

Blad-frugt relationer og frugtudvikling hos æbletræer

Leaf-fruit relations and fruit development in apple trees

Poul Hansen

Resumé

Træer med forskelligt frugt/blad-forhold blev sammenlignet inden for flere forsøgsserier. Med aftagende frugt/blad-forhold hos 'Golden Delicious' tiltager frugtstørrelse samt gulfarvning af og tørstofindhold i frugten, mens udbyttet går ned. De kvantitative sammenhænge er vist. Træer i vækstrum sammenlignet med træer udendørs havde, på grund af reduceret lys, tyndere blade og mindre og mere grønne frugter med et lavere tørstofindhold. En forlænget vækstperiode gav 'Golden Delicious'-frugter med et højere tørstofindhold, men store skold-angreb.

Samspillet mellem blade og frugter og ydre faktors indvirkning herpå diskuteres med hensyn til virkningen på udbytte og frugtudvikling. På en given lokalitet virker variationen i frugt/blad-forhold kraftigere end årsvariationer i lysintensitet og temperatur. Når forskellige geografiske områder sammenlignes spiller temperaturens virkning på selve vækstprocessen den største rolle for forskelle i udbytte og frugtudvikling. Forskellene må derfor antages at blive særlig store for en sort som 'Golden Delicious' med lang udviklingsperiode for frugten og et højt temperatur-optimum for frugtvækst, men mindre for sorter med en kortere udviklingstid og et lavere temperatur-optimum.

I undersøgelser over frugttilvækst og -udvikling er det vigtigt at tage frugt/blad-forholdet med i betragtning.

Nøgleord: Æble, 'Golden Delicious', Blad/frugt-forhold, Lys, Temperatur, Udbytte, Frugtstørrelse, Farve og sammensætning af frugten.

Summary

Trees of two to six years-old 'Golden Delicious' growing in pots with ample water and nutrient supply were used. Within each series trees with different ratios of fruit number and leaf amount were compared. A quantitative relationship is shown of a decrease in yield, but an increase in fruit size, yellow colouring and dry matter content of the fruits, when fruit/leaf-ratio decreases (Figures 1 and 2). Due to decreased light intensity trees in growth rooms had thinner leaves, smaller and more green fruits of a lower dry matter content than trees growing in the open air (Figure 3, Table 1). Extending the growth period by cultivating trees in a green house during the spring increased the dry matter content of the fruits and the occurrence of scald.

The interaction of leaves and fruits in the development of fruits is discussed as well as the effects of light and temperature. On a given location leaf-fruit ratio is a major factor compared to year-to-year fluctuations in light and temperature. Comparing different geographical sites the effect of temperature upon the growth process itself is considered an important factor. The size of 'Golden Delicious'-fruits at a definite fruit/leaf-ratio may show the greater differences between sites due to the long period of

fruit development and high temperature optimum of fruit growth in this cultivar. Differences between sites may be smaller, however, in cultivars of a shorter period and a lower temperature optimum of fruit growth (Figure 4).

Key words: *Apple, 'Golden Delicious', Leaf/fruit-ratio, Light, Temperature, Yield, Fruit size, Colour and composition of the fruit.*

Indledning

Udbytte, frugtstørrelse samt andre forhold vedrørende frugtens udvikling er vigtige parametre for det økonomiske resultat ved frugtdyrkning. Det er derfor vigtigt at kende sammenhængen mellem dem og de faktorer, som påvirker dem. Formålet med at fjerne frugter ved en frugtudtynding er især at øge frugtstørrelsen, men samtidig kan udbyttet gå ned (Grauslund 1972). Denne sammenhæng er kendt fra mange undersøgelser, men oftest med relativt få sammenligninger. Meningen med resultaterne her er derfor over et bredere område at angive den kvantitative sammenhæng mellem frugttantal og andre vigtige parametre. Frugterne vokser på grundlag af assimilater, som tilføres fra bladene (Hansen 1967). Det er derfor logisk i denne sammenhæng at bedømme udbytte, frugtstørrelse m.v. som en funktion af et forhold mellem frugttantal og bladmængde. Dette giver endvidere en mindre variation i resultaterne end ved at bedømme udfra f.eks. træbasis, idet variationen i træstørrelsen og dermed bladmængde i højere grad vil være et forstyrrende element. Derudover behandles lysets og temperaturens betydning for blad/frugtrelationerne og dermed for frugtudviklingen ud fra enkelte forsøg samt litteraturen.

Materiale og metoder

Nedenfor er der givet en kort omtale af de forsøg, hvorfra der er brugt resultater. Nogle af forsøgene er beskrevet tidligere. I hvert af forsøgene A–F har træerne været ens behandlede, kun frugt/blad-forholdet varierede, enten ved naturlig variation eller ved håndudtynding. I forsøgene G–K var klimaet påvirket på forskellig måde. I forsøg I indgik 'Graasten', ellers var sorten i alle tilfælde 'Golden Delicious'.

Forsøg A (Hansen & Stoyanow 1972). 30 tre-års træer, 1969, udtynnet i forskellig grad den 4/7. Frugterne høstet 20.–27.9.

Forsøg B (Hansen 1973). 36 tre-års træer, 1970, med høj – moderat kvælstofforsyning. Varierende frugtsætningsgrad, ikke udtynnet. Frugterne høstet i slutningen af oktober, opbevaret på køl (1°C).

Forsøg C 1972, 24 tre- og fire-års træer. Stor frugtsætning, udtynnet i forskellig grad den 26/6 og 10/7. Høstet i slutningen af oktober.

Forsøg D 1973, samme træer som i forsøg C, udtynnet i forskellig grad den 29/6. Høstet slutningen af oktober.

Forsøg E 1974, samme træer som i forsøg C. Varierende frugtsætningsgrad, ingen udtynning. Høstet slutningen af oktober.

Forsøg F 16 tre-årige træer i 1974. Varierende frugtsætning, ingen udtynning. Høstet den 10/9.

Forsøg G 1973, 10 to-års træer udendørs, 30 i vækstrum fra 28/6. Høstet 28/10, opbevaret på køl (1°C) til 17/4.

Forsøg H (Grauslund & Hansen 1975), 1973, 27 tre-års træer i opvarmet væksthus fra 12/3, flyttet udendørs 1/6. Høstet i slutningen af oktober, opbevaret på køl til 17/4.

Forsøg I 1974, to-års træer, 13 'Golden Delicious' og 11 'Graasten' udendørs, 18 af hver sort i væksthus fra 19/7. På ca. halvdelen af træerne blev årsskuddene klippet noget tilbage den 2/7, hvorpå nye skudspidser blev knebet. 'Graasten' høstet 13/9 og opbevaret på ventileret lager til 15/1, 'Golden Delicious' høstet 2/10 og opbevaret på køl til 23/4.

Forsøg J (Grauslund & Hansen 1975), 1974, 54 to- og fire-årige træer i opvarmet væksthuse fra 26/2, flyttet udendørs 30/5. Høstet i oktober, lagret på køl til 23/4.

Forsøg K 10 to-års træer udendørs, 10 i hver af tre vækstrum med forskelligt nattemperatur-niveau fra 29/7 (figur 3). Forinden var årsskuddene klippet noget tilbage på alle træer, resten af vækstsæsonen blev nye blade knebet, så bladarealet var konstant. Høstet 13/10.

Træerne var plantet i kar med dræn i en porøs jord (forsøg B dog sand + peralite) og blev i vækstsæsonen dagligt vandet med næringsopløsning, så at vand og næringsforsyning har været nær det optimale. I forsøg G, I og K blev der benyttet tre vækstrum med luftindsugning ude fra, hver med grundareal $5,5 \times 2,25$ m, højde 2,5 m, med plastiksider og glastag, bygget i et væksthuse (Grauslund og Hansen 1975). Dette giver i sig selv en reduktion af lysintensiteten til mindre end 70% af den fri indstråling, derudover blev det ydre væksthuse i varme perioder skygget, dette var særlig udtalt i forsøg K. I forsøgene i vækstrum indgik forskelligt temperatur-niveau (indtil 4°C forskel) samt CO₂-tilførsel, men da dette under disse betingelser og med variationen i træmaterialet ikke gav klare forskelle på frugtudviklingen, er de nærmere detaljer og resultaterne for de enkelte vækstrum udeladt.

Ved høst blev der for hvert træ bestemt antal og friskvægt af frugter samt tørvægt af den totale bladmasse (i forsøg C, D og E samlet i net, der var bundet om træerne). I nogle tilfælde blev der målt areal og tørvægt på 50–100 blade pr. træ. I forsøg C, D og E blev farven på frugten for hvert træ vurderet efter en skala, hvor 5 = alle frugter stærkt gule, 0 = alle frugter grønne. I forsøg B, G H og I blev 'Golden Delicious'-frugterne efter lagring sorteret i størrelsesgrupper og inden for hvert af disse efter farve (stærk, middel, svag) samt skoldangreb. Indholdet af opløseligt tørstof (refraktometer-værdi) blev i nogle tilfælde målt i prøver fra en bestemt størrelsesgruppe. Total

tørstof (tørring ved 80°C) blev målt i den samlede frugtmasse pr. træ i forsøg A, B og F.

Resultater

Frugt/blad-forhold og frugtudvikling

Figur 1 viser nogle kurveforløb fra forsøg, hvor frugt/blad-forholdet har været varieret over et betydeligt område. Resultaterne stammer som nævnt fra træer i kar, som har været rigeligt forsynet med vand og næringsstoffer. Med aftagende frugtantal og dermed udbytte øges frugtstørrelse og gulfarvning samt tørstof-indholdet (figur 2).

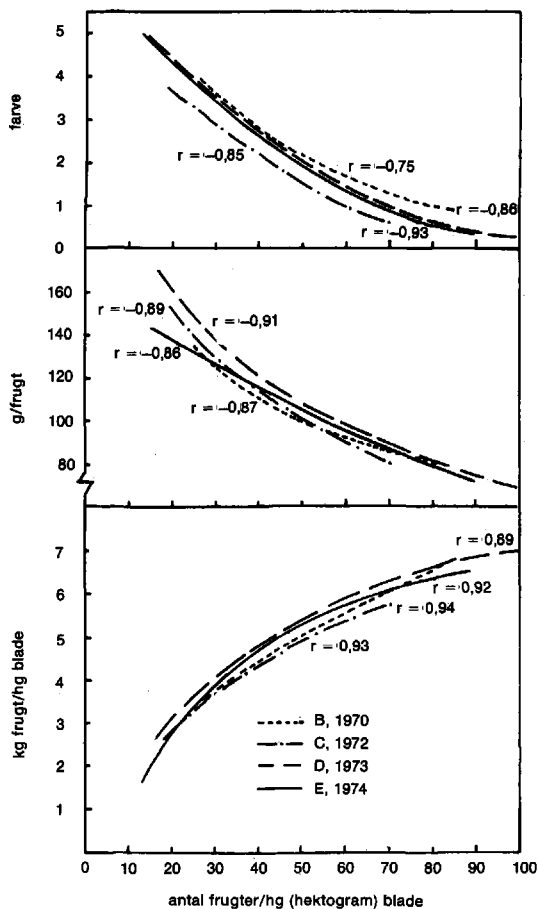


Fig. 1. Farve, frugtstørrelse og udbytte som funktion af frugt/blad-forhold i 4 forsøg.

Colour (5 = yellow, 0 = green, fruit size (g/fruit), and yield (kg fruits/kg dry leaves) as a function of fruit/leaf ratio (fruit number/kg dry leaves) in four experiments.

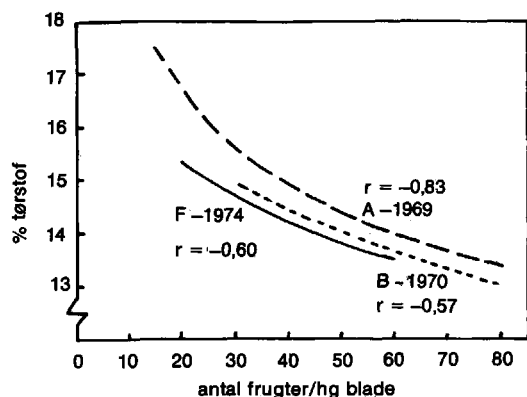


Fig. 2. Procent total tørstof i frugt som funktion af frugt/bladforhold.

Total dry matter (%) in fruits as a function of fruit/leaf-ratio.

Ved en gennemsnits-frugstørrelse på f.eks. 110 g (svarer til ca. 65 mm) er udbyttet reduceret med ca. 25% i forhold til de største udbytter her. Me-

get store og kraftigt gulfarvede frugter fås kun ved et meget nedsat udbytte. Også andet end frugt/blad-forholdet indvirker, især på tørstofprocenten, se korrelationskoefficienter.

Ydre faktorer

I det foregående er det vist, hvor vigtig relationerne mellem bladmængde og frugtantal er for frugtens udvikling. Også ydre faktorer virker ind på disse sammenhænge. Det meget lavere udbytte niveau hos træer i vækstrum i forhold til tilsvarende træer udendørs i figur 3 skyldes sikkert især reduceret lys (se materialer og metoder). Lyset har begrænset assimilationsproduktionen i bladene, dette har igen været den begrænsende faktor i frugttilvæksten. Derfor har heller ikke forskellig nattemperatur imellem rummene givet tydelige forskelle i frugttilvæksten (figur 3). Forsøg med ^{14}C viste da også, at der ikke var nogen tydelig forskel mellem rummene m.h.t. den hastighed, hvormed assimilaterne blev transporteret fra bla-

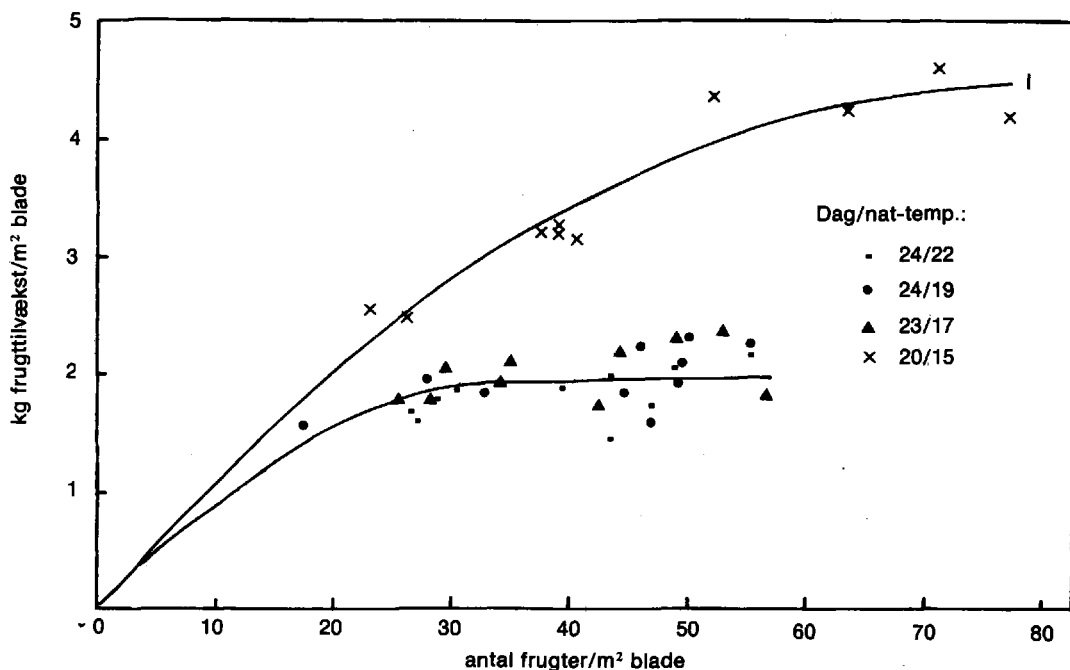


Fig. 3. Frugttilvækst (29/7-13/10) ved forskellig frugt/blad-forhold. I: udendørs. II: i vækstrum ved forskellige temperaturer. Forsøg K.

Fruit growth (29/7-13/10) at different fruit number/leaf area (m^2). I: open air, II: growth room (day light reduced).

de til frugter. Heller ikke i forsøg G og I var det muligt at vise sikre forskelle i frugttilvæksten mellem vækstrum med forskelligt temperaturniveau.

Også i andre forsøg har frugttilvæksten været bedre udendørs end i væksthuss, selv om forskellene har været mindre end i forsøg K. Skønt flere faktorer, f.eks. lysintensitet, temperatur, luftfugtighed, har varieret, er hovedårsagen nok forskel i lysintensitet. Dette støttes også af resultaterne i tabel 1. Når lysintensiteten reduceres, mindskes fotosyntesehastigheden, assimilationshastigheden i bladene og bladtykkelsen bliver mindre og sukker (tørstof)-koncentrationen i frugterne bliver mindre (Hansen 1975a). I de tidligere forsøg (Hansen 1975b) var sporebladenes sorbitol + sukkerindhold (pct. af methanol (80 pct.)-uopløselig rest) i vækstrum 21,8 mod 27,1 pct. for træer udendørs i 1971, i 1972 henholdsvis 25,8 og 28,0 pct. Ifølge tabel 1 er bladtykkelsen (cg = centigram tør-

stof/dm²) samt tørstofindholdet i frugten mindre i vækstrum end udendørs. Det samme gælder frugtens gulfarvning. Ligesom høj i forhold til lav lysintensitet øger også en lang vækstperiode (i væksthuss forår, forsøg H og J) den samlede assimilations-transport til frugten, så at 'Golden Delicious'-frugter bliver mere gulfarvede og får højere tørstof- og sukkerindhold (tabel 1).

En fremskreden udvikling af 'Golden Delicious'-frugter medfører et kraftigt skold-angreb (tabel 1, forsøg H). I forsøg G var skoldangreb i en bestemt størrelsesgruppe større i vækstrum end udendørs, samtidig var gennemsnitsfrugtstørrelse pr. træ størst her, p.g.a. et mindre frugtantal pr. træ. I 1974 (forsøg I) var skoldangrebet størst udendørs, frugterne var i gennemsnit lidt større her, men ved at sammenligne partierne var der ikke nogen entydig sammenhæng med gennemsnits-frugtstørrelsen. I 1974 i 'Graasten' (forsøg I)

Tabel 1. Frugtudvikling og bladtykkelse hos træer i væksthuss sammenlignet med normal dyrkning (ubehandlet), samt ved forlænget vækstperiode (forsøg H og J)

Forsøg	G, 1973	H, 1973	I, 1974	J, 1974	K, 1975	I, 1974
Sort	Gold.Del.	Gold.Del.	Gold.Del.	Gold.Del.	Gold.Del.	Graasten
Behandlingsperiode	28/6-28/10	12/3-1/6	19/7-2/10	26/2-30/5	29/7-13/10	19/7-13/9
Behandling	Ubeh. Hus	Hus	Ubeh. Hus	Hus	Ubeh. Hus	Ubeh. Hus
Gns. dagtemperatur	16,7 20,4	-	17,0 20,7	-	19,6 23,3	18,2 21,7
Gns. nattemperatur	- -	-	- -	-	14,7 19,3	- -
Høst:	28/10	28/10	2/10	2/10	13/10	13/9
Antal frugter/hg blade	17 6	-	53 48	-	45 40	34 30
g friskvægt/frugt	150 187	-	100 78	-	116 86	145 127
cg tørstof/dm ² blad	74 72	-	84 67	-	104 94	80 70
Frugtmålinger:	17/4 74	17/4 74	23/4 75	23/4 75	3/12 75	15/1 75
% farve ¹⁾	92 ²⁾ 64 ²⁾	95 ²⁾	53 ³⁾ 35 ³⁾	-	- -	- -
% total tørstof	- -	-	11,9 ⁵⁾ 9,7 ⁵⁾	14,7 ⁵⁾	16,6 ⁶⁾ 14,8 ⁶⁾	11,1 ⁶⁾ 8,8 ⁶⁾
% opl. tørstof	12,1 ⁴⁾ 10,8 ⁴⁾	13,0 ⁴⁾	8,3 ⁵⁾ 5,3 ⁵⁾	11,1 ⁵⁾	- -	- -
% (vægt) med meget skold	1 8	39	0 0	-	- -	- -
% (vægt) med lidt skold	2 ²⁾ 11 ²⁾	15 ²⁾	26 ³⁾ 7 ³⁾	-	- -	- -
% (antal) med centerråd	- -	-	- -	-	- -	0 24

¹⁾ (kg stærkt farvet × 100 + kg middelfarvet × 67 + kg svagt farvet × 33)/kg ialt

²⁾ Gns. af resultater for størrelsesgrupper 60-70, 70-80 og > 80 mm

³⁾ Gns. af resultater for størrelsesgrupper < 55, 55-60 og 60-70 mm

⁴⁾ 70-80 mm middelfarvet

⁵⁾ 60-70 mm

⁶⁾ Gennemsnitsprøve af hele holdet

havde kun frugterne fra vækstrum centerråd, det skyldes nok snarere det lavere assimilationsniveau end den højere temperatur her.

Diskussion

Frugtens vækst og udvikling afhænger såvel af forholdet mellem frugter og blade (Hansen 1975a) som af de faktorer, der hver for sig virker ind på blade og frugter.

Frugt/blad-forhold

Når frugttallet mindskes i forhold til en given bladmængde, bliver der mindre konkurrence om stofferne fra bladene, den enkelte frugt får mere og vokser hurtigere og bliver større (figur 1, Silbereisen 1966a, 1969, 1974b, se også Hansen 1969). Det samme er ofte vist i udtyndingsforsøg (Reinken 1962, Link 1965, 1967, Grauslund 1972). Med den hurtigere frugtudvikling følger mere farve på frugten og mere opløseligt tørstof og syre i frugten (figur 1, 2; Silbereisen 1966b, Silbereisen og Buchloh 1970; det samme gælder røde sorter, Walter 1967). Også inden for den bestemt størrelsesgruppe kan frugten have mere farve, opløseligt tørstof og syre, når frugttallet er reduceret (Link 1967).

Mere udviklede frugter ved et reduceret frugt/blad-forhold følges samtidigt af et mindre udbytte (figur 1). Inden for visse grænser medfører dette et højere sukker-indhold og en ringere fotosyntese-intensitet i bladene (Hansen 1975a).

Lys

Bladenes funktioner påvirkes bl.a. af lys. Inden for visse grænser stiger fotosyntese-intensiteten med lys-intensiteten (Sirois & Cooper 1964, Avery 1975). Det viser sig først og fremmest i et højere sukker-indhold i bladene og tykkere blade (tabel 1; Barden 1974, Jackson 1975, Hansen 1975a). Men samtidig bliver assimilations-transporten til frugten hurtigere, frugten vokser hurtigere og farve og tørstof-indholdet forøges (figur 3, tabel 1; Jackson 1975), d.v.s. på samme måde som når større bladareal pr. frugt giver en større assimilations-transport til frugten. Men større produktion i bladene p.g.a. mere lys giver samtidig et større udbytte,

fordi den enkelte frugt bliver større uden at frugttallet påvirkes. Farvedannelsen er i al fald hos røde sorter direkte afhængig af lys (Walter 1967, Jackson 1975).

Temperatur

Temperaturen er en vigtig faktor for vækstprocesser, herunder også frugters vækst (Silbereisen 1974a). For en given vækstproces under givne betingelser vil der være et temperatur-optimumsområde. Under dette optimum vil højere temperaturer øge væksthastigheden, assimilerer fra bladene tiltrækkes hurtigere, så bladenes fotosyntese-intensitet og dermed udbyttet stiger. Når tomat-frugter afkøles, mindskes netto-importen til frugterne, i visse tilfælde kan den ændres til en netto-export (Walker & Ho 1976). Når temperaturen øges lokalt omkring citrusfrugter, stiger bladenes fotosyntese-intensitet (Lenz 1974). Når temperaturen øges 5° ved dag/nat-temperaturer på 19°/14°C stiger frugttilvæksten kraftigt hos 'Golden Delicious', mindre hos 'Cox's Orange' (Tromp 1975). Højere temperatur øger dog også skudtilvæksten og dermed bladmængden (Tromp 1973, Hansen 1975b), så den større bladmængde kan også påvirke frugttilvæksten. Ifølge Tukey (1960) stiger frugttilvæksten, når nattemperaturen omkring grenene øges til eller lidt over den gennemsnitlige dagtemperatur. Opvarmning om natten, så at den gennemsnitlige temperatur steg med 2–3°C, gav hurtigere frugttilvækst i 4 sorter, det kunne dog delvis skyldes et samtidigt lavere frugt/blad-forhold (Roemer 1962). Den manglende reaktion i forsøg K (figur 3) må som nævnt skyldes det lavere produktionsniveau i bladene. Ved undersøgelser over frugtudvikling i vækstkamre er relationerne mellem lysintensitet og temperatur, herunder dag/nat-temperaturer, vigtige. Det samme gælder frugt/bladforholdet.

En sammenhæng mellem temperatur og frugttilvækst (udbytte) er med varierende sikkerhed konstateret ved at sammenligne træer på forskellige lokaliteter eller i forskellige år. Mange forhold varierer ofte samtidigt i sådanne undersøgelser, og kun i få tilfælde er der taget hensyn til frugt/blad-forholdet, som ifølge figur 1 bør indgå i sådanne undersøgelser. I en sammenligning af 13

plantager med 'Golden Delicious' og 'Cox's Orange' i Nordtyskland i 4 år synes der dog at kunne vises nogen positiv sammenhæng mellem temperatursummen 50–100 dage efter blomstringen og udbyttet i forhold til kronevolumen (*Gruber* 1972). Målinger af frugttilvæksten hos 'James Grieve' på forskellige lokaliteter fra Syd-Tyrol til Norge tyder på – trods andre faktoreres mulige indflydelse – at den daglige tilvækst pr. frugt stiger, jo længere man kommer sydpå (*Roemer* 1962). Tilvækstperioden var forskudt, men dens længde var kun i de nordligste områder afkortet i særlig grad, hvorfor frugterne ved høsttidspunktet var særlig små her. Over en 8-årig periode var frugtstørrelsen hos 'Cox's Orange' positivt korreleret med gennemsnitstemperaturen juni-september med en betydelig stigning i frugtstørrelsen fra 14 til 16,5°C (*Christensen* 1966). Tidsrummet fra afblomstring til plukning var hos 5 sorter negativt forbundet med temperatursummen de første 50 dage efter afblomstring, korrelationskoefficienter $\div 0,74$ til $\div 0,87$ (*Sandvad* 1964).

Ved at sammenligne 'Golden Delicious' på forskellige lokaliteter i Syd-Tyskland kunne en bestemt frugtstørrelse opnås med ca. 30 pct. færre blade pr. frugt i 'Weinklima' end i 'Obstklima' på grund af længere vækstsæson og lidt højere temperatur.

Sammenlignes disse undersøgelser (*Silbereisen* 1966a, 1974b) med figur 1, tyder det på, at for at få udviklet en given frugtstørrelse hos 'Golden Delicious' kræves der i Danmark mindst 50 pct. større bladareal pr. frugt end i Syd-Tyskland, eller omvendt at udbyttetiveauet ved en given frugtstørrelse kan være mindst 50 pct. større i Syd-Tyskland end i Danmark. Disse forskelle skyldes, at frugten hos denne sort har en lang udviklingsperiode og et højt temperatur-optimumsområde for vækst, som kun kan opfyldes i de sydligere områder (smlgn. kurve I A og I C, figur 4). Men forskellene i samlet frugttilvækst mellem forskellige geografiske områder vil være mindre hos sorter, hvor frugten har en kortere udviklingsperiode. Hvis sommer-temperaturen i det nordlige område ligger under optimum for frugttilvækst, vil der stadig blive nogen forskel i endeligt udbytte (smlgn. kurve II A og II C, figur

4; 'Cox's Orange'?). Men hvis sortens temperatur-optimumsområde er så lav, at sommertemperaturen i begge tilfælde når op heri, vil den væsentligste forskel være i høsttidspunktet, mens udbytteforskellene vil være små (kurve II A og II B, figur 4; 'Gråsten'?). Sortsforskel med hensyn til temperatur-optimum for frugttilvækst er vist af *Tromp* (1975).

Den hurtigere frugtudvikling ved højere temperatur vil kunne virke ind på frugtens farve og sammensætning. Farvedannelsen påvirkes dog også på en anden måde af temperaturen; hos røde sorter fremmes den af lave temperaturer, især ved store forskelle i dag/nat-temperaturer (*Walter* 1967). Frugter af samme størrelse havde i 'Obstklima' et højere syreindhold end ved 'Weinklima', mens der ikke var større forskelle på opløseligt tørstof, smag, farve og form (*Silbereisen* 1966b). Ved at sammenligne plantager i 4 år i Nord-Tyskland var syreindholdet i gennemsnitsprøver af frugten negativt korreleret med temperaturen i den sidste del af vækstperioden (*Gruber* 1972). Indhold af opløseligt tørstof var højere, af syre lavere, i det sydligere Hessen (*Gruber* 1974). Dyrkning ved tiltagende højde over havet i Norge gav øget syreindhold i frugten, men kun i nogle tilfælde nedsat sukkerindhold (*Kvåle* 1969). Varme (solrige) år giver gennemgående et højere indhold af opløseligt tørstof i frugten end kølige år (*Rasmussen* 1975).

Skold synes i nogen grad knyttet til varme vækstbetingelser, centerråd derimod til kølige eller snarere solfattige forhold (*Rasmussen* 1975, *Jackson* 1975, *Sharples* 1975), d.v.s. til forhold, der henholdsvis fremmer og hæmmer frugtudviklingen. Resultaterne i tabel 1 passer i nogen grad ind i den sidste sammenhæng, selv om det i al fald med hensyn til skold ikke kan være hele forklaringen.

Andre dyrkningsfaktorer (gødskning, vanding m.v.) vil kunne virke ind på frugtens udvikling, enten ved direkte at påvirke denne, eller ved at virke ind på relationerne mellem blade og frugter. Høje temperaturer forbundet med stor potentiel fordampning kan hæmme frugtens vækst (*Harley & Masure* 1938).

Konklusioner for praksis

På en given lokalitet vil frugtstørrelse og frugtkvalitet påvirkes langt kraftigere af forskelle i frugt/blad-forhold end af årsforskelle i lysintensitet og temperatur (figur 1). Regulering af frugt-sætningen er et vigtigt punkt vedrørende frugtstørrelse, frugtkvalitet og udbytte. Lys er en vigtig faktor for frugtens udvikling, men en optimal lysudnyttelse ved hjælp af træform, træstørrelse og planteafstand betyder langt mere end årsforskelle i lysintensitet på en given lokalitet. Fotosynteseintensitet, frugtstørrelse og især farvedannelse aftager med tiltagende skygge indad i træet (Mika & Antoszewski 1972, Jackson 1975).

Når en sort som 'Golden Delicious' sammenlignes mellem områder med større klimaforskelle, kan udbytte og frugtudvikling være ret så påvirket. Højere udbytter i det sydlige end i det nordlige Europa skyldes nok ikke så meget forskelle i den daglige indstråling af lysenergi eller i potentiel fotosyntese. Men det skyldes snarere temperaturforskellene, særligt i den tidlige og sene del af vækstsæsonen, på grund af temperaturens indvirkning på vækstprocesserne bl.a. i frugterne (Landsberg 1972, Folley 1973). Disse forskelle vil være særligt udprægede hos en sort som 'Golden Delicious' med en relativt lang frugtvækst-sæson og et højt temperatur-optimum, men næppe så udtalte hos sorter, der modner tidligere og som har et lavere temperatur-optimum for frugttilvækst (smlgn. figur 4).

Vurdering af frugt/blad-forhold hos 'Golden Delicious'

Ved en økonomisk vurdering spiller såvel udbytte som frugtstørrelse, evt. farve og andre kvalitetsfaktorer en rolle. Ud fra figur 1 kan man aflæse sammenhængen mellem disse kombinationer ved forskellige frugt/blad-forhold og derved søge at bestemme det frugt/blad-område, hvor den optimale kombination ved givne forhold findes. Med hensyn til frugtstørrelse kan det f.eks. nævnes, at en 60 mm frugt hos 'Golden Delicious' svarer til en frugtvægt på ca. 88 g, 65 mm på 112 g og 70 mm på 140 g (Christensen 1976). Ved et gennemsnitsudtryk for et parti frugt bør det huskes, at en del frugter vil have højere, en del lavere værdier end

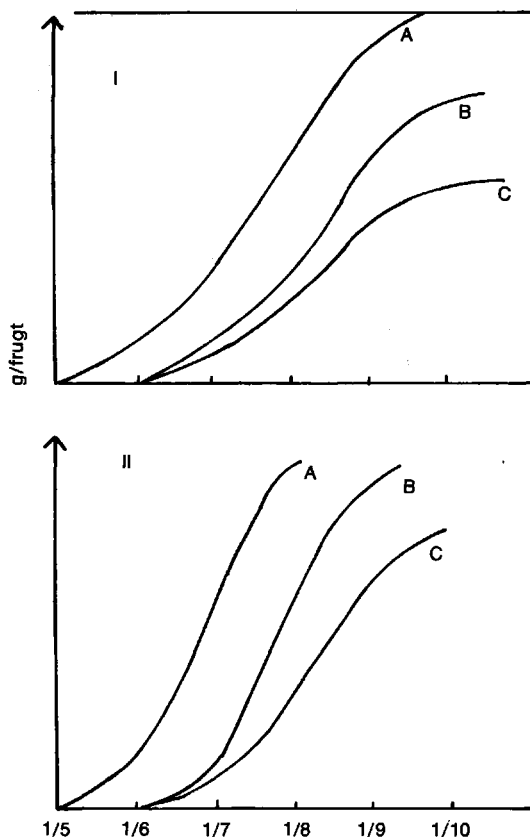


Fig. 4. Frugtstørrelse som funktion af tidspunkt i vækstsæsonen ved et givet frugt/blad-forhold. Konstrueret sammenhæng.

- I: Sort med lang frugtudviklingsperiode.
- II: Sort med kort frugtudviklingsperiode.
- A: Lokalitet med lang vækstsæson, temperatur-optimum for frugtvækst nås i hovedvækstperioden.
- B: Lokalitet med kort vækstsæson, temperatur-optimum for frugtvækst nås i hovedvækstperioden.
- C: Lokalitet med kort vækstsæson, temperatur-optimum for frugtvækst nås ikke i hovedvækstperioden.

Fruit size as a function of time at a given fruit/leaf ratio. Constructed relationship.

- I: Cultivar with a long period of fruit growth.
- II: Cultivar with a short period of fruit growth.
- A: Site with a long growth season, with temperature at optimum for peak growth of fruits.
- B: Site with a short growth season, with temperature at optimum for peak growth of fruits.
- C: Site with a short growth season, temperature not reaching optimum for peak growth of fruits.

Tabel 2. Tilnærmede sammenhænge mellem forskellige måder at angive blad/frugt-relationer på.

Antal frugter/hg blade	0	10	20	30	40	50	60	70
Antal frugter/m ² blade	0	7	13	20	27	34	40	47
cg blade/frugt		1000	500	333	250	200	167	143
cm ² blade/frugt		1500	750	500	375	300	250	215
Antal blade/frugt A		125	63	42	31	25	21	18
Antal blade/frugt B		63	31	21	16	13	10	9
Antal sporer/frugt A		16	8	5	3,9	3,1	2,6	2,0
Antal sporer/frugt B		5	2,7	1,7	1,3	1,0	0,9	0,8

A: Ældre træer med næsten alle blade som sporeblade

B: Unge træer med betydelig årsskudtilvækst (Ca. 2 årsskudsblade pr. sporeblad)

gennemsnittet. Med hensyn til at bestemme og regulere til et 'optimalt' frugt/blad-forhold er der forskellige usikkerhedsmomenter. Sammenhængen i figur 1 kan som nævnt påvirkes af forskellige dyrkningsmæssige faktorer. Der findes ikke nogen hurtig og nøjagtig metode til at bestemme frugt/blad-forholdet på et givet tidspunkt i vækstsæsonen. I tabel 2 er der opført nogle tilnærmede værdier for forskellige udtryk for frugt/blad-forholdet på et givet tidspunkt i vækstsæsonen. Den mest grundlæggende sammenhæng er antal frugter/m² blade eller cm² blade/frugt, idet bladenes samlede produktion afhænger af det samlede areal, som får rigeligt lys. Sammenhængen mellem udtryk på bladareal- og blad tørstof-basis kan variere, idet bladtykkelser mellem 0,7–1,0 cg tørstof/cm² blade forekommer. Det antal blade, som er nødvendigt til et bestemt bladareal, varierer meget, især med forholdet mellem spore- og årsskudsblade (størrelsesorden ofte henholdsvis 10–14 og 20–30 cm²/blad). Sporeantallet pr. frugt, som er nødvendigt for at give et vist bladareal, varierer meget, især afhængigt af andelen af årsskudsblade, som også kan være med til at forsyne frugten. Endelig er der knyttet en betydelig usikkerhed til at regulere til et ønsket frugt/blad-forhold, f.eks. ved frugtudynding, dels i selve behandlingen, dels ved at en frugtudynding kan udløse en vis bladtilvækst. Derfor vil det kun med tilnærmelse være muligt at ramme den 'optimale' kombination af udbytte, frugtstørrelse m.v. i et givet år, men det er vigtigt at have den principielle sammenhæng i figur 1 in mente.

Litteratur

- Avery, D.J., 1975. Effects of climatic factors on the photosynthetic efficiency of apple leaves. – Climate and the orchard (Ed. H.C. Pereira), C.A.B. 1975: 25–30.
- Barden, J.A. 1974. Net photosynthesis, dark respiration, specific leaf weight, and growth of young apple trees as influenced by light regime. – J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99: 547–551.
- Christensen, J.V., 1966. Cox's Orange. – Erhvervsfrugtavleren 1966: 103–106.
- Christensen, J.V., 1976. Personlig meddelelse.
- Folley, R.R.W., 1973. An estimate of the net difference in yield of apple orchards in northern and in southern Europe attributable to climate differences; with notes upon the economic significance of superiority in yield. – Scient. Hort. 1: 43–55.
- Grauslund, J., 1972. Frugtudynding. I. Virkningen af carbaryl til Golden Delicious. – Tidsskr. Planteavl 76: 408–414.
- Grauslund, J. & Hansen, P., 1975. Fruit trees and climate. III. The effect of temperature on fruit set in apple trees. – Tidsskr. Planteavl 79: 481–488.
- Gruber, H., 1972. Standortkundliche Untersuchungen an den Apfelsorten 'Cox's Orange' und 'Golden Delicious'. – Dissertation, Hannover, 193 p.
- Gruber, H., 1974. Standortkundliche Untersuchungen an den Apfelsorten 'Cox's Orange Renette' und 'Golden Delicious'. – Gartenbauwiss. 39: 471–501.
- Hansen, P., 1967. ¹⁴C-studies on apple trees. I. The effect of the fruit on the translocation and distribution of photosynthates. – Physiol. Plant. 20: 382–391.
- Hansen, P., 1969. ¹⁴C-studies on apple trees. IV. Photosynthate consumption in fruits in relation to leaf-fruit ratio and to the leaf-fruit position. – Physiol. Plant. 22: 186–198.
- Hansen, P., & Stoyanov, S., 1972. Frugtudynding. II. Den nødvendige bladmængde til forsyning af frugten hos forskellige æblesorter. – Tidsskr. Planteavl 76: 646–652.

- Hansen, P.*, 1973. The effect of cropping on the growth and uptake of nutrients by apple trees at different levels of nitrogen, potassium, magnesium and phosphorus. – Acta agric. Scand. 23: 87–92.
- Hansen, P.*, 1975a. Produktion, fordeling og udnyttelse af fotosyntater i æbletræer. – Tidsskr. Planteavl 79: 133–170.
- Hansen, P.*, 1975b. Fruit trees and climate. I. Temperature, carbon dioxide concentration and growth in apple trees. – Tidsskr. Planteavl 79: 303–310.
- Harley, C.P. & Masure, M.P.*, 1938. Relation of atmospheric conditions to enlargement rate and periodicity of Winesap apples. – J. agric. Res. 57: 109–124.
- Jackson, J.E.*, 1975. Effects of light intensity on growth, cropping and fruit quality. – Climate and the orchard (Ed. H.C. Pereira), C.A.B. 1975: 17–24.
- Kvåle, A.*, 1969. Chemical composition of apple grown at different attitudes in Sørfjord, Hardanger. – Acta agric. Scand. 19: 3–10.
- Landsberg, J.J.* 1972. The real reason why we grow smaller apple crops than southern Europe. – Grower 78: 657–658.
- Lenz, F.*, 1974. Fruits effects on formation and distribution of photosynthetic assimilates. – Proc. 16. Int. Hort. Congr., Warszawa, II: 155–166.
- Link, H.* 1965. Über einigen Erfahrungen mit der Fruchttausdünnung von 'Golden Delicious'. – Erw. Obstbau 7: 227–230.
- Link, H.* 1967. Der Einfluss der Ausdünnung auf Fruchtqualität und Erntemenge bei der Apfelsorte 'Golden Delicious'. – Gartenbauwiss. 32: 423–444.
- Mika, A & Antoszewski, A.* 1972. Effect of leaf position and tree shape on the rate of photosynthesis in the apple tree. – Photosynthetica 6: 381–386.
- Rasmussen, P.M.*, 1975. Klima og holdbarhed. – Frugtavlere 4: 366–368.
- Reinken, G.*, 1962. Ausdünnen verschiedener Apfelsorten von Hand und mit Wuchsstoffpräparaten – Erw. Obstbau 4: 87–90.
- Roemer, K.*, 1962. Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von Apfelfrüchten. – Mitt. des Obstbauversuchsrings des Alten Landes, Beiheft 2, 1962, 77 p.
- Sandvad, K.*, 1964. Plukketidspunktets afhængighed af temperaturer i æblernes vækstperiode. – Tidsskr. Planteavl 67: 130–142.
- Sharples, R.O.*, 1975. Influence of climate on the storage quality of pome fruits. – Climate and the orchard (Ed. H.C. Pereira), C.A.B. 1975: 113–124.
- Silbereisen, 1966a.* Beziehungen zwischen Fruchtausbildung, Blatt – Frucht – Verhältnis und Wärmeklima bei 'Golden Delicious'. I. Abhängigkeit des Fruchtgewichtes vom Blatt – Frucht – Verhältnis und vom Wärmeklima. – Gartenbauwiss. 31: 267–295.
- Silbereisen, 1966b.* Beziehungen zwischen Fruchtausbildung, Blatt – Frucht – Verhältnis und Wärmeklima bei 'Golden Delicious' – II. Abhängigkeit der Fruchtqualität von der Fruchtgröße und vom Wärmeklima. – Gartenbauwiss. 31: 347–379.
- Silbereisen, 1969.* Zur Beurteilung von Ausdünnungsversuchen. – Gartenbauwiss. 34: 303–328.
- Silbereisen & Buchloh, G.*, 1970. Über die Bedeutung der Blätter am Neuwuchs für die Fruchtausbildung beim Apfel. – Gartenbauwiss. 35: 55–90.
- Silbereisen, 1974a.* Zur temperaturabhängigen Fruchtentwicklung beim Apfel. – Angew. Botanik 48: 39–62.
- Silbereisen, 1974b.* Untersuchungen über den triebartbedingten und zeitlichen Einfluss der Apfelblätter auf das Fruchtwachstum. – Gartenbauwiss. 39: 201–223.
- Sirois, D.L. & Cooper, G.R.*, 1964. The influence of light intensity, temperature and atmospheric carbon dioxide concentration on the rate of apparent photosynthesis of a mature apple tree. – Maine Agric. Exp. Station Bull. 626, 36 p.
- Tromp, J.* 1973. Enkele fysiologische aspecten met betrekking tot de vruchtkwaliteit bij appel en peer. – Bedrijfsontwikkeling 4: 187–189.
- Tromp, J.* 1975. The effect of temperature on growth and mineral nutrition of fruits of apple, with special reference to calcium. – Physiol. Plant. 33: 87–93.
- Tukey, L.D.*, 1960. Some effects of night temperature on the growth of McIntosh apples II. – Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 75: 39–46.
- Walker, A.J. & Ho, L.C.*, 1976. Young tomato fruits induced to export carbon by cooling. – Nature 261: 410–411.
- Walter, T.E.*, 1967. Factors affecting fruit colour in apples. – Ann. Rep. East Mall. Res. Stat. 1966: 70–82.

Manuskript modtaget den 14. september 1976.