

# Frugtmængdens indflydelse på tilvæksten hos æbletræer

Ved Poul Hansen

## 755. beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur

Beretningen omtaler resultaterne af nogle tilvækstmålinger foretaget på æbletræer i tilknytning til problemet vekselbæring. Forsøgssted: Statens forsøgsstation, *Blangstedgaard*, Odense. Leder: Forstander *N. Dullum*. Beretningen er udarbejdet af lic. agro. *Poul Hansen*, *Blangstedgaard*.

*Forstanderne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur*

Problemet »vekselbæring« eller hvert-andet-års-bæring hos frugttræer har været genstand for mange undersøgelser i tidens løb, og selv om vekselbæringen er af mindre betydning hos de vigtigste sorter i dag end tidligere, er der dog stadig en betydelig interesse knyttet dertil, ikke mindst fordi den omfatter påvirkninger af blomsterknopdannelsen, en proces, hvis natur endnu ikke er endelig klarlagt, men som selv sagt er af fundamental betydning.

Frugternes hæmmende virkning på anlægget af blomsterknopper er velkendt, men frugtmængden kan også influere på andre funktioner i træet, såsom vækst, fordeling af kulhydrater og mineralstoffer. Selvom disse forhold ikke behøver at have nogen direkte sammenhæng med frugtens virkning på blomsterknopdannelsen, er et kendskab hertil dog af betydning som et grundlag for et videre arbejde med problemerne. Også på andre punkter er det af interesse at kende frugternes indflydelse på disse forhold, eksempelvis kan nævnes, at det i forbindelse med anvendelsen af bladanalysen er nødvendigt med et kendskab til frugtmængdens indflydelse på bladenes mineralstofindhold. Eventuelle afhængighedsforhold mellem vækst, kulhydrat- og mineralstofindhold kan endvidere bedre belyses, når undersøgelserne er foretaget samtidigt. I det følgende er resultaterne af nogle tilvækstmålinger hos vekselbærende æbletræer omtalt, mens resultaterne af kulhydrat- og mineralstofundersøgelser vil blive publiceret senere.

### I. Materialer og metoder

*1. Undersøgelser på ældre vekselbærende træer.* Disse blev foretaget i 1963-64 på Graastentræer, plantet i 1951 og i almindelig plantagekultur, renholdt jord i forsommeren og dækafgrøde (sneglebælg) fra juli.

I 1963 blev der udvalgt 7 par træer, hvert par bestående af et kraftigt bærende og et svagt eller ikke-bærende træ under ens forhold og behandling. I 1964 blev undersøgelserne udvidet til at omfatte 9 par træer. Træerne var i forvejen inde i en rytme med typisk hvert-andet-års-bæring. Denne fortsattes tydeligt i 1963 (gennemsnitligt frugtudbytte af de undersøgte træer var for »ikke-bærende« og bærende henholdsvis 8,2 og 99,3 kg), men var knap så udpræget i 1964 (30,3 og 82,2 kg/træ).

Hovedgrene af nogenlunde ens størrelse blev udvalgt inden for samme træpar, ialt 2 grene pr. træ. På disse grene blev følgende målinger foretaget:

*Blade på sporer (korte frugtgrene):* Fra basis af hver af de udvalgte grene blev i 1963 ca. hver 3. spore udvalgt og nummereret, ca. 10 sporer pr. gren (ialt 140 sporer for bærende, henholdsvis ikke-bærende). På disse sporer blev bladantal og -areal bestemt den 7/6, 8/7 og 6/9. Arealet for hvert blad blev aflæst på en måleplade konstrueret efter *Freeman og Bolas* (1956).

I 1964 blev der ved udtagning af sporer til analyse bestemt bladantal og -areal (fotoelektrisk, *Dalbro og Nielsen* 1955) på ialt 90

sporer fra henholdsvis bærende og ikke-bærende træer pr. gang. Denne metode vil især afvige fra den foregående ved at give en større variation mellem måledatoerne, idet det ikke er de samme blade, der måles fra gang til gang. Begge år blev der fra de svagt bærende træer udvalgt sporer uden frugt, for bæretæer sporer med frugt.

*Blade på årsskud:* Antal og areal (fotoelektrisk) blev bestemt efter udtagning af 2-3 endeskud fra hver af de udvalgte hovedgrene den 19/6 og 23/10 1963 samt 5/6, 11/8 og 16/10 1964.

*Skudlængde:* På bærende, henholdsvis ikke-bærende, træer blev længdetilvæksten på 42 endeskud, fordelt på de udvalgte hovedgrene, målt den 7/6, 19/6, 20/7 og 27/8 1963. Endvidere blev summen af sideskuddenes årstilvækst på de tilhørende andetårsskud bestemt de samme datoer.

*Tykkelsesvækst af skud og grene, 1963:* Diameteren blev målt med skydelære ved basis af de i forrige afsnit omtalte 42 endeskud pr. hold træer, samt ved top og basis af de tilhørende andetårsskud. På de udvalgte hovedgrene blev diameteren målt ved basis, midt på og højt på grenen. Målinger blev foretaget den 7/6, 19/6, 20/7 og 27/8 og 24/10 på afmærkede steder på skuddene og grenene.

1964: Tilsvarende målinger (undtagen øverste position på andetårsskud) blev foretaget på de 9 udvalgte træer, for de 7 træers vedkommende i hovedsagen på de samme steder som året før, måledatoer 20/5, 11/6, 9/7, 6/8, 14/9 og 26/10.

2. *Undersøgelser med frugtudynding på unge træer.* I en række Golden Delicious på M IX, plantet 1958, blev der i juni 1963 udvalgt 21 par træer, alle med rigelig frugt. Fra det ene træ pr. par blev al frugt fjernet den 14/6 1963, mens de øvrige beholdt frugterne. I 1964, hvor blomstring og frugtsætning også var god på alle træer, blev alle frugter fjernet fra træerne på hvert andet af de tidligere udvalgte par (28/6).

Bladstørrelsen blev kun målt i 1964, hvor

den gennemsnitlige tørvægt pr. blad blev bestemt i prøver udtaget den 28/5 og 24/9. Den samlede skudtilvækst blev målt 14/6, 15/7 og 29/10 1963, samt i juni 1964. Diametertilvæksten to steder på stammen af hvert træ blev målt 14/6, 15/7 og 24/10 1963 samt 11/6 og 1/11 1964.

## II. Resultater

### A. Bladtilvækst

1. *Ældre vekselbærende træer.* Bladarealet pr. spore er indtil dobbelt så stort på ikke-bærende som på bærende sporer (fig. 1). Derimod udviser bladantallet pr. spore (fig. 2) ikke nogen signifikant forskel mellem de to hold træer, når de første par måledatoer undtages. Det større bladareal på de ikke-bærende sporer skyldes derfor hovedsagelig større blade. Det samme finder bl.a. Singh (1948 a) og Thuesen (1952), ligeledes har Christensen (1965) i et beskæringsforsøg fundet aftagende bladstørrelse på træer med stigende frugtmængde.

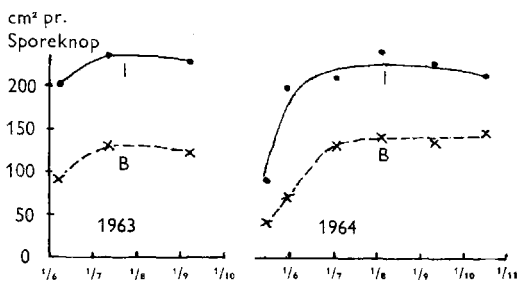


Fig. 1. Bladareal (ensidig) pr. spore hos bærende (B) og ikke-bærende (I) Gråsten. 1963 gns. af 140 afmærkede sporer på træet, 1964 af 90 afklippede sporer. — I signifikant større end B.

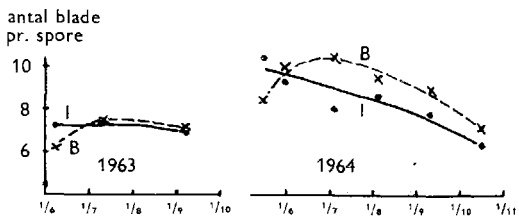


Fig. 2. Bladantal pr. spore, se iverigt fig. 1.

Tabel 1. Årstilvækst hos sporer med og uden frugt hos Gråsten.  
g tørvægt pr. spore, gens. af 90 sporer 1964 (og 1965)

Dato	Bærende træer			Ikke-bærende træer		
	blomst eller frugt	blade	sum	blomst eller frugt	blade	sum
15/5	0,45* (0,45)	0,28 (0,28)	0,73 (0,73)	0,62 (0,72)		
29/5	0,31 (0,34)	0,52 (0,60)	0,83 (0,94)	1,27 (1,54)		
2/7	2,64	1,04	3,68	1,63		
4/8	8,25	1,18	9,43	1,95		
7/9	15,21	1,11	16,32	1,70		

Tallene i parentes angiver resultaterne fra tilsvarende målinger i 1965. Forskellen mellem bærende sporer sum og ikke-bærende sporer er signifikant ved hver dato, undtagen første dato 1965. Blomstringen lige begyndt den 15/5, den 29/5 var kronbladene faldet.

\* kronblade 0,20, øvrige blomst 0,25 g.

Tabel 1 viser den samlede årstilvækst pr. spore (eksklusive de træagtige sporedele). Det ses, at den mindre bladmasse pr. spore hos bæretæer lige efter udspring mere end opvejes af blomsternes tørvægt. Under blomstringen synes bladtilvæksten på ikke-bærende sporer større end den totale tilvækst på bærende sporer, selv når der tages hensyn til tabet af kronblade. Bladtilvæksten efter blomstringen er – især betragtet relativt – størst hos bæretæer. Dette stemmer med angivelser af *Schumacher* (1963), ifølge hvilke bladtilvæksten er hæmmet under blomstringen, men efter dette tidspunkt er større på bærende end på ikke-bærende sporer. Senere på sommeren er bladtilvæksten på sporerne uden betydning.

Frugtmængden påvirker bladtilvæksten på årsskud i langt mildere grad end på sporer. Bladstørrelsen var ikke generelt påvirket, idet årsskudsbladene i 1963 (19/6 og 23/10) var 5-6 pct. større (efter tørvægt) på bærende end på ikke-bærende træer, mens i 1964 (5/6, 11/8

og 16/10) årsskudsbladene på de ikke-bærende træer var 10-25 pct. (mindst den 5/6) større end på de bærende træer. *Thuesen* (1952) fandt i så henseende heller ikke entydighed fra år til år. Derimod var bladenes andel af det samlede årsskud begge år lidt større på ikke-bærende end på bærende træer, især først på sæsonen, idet bladene udgjorde henholdsvis ca. 85 pct. og 82 pct. af skuddets samlede tørvægt. *Finch* (1935) og *Singh* (1948 a) fandt tættere siddende årsskudsblade på ikke-bærende end på bærende træer.

2. *Unge træer i frugtudyndingsforsøget*: Desværre foreligger der kun målinger af bladstørrelsen i 1964. Den 28/5 var der ikke nogen sikker virkning af sidste års udynding på de unge blade ved basis af de blomstrende kortskud (89 mg tørstof/blad for sidste års ikke-bærende mod 83 mg for sidste års bærende træer). Resultaterne fra en plukning af årsskudsblade den 24/9 1964 fremgår af tabel 2. Fjernelsen af frugter i 1964 har forøget blad-

Tabel 2. Bladstørrelse (mg tørstof pr. blad) i frugtudyndingsforsøg med Golden Delicious. 24/9 1964. Gennemsnit af 5 træer, 20 blade fra midten af årsskud pr. træ.

		Tilstand 1964				
		ikke-bærende		bærende		gens.
Tilstand		ikke-bærende	bærende	bærende	ikke-bærende	
1963	bærende	390	403	300	292	346
	bærende	359	395	296	286	335
	Gens.	387		294		

størrelsen betydeligt, mens en eventuel virkning af sidste års frugtudynding er langt mindre. Maggs (1963) fik også større blade efter en frugtudynding.

### B. Længdetilvækst

Længdetilvæksten af årsskud hos de ældre vekselbærende træer blev målt i 1963 og er tydelig størst hos bærende træer, især først på sommeren, derimod er der en tendens til, at væksthastigheden sidst på sommeren er størst hos ikke-bærende træer (fig. 3). For sideskudene på de tilhørende andetårsskud er der imidlertid ikke nogen signifikant forskel mellem de to slags træer.

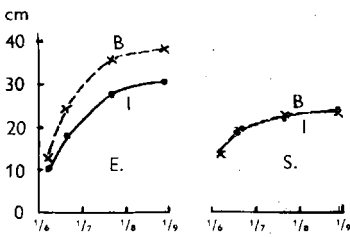


Fig. 3. Gennemsnitslængde af endeskud (E), og af sum af sideskud (S) på 40 andetårsskud (7 træer) hos Gråsten 1963. For endeskud er B signifikant større end I.

Hos de unge træer i frugtudyndingsforsøget var den samlede længdetilvækst i 1963 hos de ikke-bærende træer 805 cm pr. træ mod 680 for de bærende, mens den tidlige skudtilvækst hos de samme træer næste forår var henholdsvis 661 og 578 cm, ingen af disse forskelle var dog signifikante.

Sammenhængen mellem frugtmængde og skudtilvækst synes ikke generel. I andre undersøgelser med vekselbærende træer er der som her fundet en større skudtilvækst hos bærende end hos ikke-bærende træer (Wilcox 1937, 1944, Overholser et al 1941, Singh 1948 a, Thuesen 1952, Rogers og Booth 1964), men det modsatte er også påvist (Singh 1948 b). Fjernelse af blomster eller frugter har forøget skudvæksten i forhold til normalt bærende træer (Singh 1948 a, Maggs 1963), Mochizuki (1962) fandt dog, ligesom i ovennævnte forsøg

med unge træer, ikke nogen tydelig virkning af en frugtudynding på skudvæksten.

Som det er nævnt ovenfor syntes forskellen i væksthastighed mellem de to hold træer at ændres med sæsonen. På lignende vis fandt Singh (1948 a) først på sæsonen omtrent ens væksthastighed hos bærende og ikke-bærende træer, senere var den størst hos bærende træer, for endelig sidst på sommeren at kunne dominere på ikke-bærende træer. Schumacher (1963) beretter om omtrent ens skudtilvækst hos de to slags træer først på sæsonen, mens den i de senere vækststadier var størst hos ikke-bærende træer.

### C. Diametertilvækst hos skud og grene

1. Ældre vekselbærende træer: Diametertilvæksten ved basis af årsskud (fig. 4) er begge år først på sommeren størst hos bærende træer. I 1963 fortsætter tilvæksten hos de ikke-bærende træer imidlertid i august måned, hvorved

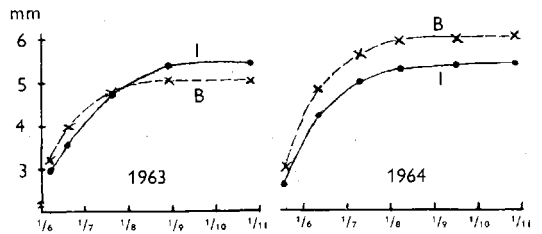


Fig. 4. Diametertilvækst hos endeskud (basis) hos Gråsten. Gns. af 42 og 54 skud henh. 1963 og 1964.

den samlede tilvækst bliver størst hos disse, mens dette ikke er tilfældet i 1964, hvor de bærende træer bevarer deres forspring. Denne forskel kan skyldes, at frugtmængden på de »ikke-bærende« træer var betydeligt større i 1964 end i 1963 (se afsnit I 1.)

Fig. 5 viser diametertilvæksten på andetårsskud. I 1963 er væksthastigheden signifikant størst hos ikke-bærende træer, i 1964 er forskellene ikke så store, at de er sikre, måske som ovenfor nævnt på grund af den mindre forskel i frugtudbytte mellem de to hold træer dette år.

Hovedgrenenes diameterforøgelse fremgår af figur 6. Forøgelsen er tydeligvis langt større

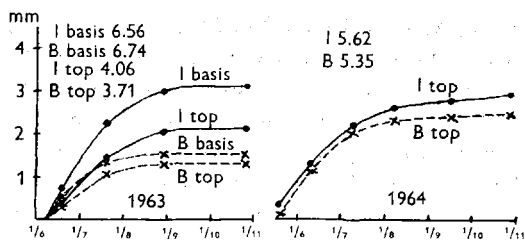


Fig. 5. Diametertilvækst ved basis og top af andetårs skud (svarende til endeskud i fig. 4) hos Gråsten. I 1963 er tilvæksten først regnet fra  $\frac{7}{6}$ . De anførte tal angiver gennemsnitsdiametrene ved målingernes start. Kun i 1963 signifikant forskel mellem bærende (B) og ikke-bærende (I).

for ikke-bærende end for bærende træer. Også her er forskellene mindst i 1964, formentlig af samme grund som ovenfor omtalt. Det må bemærkes, at der er en tendens (signifikant 1963) til, at væksthastigheden lige efter løvspring er størst hos bærende træer.

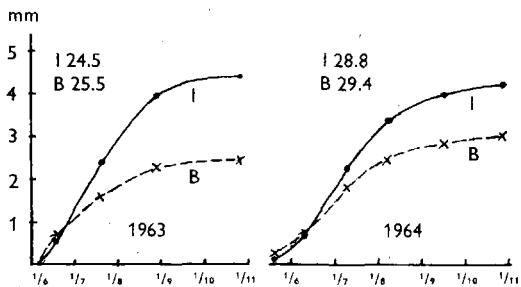


Fig. 6. Diametertilvækst hos hovedgrene hos Gråsten, gns. af 3 positioner pr. gren og af 14 og 18 grene, henh. 1963 og 1964. Ellers som fig. 5. Begge år er I og B signifikant forskellige.

2. *Unge træer i frugtudyndingsforsøget.* Her var diametertilvæksten (målt to steder på stammen) regnet fra udyndingstidspunkterne (14/6 1963, 28/6 1964) signifikant større hos de ikke-bærende end hos de normalt bærende træer (henholdsvis 6,7 og 5,5 mm i 1963, 5,4 og 2,6 mm i 1964, gns. af 21 træer).

En negativ korrelation mellem frugtmængde og stammes og grenes tykkelsesvækst er ofte påvist (se f.eks. Wilcox 1937, 1944, Overholser et al 1941, Singh 1948 a, Maggs 1963).

Tilsvarende er veddannelsen, respektive årringsbredden, fundet størst hos ikke-bærende træer (Finch 1935, Tinglev 1936). Mochizuki (1962) har såvel ved direkte målinger som ved tilførsel af radioaktiv kuldioxid vist, at stamme- og rodtilvæksten bliver kraftigt formindsket af en stor frugtmængde.

### III. Diskussion

I forbindelse med de omtalte undersøgelser har udvælgelsen af grene, skud m.v. naturligvis været behæftet med en vis usikkerhed, og man kunne gøre sig spørgsmålet, om de viste forskelle kunne skyldes udvælgelsen, f.eks. at der på det ene hold træer kunne være udvalgt større grene eller skud med en tilsvarende større vækstkraft. Ifølge en nærmere behandling af tallene synes sådanne forhold ikke at have haft afgørende betydning, ligesom de fleste undersøgelser også er foretaget over 2 år på i hovedsagen de samme grene.

Undersøgelserne har vist, at æbletræets bæringstilstand i høj grad kan påvirke træets øvrige vækstfunktioner. Der er imidlertid ikke tale om nogen entydig sammenhæng. Ved en betragtning af frugtmængdens indvirkning på tilvæksten forskellige steder i træet er det af interesse at sammenligne resultaterne fra de to undersøgelser. Ved typisk vekselbærende træer kan der nemlig være tale om to – muligvis modsat rettede virkninger – dels en »overleveret« virkning fra sidste års forskelle i frugtmængde, dels en virkning af forskellen i indeværende års frugtmængde. I udyndingsforsøget kan derimod kun det sidste forhold have betydning, i al fald i 1963, hvor træerne startede på lige fod. Ved en sådan sammenligning fremgår det klart, at den reducerede tykkelsesvækst hos stamme og grene hos bærende træer især må være en direkte virkning af indeværende års frugt, idet den forekommer i begge undersøgelser. Den kraftige virkning hænger nok sammen med, at tykkelsesvæksten ifølge fig. 7 foregår relativt sent på sæsonen, hvor frugtvæksten er kraftig.

Det må imidlertid bemærkes, at tykkelses-

væksten hos de vekselbærende grene allerførst på sæsonen var størst hos de bærende træer (fig. 6). Det danner en parallel til årsskuddene, hvor dette blot kommer langt kraftigere til udtryk (fig. 4), sikkert på grund af årsskuddenes kraftige tilvækst på dette tidlige tidspunkt (fig. 7). Noget lignende gælder for årsskuddenes

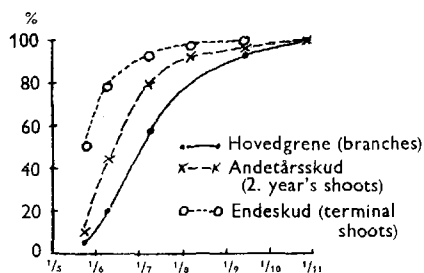


Fig. 7. Diametertilvækstens tidsmæssige fordeling forskellige steder på træet 1964. Gns. af bærende og ikke-bærende.

længdetilvækst (fig. 3). Det ovenfor omtalte og omvendte forhold, størst tilvæksthastighed på ikke-bærende træer sidst på sæsonen, kan dog også komme til udtryk hos årsskuddene (afsnit II, B og C), men formentlig på grund af det relativt sene udtyndingstidspunkt i forhold til skuddenes tilvækstforløb kom dette ikke tydeligt til udtryk i udtyndingsforsøget med unge træer. Da endeskuddene på vekselbærende træer således synes at kunne påvirkes på to modsat rettede måder, afhængigt af tidspunktet i vækstsæsonen, er det ikke underligt, at beretninger i litteraturen angående disses længdevækst i forhold til frugtmængden er noget modstridende (afsnit II B). Andetårsskuddenes diametertilvækst synes, både hvad angår det tidsmæssige forløb (fig. 7) og afhængigheden af frugtmængde, at være intermediær mellem årsskud og grene.

Den reducerede tilvækst i træet sidst på sommeren ved stor frugtmængde må utvivlsomt skyldes, at frugtvæksten her båndlægger store mængder byggestof på bekostning af de andre organers forsyning. Grunden til det omvendte forhold, den større tilvækst hos bærende træer først på sommeren, må være knyttet til selve

bæringsrytmen. Denne kan f.eks. have medført, at mængden af oplagsnæring er størst i de bærende (sidste års ikke-bærende) træer (Priestley 1962), og den tidlige skudvækst sker muligvis især på grundlag af oplagsnæring (Wilcox 1937, Mochizuki 1962, Rogers and Booth 1964), selv om dette ikke kom tydeligt til udtryk i den tidlige skudvækst i 1964 efter frugtudyndningsforsøget i 1963 (afsnit II B). Andre forhold i forbindelse med blomstrings- og bæringsrytmen, f.eks. af hormonal natur, kan dog også tænkes at spille en rolle.

Den store forskel på sporebladstilvæksten hos vekselbærende træer skyldes nok især, at der hos de blomstrende træer skal ske en fordeling af en vis mængde byggestof mellem blomster og sporeblade, mens de ikke-blomstrende sporer har mulighed for at anvende alt på sporebladernes tilvækst (jvf. tabel 1). Den senere bladtilvækst, der især foregår på årsskud, er langt mindre påvirket af frugtbæringen, men resultaterne fra bl.a. udtyndingsforsøget tyder dog på, at frugtvæksten også kan virke reducerende på bladstørrelsen, ligesom på den øvrige tilvækst i træet lidt hen på sommeren.

#### IV. Oversigt

Resultaterne af nogle tilvækstmålinger, foretaget 1963 og 1964 på 12-årige Graasten i en udpræget hvert-andet-års-bæringsrytme, er omtalt.

Bladarealet pr. spore (bladstørrelsen) er næsten dobbelt så stor på ikke-bærende som på bærende træer. Lige efter udspring opvejes den mindre bladmasse pr. spore hos bærende træer af blomsternes tørvægt. Bladtilvæksten på sporer er under blomstringen størst på ikke-bærende træer, men lige efter blomstringen på bærende træer. Bladstørrelsen på årsskud er ikke entydigt påvirket af frugtbæringen, men bladmassen her i relation til den øvrige del af årsskuddet synes størst på ikke-bærende træer.

Længdetilvæksten hos årsskud er størst hos bærende træer, men væksthastigheden er dog sidst på sommeren størst hos ikke-bærende træer (1963). Diametertilvæksten hos skud og grene

er (undtaget årsskud 1964) størst hos ikke-bærende træer, først på sommeren er væksthastigheden dog i nogle tilfælde størst hos bærende træer.

I et forsøg med fjernelse af alle frugter på halvdelen af 42 5-årige Golden Delicious blev stammens diametertilvækst kraftigt forøget i forhold til ubehandlede træer, bladene blev lidt større, mens længdetilvæksten ikke blev signifikant påvirket.

Årsagssammenhængen mellem frugt bæring og træets øvrige vækstprocesser diskuteres.

## V. Summary

### *Effect of fruiting upon growth of apple trees*

During 1963-64 the growth of 12 years old trees of the variety Graasten was compared in on and off years, respectively. The trees were in a rhythm of typical biennial bearing.

The leaf area on spurs were greatest on off-trees (Fig. 1) more because of difference in size than in leaf number (Fig. 2). When the dry weight of flowers is considered, the total new growth per spur at the beginning of flowering is as great on flowering as on non-flowering spurs (Table 1). The small leaves on flowering spurs may therefore be a result of a competition for a certain amount of building material between flowers and leaves. The growth rate of leaves on spurs was during flowering greatest in off-trees, but just after flowering in on-trees. The size of leaves on current year's shoots was not affected by fruit crop in a general way, but the proportion of leaves in relation to the remaining parts of the shoot was greatest on off-trees.

The terminal growth of shoots (1963) was greatest on bearing trees, even the growth late in the summer continued for a longer time on off trees (Fig. 3). The increase in diameter of shoots and branches (Fig. 4-6) was (except current year's shoots 1964) greatest in off years, but in some cases the rate of growth *early* in the summer was greatest on bearing trees.

An experiment with removal of fruits (14. June 1963, 28. June 1964) on 5 years old Golden Delicious resulted in an increase in trunk diameter, a small increase in leaf size (Table 2) but without any significant effect upon terminal growth of shoots.

The relationship between fruit growth and other

growth is discussed. The growth occurring *early* in the summer, which may be dependent upon storage material, seems to be greater on biennial bearing trees in the on year, while it is the *opposite* case for growth *later* in the summer. This may explain, why especially the secondary growth of branches is strongly depressed by fruiting; this growth occurs rather late in the season (Fig. 7). On the contrary the shoot growth starts early in the season, therefore the stimulating effect of flowers or fruits upon growth may be dominating here. However, the shoot growth may also be affected in the opposite direction later in the season, and this may explain the contradictory reports of fruiting upon terminal shoot growth in the literature.

## VI. Litteratur

- Christensen, J. V.* 1965. Beskæringens og frugt bæringens indflydelse på løvmængde og frugtstørrelse på æbler. Tidsskrift for Planteavl 69: 93-97.
- Dalbro, S. og Nielsen G.* 1955. Nogle sprøjtemidlers virkning på æbletræers vækst og fotosyntese. Tidsskr. f. Planteavl 55: 657-82.
- Finch, A. H.* 1935. Physiology of apple varieties. Plant Phys. 10: 49-72.
- Freeman, G. H. & Bolas, B. D.* 1956. A method for the rapid determination of leaf areas in the field. Ann. Rep. E. Mall. Res. Sta. 1955: 104-07.
- Maggs, D. H.* 1963. The reduction in growth of apple trees brought about by fruiting. Journ. Hort. Sci. 38: 119-28.
- Mochizuko, T.* 1962. Studies on the elucidation of factors affecting the decline in tree vigour in apples as induced by fruit load. Bull. Faculty Agric. Hirosaki Univ. No. 8: 40-124.
- Overholser, E. L., Overley F. L. & Wilcox, J. C.* 1941. Some correlations between growth and yield of the apple in central Washington. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 39: 11-15.
- Priestley, C. A.* 1962. Carbohydrate resources within the perennial plant. Tech. Comm. no. 27, Commonw. Bur. Hort. Plant Crops. East Malling.
- Rogers, W. S. and Booth, G. A.* 1964. Relationship of crop and shoot growth in apple. Journ. Hort. Sci. 39: 61-65.
- Schumacher, R.* 1963. Triebwachstum und Blatt-Frucht-Verhältnis regelmässig und alternierend tragende Bäume. Schweiz. Zeitschr. Obst und Weinbau 72: 229-33, 253-59.

- Singh, L. B.* 1948 a. Studies in biennial bearing III. Growth studies in »on« and »off« year trees. Journ. Hort. Sci. 24: 123-48.
- Singh, L. B.* 1948 b. A test of nitrogen, phosphorous and potassium injections in biennial bearing apple trees. Ann. Rep. East Mall, Res. Sta. 1947: 82-84.
- Thuesen, A.* 1952. Æbletræer og bladareal. Horticultura 6: 33-37.
- Tingley, M. A.* 1936. Double growth rings in Red Astrakan. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 34: 61.
- Wilcox, J. C.* 1937. Field studies of apple tree growth and fruiting II. Correlations between growth and fruiting. Sci. Agric. 17: 573-86.
- Wilcox, J. C.* 1944. Some factors affecting apple yield in the Okanagan Valley. Sci. Agric. 25: 189-213.