercellulærrum vil vand og calcium sikkert følges ad. Men ved optagelse i cellerne hindrer ionbytnings og adsorption, at calcium og vand følges fuldstændigt. Da den vandoptagelse, der fører til revnedannelse sker i løbet af kort tid, i dette forsøg i løbet af 2–4 timer, forekommer det sandsynligt, at Ca-ionernes fordeling i det mindste afspejler en størrelsesorden for vandets fordeling i frugten.

En vægtforøgelse på omkring 1 % for hele frugten svarer til en rumfangsforøgelse på 15–20 % af de yderste celler, hvis 70–80 % af det absorberede vand findes i de yderste 5–7 cellelag, når frugten revner. Det vil sige, at rumfangsforøgelsen i de øvrige celler i frugtkødet er langt mindre end tallene for hele frugten antyder.

Det forekommer sandsynligt, som antaget af *Kertes og Nebel (1935)*, at en del af det tryk, der fremkalder revnedannelsen skyldes en svulmning af de kolloider, der findes i frugtens væv.

Det forøgede tryk fører til en sprængning af

de yderste celler. Den derved ændrede spænding for dybere liggende celler kan medvirke til, at revnedannelsen hos modne frugter fortsætter dybere ind i frugten.

Cellerne og cellevæggen gennemgår mange strukturelle og kemiske ændringer under frugtens udvikling, der motiverer en øget modtagelighed for revnedannelse. Frugtudviklingen følges af celleforøgelse, -vækst og formændring; cellevæggene bliver tynde (*Tukey og Young 1939*), og der forekommer i større eller mindre grad celleseparation ved nedbrydning af stivelse, pektiner og af cellulose i midtlamellen. Navnlig i æble og pære erkendes denne frigørelse af cellerne fra hinanden ved, at frugterne ved overmodning bliver melede (*Eames og MacDaniels 1947*).

De angiver videre, at hos kødede frugter kan væske fra den nedbrudte midtamel være til stede mellem cellerne, og kun en meget svag trykændring er tilstrækkelig til at bryde sådanne celler hos modne frugter. De mener, at den ændring i et vævs spænding, der fremkommer ved brud på epidermis, måske kan være tilstrækkeligt.

Alle disse forskelle mellem umodne og modne frugter motiverer en stigende revnemodtagelighed i løbet af frugtens udviklingsperiode og kan være årsag til at sekundær-revnerne på umodne frugter kun bliver overfladiske.

8. Sortsbestemt revneresistens

Revneindekset benyttes internationalt endnu

kun i begrænset omfang til beskrivelse af en sorts revnetendens, men dog i stigende omfang. Revneresistens er en så vigtig egenskab for en sorts dyrkningsværdi, at indeksets størrelse alene kan være grundlag for at udelukke den fra fortsat afprøvning. En sort med et revneindeks over 70 skal have andre særdeles gode egenskaber for at være dyrkningsværdig.

Revneindekset er bestemt i mindst to år på 122 sorter. Hvert års revneindeks er gennemsnit af 3 årlige bestemmelser omkring optimal modningstid. Resultaterne, hvoraf flere allerede tidligere er publicerede (*Christensen 1970 og 1974*), er opsummeret i *tabel 4*. Som beskrevet i tidligere afsnit angiver 0 højeste og 100 laveste revneresistens.

Sortsvariationen er meget betydelig, indeksene varierer fra 12 hos 'Schmidt' til 94 hos 'Lamida'. Der er ingen sammenhæng mellem sorterens modningstid eller frugtfarve og deres revnetendens. Hos de prøvede sorter fordeltes revneindeksene som følger:

Indeks	% af sorterne
0- 19	4
20- 39	21
40- 59	24
60- 77	33
80-100	18
Gennemsnitlig indeks	57

Tabel 4. Revneindeks for 122 sorter af kirsebær
Cracking index of cherry cultivars

Sort	Revneindeks	Sort	Revneindeks
Alma	67	Black Republican	75
Altenburger Melonenkirsche	54	Black Tartarian	51
Annonay	62	Bladorozowa	28
Asdonkse	32	Bleyhls Braune	78
Bada	24	Bovia	81
Balsgård 20406	53	Büttners Rote	47
Barbara	72	Chinook	87
Basler Adler	75	Corum	32
Beta	33	Clark September	38
Bianca	35	Drögsperryds Medeltidiga	51
Black Giant	80	Dönissens Gule	70

Sort	Revneindeks	Sort	Revneindeks
Early Rivers	29	Noble	75
Ebony	80	North Star	19
Elton	60	Ochsenherz	70
Erianne	54	Ohio Beauty	26
Frans Meyling	43	Ostheimer	39
Frogmore	46	Pater von Mansfelt	39
Fromms Schwarze Herz	85	Primavera	63
Frühe Französische	50	Querfurter Königskirsche	84
Frühe von Dobitschen	65	Rainier	78
Früheste der Mark	70	Rainbow Stripe	90
Gill Peck	92	Rebekka	55
Gubener Schwarze	58	Ria 327	71
Hedelfinger	78	Sam	39
Heiman Konservenw.	21	Schauenburger	42
Heiman Rubin	40	Schmidt	12
Heinrich Riesen	65	Schneiders Späte	76
Hoskins	42	Schumacher	53
Hudson	29	Schwarze Spanische	82
Inspecteur Löhnis	39	Sekunda	80
Intekær	65	Seneca	36
Jaboulay	75	Skyggemorel	69
Jubilee	92	Sodus	58
Kassins Hjerte	42	Souvenir des Charmes	85
Kelleris 16	26	Spalding	75
Knauff	62	Sparkle	55
Knuthenborg	19	Spitze Braune	45
Körös	30	Star	62
Krügers Herzkirsche	72	Starking Hardy Giant	58
Kunze	44	Stevnsbær	17
Lambert	78	Sue	22
Lamida	94	Teichners Schwarze	71
Larian	46	Tschernokorka	45
Macmar	70	Ulster	27
Mahognibar	34	Van	71
Mailat	35	Vega	66
Merton Bigarreau	86	Veleska	57
Merton Bounty	81	Velvet	81
Merton Crane	70	Venus	83
Merton Favourite	52	Vic	48
Merton Glory	57	Victor	63
Merton Heart	39	Vista	81
Merton Marvel	34	Vitoria	71
Merton Premier	66	Walpurgis	79
Meteor	32	Windsor	84
Mona	63	Wolska Wezesna	62
Montmorency Ottawa	39	Woodring Bing	80
Montmorency Wladimir	15	Woodring Pæonia Bing	75
Moreau	88	Zweitfrühe	66
Moserkirsche	84	Østads röda	36
Napoleon	57	Østedgård	57

8.1. Årsag til sortsforskelle i revneresistens

Nogle af de årsager, der har sammenhæng med hastigheden af frugtens vandoptagelse, er diskuteret tidligere. Det er også påvist; (side 302) at denne hastighed ikke alene er afgørende for den sortsbestemte revneresistens.

I cellerne, og navnlig i cellevæggene, findes mange stærkt hydrophile kolloider som protein, stivelse, cellulose og pektiner. Da der er meget store forskelle mellem kolloidale substansers vandretension og deres tendens til imbibition, kan blot mindre, sortsbestemte kvalitative og kvantitative forskelle formodentlig have indflydelse både på hastigheden af en sorts vandoptagelse og på den mængde vand, der fører til revnedannelse.

Hverken Kertesz og Nebel (1935) eller Marcussen (1972) kunne i anatomiske studier påvise overbevisende indicier for, at forskelle i cellestruktur kunne øve indflydelse på revneresistens. Da der kun er ringe eller ingen sammenhæng mellem sortsbestemt frugtstørrelse eller -fasthed og revneresistens, forekommer det ikke sandsynligt, at hverken cellestørrelse eller vævsstruktur har afgørende betydning.

Opsummeret vil det sige, at årsagen til sorternes forskellige revnetilbøjelighed antages at have sammenhæng med størrelsen af frugtens stomata, kvalitet og kvantitet af kolloidale substanser i cellerne, og i mindre grad er påvirket af frugtens osmotiske koncentration og frugtens størrelse.

9. Forebyggelse af revnedannelse

9.1. Indledning

I tidens løb er fremkommet meddelelser om en lang række saltes, fungicider og andre kemikaliers revnereducerende virkning. Mange midlers virkning har det ikke været muligt at reproducere, andre havde sådanne bivirkninger, i reglen tilsmudsning af frugterne, at de ikke var praktisk anvendelige.

Midler, der kan forventes at have indflydelse på revnetilbøjeligheden, må formodes at skulle påvirke mindst en af følgende egenskaber:

1. Frugtens vandoptagelse
2. Fordampningen af frit vand fra frugtens overflade
3. Cellernes styrke eller elasticitet

Navnlig virkningen af calciumsalte og fungicider har været genstand for mange undersøgelser. Erfaringer fra andre lande er tidligere refereret i forbindelse med en del af undersøgelser på Blangstedgaard (Christensen 1972e). I de følgende afsnit er de vigtigste af disse resultater sammendraget og diskuteret sammen med nogle undersøgelser, der ikke tidligere har været publiceret.

Undersøgelserne udførtes dels som laboratorieforsøg ved bestemmelse af revneprocent eller revneindeks og dels som plantageforsøg. De seneste undersøgelser er udført i det kunstige regnanlæg, der tidligere er beskrevet.

Flere forsøg burde sikkert have været udført under plantageforhold, navnlig hvor en langtidsvirkning måske kunne have betydning. Men de vanskeligheder, der er beskrevet side 295, har begrænset anvendelsen af denne teknik.

9.2. Metalsalte

Allerede i 1936 bemærkede Foster (1936), at nogle planter, der var sprøjtet med bordeauxvæske 5–6 uger før høst som led i den almindelige sundhedspleje, havde bemærkelsesværdigt få revnede frugter. Siden påviste en række forskere (Verner 1938, Powers og Bollen 1947, Knoppien 1949, Siaens 1951 og flere), at både calcium og kobber hæmmede revnedannelsen i kirsebær. Det er ligeledes påvist, at aluminiumsalte havde en revnereducerende virkning (Bullock 1952, Ackley 1965, Ono et al 1954).

De sikreste resultater af saltenes virkning blev opnået ved nedlægning af frugterne i vandige opløsninger. Af fig. 9 (Christensen 1972e) fremgår at salte af endog meget svage koncentrationer af disse metaller havde en stærk revnereducerende virkning. I samme undersøgelse kunne der derimod ikke påvises nogen virkning af mangan-, zink-, magnesium- og ferrosulfat.

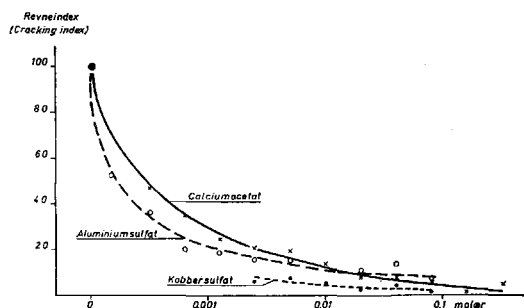


Fig. 9. Revneindeks ved forskellige koncentrationer af metalsalte.

Cracking index in solutions of different concentrations.

Christensen 1972e.

9.2.1. CALCIUM

Den fortsatte interesse knyttede sig til calciumsalte, da brugen af aluminium- og kobbersalte begrænses af løvets følsomhed over for større koncentrationer. Calciumacetat blev i nogle plantageforsøg foretrukket, da det kunne benyttes i ret store koncentrationer uden at skade løvet.

I flere forsøg undersøgtes derefter virkningen ved sprøjtning med calciumacetat i 0.1 % styrke henholdsvis 8, 15 og 30 dage før høst, men der opnåedes ingen sikker reduktion af revneprocenten.

Da der ikke opnåedes nogen virkning ved påsprøjtning i længere tid før høst, ændredes planerne til sprøjtning i forbindelse med nedbør, ud fra den hypotese, at calcium hæmmede

frugtens vandoptagelse. Ved påsprøjtning af calciumacetat, medens det regnede, lykkedes det at opnå betydelige reduktioner af revneprocenten, men kun ved benyttelse af så høje koncentrationer, at frugterne var stærkt forurenet af salt-rester, og nogen svidning af løvet forekom. I afhandlingen (Christensen 1972e) konkluderedes at fortsatte undersøgelser burde omfatte svagere styrker af calciumsalte udsprøjtet i regnperioder.

I de efterfølgende år udførtes nogle forsøg efter disse retningslinier indendørs under kunstig regn. Efter nogle orienterende undersøgelser blev calciumnitrat i den maksimale koncentration, der benyttes ved forebyggelse af prik-syge i æbler, foretrukket i de fortsatte forsøg.

I 1972 nåedes kun et enkelt forsøg i sorten 'Skyggemorel'. Calciumnitrat blev påsprøjtet umiddelbart før regn i 0,8 % styrke. Efter 4 timer optaltes følgende procent revnede frugter i gennemsnit af 6 fællesprøver:

	% revnede frugter
Kontrol	24,3
0.8 % Ca (NO ₃) ₂ før regn	11,0
LSD ₉₅	9,3

Der blev således opnået mere end en halvering af revneprocenten. Dette stimulerede til fortsatte forsøg, og i 1973 og 1974 blev forsøgsplanen udvidet med sprøjtning under regn, som det fremgår af tabel 5.

Tabel 5. 0.8 % calciumnitrat, procent revnede frugter
0.8 % calciumnitrate, per cent cracked fruits

Behandlingstidspunkt time of treatment	1973				1974			
	Forsøg			Gennemsnit	Forsøg			Gennemsnit
	trial			3 forsøg	trial			4 forsøg
	1	2	3	average	1	2	3	average
1. Kontrol	13	26	15	18	28	36	79	51
2. 1 time inden regn 1 hour before rain	9	33	11	18	28	27	74	44
3. Hver time under regn Every hour during rain	5	15	9	11	25	17	68	41
4. Hver halve time under regn Every half hour during rain	5	17	9	10	19	18	61	37
LSD ₉₅	6	7	i.s.	4	i.s.	12	12	i.s.
								9

Forsøgene blev gennemført med 3–5 fællesprøver pr. behandling. I 1973 var revneprocenten lav, da det ikke var lykkedes at få en tilstrækkelig høj temperatur i det benyttede rum. I gennemsnit af de tre forsøg opnåedes en højt signifikant reduktion af revneprocenten ved sprøjtning under kunstig regn, selv om revnedannelsen lå på et lavt niveau. Efter at have fået bedre temperaturkontrol over rummene gentoges forsøgene i 1974. Resultaterne forekom trods et større omfang og højere revne-niveau mere usikre end tidligere år. Kun i et enkelt af forsøgene var der signifikant halvering af revneprocenten, mens virkningen i de andre forsøg var lille eller insignifikant.

Selv om der hvert år er opnået en signifikant reduktion af revneprocenten uden synlige sprøjterester på frugterne ved sprøjtning med calciumnitrat under regn, er resultaterne ikke tilstrækkeligt sikre for en praktisk udnyttelse. For det første er virkningen åbenbart ikke stabil, som det fremgår af tabel 5, og desuden kan virkninger under plantageforhold muligvis blive endnu svagere, da frugterne næppe kan dækkes så godt, som under kunstige forhold. Under længere byger er der dog mulighed for, at neddryppende calciumholdigt vand fra løvet vil dække frugterne og forstærke den virkning, der er opnået i regnanlægget. Metoden bør videreprøves under naturlige plantageforhold.

9.2.2. VIRKNINGEN AF CALCIUM

En revnereducerende virkning af calcium er påvist af så mange forskere, at der næppe kan herske tvivl om denne erkendelse. Men årsagen til dets virkning er derimod uklar. Der er teoretisk to hovedmuligheder: En direkte virkning af calciumioner i det vand, der er under optagelse og en mere langsigtet virkning, hvor calcium indgår i cellernes opbygning.

Et par forhold taler for, at virkningen skyldes calciumionernes hæmning af vandoptagelsen ved deres reducerende virkning på permeabiliteten. I en allerede publiceret undersøgelse konstateredes en betydelig langsommere vandoptagelse af frugter nedlagt i en opløsning af

0.1 % calciumacetat end i destilleret vand (tabel 6).

Tabel 6. Vandoptagelse pr. time, procent af frugtvægt

Water absorption per hour, % of fruit weight
Christensen, 1972e

Sort (Variety)	Destilleret vand (Distilled water)	0.1 % Ca Ac
Gil Peck	0.55	0.28
Merton Glory	0.35	0.08
Primavera	0.50	0.18

Det ses i tabellen, at hos alle tre sorter kunne calciums revnereducerende virkning tilskrives en væsentlig langsommere vandoptagelse.

Endvidere viste en bestemmelse af calciumindholdet af en meget revnemodtagelig sort ('Venus', revneindeks 83) og en meget revneresistent sort ('Knuthenborg', revneindeks 19), at indholdet af calcium i tørstoffet var henholdsvis 0.068 % og 0.064 %. Disse størrelser tyder ikke på, at calciumindholdet i frugten har været af afgørende betydning. Bangerth (1968) fandt heller ingen sammenhæng mellem 8 sorters Ca-indhold og revnetilbøjelighed.

Et tredje forhold, der taler for en øjeblikkelig virkning, er, at der ikke blev opnået nogen sikker revnereducerende effekt ved at udsprøjte calciumsalte 8, 15 eller 30 dage før høst, men at der i flere tilfælde opnåedes en virkning ved sprøjtning under regn. I første tilfælde ville der være gode muligheder for en optagelse, der kunne medvirke til at opbygge en eventuel langsigtet revneresistens, hvorimod det ville være mindre sandsynligt i sidste tilfælde.

Calcium kunne også tænkes at have en langtidsvirkning på revnedannelsen ved at reducere cellemembranens permeabilitet og kolloidernes imbibition og ved at styrke cellevæggen ved dets evne til at binde sig til pektiner i cellevæggen. Men efter de forhold, der er belyst her, synes der at være mest, der taler for, at calcium forårsager en reduktion af hastigheden af vandoptagelsen.

Tabel 7. Spredemiddel før regn, procent revnede frugter
Wetting agent before rain, per cent cracked fruits

Behandling <i>treatment</i>	Kunze	Östedgård	Erianne	Morello	Morello	Gns. 5 sor. Av. 5 cv.
Kontrol	18	35	23	39	37	30
0.1 %	22	34	53	54	54	43
0.2 %	26	54	58	62	60	52
Fællesprøver ialt <i>replicates</i>	6	3	8	6	4	27
LSD ₉₅	n.s.	16	15	22	20	8

9.3. Spredemidler

Vand vil ikke befugte en olieret overflade på grund af den ringe tiltrækning mellem de to substanser og den høje indbyrdes spænding. Flere organiske forbindelser, som er delvis polare og delvis ikke polare, reducerer vandets overfladespænding med det resultat, at vanddråber, der indeholder disse forbindelser, vil flade ud. De reducerer også den indbyrdes spænding mellem vand og nogle typer af andre stoffer som voks og olie og derved yderligere medvirker til at sprede vandet over en vokset overflade.

Sæbe er en sådan delvis polar og delvis non-polar forbindelse, der har denne virkning. Det har derfor i stor udstrækning været benyttet som middel til at sikre en ensartet fordeling af pesticider på voksdækkede overflader på planter. Mange andre midler, der har en særlig effektiv overfladevirkning, er de senere år produceret og markedsført under forskellige firmanavne som *spredemidler*.

I 1970 og 1971 publicerede *Kampe* nogle resultater, der viste, at spredemidler gav en betydelig reduktion af revnedannelse hos kirsebær ved påsprøjtning 10 dage før modning. Forsøgene blev udført i flere sorter og gav i alle sorter begge år meget sikre resultater.

Resultaterne påkaldte med rette meget stor interesse, da der ikke tidligere ved påsprøjtning af noget middel er opnået så god en reduktion af revnedannelse uden bivirkninger som f. eks. tilsmudsning af frugterne. Omtrent samtidigt udførte forsøg med spredemiddel (*Christensen 1972e*) gav ingen bemærkelsesværdig virkning. Senere har *Pansaers* (1974) i Belgien også op-

nået stærk reduktion af revnedannelsen ved hjælp af spredemiddel-sprøjtninger før høst.

I senere forsøg under kunstig regn søgtes *Kampes* resultater af sprøjtning med spredemiddel før regn bekræftet. Resultaterne fremgår af *tabel 7*.

Her opnåedes imidlertid den modsatte virkning. I fire af fem forsøg var der signifikant forøgelse af revnedannelsen, i gennemsnit af alle forsøg med 75 %. I flere forsøg prøvedes de to spredemidler 'Lisapol' og 'Triton', men virkningen var ens for begge midler.

9.3.1. INDFLYDELSE PÅ REVNEDANNELSEN

Det er tidligere diskuteret (side 314), hvilke egenskaber de kemikalier, der kan forventes at have indflydelse på revnetilbøjeligheden, må formodes at skulle påvirke. Spredemidler har navnlig interesse i forbindelse med deres indflydelse på frugtens vandoptagelse og på transpirationen af frit vand fra frugtens overflade.

De stærkt modstridende resultater af *Kampes* og ovennævnte forsøg tyder på, at forskellige virkninger har været dominerende under de givne betingelser.

Virkning på frugtens vandoptagelse: Som tidligere nævnt er spredemidlernes væsentligste funktion, at de reducerer vandets overfladespænding, hvorved de store dråber, der normalt dannes på våde kirsebærs voksdækkede hud, nedbrydes til en tyndere vandhinde, der flyder sammen og dækker hele frugtens overflade. (*fig. 10*). Så længe det regner, og der er spredemiddel på frugten, gives der derved mulighed for vandoptagelse fra hele hudens over-

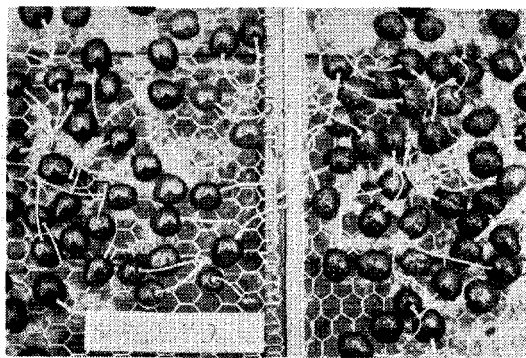


Fig. 10. Til venstre: våde frugter sprøjtet med spredemiddel.

Til højre: kontrol.

Left: wett fruits sprayed with wetting agent.

Right: control.

flade, i modsætning til ubehandlede frugter, hvor dråberne kun dækker en del af overfladen.

Indflydelse på transpiration af frit vand fra frugtens overflade: Den tyndere vandhinde, der fremkommer ved behandling med spredemiddel, medfører til gengæld, at frugterne tørrer meget hurtigere efter regnens ophør end ubehandlede frugter med store dråber. I forsøgene er iagttaget, at frugter, der var påsprøjtet et spredemiddel, var helt tørre efter 15–20 minutters forløb, medens de store dråber på ubehandlede frugter var $1\frac{1}{2}$ –2 timer længere om at fordampe under tilsvarende forhold. Vandoptagelse med risiko for revnedannelse kunne således på ubehandlede frugter fortsætte betydeligt længere efter ophør af regn. Ved påsprøjtning af spredemiddel på våde frugter er desuden iagttaget en stærk og øjeblikkelig afdrypning af vand. Det vil sige, at den absolutte mængde vand på frugter og løv er en del mindre end på ubehandlede træer.

Årsag til modstridende resultater af forsøg med spredemidler. Disse iagttagelser og vurderinger fører til den slutning, at spredemidler på frugterne kan have to modsat rettede virkninger på revnedannelsen. Den virkning, der vil få størst indflydelse på revnetilbøjeligheden, vil

formodentlig navnlig afhænge af regnperiodens længde. Den tid, der går inden frugterne tørrer, er stort set uafhængig af, hvor længe det har regnet, når blot træerne har været gennemvædet. Derfor må spredemidlets i revnehensende positive indflydelse på transpirationen af frit vand fra frugtens overflade have relativ størst betydning efter korte regnbyger.

Der er næppe grundlag for at betvivle rigtigheden, hverken i Kampes eller ovennævnte resultater. Meget tyder derfor på, at den dominerende virkning af spredemidlet var forskellig under de givne betingelser. I Kampes forsøg har regnbygerne formodentlig været af så kort varighed, at den for revneforebyggelsen positive »tørringsvirkning« har haft størst betydning. Under den konstante regn i forsøgene på Blangstedgaard har spredemidlets dominerende virkning derimod øjensynligt været, at det ved dets reduktion af vandets overfladespænding har befordret en hastigere vandoptagelse med øget revnedannelse som resultat.

Hvis denne hypotese er rigtig vil benyttelse af spredemidler før nedbør som revneforebyggende middel være risikobetonet og næppe anbefalelsesværdigt under danske forhold, hvor der ofte vil forekomme langvarige byger.

9.3.2. SPRØJTNING EFTER REGN

Tørring af frugterne efter regn for at standse frugternes vandoptagelse og revnedannelse er tidligere foreslået udført ved hjælp af overflyvning med helikopter eller med frostbeskyttelsesovne (Levin et al. 1959). Til dette formål vil påsprøjtning af et spredemiddel straks efter regnens ophør være en betydeligt simplere og mere overkommelig metode.

I de fortsatte undersøgelser af spredemidlers betydning som revneforebyggende midler koncentrerendes derfor om deres indflydelse på transpirationen af frit vand fra frugtens overflade og dennes betydning for revnedannelsen.

I forsøg med simulerede regnperioder på henholdsvis 1, 2 og 4 timers længde sammenlignedes revnedannelsen hos frugter, der straks efter regnens ophør blev sprøjtet med 0,2 % spredemiddel og ubehandlede frugter. Revnede

Tabel 8. Virkning af spredemiddel efter regn i relation til regnens varighed
Effect of wetting agent after rain in relation to duration of the shower

Regnens varighed <i>Duration of rain</i>	Behandling <i>Treatment</i>	% revnede frugter <i>% of cracked fruits</i>	LSD ₉₅
1 time <i>hour</i>	kontrol	17.4	2.9
1 time —	spredemiddel <i>wetting agent</i>	13.2	
2 timer —	kontrol	38.0	n.s.
2 timer —	spredemiddel <i>wetting agent</i>	32.0	
4 timer —	kontrol	58.0	n.s.
4 timer —	spredemiddel <i>wetting agent</i>	56.8	

frugter blev først optalt efter, at alle var helt tørre. Resultat, der er opført i tabel 8, er gennemsnit af 11 fællesprøver à 50 frugter.

Selv om der heller ikke i disse forsøg kunne påvises så stor en virkning, som demonstreret af Kampe, er der dog en tendens til, at regnbygens længde har betydning for spredemidlets relative virkning på frugternes revnedannelse.

Ved påsprøjtning efter 1 times regn var der en signifikant reduktion på knapt 25 procent i antallet af revnede frugter, hvorimod der ikke var nogen virkning af spredemidlet efter 4 timers regn. Resultaterne efter 2 timers regn lå mellem disse yderpunkter, idet revneprocenten reduceredes med ca. 16 %, der var lidt under 95 % signifikant.

9.3.3. KONKLUSION

Det ret store antal forsøg med påsprøjtning af spredemiddel før regn, der i modstrid med Kampes (1970 og 1971) resultater medførte en forøget revnedannelse, tyder på, at sådanne midlers revnereducerende virkning er stærk afhængig af de forhold, hvorunder de benyttes. Det anses for risikobetonet at udsprøjte spredemiddel før regn, da det kan medføre øget revnedannelse.

Påsprøjtning af spredemidlet efter regnens ophør kan have betydning som et middel til at fremme afdrypning og transpiration af frit vand fra frugternes overflade og dermed reducere revnedannelsen.

9.4. Hydrophobe midler

Til forskellige formål anvendes emulsioner, der i modsætning til spredemidler overvejende består af non-polare forbindelser, der er vandafvisende (hydrophobe). »Teflon« og »Silicone« er kendte dagligvarer af sådanne emulsioner.

Nogle emulsioner af lignende karakter er i USA fremstillet som antitranspirantmidler til udsprøjtning på plantekulturer i kritiske tørre perioder. Et tilsvarende middel fremstilles og forhandles her i landet som »Frugt Finish«. Det har blandt andet som formål at hæmme æblers transpiration under lagringen.

I et mindre forsøg med ialt 32 frugter af sødkirsebær påviste Davenport *et al.* (1972), at behandling af frugterne med et antitranspirant (Mobileaf) halverede hastigheden af deres vandoptagelse. I et mindre plantageforsøg med simuleret regn reducerede de procenten af revnede frugter fra 58 % ved sprøjtning med spredemiddel til 36 % ved sprøjtning med antitranspirantet. I forsøget var der ingen ubehandlede parceller.

I et norsk forsøg (Kvåle 1973) medførte en påsprøjtning af »Midol Frugt Finish« i to sorter en lidt lavere procent revnede frugter end hos ubehandlede, hvorimod der var en tendens til den modsatte virkning i en tredje sort.

9.4.1. FORSØG

Under kunstig regn er flere hydrophobe emul-

sioner blevet undersøgt for deres indflydelse på revnedannelse hos kirsebær. I forsøgene blev alle behandlede prøver (à 50 frugter) ikke anbragt under den simulerede regn, før de var helt tørre.

Teflon: (Polymiseret tetraflourethylen). Der blev benyttet et middel, der foreligger i handelen på aerosol-dåse. Midlet sved og forurenede frugterne stærkt, og der blev ikke opnået brugelige resultater, inden det blev opgivet.

Silicone: (Organisk ester af kiseltsyre). Også af dette middel blev benyttet en almindelig handelsvare på aerosol-dåse. Det forurenede ikke frugterne og blev derfor prøvet i flere forsøg. I gennemsnit af 15 fællesprøver revnede 26 % af de frugter, der blev behandlet, mod 22 % af de ubehandlede. Forskellen var ikke signifikant.

Wilt Proof: er et amerikansk antitranspirant, der er modtaget til forsøgsformål. Der foreligger ingen angivelse af det sammensætning. I to forsøg medførte en behandling af frugterne med dette middel en stærk forøgelse af revnedannelsen, som det er vist i *tabel 9*.

Tabel 9. Virkningen af »Wilt Proof« på revnedannelsen hos sorten 'Jaboulay'. Procent revnede frugter

The effect of »Wilt Proof« on the cracking of 'Jaboulay'. % cracked fruits

	Forsøg Trial	
	a	b
Kontrol	41	13
»Wilt Proof«	91***	71***

Midol Frugt Finish: (Emulsion af parafinolie). Dette middel blev prøvet i 4 forsøg à 3 fællesprøver. Resultaterne i *tabel 10* viser, at det i et

forsøg reducerede revneprocenten, i et andet forøgedes revnehastigheden, mens der ikke var nogen signifikant virkning i to forsøg. I gennemsnit af de 4 forsøg var der ingen signifikant virkning af midlet.

Bonevoks: (Johnson, flydende). Motiveringen for at prøve dette middel må overvejende tillægges manglende effekt af andre midler. Indhold og sammensætning af dette middel har det ikke været muligt at få fremskaffet. Det blev prøvet i to forsøg à 3 fællesprøver. Resultatet er anført i *tabel 11*.

Tabel 11. Virkningen af »Johnson Bonevoks« på revnedannelsen. Procent revnede frugter.

The effect of »Johnson Wax« on the cracking. % cracked fruits

	Sort cultivar	
	Teichners	Vista
Kontrol	67***	80***
Johnson Bonevoks	10	9

Behandling af frugterne med bonevoks medførte så stærk en reduktion af revnedannelsen, at der næsten var tale om forebyggelse. Behandlede frugter var idelugtende eller stinkende, det vil sige at midlet i sin nuværende sammensætning er absolut uegnet til praktisk benyttelse.

9.4.2. DISKUSSION

Resultaterne af forsøgene med antitranspiranter og hydrophobe midler var mere negative end ventet. Mest overraskende var den meget stærke forøgelse af revnedannelsen, der blev fremkaldt med »Wilt Proof«. Årsagen hertil kan skyldes, at midlet efter dets tørring kraklerede. Ved denne krakelering er det muligt, at frugtens overhud samtidig er beskadiget i et så-

Tabel 10. Virkningen af »Midol« på revnedannelsen. Procent revnede frugter

The effect of »Midol« on the cracking. % cracked fruits

	Sort cultivar				Gennemsnit average
	Teichners (a)	Teichners (b)	Vista	Kunze	
Kontrol	41	13	80*	31	41
Midol	36	21*	68	41	42

dant omfang, at der er givet større muligheder for vandets indtrængen.

Den svigtende virkning af antitranspirantet »Midol Frugt Finish« kan måske være et svagere udslag af samme karakter.

De positive resultater, der blev opnået med et lignende middel af Davenport et al. kan alene skyldes en afvigende sammensætning. Men i deres forsøg med revnedannelse må dog også erindres, at den positive virkning er demonstreret i relation til frugter, der blev behandlet med spredemiddel, som i tidligere afsnit er påvist at kunne forøge revnedannelsen i forhold til helt ubehandlede frugter.

Den stærke reduktion af revnedannelsen efter behandling med flydende bonevoks viser, at det dog er muligt at finde midler, der kan hæmme eller forebygge revnedannelsen. Med dette middel som udgangspunkt skulle det vel være muligt at finde frem til en mere menne-skevenlig, lugtsvag emulsion.

9.5. Fungicider

I flere tilfælde er rapporteret revnereducerende indflydelse af almindeligt benyttede fungicider (Gjærum 1958, Cation 1959, Kampe 1970). I tidligere forsøg (Christensen 1972e), der blev udført både ved påsprøjtning i plantage og ved nedlægning af frugter i vandige opløsninger, kunne disse resultater ikke bekræftes.

Efter etablering af det kunstige regnanlæg gennemførtes endnu en afprøvning med den forbedrede teknik. I forsøget benyttedes handelsvarer i anbefalet styrke. Der blev udført forsøg i 4 sorter, hver med 3 fællesprøver à 50

frugter. Procenten af revnede frugter ved de prøvede midler fremgår af *tabel 12*.

Der var ikke i noget tilfælde en signifikant virkning af de prøvede midler. Efter forsøgsperioden med 4 timers simuleret regn, var frugterne stadigt tilsmudsede af kemikalierester efter behandlingerne med O.B. 21, Thiram og Maneb.

Det var altså ikke med denne teknik muligt at bekræfte nogen revnereducerende virkning af disse fungicider. Tre af midlerne ville desuden alene på grund af deres forurening af frugterne være uegnede. De positive resultater, der tidligere er opnået under plantageforhold, kan have været et resultat af den betydelige usikkerhed, der er almindeligt forekommende i planteforsøg.

10. Oversigt

Der gives en oversigt over resultater, der er behandlet i 9 tidligere afhandlinger. Desuden omtales supplerende undersøgelser af revneindeksets sikkerhed, det absorberende vands placering i frugten og flere forsøg med forebyggelse af revnedannelse ved hjælp af calcium, spredemidler, vandafvisende midler og fungicider. Tillige gives samlede vurderinger og konklusioner af revnemekanismen og de praktiske muligheder for deres forebyggelse.

Materialet omfatter en omtale af 1) typer af revner og metoder til bestemmelse af revnedannelse, 2) årsager til forskel i revneresistens, ydre forhold, der øver indflydelse på revnedannelse, 3) sorters genetiske revneresistens og 4) muligheder for forebyggelse.

Tabel 12. Fungicider, procent revnede frugter
Fungicides, per cent cracked fruits

Behandling <i>Treatment</i>	Sorter <i>cultivars</i>				Gns. 4 sorter <i>Av. 4 cv.</i>
	Knauff	Erianne	Intekær	Windsor	
1. Kontrol	30	4.7	14	30	17
2. Captan, 0.15 %	38	8.0	17	30	22
3. O.B.21, 0.25 %	41	9.3	13	27	22
4. Benlate, 0.05 %	36	8.0	18	37	23
5. Thiram, 0.30 %	35	7.3	15	42	24
6. Maneb, 0.25 %	29	6.7	19	35	21

10.1. Typer af revner og metoder til bestemmelse af revnedannelse

Der kendes hos kirsebær to typer af revner. Store dybe revner på frugtens sider er her benævnt primær-revner, og små overfladiske revner ved frugtens ender er benævnt sekundær-revner. Sidstnævnte revnetype er meget sortsbestemt.

En sorts revneprocent under plantageforhold er et usikkert udtryk for dens samlede relative tilbøjelighed, da det i høj grad er påvirket af en tilfældig fordeling af regnbyger.

Bestemmelse af revnetendens ved nedlægning af frugter i destilleret vand under laboratorieforhold anses for at være en hurtigere og mere sikker metode til en numerisk bestemmelse af revnedannelse.

En simpel revneprocent ved denne metode kan være nyttig til en grov screening af forskellige behandlinger. Men et modificeret Verner-revneindeks anses for at være mere egnet og i særdeleshed til en bestemmelse af sorters relative revneresistens. Revneindekset beskriver dog kun sorterens tendens til dannelse af primær-revner. Dets største svaghed er, at det er påvirket af klimatiske forhold, hvorved det udviser nogen årsvariation. Der påvises, at prøveudtagningen må ske over så kort en periode som muligt, og for sammenligningens værdi må det udføres på samme tidspunkt hver dag. En sorts revneindeks bør være gennemsnit af tre årlige bestemmelser omkring optimal modningstid over 2–3 år. Der gives en kort vejledning i dets udførelse over en 6 timers periode.

Et anlæg til indendørs bestemmelse af revnedannelse under kunstig regn er beskrevet. Det har navnlig den fordel, at det giver mulighed for at simulere forskellige tilstande, som for eksempel regnbyger af forskellig længde. Desuden afviger forholdene mindre fra naturlige forhold end nedlægning af frugter i vand.

10.2. Årsag til revnedannelse

Revnedannelse forekommer kun på våde frugter og kun på den del af frugten, hvor der er frit vand. Revnetilbøjeligheden er hos alle sorter stigende i sidste halvdel af tredje vækstfase,

og når et maksimum omkring optimal modningstid.

Hastigheden af frugternes vandoptagelse varierede fra en vægtforøgelse pr. time på 0,14 % hos 'Early Rivers' til 0,70 % hos 'Napoleon'. Alligevel var den kun årsag til ca. 36 % af den genetiske revneresistens, idet frugterne kunne optage ulige mængder vand, inden de revnede. 'Knauff' revnede således allerede efter en vægtforøgelse på 0,44 %, mens frugter af 'Sodus' i gennemsnit havde en vægtforøgelse på 2,04 %, inden de revnede. Det antages, at revnedannelsen skyldes påvirkninger i de yderste celleglag.

Flere faktorer er undersøgt og diskuteret i relation til deres betydning for hastigheden af frugternes vandoptagelse. Det har ikke været muligt at påvise nogen sikker sammenhæng mellem frugtens osmotiske koncentration og dens revnetilbøjelighed, og der konkluderes, at den formodentlig spiller en ringe rolle for hastigheden af frugternes vandoptagelse. Den stigende revnetilbøjelighed med øget modning tillægges andre årsager.

Der er påvist en relativ høj korrelation mellem størrelsen af frugternes spalteåbninger og hastigheden af deres vandoptagelse. Sammen med frugternes kapacitet for vandoptagelse, inden de revner, kan størrelsen af spalteåbningerne forklare ca. 72 % af årsagen til forskelle i hastigheden af vandoptagelsen. Der foreslås i den forbindelse, at en bestemmelse af størrelse af stomata kan danne grundlag for en enkel metode til en tidlig screening af et større sortsmateriale.

Revnetilbøjeligheden er stærkt korreleret med den individuelle frugtstørrelse indenfor en sort, mens sortens genetiske størrelse kun har ringe betydning. Der er ingen sammenhæng mellem sorterens fasthed og deres revnetilbøjelighed.

Temperaturen har stor indflydelse på revnehastigheden. Årsagen hertil diskuteres i forbindelse med temperaturens indflydelse på permeabilitet, biokemiske processer og væskers viskositet. Sammen med andre undersøgelser gives grundlag for at konkludere, at frugterne er mest revnemodtagelige i perioder med høj

temperatur kombineret med forhold, der befordrer stor saftspænding.

Revnedannelsens forløb diskuteres blandt andet på grundlag af en påvisning af, at 80–90 % af det absorberede calcium genfindes i frugtens hud. Det antages, at revnedannelsen sker efter en rumfangsforøgelse af de yderste celler på 15–20 % af hudens celler, inden frugten revner. Der konkluderes, at sorternes forskellige revnehastighed formodentlig har sammenhæng med størrelsen af spalteåbninger, kvalitet og kvantitet af kolloidale substanser i cellerne og i mindre grad af frugtens osmotiske tryk og størrelse. Det menes ikke at cellestørrelse eller vævsstruktur har afgørende betydning.

10.3. Sortsbestemt revneresistens

Den genetiske revneresistens er bestemt som revneindeks i mindst 2 år for 122 sorter. Sortsvariationen er meget stor, indeksene varierede fra 12 hos 'Schmidt' til 94 hos 'Lamida'. Der var ingen sammenhæng mellem sorternes modningstid eller farve og deres revnetendens.

10.4. Forebyggelse af revnedannelse

Calcium-, kobber- og aluminiumsalte reducerer frugternes revnedannelse. Af disse har calcium størst interesse, da de andre salte i højere grad tilsmudser frugterne og svider træets løv.

I fem af otte forsøg opnåedes en signifikant reduktion af revnedannelse ved sprøjtning med 0,8 % calciumnitrat under kunstig regn uden at tilsmudse eller beskadige frugterne. Årsagen til calciums virkning diskuteres. En stærk hæmmet vandoptagelse i en calciumopløsning, ingen revnereduktion ved påsprøjtning af calcium 8–30 dage før høst og ens calciumindhold i frugter med højt og lavt revneindeks benyttes

som argument for calciums hovedvirkning er en direkte reduktion af hastigheden af vandoptagelse.

På grundlag af publicerede gunstige virkninger af spredemidler på revnedannelsen diskuteres disse midlers virkning på vandoptagelsen. I 5 forsøg var der en signifikant forøgelse af revnedannelse ved påsprøjtning af spredemiddel før regn. Derimod påvises en reduktion af revnedannelse ved påsprøjtning af spredemiddel straks efter nedbør af en times varighed, mens der ikke var nogen sikker virkning, hvis påsprøjtningen skete efter 2–4 timers regn.

De afvigende resultater tillægges forskellige dominerende virkninger af spredemidlerne. Ved sprøjtning før længere tids regn fremmes frugternes vandoptagelse ved at nedbryde vanddråberne til en vandhinde, mens sprøjtning før korte byger eller efter regn kan have en revnereducerende virkning ved at befordre en hurtigere tørring af frugten.

Forsøg med en række vandafvisende midler nedsatte ikke revnedannelse, mens et i praksis ubrugeligt middel, flydende bonevoks, næsten helt forebyggede revnedannelse. Den negative virkning diskuteres blandt andet ud fra den hypotese, at de vandafvisende midler under deres tørring beskadigede frugtens hud.

Sprøjtning med 0,8 % Calciumnitrat umiddelbart før regn, under regn og så længe frugterne er våde er en praktisk mulighed for at reducere deres revnedannelse. Påsprøjtning af et spredemiddel *efter* regnens ophør kan have betydning som et middel til at fremme afdrypning og transpiration af frit vand fra frugternes overflade. Fungicider som Captan, Thiram og flere andre havde ingen revnereducerende virkning.

Cracking in Cherries

11. Summary

Results which were published in 9 earlier papers are reviewed and extended by further studies of the reliability of the cracking index, the position of the absorbed water, and some ex-

periments with prevention of fruit cracking by means of calcium, wetting agents, antitranspirants, other hydrophobe agents, and some fungicides. In addition the mechanism of cracking and the practical possibilities of its

prevention are evaluated, discussed and some conclusions are drawn.

The material comprises results and discussions of 1. types of fruit splitting and numerical methods for determining how splits are formed, 2. reasons for varying cracking susceptibility, external factors influencing cracking, 3. the genetic cracking susceptibility of cultivars and 4. the possibilities of preventing the formation of cracks.

1) Two types of splits are prevalent in cherries. According to their commercial importance the large, deep splits on the sides of the fruits are called primary-splits and the small shallow cracks at the ends of the fruits are called secondary-splits. The latter type is strongly related to cultivar.

The percentage of cracked fruits under orchard conditions is a doubtful expression of the cracking susceptibility of a cultivar, as the cracking percentage in a single year can just as well reflect the distribution of accidental showers. Determination of cracking susceptibility by immersion of fruits in distilled water under laboratory conditions is considered to be a more rapid and safer method for a numerical determination of the cracking.

A simple cracking percentage determined by means of this method may be helpful for a rough screening of different treatments. However, a modified Verner-cracking index is believed to be more suitable, and specially for the determination of the relative, genetical cracking susceptibility of cultivars, although this index describes only the tendency of the cultivars to form primary-splits. Its greatest weakness is, that it is influenced by climatic conditions, for which reason it shows some annual variation. It has been demonstrated that the sampling of the fruits has to be done during the shortest period of time as possible and for the sake of comparison should be carried out at the same time every day. It is also demonstrated that a determination period of 6 hours is sufficient.

It is concluded that the cracking index should be determined as follows:

1. 50 well developed, healthy fruits are sampled during the morning at the same time and within the shortest possible period (maximum one hour) for the cultivars, which are to be compared.
2. The fruits are immersed (within the shortest possible period for varieties, which are to be compared,) in 2 litres of distilled water at uniform temperature.
3. Cracked fruits are counted and removed after 2, 4, and 6 hours.
4. The cracking index is calculated by

$$\frac{(5a + 3b + c)100}{250}$$

where a, b, and c is number of cracked fruits after 2, 4, and 6 hours respectively, and 250 is the maximum obtainable.

5. The annual index is calculated as the average of 3 determinations with 2-3 days interval around optimum ripening season.
6. A cracking index of a cultivar should, in preliminary studies, be the average of two annual indexes, while a final assessment should be based upon the average of three annual indexes.

An installation for indoor determination of cracking formation under artificial rain is described. This method has especially the advantage that it gives possibilities of simulating different conditions, such as showers of different length. Besides, such circumstances deviate less from natural conditions than immersion of fruits. This method has been used mostly for experiments with prevention of cracking.

2) Cracking occurs only on wet fruits and only on that part of the fruit, where free water is present. The cracking susceptibility is in all cultivars greatly increasing in the last part of the third growth phase and reaches a maximum about optimum maturity.

The rate of the fruits water absorption varied from an increase in weight per hour of 0,14 % in 'Early Rivers' to 0,70 % in 'Napoleon'. Nevertheless, the rate of absorption was only responsible for about 36 % of the genetical cracking susceptibility, as the fruits were able

to absorb varying amounts before cracking occurred. Thus 'Knauff' cracked after increase in weight of only 0,44 %, whereas fruits of 'Sodus' had an increase in weight of 2,04 % before cracking occurred. It is assumed that the formation of splits is due to an effect in the outermost cells.

Several factors were studied and discussed in relation to their importance for the rate of water absorption. It was not possible to demonstrate any reliable relationship between the osmotic concentration of the fruit and its cracking susceptibility, and it is concluded that it most likely is of little significance for the rate of water absorption. The increasing cracking susceptibility with increasing ripeness is ascribed to other factors.

A relatively high correlation was found between the size of the stomata of the fruits and the rate of their water absorption. Together with the capacity of the fruit to absorb water before cracking, the size of the stomata explained about 72 % of the difference in rate of water absorption. It is in this connection suggested that a determination of the size of the stomata may be a foundation for a simple method for an early screening of a breeding collection.

The cracking susceptibility is strongly correlated with the individual fruit size within a cultivar, whereas the genetic fruit size of the cultivar is of little significance. No correlation was proved between fruit firmness and their cracking susceptibility.

The temperature has a great influence on the rate of cracking. The reason for this effect is discussed in connection with the influence of temperature on the viscosity of liquids, permeability and biochemical processes. It is concluded that the fruits are most susceptible to cracking in periods with high temperature combined with conditions promoting high turgidity in the fruits.

The course of the formation of cracks is discussed. It was proved that 80–90 % of absorbed calcium was found in the skin of the fruit and it is hypothesised that cracking oc-

cures when the outermost cells have reached an increase in volume of 15–20 %. It is concluded that the different cracking susceptibility of cultivars is related to size of stomata, quality and quantity of colloids in the cells and only slightly to the osmotic concentration and fruit size. It is not thought that size and structure of tissue are of any decisive importance.

3) The varietal cracking susceptibility is determined as cracking index in at least 2 years in 122 cultivars. The cultivar variation is very large, the indexes varying from 12 in 'Schmidt' to 94 in 'Lamida'. No relationship was found between ripening season or fruit colour of the cultivars and their cracking susceptibility.

4) Calcium-, copper- and aluminium salts reduce the formation of cracks. Among these calcium salts are of greatest interest, as the other salts to a higher extent smudge the fruits and scorch the foliage. In five of eight trials a significant reduction of cracking was obtained by means of sprays with 0,8 % calcium-nitrate during (artificial) rain without smudging or injuring the fruits. This finding and also the strongly restricted water absorption from a calcium solution, the absence of a reduction of cracking when calcium sprays were given between 8 and 30 days before maturity and the fact that the calcium content of fruits with high and low cracking indices was similar, indicates that the major effect of calcium is a direct reduction of the rate of water absorption.

On the basis of published, favourable effects of wetting agents on the cracking susceptibility the influence of such compounds on the water absorption is discussed. In 5 experiments under artificial rain a significant increase in cracking was demonstrated when sprayed with wetting agents before rain. On the other hand a reduction in cracking was obtained when sprayed immediately after showers of one hour duration, while no significant effect was observed, if the spraying was done after showers of 2–4 hours duration.

The diverging results are ascribed to different predominant effects of the wetting agents. By spraying before rain the absorption of water

is promoted by decomposing the droplets to a water film, while spraying before short showers or after rain may reduce the cracking due to a faster drying of the fruit.

In experiments with several hydrophobic compounds no reduction in cracking was observed, but in some cases there was an increase in cracking. It is supposed that this negative effect is caused by damage to the fruit skin during the drying of the compounds.

Spraying with 0,8 % calcium-nitrate just before rain, during rain and as long as the fruits are wet is a practical possibility of reducing the cracking. Spraying with a wetting agent immediately after the cessation of the rain may be of importance as a means of encourage the dripping and transpiration of free water from the surface of the fruits. Fungicides such as Captan, Thiram and others did not reduce cracking.

12. Erkendtlighed

Det har kun været muligt at gennemføre dette arbejde på grund af den forskningsfrihed, der har været til stede på Statens Forsøgsstation, Blangstedgaard under forstander Erik Poulsens ledelse. En særlig tak skylder jeg desuden teknisk assistent Jørgen Jensen, der med stor interesse og omhu har taget del i hovedparten af arbejdet, og forsøgsleder Poul Hansen, der har ydet værdifuld assistance ved udførelse af ^{45}Ca -undersøgelser.

Derudover har en lang række af forsøgsstationens medarbejdere givet vægtige bidrag til teknisk hjælp og værdifulde drøftelser, som har været en forudsætning for dette arbejdes gennemførelse.

Endvidere har jeg haft stor gavn af professor Dalbros inspirerende råd under arbejdets færdiggørelse. Dataanalytisk laboratorium i Lyngby har ydet værdifuld assistance ved beregning af en del af materialet.

13. Tilhørende publikationer (publications included in the thesis)

Christensen, J. V., 1972a: Revner i kirsebær. I. Rytme og hastighed af frugternes vandoptagelse

i relation til revnetilbøjelighed. (Cracking in cherries. I. Fluctuation and rate of water absorption in relation to cracking susceptibility). Tidsskr. Planteavl 76 (1): 1-5.

Christensen, J. V., 1972b: Revner i kirsebær. II. Klimaets indflydelse på revnetilbøjelighed. (Cracking in cherries. II. The influence of climatic conditions on cracking susceptibility). Tidsskr. Planteavl 76 (2): 191-95.

Christensen, J. V., 1972c: Cracking in cherries. III. Determination of cracking susceptibility. Acta Agric. Scand. 22: 128-36.

Christensen, J. V., 1972d: Cracking in cherries. IV. Physiological studies of the mechanism of cracking. Acta Agric. Scand. 22: 153-62.

Christensen, J. V., 1972e: Revner i kirsebær. V. Nogle salte og kemikaliers virkning på revnetilbøjeligheden. (Cracking in cherries. The influence of some salts and chemicals on the cracking susceptibility). Frugt og bær. Oslo: 37-47.

Christensen, J. V., 1973a: Cracking in cherries. VI. Cracking susceptibility in relation to the growth rhythm of the fruit. Acta Agric. Scand. 23: 52-54.

Christensen, J. V., 1975: Cracking in cherries. VII. Cracking susceptibility in relation to fruit size and firmness. Acta Agric. Scand. 25: 11-13.

Christensen, J. V., 1970: Sortsforsøg med sødkirsebær. Tidsskr. Planteavl. 1970: 301-12.

Christensen, J. V., 1974: Studies of qualitative and morphological characteristics of 41 sweet cherry cultivars. II. Tidsskr. Planteavl 78: 303-12.

14. Anden litteratur (references)

Ackley, W. B., 1956: Fruit cracking of sweet cherries. Wash. Agric. Econ. Res. Prog. Rep. Hort. no. 9.

Anon, 1959: Fruit cracking of sweet cherries. Wash. Agric. Econ. Res. Prog. Rep. Hort. no. 9.

Bangerth, F., 1968: Zur Ursache des Platzen von Kirschenfrüchten. ISHS symp. cherries. Bonn. Proc.: 198-201.

Bullock, R. M., 1952: A study of some inorganic compounds and growth promoting chemicals in relation to fruit cracking of Bing cherries at maturity. Proc. Am. Soc. Sci. 59: 243-53.

Cation, D., 1959: Some fungicide trials on tree fruit in 1958. Quart. Bull. Mich. Agric. Exp. St. 41: 685-98.

Cation, D., Friday J., 1959: Cracking and rot con-

- trol of sweet cherry. *Plant Dis. Repr.* 43: 394-95.
- Christensen, J. V.*, 1968. A study of some factors responsible for the cracking of cherries. *I.S.H.S. Symp. Cherries. Univ. Bonn*: 202-208.
- Christensen, J. V.*, 1973: Revner i Kirsebær. *St. Fors. Plantekultur*, 1072 Medd., pp. 4.
- Christensen, J. V.*, 1973: Über das Platzen der Süßkirschen. *Erwerbsobstbau* 15: 123-25.
- Christensen, P. E.*, 1974b: Upublicerede beregninger.
- Davenport, D. C., Uriu, K., Hagan, R. M.*, 1972: Antitranspirant film: Curtailing intake of external water by cherry fruit to reduce cracking. *Hort. Sci.* 7 (5): 507-8.
- Dühne, D.*, 1971: Kirschenanbau und -vermarktung in den USA. *Land- und Hauswirts. Info. Bonn. Schriftenreihe* 171.
- Debor, H. W.*, 1973: Das Platzen der Kirschen. *Litteraturinf. Univ. bibl. Berlin*, pp. 7.
- Eames, A. J. and L. H. MacDaniels*, 1947: *Plant Anatomy*. New York pp. 427.
- Foster, W. R.*, 1937. Cracking of cherries. *Sci. Agric.* 17: 550.
- Gerhardt, F., English, H., and Smith, E.*, 1945: Cracking and decay of Bing cherries as related to the presence of moisture on the surface of the fruit. *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.* 46: 191-98.
- Gerritsen, C. J.*, 1959: Het barsten van kersen. *Meded. Dir. Tuinb.* 22: 40-43.
- Gerritsen, C. J.*, 1948: Het barsten van kersen. *Meded. Dir. Tuinb.* 11: 348-50.
- Gjaerum, H. B.*, 1958: Fruktsprekking hos søtkirsebaer. *Yrkesfruktdyrk.* No. 3.
- Hartman, H., Bullis, D. E.*, 1929: Investigations relating to the handling of sweet cherries with special reference to chemical and physiological activities during ripening. *Oregon Agr. Exp. St. Bull.* 47, pp. 38.
- de Longe, C.*, 1956: Bestrijding von het »rot« in kersen. *Fruittceelt* 46: 533-34.
- Kampe, W.*, 1970: Untersuchungen mit Netzmitteln gegen das Aufplatzen der Kirschfrüchte. *Erwerbsobstbau* 12: 4-6.
- Kampe, W.*, 1971: Zweijährige Untersuchungen mit Netzmitteln gegen das Aufplatzen der Kirschfrüchte. *Erwerbsobstbau* 13 (7): 113-15.
- Kertesz, Z. I., and Nebel, B. R.*, 1935: Observations on the cracking of cherries. *Plant Physiol.*, 1935 (10): 763-72.
- Knoppien, P.*, 1949: Het scheuren van kersen. *Meded. Dir. Tuinb.* 12: 77-78.
- Kvåle, A.*, 1973: Sprekking av søtkirsebær. *Ullensvang Forsøgsg. Årsmelding* p. 13-14.
- Levin, J. H., Hall, C. W., Deshmukh, A. P.*, 1959: Physical treatment and cracking of sweet cherries. *Quart. Bull. Mich. agric. Exp. Stat.* 42: 133-41.
- Lilleland, O. and Newsome, L.*, 1934: A growth study of the cherry fruit. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 32: 291-99.
- Markley, K. S., Sando, C. E.*, 1937: The wax-like constituents of the cuticle of the cherry. *J. Biol. Chem.* 119: 641-45.
- Marcussen, O.*, 1972. Undersøgelse af 4 kirsebær-sorters anatomi. *Licentiatatfh. Lbh. København*.
- Meyer, S., and Anderson, D. B.*, 1952: *Plant Physiology*. New York, pp. 784.
- Ölez, H. Bağdattioğlu, S.*, 1969: Yalova Bahç Kült Drost. *Egit. Merk. Derg.* 2 (2): 57-59.
- Ono, T., Oyaizu, W. Suzuki, K.*, 1954: Studies on the reduction of cracking in sweet cherries (1). *J. hort. Japan* 22: 239-43.
- Powers, W. L., Bollen, W. B.*, 1947: Control of cracking of fruit by rain. *Science* 105: 334-35.
- Rootsi, N.*, 1960: Mognadprocess och sprickbildning hos plommon. *Sv. Pom. For. Årss. for 1959*: 117-27.
- Sawada, E.*, 1931: Studies on the cracking of cherries. *Agr. and Hort.* 6: 864-92.
- Sawada, S.*, 1934: Physical consideration of the mechanism of the cracking of sweet cherries. *Sapp. Nat. Hist. Soc. Trans.* 13 (3): 365-76.
- de Schrijver, L.*, 1954: Het barsten van kerzen. *Tuinbouwber. Leuven* 18: 84-86.
- Siaens, F.*, 1951: Est-il possible de prévenir le crevassement des cerises? *Fruit Belge.* 19: 105-6.
- Stoddard, E. M.*, 1965: Identifying plants by leaf epidermal characters. *Connec. Agric. Exp. St. Circ* 227, pp. 9.
- Stösser, R.*, 1968: Die Fruchtentwicklung bei Kirschen unter dem Einfluss unterschiedlicher Witterungsbedingungen. *Erwerbsobstbau* 10 (8): 150-51.
- Tucker, L. R.*, 1934: A varietal study of the susceptibility of sweet cherries to cracking. *Univ. Idaho Agric. Exp. Sta. Bull.* 211: 1-15.
- Tukey, H. B.*, 1934: Growth of the embryo, seed, and pericarp of the sour cherry in relation to season of fruit ripening. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 31: 125-44.

- Tukey, H. B., Young, J. O.*, 1939: Histological study of the developing fruit of the sour cherry. *Bot. Gaz.*, vol. 100: 723-49.
- Uriu, K., Hansen, C. J., Smith, J. J.*, 1962: The cracking of Prunes in relation to irrigation. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 80: 211-19.
- Verner, L.*, 1937: Causes for cracking of sweet cherries studied. *Am. rep. Idaho Agr. Exp. St. Bull.* 221: 36-37.
- Verner, L.*, 1938: Reduction of cracking in sweet cherries following the use of calcium sprays. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 36: 271-74.
- Verner, L.*, 1940: The nature of cracking in sweet cherries and possible solutions of this problem. *Proc. 35th annu. Meeting Wash. St. Hort. Ass.* 1939, Wanatchees, Wash., pp. 57-64.
- Verner, L.*, 1946: The Lamida, Ebony and Spalding sweet cherries. *Circ. Idaho Agric. Exp. Stat.* 109.
- Verner, L.*, 1957: Procedure for determining of sweet cherry varieties to fruit cracking. *Fruit Var. Hort. Dig.* 12: 3-4.
- Verner, L., Blodgett*, 1931: Physiological studies of the cracking of sweet cherries. *Idaho Agric. Exp. St. Bull.* 184.
- Way, R. D.*, 1967: Cherry varieties for New York State. *Cornell Ext. Bull.* 1197. Ithaca, N.Y.
- Wetzel, J.*, 1924: Die Wasseraufnahme der höheren Pflanzen genüssigter Klimate durch oberirdische Organe *Flora*, N.F. 17: 221. Cit. fra *Handb. Pflanzenphys.* vol. III.
- Zielinski, B. Q.*, 1964: Resistance of sweet cherry varieties to fruit cracking in relation to fruit and pit size and fruit color. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 84: 98-102.

Manuskript modtaget den 10. januar 1976.