

Varmebehandlings indflydelse på planter og plantevira

Ved H. Rønde Kristensen og A. Thomsen

898. beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur

Nærværende beretning er baseret på såvel udenlandske som danske forsøg og undersøgelser, der er udført ved virologisk afdeling på Statens plantepatologiske Forsøg.

Forstanderne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur

INDHOLD

	Side
I. Indledning	264
II. Planternes varmetolerance	267
III. Virusmitstofferne varmetolerance	272
IV. Varmerum og forsøgsmateriale	274
V. Resultater fra termoterapeutiske forsøg	276
a. Udenlandske forsøg	276
b. Danske forsøg	277
VI. Konklusion og sammendrag	278
VII. Summary	279
VIII. Litteratur	279

I. Indledning

Temperaturforholdene har betydelig indflydelse på forløbet af virusinfektion hos planter.

For det første kan temperaturen påvirke planternes modtagelighed over for infektion. Tobaksplanter, der i en periode dyrkes ved 36° C, er således langt mere modtagelige for infektion med tobak-mosaik-virus end planter dyrket ved en lavere temperatur. Årsagen til den højere modtagelighed skyldes muligvis en nedbrydning af planternes proteiner, der bevirker, at betingelsen for de tilførte viruspartikler bliver mere favorable.

Temperaturen, som planterne dyrkes ved efter inokulationen, påvirker også infektionsforløbet, men her har stigende temperaturer vidt forskellig indflydelse på de forskellige vira, idet nogle virus reproduktion i plantevæv fremmes af relativt høje temperaturer, mens andre forholder sig omvendt.

Eksempelvis kan nævnes, at planter, inokuleret med bronzetop-virus, frembragte næsten lige så mange lokale læsioner ved 36° C som ved 20° C, mens planter inokuleret med tobak-nekrose-virus slet ikke frembragte lokale læsioner ved 36° C, hvorimod talrige læsioner fremkom hos planter holdt ved 20° C. Temperaturen har endvidere indflydelse på inokulationstidens længde; i de fleste undersøgte tilfælde forkortes inkubationstiden med stigende varemegrader, indtil en vis optimumtemperatur er opnået.

Såfremt temperaturen nedsættes fra 20° C til 15° C vil inkubationstiden hos *Nicotiana glutinosa*, inokuleret med tobak-mosaik-virus, stige med 9 timer; dette skyldes antagelig, at virusbevægelsen i den inokulerede plante nedsættes ved lavere temperaturer.

Efter inokulation med tobak-nekrose-virus udvikles læsioner i løbet af 2 døgn, når tempe-

raturen er mellem 22° C og 30° C, men under 22° C forlænges inkubationstiden i takt med sænkning af temperaturen.

Symptomerne hos hvidkål, inokuleret med kålroe-mosaik-virus, fremkommer i løbet af 5-6 døgn, når planterne er placeret ved 28° C, hvorimod der ved en temperatur på 16° C hængår 14-18 døgn, før symptomer udvikles. Det bør her tilføjes, at inkubationstidens længde ofte er ganske uafhængig af viruskoncentrationen i de pågældende planter.

Temperaturens indflydelse på selve symptomudviklingen i inficerede planter er ofte meget stor.

Visse virussygdomme forårsager de tydeligste symptomer ved relativt høje temperaturer; dette gælder således virusgulrot hos bederoer og byg-tribemosaik. Et andet eksempel er *Nicotiana glutinosa* inficeret med tobak-mosaik-virus; ved normal temperatur (20° C) fremkommer kun lokale læsioner, mens en forhøjet temperatur til 36° C udvikler en systemisk spætning.

Det er imidlertid mere almindeligt, at høje temperaturer hæmmer symptomudviklingen, eller måske helt maskerer symptomerne. Dyrkes mosaikangrebne hindbær eller narcisser under varme forhold ses få eller ingen symptomer, men sænkes temperaturen, eller flyttes de pågældende planter til køligere dyrkningssteder, udvikles symptomer.

I væksthuse, der benyttes til virusundersøgelser, er det ligeledes en kendsgerning, at symptomudviklingen i mange inficerede planter er langt svagere i den varme sommertid end i vinterhalvåret.

Bortset fra fuldstændig inaktivering af plante-vira ved varmepåvirkning kan en sådan i nogle tilfælde anvendes til at »fremstille« svækkede linier af et virus.

I udenlandske såvel som ved danske forsøg arbejder man således med linier af tobak-mosaik-viruset, der er svækket ved lang tids varmebehandling. Nogle af disse svækkede linier optræder symptomløse.

Selve virus-reproduktionen i de inficerede planter påvirkes i høj grad af temperaturen.

Uagtet det (med den nuværende viden) ikke er muligt at generalisere med hensyn til måden, hvorpå temperaturen påvirker virussyntesen og inaktiveringen af de forskellige vira i planterne, er det dog muligt at drage visse konklusioner. De fleste plantevira reproduceres dårligt ved temperaturer over 30° C. Hos en gruppe, hvortil bl.a. kartoffel virus X og virus Y hører, sker der dog nogen reproduktion ved temperaturer op til 36° C. Hos en anden gruppe, hvortil bl.a. tobak-nekrose-virus, agurk-mosaik-virus og nellike-ringplet-virus hører, sker der ingen reproduktion ved 36° C.

Det er især over for plantevira, der tilhører sidstnævnte gruppe, at termoterapien har fundet stor anvendelse.

Varmebehandlinger af plantemateriale med det formål at uskadeliggøre plantepatogener er første gang omtalt i litteraturen i 1885 (18), hvor danskeren J. L. Jensen anbefaler varmluftbehandling mod kartoffelskimmel. I 1888 (19) beskriver samme forfatter undersøgelser, der i begyndelsen af 1880'erne blev påbegyndt vedr. varmtvands-behandling mod brandsvampe (*Ustilago spp.*).

De første varmebehandlinger af virusinficerede planter fandt sted på Java, hvor J. D. Kobus i 1889 (24) konstaterede, at sukkerrør angrebet af »Serch disease« (der senere har vist sig at være en virose) trivedes bedre, hvis de anvendte stiklinger før brugen blev nedsænket i vand opvarmet til 50-52° C.

Siden da er der udført talrige forsøg med varmebehandlinger af sukkerrør, og nu anvendes disse behandlinger i meget stort omfang inden for sukker-avlen, ja indgår mange steder som en absolut nødvendig rutinemæssig kulturforanstaltning.

Således er store sukkerrørarealer i Australien tilplantet med stiklinger, der forinden er varmtvandsbehandlet for at inaktivere viruset, der fremkaldes »ratoon stunting«.

De tidligste varmebehandlinger af sukkerrør var imidlertid som tidligere nævnt udført for at bekæmpe sygdomme, hvis virusnatur ikke var påvist.

Derimod var fersken-gulrot kendt som en

frygtet virussygdom, da amerikaneren L. O. Kunkel i 1930'erne påbegyndte forsøg på at inaktivere det forårsagende patogen ved varmebehandlinger, hvis heldige resultater blev rapporteret i 1935 og 1936 (27 og 28).

Inficerede ferskentræer blev helbredt ved 2 ugers varmluft-behandling, hvor temperaturen varierede fra 34,4 til 36,3° C. Ligeledes lykkedes det at helbrede gulsot-angrebne ferskentræer i disses hvileperiode eller podekviste fra sådanne træer ved 10 minutters nedsænkning i vand opvarmet til 50° C. Endvidere lykkedes det ved Kunkels termoterapeutiske forsøg at inaktivere tre andre fersken-vira, og ved senere udførte forsøg har Kunkel med held anvendt varmebehandlinger overfor *Vinca rosea* inficeret med vira, der er årsag til »false blossom« hos tranebær og asters-gulsot samt heksekost hos kartoffel. Sidstnævnte sygdom var endvidere kureret ved varmebehandling af inficerede kartoffelknolde. Endelig lykkedes det Kunkel ved termoterapi at helbrede *Vinca rosea*, inficeret med viruset, der fremkalder heksekost hos lucerne.

I 1949 beretter Kassanis (20) om forsøg udført på Rothamsted i England, ved hvilke det ved varmluft-behandlinger (37,5° C i 25 døgn) er lykkedes at inaktivere kartoffel-bladrulle-virus, og disse heldige resultater følges senere op af mange flere dels på Rothamsted og dels på andre forsøgsstationer i England såvel som mange andre lande.

Oprikelig blev det antaget, at inaktivering ved varme var begrænset til de vira, der havde et lavt »termalt inaktiveringspunkt«, d.v.s. en lav temperaturresistens in vitro. Denne resistens måles ved en international anerkendt standardmetode, ved hvilken udpresset saft fra en inficeret plante opvarmes i 10 minutter. Det »termale inaktiveringspunkt« er den temperatur, ved hvilken infektiviteten går tabt.

Det har imidlertid vist sig, at der ikke er nogen korrelation mellem temperaturresistensen in vitro og in vivo.

F.eks. er temperaturresistens in vitro for de vira, der fremkalder tomatsygdømmene »bushy stunt« og »spotted wilt«, henholdsvis 80° C og

45° C. Til trods herfor kan førstnævnte sygdom kureres ved 36° C i 3-4 uger, mens dette ikke er muligt for sidstnævnte sygdom.

I langt de fleste tilfælde har det vist sig langt lettere at inaktivere plantevira med sfæriske partikler end vira, der har stavformede eller trådformede partikler.

Fra planter inficeret med sidstnævnte vira har det imidlertid i adskillige tilfælde været muligt at fremskaffe virusfrit plantemateriale ved at kombinere termoterapien med etablering af meristemkultur eller skudspidskultur.

I nogle tilfælde er meristemet på virusinficerede planter virusfrit, og her er en forudgående varmebehandling ikke påkrævet.

I andre tilfælde, hvor viruset også har invaderet meristemet, kan en varmebehandling måske inaktivere viruset her, uagtet at dette ikke sker i den øvrige del af den behandlede plante. I så tilfælde kan etablering af meristemkulturer med fordel anvendes.

Kemoterapien har hidtil haft ringe anvendelsesmulighed ved bekæmpelse af planteviroser, men såfremt kemoterapeutiske behandlinger kombineres med termoterapi og eventuelt tilføjelse med meristem- eller skudspidskultur, er der muligvis chance for gode resultater.

Herhjemme påbegyndtes i 1954 termoterapeutiske forsøg og undersøgelser ved Statens plantepatologiske Forsøg med det formål at inaktivere forskellige plantevira.

De første års arbejde blev støttet økonomisk fra Statens almindelige Videnskabsfond, og termoterapeutiske undersøgelser er siden da indgået som et vigtigt led i arbejdet ved virologisk afdeling.

I årenes løb er der arbejdet dels med behandlinger af kartofler og dels med behandlinger af diverse køkkenurter og prydplanter, og endelig er et omfattende arbejde udført med termoterapeutiske behandlinger af virusinficerede frugttræer.

I forskellige beretninger er der redegjort for en del af resultaterne fra dette arbejde, ved hvilket det er lykkedes at fremskaffe virusfrit plantemateriale fra planter angrebet af følgende sygdomme:

Kartoffel-bladrullesyge, kartoffel X-virose, kartoffel Y-virose, kartoffel S-virose, løg-mosaik, æble-gummived, æble-mosaik, æble-klorotisk bladplet, æble-epinasti, æble-grubet ved, pære-ringmosaik, pære-nerveklorose, blommebåndmosaik, hindbær-mosaik, chrysanthemum-aspermi, nellike-ringmosaik, nellike-strengsyge, nellike-spætning og nellike-nervemosaik.

I langt de fleste tilfælde har der kun været tale om partiel og ikke total virusfrihed hos de varmebehandlede planter, men ved udtagning af skudspidser eller meristemer fra de behandlede planter har mange af disse været virusfrie.

II. Planternes varmetolerance

Chancen for helbredelse af plantesygdomme ved varmebehandling vil være størst, hvor der er stor afstand mellem den temperatur, den angrebne plante kan tåle, og den temperatur, der er i stand til at destruere sygdomsvolderen; muligheden for helbredelse vil oftest være ringe, hvor disse to temperaturer ligger nær hinanden.

Planternes varmetolerance afhænger af flere forhold.

For det første spiller behandlingstidens længde naturligvis en rolle. Generelt kan det udtrykkes således, at jo højere temperaturen er, des kortere tid kan planten eller plantedelen tåle en varmebehandling.

Ved varmtvands-behandling af ferskenpodekviste (27) har disse tålt 56°C i 15 sekunder, og hele fersken træer overlevede 10 minutters ophold i vand opvarmet til 50°C . Ved gradvis at vænne planterne til højere temperaturer forøges varmetolerancen ofte; efter en sådan forvarmning har jordbærplanter således tålt 48°C i tre døgn (6).

Det har da også vist sig, at planter, der normalt vokser under varme himmelstrøg, som regel tåler varmebehandlinger bedre end planter, der hører hjemme under køligere forhold. Ligeledes kan skiftende temperaturer under selve behandlingen undertiden være hensigtsmæssig; ved temperaturer, der vekslede fra 35°C til 46°C , har jordbærplanter overlevet i 3-4 må-

neder, og i forsøg med kartoffelplanter (32) har disse tålt temperaturer vekslende fra 33°C til 37°C i helt op til 29 uger. Ved varmebehandling af kartoffelknolde lagt i jord tålte knoldene en jordtemperatur på 37°C i 3 uger, $33-35^{\circ}\text{C}$ i 8 uger og $32-33^{\circ}\text{C}$ i 10 uger.

Årstiden for behandlingen kan også spille en betydelig rolle for plantens overlevelses-muligheder, og dette hænger i mange tilfælde sammen med plantens fysiologiske tilstand. Adskillige resultatløse varmebehandlinger skyldes utvivlsomt, at det behandlede plantemateriale har haft en for lav varmetolerance på den årstid eller på det vækststadium, hvor behandlingen har fundet sted.

Eksempelvis kan nævnes, at mange chrysanthemumsorter dårligt tåler varmebehandling om vinteren, mens nelliker praktisk taget kan behandles hele året rundt.

Ved hollandske forsøg (31) har frugttræer i fuld vækst været temmelig følsomme over for varmebehandlingen, mens denne udmærket tålte i september, når væksten var ophørt.

Planternes vandindhold har stor betydning for tålsomheden over for temperaturpåvirkninger.

Såfremt vandindholdet er højt, går planterne let til grunde, når de udsættes for høje temperaturer i længere tid. Dette skyldes sandsynligvis, at denatureringen af proteiner ved varmpåvirkning stiger med vandindholdet. Således blev hvedekerner, der havde et vandindhold på 35 pct., dræbt ved 1 times henstand ved 59°C , mens hvedekerner med kun 3 pct. vandindhold tålte 1 times opvarmning ved 132°C (4).

Vegetative dele af kraftigt voksende planter vil sædvanligvis ikke overleve en varmtvandsbehandling ved $51,5^{\circ}\text{C}$ i 30 minutter, hvilket ofte er tilfældet med fuldt »modne« træagtige skud (4).

En plantes følsomhed over for varmpåvirkning vil muligvis også i nogen grad afhænge af plantens auxin-indhold. Er dette meget højt eller meget lavt, kan det fremkalde hvileperioder hos planten. Varmebehandling sænker plantevævets auxin-indhold, og er dette i forvejen

lavt, vil det nu reduceres så stærkt, at planten bringes i en udtalt hviletilstand, der kan føre til plantens død.

Ved høje temperaturer stiger respirationen hos plantevævet, og da indholdet af ilt herved reduceres, kan dette – medmindre ekstra ilt tilføres – svække planten i betydelig grad.

Såfremt lysforholdene under varmebehandlingen ikke er tilstrækkelige, tæres der på plantens kulstofindhold, hvilket i værste tilfælde kan resultere i plantens død. Her ville det antagelig være fordelagtigt, om man kunne anvende plantemateriale med et højt indhold af kulhydrater; ligeledes kunne ekstra tilførsel af kuldioksyd til varmerummene eller sprøjtninger af planterne med sukkeropløsninger måske gavne. Kinetin-sprøjtninger af planterne, der skal varmebehandles, har ligeledes i nogle tilfælde forhøjet varmetolerancen.

Det har i øvrigt vist sig, at planter gennemgående tåler behandlingen bedst i relativt store varmerum, hvilket antagelig skyldes, at risikoen for mangel på ilt og kuldioksyd er mindre her end i små rum.



Fig. 1. Myrobalan »First«. Mange skud og blade totalt etiolerede efter varmebehandling i 35 døgn ved 37°C.

Myrobalan »First«. Several shoots and leaves totally etiolated after heat treatment in 35 days at 37°C.

Foto: JB

En medvirkende årsag til, at visse planter dårligt tåler længere tids varmebehandling, er muligvis, at planternes stofomsætning påvirkes,



Fig. 2. Blomme »Opal«. Nervebåndsklorose på blade efter varmebehandling i 35 døgn ved 37°C.

Plum »Opal«. Veinbanding on leaves after heat treatment in 35 days at 37°C.

Foto: JB



Fig. 3. Kirsebær »Knauf«. Savtakkede blade samt etiolering af disse efter varmebehandling i 35 dage ved 37°C.

Cherry »Knauf«. Serrated and etiolated leaves after heat treatment in 35 days at 37°C.

Foto: JB



Fig. 4. Æble» Lord Lambourne«. Varmebehandling i 66døgn (Heat treatment in 66 days)

Træ nr. 1 fra venstre behandlet ved (Tree no 1 from left treated at) 32°C

» » 2 » » » » » » 2 » » » » 34°C
 » » 3 » » » » » » 3 » » » » 36°C
 » » 4 » » » » » » 4 » » » » 38°C
 » » 5 » » » » » » 5 » » » » 40°C



Fig. 5. Pelargonium. Kraftig etiolering af blade og skud efter varmebehandling i 14 døgn ved 37°C.

Pelargonium. Severe etiolation of shoots and leaves after heat treatment in 14 days at 37°C. Foto: FH

hvorved der undertiden dannes skadelige biprodukter (4).

På basis af de udførte termoterapeutiske forsøg kan det fastslås, at der er betydelige forskelle på de enkelte plantearter og -sorters varmetolerance. Dette kan skyldes de ydre påvirkninger, men er ofte rent genetisk bestemt. Det er imidlertid vanskeligt eller umuligt at drage slutninger fra en plante til en anden, hvorfor det er nødvendigt med forsøg i næsten hvert tilfælde.

Adskillige termoterapeutiske forsøg har på grund af manglende kendskab til de enkelte plantearter varmetolerance ikke ført til de tilsigtede resultater.

I tabel 1 er opført forskellige notater, som er foretaget under de termoterapeutiske forsøg

på Statens plantepatologiske Forsøg. I tabellen er der lagt vægt på ekstreme tilstande, som er opstået hos de enkelte plantearter under varmebehandlingen. Hos de behandlede kartoffelknolde var det tydeligt, at små knolde lettere overlevede 37,5° C end store knolde. Årstidens indflydelse – eller måske rettere plantematerialets udviklingsstrin – har stor betydning for overlevelsessevnen hos flere plantearter.

Kartoffelknolde overlever således behandling ved 37° C langt bedre i januar og marts end i september måned. Varmebehandlinger af kartoffelplanter kan foretages i endnu længere tid ved samme temperatur i alle årets måneder.

Efter langvarige varmebehandlinger forekommer der ofte etiolering af blade og skud hos planter i vækst. Denne etiolering medfører ofte et problem med hensyn til det behandlede materiales regenerationsevne, idet stofproduktionen hos de etiolerede plantedele er stærkt nedsat og ofte helt ophørt. Belysningens indflydelse på etioleringen er ikke endeligt undersøgt, men orienterende undersøgelser tyder på, at grønligt lys hæmmer etioleringen hos varmebehandlede pelargonier, mens rødt lys fremmer denne.

Tabel 1. Danske erfaringer med forskellige planters tålsomhed over for varme

Plantemateriale	Varmebehandling			Plantematerialets tålsomhed			notater
	termo- stat rum	temp. i °C	begyndt i måned	antal døgn	be- handlet	ca. pct. over- levende	
Kartoffel (knolde)	M	37,5	sept.	8	40	50	
»	»	»	»	12	40	20	
»	M	37,5	jan.	20-40	595	35	små knolde overlever bedre end store knolde
»	M	»	»	50	55	0	
»	M	37,5	marts	20-50	130	50	små knolde overlever bedre end store knolde
»	M	37,5	marts	60		0	
Kartoffel (planter) i potter, forspiret og rodfæstet inden behandlingens påbegyndelse	L	37,5	jan. marts sept. okt.	60	ca. 500	100	etiolerede blade og stængler. Ofte er bladene skævt sammenrullede
Æble (træer) i potter	L	30	jan.	66	30	100	normal grøn bladfarve
»	L	32	jan.	66	30	100	lidt etiolerede langs bladrande
»	L	34	jan.	66	30	100	stærkt etiolerede langs bladrande
»	L	36	jan.	66	30	80	korte internodier, lidt etiolering
»	L	38	jan.	66	30	20	rosetteagtig vækst
»	L	40	jan.	66	30	0	
»	L	37	jan.	134	ca. 500	80	smalle blade
»	L		marts	100	ca. 500	90	smalle blade
»	L		okt.	30	ca. 500	20	normale blade
Pære (træer) i potter	L	37	febr.	107	ca. 100		fortykkede blade med sorte bladrande, sidst udviklede blade stærkt etiolerede

Plantemateriale	Varmebehandling			antal døgn	Plantematerialets tålsomhed		notater
	termo- stat rum	temp. i °C	begyndt måned		antal be- handlet	ca. pct. over- levende	
Kirsebær, sød (træer) i potter	L	37	febr.	35	120	60	diffus spætning på de fleste blade. Mange stærkt savtaktede blade. Først udviklede blade grønne, sidst udviklede etiolerede
Kirsebær, sur (træer) i potter	L	37	jan.	25	100	100	sølvglansagtige blade, sidst udvik- lede blade etiolerede
Blomme (træer) i potter	L	37	febr.	35	25	100	først udviklede blade grønne. De sidst udviklede blade stærkt etio- lerede, nervebåndsklorose på nye og ældre blade
Myrobalan (træer) i potter	L	37	febr.	35	25	100	alle blade mere eller mindre sam- menrullede. Bladplader ofte etio- lerede mod basis. Flere skud to- talt etiolerede
»	L	37	febr.	108	20	50	nekrotiserede skud med ringe vækstkraft
Kvæde (træer) i potter	L	37	febr.	35	20	100	sidst udviklede blade stærkt kloro- tiske
Fersken (træer) i potter	L	37	marts	20	35	100	svagt etiolerede topuskud
Hindbær (rødder) nedlagt i spagnum	M	37	okt.	6	ca. 50	90	
Hindbær (planter) i potter	M			12	ca. 50	0	
»	L _x	37	okt.	24	25	100	en del visne bladrande
	L _x	37	okt.	27	25	10	mange visne planter og skud
	L _x	40	okt.	24	40	100	visne bladrande
	L _x	40	okt.	30	40	0	
	L _x	40	nov.	36	40	50	
	L _x	40	marts	36	40	100	
Solbær (planter) i potter	L	37	febr.	37	40	50	mange visne blade, topuskud svagt etiolerede
	L	39	febr.	20	40	10	enkelte svage nekrotiske skud
Ribs (planter) i potter	L	37	febr.	37	40	50	mange visne bladrande, smalle skebladagtige blade
Ligustrum (planter) i potter	L	37	febr.	30	25	100	svagt etiolerede topuskud
	L	37	marts	50	25	100	stærkt etiolerede topuskud
Skalotte (løg)	M	38	aug.	24	20	90	
	M	40	aug.	24	20	45	
	M	42	aug.	12	20	25	
	M	44	aug.	8	20	25	
Peberrod	L	38	juli	105	18	100	
Rose (planter) i potter	L	37	febr.	42	60	70	klorotiske bladrande, mere eller mindre trådformede blade
	L	37	febr.	116	60	10	tynde trådformede skud, smalle blade

Plantemateriale	Varmebehandling				Plantematerialets tålsomhed		notater
	termo- stat rum	temp. i °C	begyndt måned	antal døgn	antal be- handlet	ca. pct. over- levende	
Nellike (planter) i potter	L	37	jan.- dec.	240	15	20	mange visne bladrande, delvis etio- lerede topskud
Chrysanthemum (planter) i potter	L _x	32	maj	21	30	100	
	»	38	maj	21	20	90	
	»	38					
Pelargonium (planter) i potter	L	37	jan.	21	200	100	al nyvækst total etioleret og ofte med nekrotiske partier. Etiolerede stiklinger døde, hvorimod delvis etiolerede stiklinger dannede rødder
»	L	34	marts	45	100	100	do.
Delphinium (planter) i potter	L	37	febr.	33	60	40	al nyvækst stærkt etioleret, enkel- te blade helt hvide og nekrotiske. Af i alt 22 planter levede kun 3 planter 2 år efter behandlingens ophør
Dahlia (planter) i potter	L _x	32	maj	35	100	100	kraftig vækst, ingen misdannede el- ler misfarvede blomster
	L _x	37	maj	35	100	75	klorotiske blade, smalle blade, eti- olerede skudspidser
Hydrangea (planter) i potter	L	37	febr.	34	24	100	nekrotiske bladrande
Tulipan (løg)	M	36	okt.	6	100	30	blinde blomsterknopper
	M	38	okt.	6	100	30	blinde blomsterknopper
	M	40	okt.	6	100	18	blinde blomsterknopper
	L	35	jan.	30	100	100	blinde blomsterknopper
	M	38	jan.	30	100	65	blinde blomsterknopper
Narcis (løg)	M	37	okt.	24	300	20	blinde blomsterknopper
Narcis (løg) i potter	L	37	okt.	21	300	100	vækststimulerende virkning. De- forme blomster
	L	40	okt.	21	300	80	talrige klorotiske pletter på blade ingen blomster
Hyacinth (løg) udhulede	M	37	marts	21	300	90	fin yngeldannelse gennem hele be- handlingsperioden

Termostatrum M = Termostatrum uden belysning
L = » med kunstig belysning
L_x = » med naturligt lys (dagslys).

III. Virus-smitstoffernes varmetolerance

Undersøgelser (22 og 23), udført på Rothamsted i England vedrørende virkningen af forskellige temperaturers indflydelse på virus-reproduktionen i inficerede planter, giver værdifulde oplysninger om mulighederne for et positivt resultat af termoterapeutiske behandlinger.

Baseret på resultaterne fra disse undersøgelser kan plantevira inddeles i to grupper efter deres reaktion i planter dyrket ved en lufttemperatur på 36° C.

De vira, der hører hjemme i den varme-tolerante gruppe, kan inficere planter, der dyrkes ved 36° C og ligeledes reproduceres i disse

planter, selv om syntesen oftest foregår lang-sommere end ved lavere temperaturer.

Den anden gruppe af vira er mere termolabile og kan ikke inficere planter, der dyrkes ved 36° C, ligesom der ved denne temperatur ikke foregår nogen syntese af disse vira. Såfremt planter, der er systemisk inficeret med vira fra sidstnævnte gruppe, placeres ved 36° C, går viruskoncentrationen gradvis nedad, og da intet nyt virus frembringes, bliver planterne (eller dele af disse) til sidst virusfrie.

Hos planter, som er inficeret med de termostabile vira, daler viruskoncentrationen som regel også, når planterne placeres ved 36° C, men her sker der tilstrækkelig reproduktion til at opretholde infektionen, og såfremt planterne placeres ved en lavere temperatur, stiger viruskoncentrationen igen.

Der er som tidligere nævnt ikke nogen korrelation mellem plantevirus temperaturrestens

tion af de ovenfor nævnte forhold om temperaturens indflydelse på sfæriske plantevira.

Af tabel 2, hvor hovedresultaterne af disse undersøgelser er anført, fremgår, at tobak-nekrose-viruset ikke kan inficere agurkplanter, når disse efter inokulation placeres ved 37° C, ligesom denne temperatur er i stand til at inaktivere viruset i inficerede planter.

De stavformede vira hører derimod hjemme i den termostabile virusgruppe, og hidtil er det ikke lykkedes at inaktivere nogle af disse vira direkte ved at underkaste de inficerede planter varmebehandling. Når denne behandling kan kombineres med etablering af meristem-tip-kultur, er det imidlertid i nogle tilfælde lykkedes at frembringe virusfrit materiale ud fra planter, der er inficeret med vira fra denne gruppe.

Når stavformede vira mister infektiviteten ved opvarmning in vitro, er dette forbundet med destruktion af viruspartiklerne, hvorimod

Tabel 2. *Temperaturens indflydelse på tobak-nekrose-virus hos agurkplanter*

Temperaturbehandling		Virussympptomer	Virus påvist ved testning
før inokulation	efter inokulation	3 døgn efter inokulation	30 døgn efter beh. ophør
37° C i 2 døgn	25° C i 24 døgn	lokale læsioner	+
	37° C i 24 døgn	ingen	÷
25° C i 2 døgn	25° C i 24 døgn	lokale læsioner	+
	37° C i 24 døgn	ingen	÷
25° C i 2 døgn	25° C i 3 døgn	lokale læsioner	÷
	efterfulgt af 37° C i 24 døgn		

in vitro og inaktiveringstemperaturen in vivo. Dette indicerer, at virus-inaktiveringen i planter, der vokser ved 36° C, ikke skyldes en direkte temperaturvirkning på viruset, men at selve værtcellesystemet også er impiceret.

Inaktiveringen af vira i planter, der henstår ved 36° C, korresponderer derimod med viruspartiklernes form, idet alle vira i denne gruppe er sfæriske.

Undersøgelser udført ved Statens plante-patologiske Forsøg med tobak-nekrose-virus (sfæriske partikler) giver en ganske god illustra-

tion af de ovenfor nævnte forhold om temperaturens indflydelse på sfæriske plantevira. Af tabel 2, hvor hovedresultaterne af disse undersøgelser er anført, fremgår, at tobak-nekrose-viruset ikke kan inficere agurkplanter, når disse efter inokulation placeres ved 37° C, ligesom denne temperatur er i stand til at inaktivere viruset i inficerede planter. De stavformede vira hører derimod hjemme i den termostabile virusgruppe, og hidtil er det ikke lykkedes at inaktivere nogle af disse vira direkte ved at underkaste de inficerede planter varmebehandling. Når denne behandling kan kombineres med etablering af meristem-tip-kultur, er det imidlertid i nogle tilfælde lykkedes at frembringe virusfrit materiale ud fra planter, der er inficeret med vira fra denne gruppe. Når stavformede vira mister infektiviteten ved opvarmning in vitro, er dette forbundet med destruktion af viruspartiklerne, hvorimod

sfæriske plantevira kan miste infektiviteten ved tilsvarende behandling uden åbenbare ændringer i partiklerne, og uden at den serologiske aktivitet går tabt (24). Det er stadig ikke klarlagt, hvorledes inaktiveringen i virkeligheden foregår, men meget tyder på, at reproduktionen af virus i plantecellen er en kontinuerlig proces (5), og ikke noget der sker på et givet tidspunkt eller på et bestemt vækststadium for herefter at ophøre.

Viruskoncentrationen såvel som koncentrationen af normale nukleoproteiner vil til enhver

tid genspejle cellens fysiologiske tilstand, og er en balance mellem to modsatte processer, opbygning og nedbrydning.

Temperaturændringer påvirker på forskellig måde de to processer, men ved en given temperatur, der varierer for de forskellige vira, bliver nedbrydningen den dominerende proces.

Ved høje temperaturer fremmes nedbrydningen af protein, og termolabile vira vil måske efterhånden inaktiveres i planter, der dyrkes under sådanne betingelser, fordi den udvendige del af viruspartiklerne (proteindelen) destrueres. Herefter kan varmen direkte påvirke og ødelægge viruspartiklernes indvendige del (nukleinsyren), som er partiklernes infektiøse part, eller den ubeskyttede nukleinsyre inaktiveres måske ved påvirkning af andre cellebestanddele.

Ifølge en anden hypotese (23 a) beskadiges plantevævet, når det udsættes for høje temperaturer, på en sådan måde, at der frigøres forbindelser, som influerer på reproduktionen af virus.

Det er ovenfor nævnt, at balancen mellem opbygning og nedbrydning af virus i plantecellen påvirkes af bestemte temperaturer, der varierer for de forskellige vira. Ligeledes må det antages, at muligheden for at påvirke denne balance varierer i betydelig grad fra plante til plante, ligesom disses vækstbetingelser antagelig også spiller en rolle for temperaturens indflydelse på nævnte balanceforhold.

Dette ville være en rimelig forklaring på de meget varierende temperaturer og især behandlingstider, der har vist sig påkrævet ved eliminering af vira fra inficerede planter eller dele af disse.

Engelske undersøgelser (23) indikerer i virkeligheden, at balancen mellem virus-syntese og nedbrydning kan variere i en angrebet plantes forskellige dele; således kunne kartoffel-bladrulle-virus inaktiveres ved varmebehandling (36° C) af inficerede knolde i 20 døgn, mens dette ikke var muligt ved samme behandling af kartoffelplanter.

IV. Varmerum og forsøgsmateriale

Apparatur til varmebehandling af virusinficerede planter varierer betydeligt fra det ene forsøgssted til det andet.

Ved enkelte institutioner har man haft rådighed over meget kostbare dyrkningsrum, hvor der har været mulighed for en meget nøjagtig regulering af både temperatur- og fugtighedsforhold.

De fleste termoterapeutiske forsøg er imidlertid udført i varmerum, hvor man kun har haft mulighed for at regulere temperaturen, men desuagtet er gode resultater i mange tilfælde opnået under disse forhold. Ja, i virkeligheden findes der eksempler på, at ret primitive, hjemmelavede varmerum har virket bedre end moderne og i teknisk henseende vel udstyrede rum.

Ved Statens plantepatologiske Forsøg udførtes de første orienterende forsøg med termoterapi ved hjælp af ældre termostatrums, man velvilligt stillede til rådighed på Statens forsøgsstation ved Årslev. Der var her tale om mørke rum. I 1954 påbegyndtes egentlige forsøg dels med mørke termostatrums til behandling af løg og knolde (i hvile), og dels med glas-termostatrums, der blev opstillet i væksthuse uden anden lyskilde end sollyset. De sidstnævnte termostatrums blev anvendt til termoterapeutiske forsøg med planter i vækst. Rumindholdet i disse termostatrums var ca. 1 m³; varmelegemer var anbragt dels i bunden og dels i forbindelse med luft-cirkulator under termostatrums loft. På solfattige dage var det i disse rum muligt at holde temperaturen meget konstant (ca. 37° C), mens dette ikke var muligt i solrigt vejr.

Senere har man ved Statens plantepatologiske Forsøg fremstillet nogle termostatrums, hvor sollyset har været udelukket, og hvor man har været henvist til kunstigt belysning.

En væsentlig del af de heldigt gennemførte forsøg har således været udført i hjemmelavede termostatrums med rumvolumen på 16 m³ og konstant belysning ved hjælp af 24 stk. 60 Watt lysstofrør, hvilket 40 cm over gulvplanet har frembragt en lysintensitet på 3550 til 5250 lux.

Ved hjælp af kontaktermometre i forbindelse med varmetrådsrelæer har det været muligt at holde en temperatur på $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Ventilationen har været foretaget ved hjælp af gennemstrømmende varm luft.

I løbet af 1968 er der ved virologisk afdeling opført et nyt forsøgsanlæg til brug ved varmebehandling af planter.

I et højisoleret lokale er der således indrettet 6 termostatrums, som hver især har et rumvolumen på $1,3\text{ m}^3$ og et gulvareal på $0,8\text{ m}^2$.

Til styring af de enkelte termorums temperatur er anvendt termocentraler fra Landis og Gyr, og varmetilførslen foregår ved hjælp af varmepatroner i tynde cromnikkelstålrør med ringe eftervarmningseffekt.

Ventilationen foregår ved hjælp af centrifugal blæsere, og den temperaturregulerede luft blæses horisontalt gennem perforerede aluminiumsplader i de enkelte rum.

Hvert rum er forsynet med 17 stk. 30 W lysstofrør, og varmeafgivningen fra disse fjernes ved hjælp af en luftstrøm frembragt af ovennævnte blæser. Temperaturen reguleres med $\pm \frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ nøjagtighed i temperaturområdet fra $+25^{\circ}\text{C}$ til 40°C .

Lysintensiteten i gulvplanet med 17 lysstofrør à 30 W pr. rum er målt til 7000 Lux. I det nye anlæg er det muligt at udføre nøjagtige termoterapeutiske forsøg med 6 temperaturer på en gang.

Ved udførelsen af de termoterapeutiske forsøg har det været tilstræbt at anvende planter med kendt virusinfektion, og så vidt muligt planter i god vækst og ernæringstilstand.

Vandingen af planterne har i de fleste tilfælde været begrænset til det mindst mulige, og er i de fleste tilfælde udført med vand af samme temperatur som termostatrummets.

Efter varmebehandlingernes afslutning er der foretaget omhyggelige undersøgelser for virusinfektion, og det har ved disse vist sig, at selve de varmebehandlede planter ofte har været virusinficerede efter behandlingen, men at infektionen måske er begrænset til plantens nedre dele f.eks. rødderne. I andre tilfælde er de fleste af de behandlede planter virusinficerede,

men det vil dog være muligt at finde virusfrie dele – dette gælder især de yderste skudspidser. Såfremt disse afskæres og videreformeres, har man i virkeligheden ofte opnået et positivt resultat af varmebehandlingen.

Imidlertid kan det være vanskeligt eller umuligt at påvise ganske små virusmængder lige efter varmebehandlingen.

Når der efterhånden sker en »opformering« af den ringe mængde virus, der er tilbage i de behandlede planter eller dele af disse, vil der være mulighed for en påvisning. Det er derfor nødvendigt med gentagne undersøgelser – ja i flere tilfælde vil det være hensigtsmæssigt med testninger et år eller måske endnu længere tid efter varmebehandlingens afslutning.

Disse testninger kan foregå på forskellig måde og må naturligvis afpasses efter de enkelte tilfælde.

Først og fremmest kan der være tale om at foretage infektionsforsøg ved overføring til egnede indikatorplanter. Dette gælder ikke mindst for frugttræernes vedkommende.

Dernæst vil man i flere tilfælde med fordel kunne anvende serologiske undersøgelsesmetoder; disse har især vist sig egnede ved påvisningen af virusinfektion hos kartofler samt hos adskillige pryddplanter. De serologiske metoder har især den fordel, at resultatet hurtigt kan foreligge, men da flere virusinfektivitet er større end den serologiske aktivitet, bør negative serologiske resultater følges op af infektionsforsøg.

Endelig kan man ved varmebehandlinger i adskillige tilfælde med stor fordel anvende elektronmikroskopi, ved hvilken det ofte er muligt at påvise endog meget små viruskoncentrationer.

Ved undersøgelser af meristemer fra varmebehandlede planter er elektronmikroskopet således af stor betydning.

Fremtidige elektronmikroskopiske undersøgelser af plantevævs-sektioner (udtaget med ultramikrotom) vil muligvis skabe nye perspektiver i udviklingen af termoterapien.

V. Resultater fra termoterapeutiske forsøg

a. Udenlandske forsøg

Siden Kunkel i midten af 1930'erne berettede om heldigt gennemførte varmebehandlinger af virusangrebne ferskentræer, er der fremkommet talrige beretninger om termoterapeutiske behandlinger af virusangrebne planter, og indtil nu er der ved disse behandlinger opnået positive resultater for over 100 virosers vedkommende.

I tabel 3 er givet en oversigt over de viroser, hvor varmebehandlinger med heldigt udfald har været gennemført. I langt de fleste tilfælde

har varmluft-behandlinger været anvendt, mens der i et mindre antal tilfælde har været anvendt varmtvands-behandlinger, og endelig har der i enkelte tilfælde været udført både varmluft- og varmtvands-behandlinger. Endvidere bør det fremhæves, at varmebehandlingen i mange tilfælde har været kombineret med skudspidskulturer eller i enkelte tilfælde med meristemkulturer. Endelig bør det nævnes, at varmebehandlingerne ikke i alle tilfælde er udført med de pågældende virussygdomme i de planter, under hvilke de er nævnt og normalt hører hjemme.

Tabel 3. Positive resultater opnået i forbindelse med termoterapi i udenlandske forsøg

Plantenavn	Virussygdomme
<i>Landbrugsplanter etc.</i>	
Sukkerrør	chlorotic streak ²⁾ ; grassy shoot; ratoon stunt ²⁾ ; Sereh ¹⁾ ; white leaf.
Guatemala-græs	grass spikiness ¹⁾ .
Kløver	bean yellow mosaic; dwarf; fyllodi; wound tumor.
Turnips	crinkle.
Kartoffel	A-virose; bladrullesyge ²⁾ ; S-virose; X-virose; witches broom; Y-virose.
Batat	featery mottle; internal cork; yellow dwarf.
Tobak	etch (frøbehandling); ringspot.
Maniok	cassava mosaic.
<i>Jordbær, køkkenurter etc.</i>	
Jordbær	grønne kronblade; krøllesyge; latent A; latent C; leaf tattering; mosaic; mottle; vein banding; vein chlorosis; witches broom; yellows complex.
Humle	mosaik; nettlehead ¹⁾ .
Tomat	bushy stunt; stolbur.
Bønne	yellow bean mosaic.
Hestebønne	broad bean mottle.
Peberrod	mosaik.
Salat	mosaik (frøbehandling).
Champignon	d-b-virose.
<i>Prydplanter etc.</i>	
Abutilon	mosaik.
Anemone	necrosis (tobacco ringspot).
Asters	yellows.
Chrysanthemum	aspermi; B-virose; english stunt; flower distortion; green flower; mosaic complex; ring pattern.
Delphinium	yellows.
Dianthus	italian ringspot; nervemosaik; ringmosaik; spætning; stregsyge; ætsning.
Hibiscus	leaf curl ¹⁾ .
Hydrangea	ringmosaik.
Opuntia	witches broom ¹⁾ .
Pelargonium	krøllemosaik.
Rosa	gulmosaik; mosaic.
Vinca	parastolbur.

Frugttræer, frugtbuske etc.

Virussygdomme

Æble	buklede blade; epinasti; grubet ved; gummived; klorotisk bladplet; mosaik; platycarpa dwarf; skællet bark.
Pære	gummived; nerveklorose; ringmosaik; rød mosaik; stunting.
Kvæde	barknekrose; dværagsyge.
Blomme	båndmosaik ¹⁾ ; dværagsyge ¹⁾ ; plum pox; splitbark.
Kirsebær	båndmosaik ¹⁾ ; dværgfrugt; gulsof ²⁾ ; necrotic rusty mottle; ringplet ²⁾ .
Fersken	green mottle; little peach ¹⁾ ; phony; red suture ¹⁾ rosette; X-disease ²⁾ ; yellows ²⁾ .
Mandel	mosaic.
Citrus	psorosis; tristeza; yellow shoot.
Morbær	mosaic ²⁾ .
Solbær	ribbesvind; smitsom brogetbladethed (?).
Hindbær	black raspberry necrosis; bladrullesyge; dværagsyge ²⁾ ; latent virosis; leaf mottle; leaf spot; mosaik.
Vin	flavescence doreé ¹⁾ .
Pors	bayberry yellows.
Tranebær	false blossom.

¹⁾ positive resultater kun ved varmtvands-behandling.

²⁾ » » ved både varmtvands- og varmluftbehandling.

Hos øvrige anførte sygdomme er positive resultater opnået i forbindelse med varmluft-behandling.

b. Danske resultater

Som tidligere nævnt er der ved **termoterapeutiske** forsøg her i landet opnået positive resultater ved behandlinger af adskillige virussygdomme hos såvel urteagtige som træagtige planter.

I tabel 4 er der givet en oversigt over disse sygdomme og samtidig er anført behandlings-temperatur samt behandlingstidens længde for hver enkelt sygdom samt forskellige andre relevante oplysninger.

I langt de fleste forsøg er der i tilknytning til varmebehandlingen anvendt specielle metoder til at formere det varmebehandlede plantemateriale, og anvendelse af disse metoder har utvivlsomt i mange tilfælde været af afgørende betydning for fremskaffelse af virusfrie planter.

Efter varmebehandling af kartoffelplanter inficeret med virus X, S eller Y eller behandling af virusinficerede nelliker, er der således etableret meristemtipkulturer. Hos Chrysanthemum angrebet af aspermi har der efter varmebehandlingen i de fleste tilfælde været taget topstiklinger til videreformering, uagtet det i nogle tilfælde er lykkedes at inaktivere viruset overalt i enkelte af de varmebehandlede planter.

Fra de varmebehandlede roser og frugttræer er der næsten i alle tilfælde skåret små skudspidser, som herefter er podet på virusfrie grundstammer. Ved varmebehandling af bladrullesyge-angrebne kartofler og mosaikangrebne skalotteløg er det i flere tilfælde lykkedes med total inaktivering af viruset, uden at specifikke formeringsmetoder har været påkrævet.

Udover de virussygdomme, hvor de foretagne behandlinger har givet positive resultater, er der ved Statens plantepatologiske Forsøg arbejdet med adskillige andre sygdomme, hvor resultaterne enten har været negative, eller hvor forsøgene endnu ikke kan betragtes som afsluttede.

Imidlertid har det hidtil udførte arbejde givet betydelige erfaringer og vist, at mens nogle virussygdomme relativt let elimineres ved de pågældende behandlinger, er det betydeligt vanskeligere med andre; dette gælder f.eks. virus-sygdomme hos stikkelsbær, Pelargonium og Delphinium.

Derimod er det ved varmebehandling relativt let at eliminere en lang række vigtige virus-sygdomme hos frugttræer, ligesom dette også har vist sig gørligt for de fleste kartoffel- og nellike-virosers vedkommende.

Tabel 4. Termoterapi anvendt over for planteviroser der forekommer i Danmark

Virosen	Temperaturer	Behandlingstid	Eksempler på sorter og arter, hvor der er opnået positivt resultat
Kartoffel virus X.....	37°C	18- 19 døgn	'Dianella'
Kartoffel virus S.....	37°C	20 døgn	'Bintje', 'Erstling', 'Primula'
Kartoffel virus Y.....	37°C	20 døgn	'Alpha'
Kartoffel-bladrulle.....	37°C	20- 40 døgn	'Dianella'
Løg-mosaik.....	38°C	24 døgn	Allium ascalonicum
Chrysanthemum-aspermi....	37°C	14- 60 døgn	'Orchis'
Nellike-ringmosaik.....	37°C	28- 56 døgn	Dianthus barbatus, D. caryophyllus
Nellike-spætning.....	36°C	60-240 døgn	'Laddie Sim', 'Petersons New Pink Sim'
Nellike-nervemosaik.....	38°C	45-140 døgn	Dianthus caryophyllus
Nellike-stregsyge.....	38°C	120-140 døgn	'Sidney Littlefield'
Rose-gulmosaik.....	37°C	40- 60 døgn	'Circus', 'Peace'
Æble-gummived.....	37°C	35- 82 døgn	'Bramley', 'James Grieve', 'Lord Lambourne'
Æble-mosaik.....	37°C	20- 40 døgn	'Cox's Orange', 'Ingrid Marie', 'Virginia Crab'
Æble-grubet ved.....	37°C	33-118 døgn	'Bodil Neergaard', 'Bramley 'Seedling', 'Ingrid Marie'
Æble-epinasti.....	37°C	14- 65 døgn	'Belle de Boskoop', 'James Grieve'
Æble-klorotisk bladplet.....	37°C	14-117 døgn	'Cox's Orange', 'Golden Delicious', 'Spartan'
Pære-ringmosaik.....	37°C	30 døgn	'Beurré Hardy', 'Charneu', 'Williams'
Pære-nerveklorose.....	37°C	31 døgn	'Clapps Favorite', 'Herrepære', 'Beurré Giffard'
Blomme-båndmosaik.....	37°C	22 døgn	'Althans Opal'
Hindbær-mosaik.....	37°C	20- 40 døgn	'Camenzind', 'Lloyd George', 'Preussen'

VI. Konklusion og sammendrag

Tidligere blev virusangrebne planter regnet for uhelebredelige, og de forholdsregler, man kunne anbefale i kampen mod virussygdommene, tog hovedsagelig sigte på forebyggende foranstaltninger.

De senere års rivende udvikling inden for termoterapien, samt anvendelse af meristemkulturer, har imidlertid muliggjort fremskaffelsen af virusfrit materiale af vigtige sorter inden for forskellige plantearter – både urteagtige og træagtige.

Dette er særdeles heldigt – især fordi virusangreb efterhånden er påvist hos næsten alle planter og har nået en særlig stor udbredelse hos de vegetativt formerede, inden for hvilke flere sorter er eller har været totalt virusinficerede.

I nærværende beretning er der dels redegjort for forhold, der har betydning for planternes

varmetolerance, såsom behandlingstidens længde, tidspunktet for behandlingen i relation til årstid og vækststadium, diverse faktorerers indflydelse, såsom fugtigheden og varmetolerancens afhængighed af plantearter og -sort.

Dernæst er virus-smitstoffernes varmetolerance omtalt, og herunder er peget på partikkelformens indflydelse på tålsomheden over for langtidvarmebehandlinger, der tåles bedst af de stavformede vira. Ligeledes er her nævnt hypoteser angående, hvorledes virusinaktiveringen formodes at foregå.

Resultaterne fra de mange termoterapeutiske forsøg er omtalt i et særligt afsnit, hvor der i oversigtsmæssig form redegøres for, hvilke virussygdomme der med positive resultater har været underkastet termoterapi, og endvidere nævnes de virussygdomme, der ved Statens plantepatologiske Forsøg har været underkastet varmebehandlinger med heldigt udfald.

På basis af de opnåede resultater kan det konkluderes, at termoterapi har haft stor betydning ved fremskaffelsen af virusfrie planter – en betydning der utvivlsomt vil forstærkes i årene fremover.

VII. Summary

The influence of heat treatment on plants and plant viruses

In the present publication the results from Danish work regarding the influence of heat treatment on the following plants are reported (table 1): potatoes (tubers and plants), apples, pears, cherries, plums, myrobalans, quinces, peaches, raspberries, black currants, red currants, privets, horseradishes, roses, carnations, chrysanthemums, geraniums, delphiniums, dahlias, hydrangeas, tulips, narcissi and hyacinths.

Results are presented from heat treatment of cucumber plants prior to and after inoculation with tobacco necrosis virus (table 2), and, furthermore, a survey are given of positive results obtained from foreign work on heat treatment of plant viruses (table 3).

Finally are reported on positive results from Danish investigations, in which heat treatment successfully have been used to eliminate viruses causing the following diseases (table 4): potato X virosis, potato S virosis, potato Y virosis, potato leaf roll, onion yellow dwarf, chrysanthemum aspermi, carnation ringspot, carnation mottle, carnation vein mottle, carnation streak, rose yellow mosaic, apple rubbery wood, apple mosaic, apple stem pitting, apple epinasty, apple chlorotic leaf spot, pear ringmosaic, pear vein yellows, plum line pattern and raspberry mosaic.

VIII. Litteratur

1. Ann.: Virus diseases of fruit trees. Production of virus-free clones.
Rep. E. Malling Res. Stat. for 1967 (1968): 40.
2. Ann.: Virus diseases of soft fruit. Production of virus-free clones.
Rep. E. Malling Res. Stat. for 1967 (1968): 41.
3. Ann.: Virus diseases of hops.
Rep. E. Malling Res. Stat. for 1967 (1968): 42-44.
4. Baker, K. F.: Thermoterapy of planting material.
Phytopath. 52 : 12 (1962): 1244-1255.
5. Bawden, F. C.: Viruses and virus diseases.

- Rep. E. Malling Res. Stat. for 1957 (1958): 37-42.
6. Bolton, A. T.: The inactivation of veinbanding and latent C virus in strawberries by heat treatment.
Rev. appl. Myc. 46 : 12 (1967): 649.
7. Carr, A. J. H.: Yellows-type virus diseases of clover.
Rep. Welsh Pl. Breed. Stat. for 1967 (1968): 115-116.
8. Carter, W.: Heat therapy of virus diseased plants.
Insects in relation to plant disease (1962): 642-648.
9. Caudwell, A.: L'inhibition in vivo du virus de la flavescence dorée par la chaleur.
Etudes de Virol. Ann. Eph. 17 (1966): 61-66.
10. Christensen, M.: Eliminerig af kartoffel virus X i kartoffelsorten Dianella.
Tidsskr. f. Planteavl 72 (1968): 241-244.
11. Cropley, R. C.: Comparison of some apple latent viruses.
Ann. appl. Biol. 61 (1968): 361-372.
12. Fridlund, P. R.: Effect of high temperature on graft transmission of the Prunus ringspot virus.
Phytopath. 58 : 8 (1968): 1192-1193.
13. Hakkaart, F. A. and J. Jordana: Heat treatment experiments with carnations for the elimination of carnation mottle and etched ring viruses.
Netherl. Journ. Plant Path. 74:5 (1968): 146-149.
14. Harrison B. D.: Studies on the effect of temperature on virus multiplication in inoculated leaves.
Ann. appl. Biol. 44 : 2 (1956): 215-226.
15. Hollings, M.: Disease control through virus-free stock.
Ann. Rev. Phytopath. 3 (1965): 367-396.
16. Hollings, M. and O. M. Stone: Techniques and problems in the production of virus tested planting material.
Sci. Hort. 20 (1968): 57-72.
17. Hunter, J. A. et al.: Note on a modification in technique for inactivating apple mosaic virus in apple wood by heat treatment.
N. Z. Journ. Agr. Res. 2 : 5 (1959): 945-946.
18. Jensen, J. L.: Dyrkningsforsøg med afsvampede kartofler i 1884.
Landmands-bladet 18 (1885): 169-176 og 187-192.

19. *Jensen, J. L.*: Nyere undersøgelser og forsøg over kornsorternes brand. Første medd. Markfrøkontorets årsberetn. 15 (1888): 20-35.
20. *Kassanis, B.*: Potato tubers free from leaf-roll virus by heat. *Nature* 164 : 4177 (1949): 881.
21. *Kassanis B.*: Some effects of high temperature on the susceptibility of plants to infection with viruses. *Ann. appl. Biol.* 39 : 3 (1952): 358-369.
22. *Kassanis, B.*: Heat-therapy of virus-infected plants. *Ann. appl. Biol.* 41 : 3 (1954): 470-474.
23. *Kassanis, B.*: Effects of changing temperature on plant virus diseases. *Advances in virus research* 4 (1957): 221-241.
- 23a. *Kassanis B. and A. F. Posnette*: Thermoterapy of virus infected plants.
24. *Kassanis, B.*: Therapy of virus-infected plants. *Journ. Royal agr. soc.* 126 (1965): 105-114.
25. *Kristensen, H. Rønne og A. Thomsen*: Chrysanthemum-viroser. *Tidsskr. f. Planteavl* 62 : 4 (1958): 627-669.
26. *Kristensen, H. Rønne*: Virussygdomme hos planter og termoterapi. *Horticultura* 20 : 12 (1966): 171-180.
27. *Kunkel, L. O.*: Heat treatment for the cure of yellows and rosette of peach. *Phytopath.* 25 : 1 (1935): 24.
28. *Kunkel, L. O.*: Heat treatments for the cure of yellows and other virus diseases of peach. *Phytopath.* 26 : 9 (1936): 809-830.
29. *Majorana, G. and G. P. Martelli*: Heat treatment tests for almond attacked by mosaic. *Rev. appl. Myc.* 46 : 8 (1967): 443.
30. *Meer, F. A. van der*: The effect of hot water treatment on a virus of *Opuntia exaltata*. *Netherl. Journ. Plant Path.* 73 : 2 (1967): 58-59.
31. *Meer, F. A. van der*: Het virusvrij maken van houtige gewassen in het bijzonder van vruchtbomen. *Mededel.* 8 (1968): 290-297.
32. *Mellor, F. C. and R. Stace-Smith*: Eradication of potato virus X by thermoterapy. *Phytopath.* 57 : 7 (1967): 674-678.
33. *Paludan, N.*: Inaktiveringsforsøg med virus-inficeret nellikemateriale. *Statens plantepatologiske Forsøg, månedsoversigt* 412 (1964): 83-88.
34. *Paludan, N.*: Inaktiveringsforsøg med nellike-spætning-virus. *Statens plantepatologiske Forsøg, månedsoversigt* 418 (1965): 65-68.
35. *Paludan, N.*: Nellike-ætsning-virus. Kortlægning, infektionsforsøg, termoterapi og meristemkultur. *Tidsskr. f. Planteavl (under trykning)*.
36. *Quak, F. and F. A. Hakkaart*: Additional data on the effect of heat treatment of young plants on freeing chrysanthemums from virus B by means of meristem culture. *Rev. Roum. de Biol, S. de Bot.* 11 (1966): 181-184
37. *Rich, A. E.*: Inactivation of potato virus X in Green Mountain potatoes. *Phytopath.* 58 : 4 (1968): 402.
38. *Singh, K.*: Heat therapy of sugarcane. *Rev. appl. Myc.* 46 : 12 (1967): 656.
39. *Stace-Smith, R. and F. C. Mellor*: Thermostability of potato virus X and S. *Phytopath.* 57 : 10 (1967): 1009.
40. *Stace-Smith, R. and F. C. Mellor*: Eradication of potato viruses X and S by thermotherapy and axillary bud culture. *Phytopath.* 58 : 2 (1968): 199-203.
41. *Stubbs, L. L.*: Production of virus-free propagation material. *Biol. branch publ. 959, Journ. Dept. Agr. Victoria* (1963): 1-8.
42. *Taylor, J. A. et al.*: Heat therapy of rose mosaic. *Phytopath.* 57 : 10 (1967): 1010.
43. *Thomsen, A.*: Termoterapeutiske behandlinger af nelliker. *Horticultura* 15 : 5 (1961): 136-139.
44. *Thomsen, A.*: Frugttræ-vira inaktiveret ved termoterapi. *Tidsskr. f. Planteavl* 72 : 2 (1968): 141-152.
45. *Zumo, N.*: Effect of treatment of seedcane on susceptibility of sugarcane mosaic virus. *Phytopath.* 57 : 1 (1967): 83-85.