

Frugtudtynding II. Den nødvendige bladmængde til forsyning af frugten hos forskellige æblesorter

Fruit thinning II. Leaf areas and assimilate consumption in fruits of different cultivars of apple.

Poul Hansen og Stephan Stoyanov

Resume

Tilførsel af $^{14}\text{CO}_2$ til grenstykker med blade og frugter er anvendt ved bestemmelsen af den bladmængde (»mætningsareal«), som er nødvendig for at forsyne en frugt med assimilater. Denne bladmængde er i august-september ca. dobbelt så stor som i begyndelsen af juli. Blandt sorterne 'Lobo', 'Cox's Orange', 'Rød Ingrid', 'Roger's McIntosh', 'Spartan' og 'Golden Delicious', undersøgt i slutningen af august 1969-71, er de aktuelle forskelle i frugtstørrelse den væsentligste faktor i forklaringen af forskelle i de beregnede »mætningsarealer«. Ved en endelig frugtstørrelse på omkring 100 g friskvægt kræves ca. 200 cm² blade (10-25 blade) til at forsyne en frugt, med yderligere ca. 75 cm² for hvert tillæg i frugtstørrelsen på 25 g friskvægt. En tidlig sort som 'Close' kræver et større bladareal pr. frugt end de senere sorter. Først ved blad/frugt-forhold på henved 2 gange mætningsarealet er der assimilater til rådighed, så at der ud over frugten også bliver nogen tilvækst i træets øvrige dele.

Indledning

Ved frugtudtynding søger man at opnå en forbedring af frugtstørrelse og -kvalitet, uden at udbyttetabet bliver for stort. Den afgørende faktor for virkningen er ændringen af træets blad/frugt-forhold, idet frugten ved dens vækst forsynes fra de nærsiddende blade. I en tidligere undersøgelse er tilførsel af $^{14}\text{CO}_2$ til frugtbærende grenstykker anvendt i en metode til en bestemmelse af det bladareal, som er nødvendig for at forsyne en frugt med byggestoffer (Hansen 1969).

Der syntes da at være en betydelig forskel mellem to undersøgte sorter, 'Graasten' og 'Golden Delicious'. For frugtudtyndingen er det af betydning at vide, om der mellem forskellige sorter eksisterer større forskelle i de bladarealer, som er nødvendige for at forsyne frugten med assimilater. Der blev derfor 1969-71 udført undersøgelser i en sortsplantning til belysning af dette forhold. Parallelt er der i 1969 udført en undersøgelse på 'Golden Delicious' i karforsøg, hvor ^{14}C -fordeling og tilvækst i hele træet samtidigt kunne følges.

Materialer og metoder

Sortsundersøgelse

Undersøgelserne er foretaget på træer i et sorts-forsøg plantet i 1957 (grundstamme M IV og M VII). Der deltog ialt 8 sorter, og undersøgelserne blev foretaget på 3 tidspunkter i 1969 og 2 i 1970 og i 1971 (tabel 1,2, figur 1). For hvert tidspunkt og hver sort blev, oftest fordelt på 2 træer, indtil 15 grenstykker à 30-40 cm med 2-6 frugter ombundet med plastikposer, hvori der udløstes 10 μCi $^{14}\text{CO}_2$ (Hansen 1967). Eventuelle nærsiddende frugter var i forvejen fjernet. Efter 4-6 timer blev posen åbnet. 2 af prøverne udtoges straks efter exponeringen, resten efter 3-6 uger. Bladenes areal blev målt fotoelektrisk, frugterne talt, tørret, vejte og formale, hvorefter ^{14}C -koncentrationen blev bestemt i briketter heraf ved måling i en Frieske og Hoepfner proportional tæller uden vindue. Ved at multiplicere måle-resultatet med frugtprøvens samlede vægt fås

et relativt udtryk for prøvens ^{14}C -indhold, »total counts« tc, (Hansen 1967). Dette blev udtrykt i pct. af den optagne ^{14}C -aktivitet, som er beregnet ved måling af blade og frugter fra prøverne udtaget straks efter exponeringens afslutning.

Karforsøg

I 1969 blev der samtidigt foretaget undersøgelser i et karforsøg. 2-års 'Golden Delicious' var i foråret 1968 skåret noget tilbage og plantet i en porøs jordblanding i 15 liters plastikspande med dræn. De blev sommeren igennem holdt velforsynet med vand og næring. Foråret 1969 blev de overført til 30 liters plastikbøtter, men iøvrigt passet som foregående sommer. Den 4. juli blev der på de ialt 45 træer foretaget en frugtudtyndning, idet der tilstræbtes træer med udtyndingsgrader fra ca. 10 til ca. 50 blade pr. frugt. På hvert af tidspunkterne 14. juli, 13. august og 12. september 1969 blev 15 træer exponeret med $^{14}\text{CO}_2$. På hvert af de 10 træer, omfattende forskellige udtyndingsgrader, blev der foretaget 3 exponeringer à 10 μCi $^{14}\text{CO}_2$ på grenstykker med blade og frugter, nederst eller midt på 3 separate grene. På de resterende 5 træer pr. tidspunkt skete $^{14}\text{CO}_2$ -exponeringen på 3 endestillede årsskud.

Alle træer blev høstet den 20.-27. september, delt i blade, frugter (henholdsvis $^{14}\text{CO}_2$ -exponerede og ikke-eksponerede), årsskud, grene, stamme og rod. Disse dele blev tørret, vejlet og formålet, ^{14}C blev målt og beregnet som foran. Arealet var i forvejen målt på de exponerede blade.

Beregning af »mætningsarealet«: Frugterne opbygges af assimilater, som produceres hovedsagelig i de nærsiddende blade. Hovedparten af den optagne ^{14}C transporteres ud af bladene på få dage og viser således fordelingen af assimilater fra de exponerede blade (Hansen 1967). En tidligere undersøgelse har vist, at når der ses bort fra små blad/frugt-forhold, hvor $> 70\%$ af den optagne ^{14}C fixeres i frugten, er der omvendt proportionalitet mellem mængden af ^{14}C fixeret i frugten og bladarealet pr. frugt på det exponerede grenstykke (Hansen 1969), respektive ligefrem proportionalitet mellem ^{14}C -fixeringen i frugten og frugt/blad-forholdet. Ved at extrapolere

fra den proportionale del til det punkt, hvor al den transporterbare ^{14}C (80-90 % af den optagne) findes i frugten, fås forholdet mellem frugten og den bladmængde, som er nødvendig til at forsyne frugten. Hvis f. eks. $1/2$ af den transporterede ^{14}C fra et bladområde, der kan påregnes at forsyne frugten, genfindes i frugten, må $1/2$ af det exponerede areal være nødvendigt for at mætte frugten med assimilater. Ved beregningerne er der normalt anvendt forhold mellem grenstykkernes bladmængde (areal eller tørvægt) og frugttørvægt (g frugttørstof), da frugtstørrelsen på de forskellige sektioner kan variere, og store frugter må antages at have et større forbrug end små. En tilnærmet omregning til frugtantal er foretaget ved at korrigere disse værdier med seriens gennemsnitlige tørvægt pr. frugt.

Korrektion af frugtstørrelse i sortsforsøget. Den gennemsnitlige frugtstørrelse pr. serie er bestemt på høsttidspunktet. Da dette ved sammenligning af forskellige sorter eller år ikke altid har været i samme tidsmæssige afstand fra exponeringstidspunktet, er der sket en korrektion af frugtstørrelsen hentil samme høstdato. Dette er sket ud fra kurver over vækstintensitet beregnet i et andet materiale fra de samme træer, under hensyn til det aktuelle frugtstørrelsesniveau. Kun i et par tilfælde er der sket en korrektion for mere end 10 dage.

Resultater

Bestemmelse af »mætningsareal«. For hver serie i sortsundersøgelsen er der udtaget to prøver straks efter $^{14}\text{CO}_2$ exponeringen, hvor den totalt optagne ^{14}C er opmålt. Denne har efter tilførsel af 10 μCi $^{14}\text{CO}_2$ i gennemsnit været på 25.000 tc med en spredning på 4070, eller en variationskoefficient på 16,3 %.

Ifølge tabel 1 er der hos forskellige sorter en tydelig stigning i det nødvendige mætningsareal pr. frugt i løbet af vækstsæsonen. I gennemsnit af sorterne kræves der i begyndelsen af september mere end dobbelt så stort et bladareal pr. frugt som i begyndelsen af juli. 'Lobo' ligger højest, 'Roger's McIntosh' lavest, men materialet tillader ikke vidtgående slutninger vedrørende de enkelte sorter. Tabel 2 viser dog, at en tidlig sort som 'Close', der plukkes omkring $1/8$, allerede i juli kræver $260-350\text{ cm}^2/\text{frugt}$ eller muligvis mere, idet der i disse forsøg er tale om forholdsvis små frugter.

Tabel 1. Bladareal (cm²) beregnet til forsyning af een frugt af seriens gennemsnitsstørrelse hos forskellige sorter og på forskellige exponeringstidspunkter i 1969, samt de tilhørende frugtstørrelser.

Gns. af 11-13 exponeringer. Beregninger m.v., se »Mat. og metoder«.

sort	cm ² blade/frugt				gns. g friskvægt/frugt	
	8-10/7	8-11/8	9-11/9	LSD*	10/8 a)	20/9 b)
'Lobo'.....	127	273	371	:	57	127
'Cox's Orange'.....	119	195	212	:	52	110
'Rød Ingrid'.....	139	270	261	:	57	126
'Roger's McIntosh'.....	88	101	156	74	48	93
'Spartan'.....	97	132	240	:	44	103
'Golden Delicious'.....	86	177	217	:	50	93
Gns.....	109	191	243	43		

a) gns. af prøver exponeret 8-10/7.

b) gns. af prøver exponeret 8-11/8 og 9-11/9.

* laveste sikre differens ved 95 % niveauet.

Tabel 2. Bladareal (cm²) beregnet til forsyning af een frugt ved de angivne tidspunkter og tilhørende gennemsnitlige frugtstørrelser.

sort	cm ² blade/frugt			gns. g friskvægt/frugt *)		
	10/7 1969	9/7 1970	6/7 1971	10/8 1969	9/8 1970	6/8 1971
'Close'.....	260	353	295	88	92	67
'Stark Earliest'.....	172	245	116	58	72	52
'Golden Delicious'.....	86	168	168	50	51	40

*) målt på de ¹⁴C-exponerede prøver ca. 1 mdr. efter behandlingen.

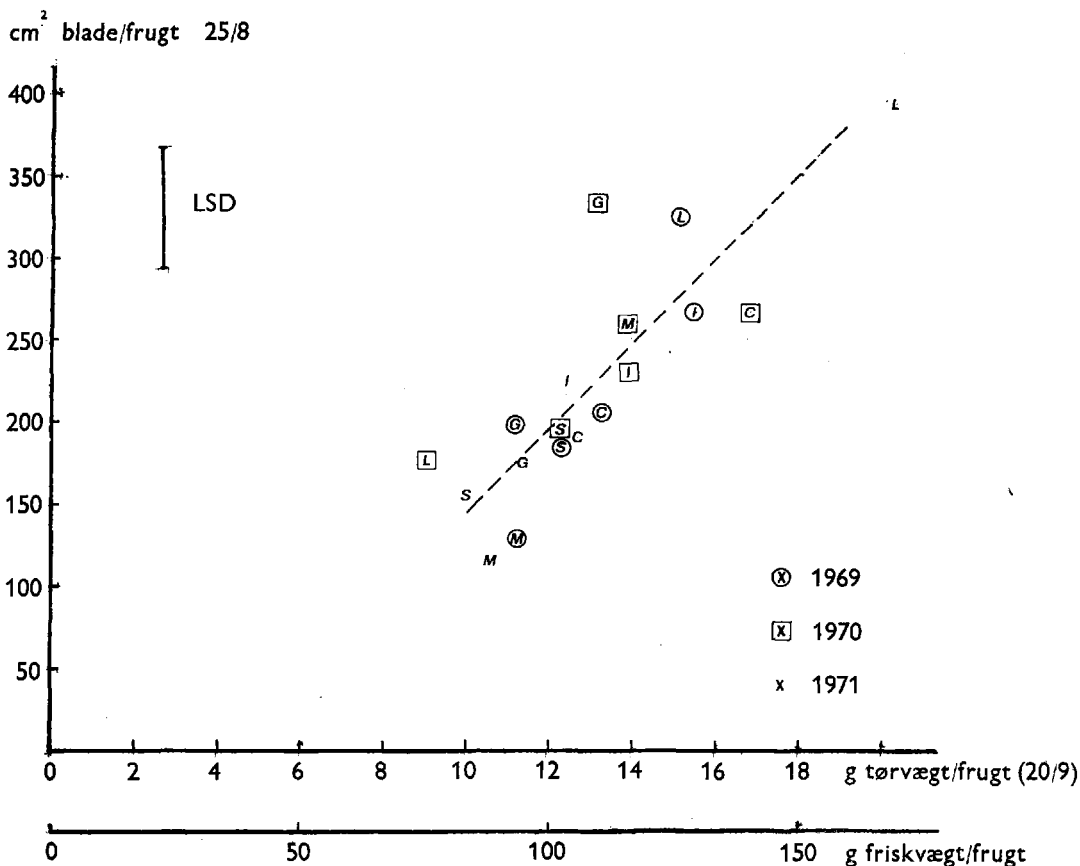
6 sorter blev undersøgt svarende til et exponeringstidspunkt ca. 25/8 i tre år. Der er her en betydelig vekselvirkning mellem sorter og år, så at der ikke umiddelbart kan udledes generelle forskelle mellem sorter eller år. Der er imidlertid også en betydelig forskel i de forskellige seriers gennemsnitlige frugtstørrelse. Figur 1 viser, at sættes de beregnede mætningsarealer pr. frugt i relation til den gennemsnitlige frugtstørrelse (målt ca. en måned senere, som det bedste, eksisterende udtryk for vækstintensiteten på exponeringstidspunktet), forklares en betydelig del af resultaternes variation. Ved en frugtstørrelse på 100 g friskvægt kræves således omkring 200 cm² blade/frugt, mens der for hvert tillæg af ca. 25 g til frugtstørrelsen yderligere kræves ca. 75 cm² blade. 200 cm² blade svarer til 10-25 blade afhængigt af sort og år (tabel 3). Det må understreges, at værdierne kun angiver det bladareal, der kræves til at forsyne en frugt af den givne størrelse, og ikke det bladareal, som

er nødvendigt for opnåelse af en given frugtstørrelse. Endvidere at det kun gælder under forhold, hvor frugterne forbruger mindre end ca. 70 % af de omgivende blades assimilater.

Tabel 3. Gennemsnits-bladstørrelse (cm²/blad) i de udtagne serier.

	1969	1970	1971
'Close'.....	18.7	15.7	20.1
'Stark Earliest'.....	13.8	11.8	11.3
'Lobo'.....	15.8	10.0	12.6
'Cox's Orange'.....	10.4	7.2	9.0
'Rød Ingrid'.....	14.4	12.3	10.4
'Roger's McIntosh'..	12.8	8.6	10.0
'Spartan'.....	14.5	14.1	11.2
'Golden Delicious'..	12.6	11.4	11.4

Ifølge figur 1 synes 'Lobo' i forhold til en given frugtstørrelse at kræve et lidt større og 'Roger's McIntosh' i to af årene et mindre bladareal pr. frugt end de øvrige sorter, men med den



Figur 1. Bladareal (cm²) beregnet til forsyning af een frugt (pr. ca. 25/8) i relation til prøvematerialets gennemsnitlige frugtstørrelse (pr. 20/9). I 1969 dog gns. af ¹⁴C-exponeringer foretaget 8-11/8 og 9-11/9. Beregning m.v.: se »Mat & metoder«. L = 'Lobo', C = 'Cox's Orange', I = 'Rød Ingrid', M = 'Roger' McIntosh, S = 'Spartan', G = 'Golden Delicious'.

forekommende variation er det næppe muligt at udpege sikre sortsforskelle i ovennævnte relation.

Fordeling af ¹⁴C og tilvækst i træets organer.

I forsøget med 3-årige 'Golden Delicious' i kar har der været mulighed for at foretage målinger i træets forskellige organer. Fordelingen af træets samlede ¹⁴C-indhold ved høsttidspunktet, som i følge andre undersøgelser udgør 70-95 % af den optagne ¹⁴C, er vist i tabel 4, efter ¹⁴CO₂-tilførsel til henholdsvis grenstykker med laterale skud og frugter og til terminale årsskud. I begge tilfælde er de største mængder fixeret i frugten. En nøjere sammenligning af resultaterne

har vist, at årsskudsbladene på disse relativt små grene har bidraget til forsyningen af frugten på den pågældende gren i næsten lige så høj grad som de øvrige blade på grenen. Grenens samlede blad/frugt-forhold må derfor være det mest anvendelige udtryk ved vurderingen af ¹⁴C-fixeringen i frugter og andre dele. Mætningsarealet pr. frugt kan dog ved den her anvendte udvælgelsesteknik ved exponeringen kun beregnes tilnærmet, men synes at ligge på godt 200 cm² blade pr. frugt (gennemsnitsstørrelse ca. 125 friskvægt i slutningen af september). Gennemsnitsresultaterne i tabel 4 viser også en stor ¹⁴C-fixering i frugten ved de mindste blad/frugt-forhold. Først

Tabel 4. Det relative ^{14}C -indhold i forskellige organer af 3-årige 'Golden Delicious' i afhængighed af $^{14}\text{CO}_2$ -exponeringssted, — tidspunkt og af blad/frugt-forhold. Gens. af 3-5 træer.

Expon. organ.	Expon. tidsp.	dm ² blad/frugt		% af træets ^{14}C -indhold (ca. 25. sept.) i						
		expon. grene a)	hele træet	expon. blade	expon. frugter b)	expon. årsskud	øvrigt frugt.	øvrigt blade	skud + grene + stamme	rod
Grenstykker med frugter	14/7	3.2	2.1	11.7	68.3		4.1	0.9	13.5	1.5
		5.3	2.9	16.3	45.8		5.2	1.8	25.4	5.5
		12.9	7.0	20.9	30.2		1.5	2.9	38.8	5.7
	13/8	3.8	2.4	19.8	60.8		10.1	0.7	8.3	0.8
		6.5	2.3	19.7	34.2		30.4	1.0	12.7	2.0
		11.9	5.3	33.8	21.3		14.4	0.9	24.4	5.2
	12/9	3.0	2.3	21.7	54.0		11.6	0.6	10.9	1.2
		5.4	4.1	22.1	38.4		13.3	0.8	21.1	4.3
	Terminnale årsskud	4.5	3.2	11.4	41.5	4.4	4.3	13.1	20.7	4.6
Terminnale årsskud	13/8	4.6	2.9	22.9	44.3	3.7	14.6	0.4	12.0	2.1
	12/9	5.4	3.6	23.7	37.8	4.2	13.2	0.6	16.8	3.7

a) gælder for hele den gren, hvor de exponerede organer sidder.

b) ved exponering af årsskud gælder det frugter på de grene, hvor på de exponerede skud sidder.

omkring 5 dm² (500 cm²) blade pr. frugt, d.v.s. godt det dobbelte af mætningsarealet, fixeres kun ca. 1/2 af den disponible ^{14}C i frugten. Ifølge tabel 5 sker der også ved en forøgelse af blad/frugt-forhold fra ca. 200 til 450 cm²/frugt en stigning i tilvæksten især i stamme og grene, der omtrent svarer til nedgangen i frugttørstof. Dette passer med, at ^{14}C -fixeringen ved stigende blad/frugt-forhold især øges i stamme og grene. I nogle tilfælde (13/8, tabel 4) er der en betydelig ^{14}C -fixering i frugter uden for de exponerede grene, men dette er især tilfældet, når blad/frugt-forholdet her er meget lavere end på de exponerede grene.

Diskussion

Den anvendte metodes brugbarhed ved bestemmelse af den bladmængde, som er nødvendig for at forsyne en frugt, beror på, at der er exponeret grenstykker på en sådan måde, at der ikke foregår nogen større nettoimport til frugterne på dette stykke fra andre blade. Endvidere at der ikke i umiddelbar nærhed af det exponerede stykke sidder andre frugter, som påvirker balancen ved at konkurrere med de exponerede

Tabel 5. Tørvægt i forskellige organer af 3-årige 'Golden Delicious' (ca. 25/9) efter inddeling af træerne i 3 grupper efter træernes blad/frugt-forhold.

Gennemsnit af 10 træer. Tal i samme søjle efterfulgt af forskellige bogstaver angiver signifikant forskellige værdier.

cm ² blade/frugt	g tørstof/træ			
	grene + stamme + rod	årsskud	blade	frugter ialt
180	421 a	5.8 a	82 a	522 a 1031
225	484 b	4.8 a	104 b	512 a 1105
450	587 c	13.8 b	118 c	325 b 1044

frugter. Disse forudsætninger er søgt opfyldt i sortsundersøgelsen, hvor der er anvendt grenstykker, som er typiske for træets bæringstilstand, uden nær påvirkning af årsskud. Derimod har dette som nævnt ikke været tilfældet i undersøgelsen med 'Golden Delicious' i kar, hvorfor der ikke her kan lægges så stor vægt på bestemmelsen af mætningsarealet.

Det bladareal, som er nødvendigt til at forsyne en frugt, stiger for de fleste sorter kraftigt især i løbet af juli måned. Dette passer med, at frugternes væksintensitet i denne periode stiger be-

tydeligt, idet frugtens vægt som funktion af tiden viser en typisk S-formet kurve (Bain 1951), d.v.s. tilvækst-forøgelsen pr. frugt må være størst midt i frugtens vækstperiode.

Forskelle i mætningsareal pr. frugt mellem sorter eller år synes i betydelig grad at kunne forklares ved forskelle i den aktuelle frugtstørrelse, og derigennem frugternes vækstintensitet. For ca. 100 g friskvægt/frugt vil ca. 200 cm² blade være nødvendig til forsyning af frugten, for hvert tillæg i frugtstørrelsen på 25 g friskvægt kræves der yderligere ca. 75 cm² blade. Til frugterne hos tidligt udviklede sorter er betydeligt større blad/frugt-forhold dog nødvendige. I en tidligere undersøgelse (Hansen 1969) blev mætningsarealerne for to sorter bestemt. Værdier for 'Golden Delicious' med ca. 230 cm²/frugt i august med en gennemsnits-frugtstørrelse på ca. 115 g friskvægt/frugt ca. 1 måned senere passer relativt godt ind i figur 1. Derimod var værdierne for 'Graasten' betydeligt højere, nemlig ca. 400 cm²/frugt i juli med 83 g friskvægt/frugt i august. Det er dog kun lidt højere end de tilsvarende værdier for 'Close' i tabel 2, og 'Graasten' er også en sort med en hurtig frugtudvikling. Denne kan i juli-august være ca. 2.5 gange hurtigere end for 'Golden Delicious', og dette kan være med til at forklare et mætningsareal i august på indtil 670 cm²/frugt (Hansen 1969) mod 200-250 cm² for 'Golden Delicious'.

Af andre mulige årsager til at forklare forskelle i mætningsarealet hos forskellige sorter kan nævnes forskelle i bladenes produktionsintensitet. Målte forskelle i transportintensitet antyder, at bladenes produktionsintensitet er større hos 'Golden Delicious' end hos 'Graasten' (Hansen 1970a), så at et mindre bladareal af denne grund kunne forsyne frugten. Men det er ikke muligt sikkert at erkende sådanne forskelle i nærværende materiale, idet dog den almindelige variation ved den anvendte metode ikke er helt ringe.

Det må stærkt understreges, at de her beregnede og omtalte blad/frugt-relationer angiver de bladarealer, som er nødvendige for at forsyne den angivne frugtenhed med assimilater og f. eks. ikke er det bladareal, som er nødvendigt for at opnå en given frugtstørrelse. Ved aktuelle, ek-

sisterende blad/frugt-forhold svarende til de omtalte mætningsarealer vil frugterne ganske vist beslaglægge hovedparten af den producerede assimilatmængde (tabel 4), men der vil være konkurrence fra andre organer og væv, selv om tilvæksten her vil være ringe (se også Hansen 1970b). Derfor vil frugterne få for lidt og blive små. Der må påregnes blad/frugtforhold på mindst det dobbelte af mætningsarealet, hvis der også skal afses assimilater til en vis tilvækst andre steder i træet (tabel 5). Forøgelsen i træproduktion med stigende blad/frugtforhold vil dog ikke helt opveje nedgangen i frugtproduktion (tørstofbasis), dels fordi bladmængden også øges, dels fordi bladenes effektivitet går ned (Hansen 1970b).

Konklusion

Blandt de undersøgte middelsene til sene æblesorter og inden for de områder af blad/frugtforhold og frugtstørrelse, som her er undersøgt, er den aktuelle frugtstørrelse den mest dominerende faktor for bestemmelsen af det bladareal, som er nødvendigt for at forsyne en frugt med assimilater. Andre forskelle mellem sorterne synes i denne forbindelse mindre betydningsfulde. Hos tidligt modnende sorter kræves i forhold til frugtstørrelsen et større bladareal pr. frugt end hos sene sorter.

Summary

Fruit thinning II. Leaf areas and assimilate consumption in fruits of different cultivars of apple.

At the State Research Station Blangstedgaard, Odense, ¹⁴CO₂ was applied to branch sections of different leaf/fruit-ratios. The distribution of the ¹⁴C absorbed was measured after at least 3-4 weeks following exposure. From the relationship between the proportion of ¹⁴C fixed in the fruits and the leaf/fruit ratio of the branch sections exposed, the leaf area required for the saturation of one fruit was calculated (Hansen 1969). Each determination was based upon 11-13 experiments.

Table 1 shows cm² leaf area for the assimilate saturation of one fruit of 6 cultivars at the 3 times during 1969. The right part of Table 1 gives the average fresh weight of the fruits in the series investigated. The »saturation areas« in August and September is

about the double of the values in the first part of July, where the growth rate per fruit is less. Table 2 in a similar way shows especially high values for the early ripening and fast growing 'Close'. In Figure 1, saturation areas (ordinate) determined at August 25 in the years 1969, 1970, 1971 for 6 cultivars are plotted versus the average fruit weight of the same series (abscissa g. dry weight and g. fresh weight per fruit, respectively, determined at September 20). The variation between the cultivars and the years proves for the greater part to be connected to the actual fruit size of the lot investigated. At about 100 g. fresh weight per fruit c. 200 cm² leaves are necessary to provide assimilates for one fruit, with an extra c. 75 cm² for every increase in the fruit size of 25 g. fresh weight.

3 years old 'Golden Delicious' in pots were exposed to ¹⁴CO₂ at July 14, August 13, or September 12 (Table 4). At about 3 dm² leaves/fruit of the treated branches, 55-70 % of the ¹⁴C measured per tree is in the fruits carried on the branches exposed, decreasing to 35-45 % at about 5 dm² leaves/fruit, with a corresponding increase in the ¹⁴C of the woody parts of the tree. If leaf/fruit ratios on other branches is much lower than the values on the exposed ones, ¹⁴C is translocated into fruits on these branches. After exposure of terminal current year's shoots, about 40 % of the ¹⁴C is found in the fruits of the same branch.

Increase in leaf/fruit ratios of a tree from about 200 to 450 cm² per fruit brings about a decrease in the total fruit dry matter from about 520 to 325 g., while the woody parts grow from about 450 to 590 g. (values from Table 5). This means, that a leaf area of about the double of the fruit saturation area (about 200 cm² leaves) is necessary to provide for some growth also in other parts of the tree.

Litteratur

- Bain, J. M. 1951. The physiology of growth in apple fruits. 1. Cell size, cell number, and fruit development. — Aust. J. Sci. Res. 4: 75-91.
- 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.
- , 1969. ¹⁴C-studies on apple trees. IV. Photosynthate consumption in fruits in relation to the leaf-fruit ratio and to leaf-fruit position. — Physiol. Plant. 22: 186-198.
- , 1970a. The influence of fruit yield on the content and distribution of carbohydrates in apple trees. — Tidsskr. Planteavl 74: 589-597.
- , 1970b. The effect of cropping on the distribution of growth in apple trees. — Tidsskr. Planteavl 75: 119-127.

Manuskript modtaget den 21. juni 1972.