

Rodfunktion, blad- og frugtudvikling hos æbletræer

Root function, leaf- and fruit development in apple trees

Poul Hansen

Resumé

Blad-, til dels frugtudvikling, hos æbletræer er fulgt i tre forsøg med henholdsvis ringning, gennemskæring af barken (arring) samt i hældende træer efter vindpres hos nyplantede træer. I forhold til ubehandlet optræder der i alle tre forsøg, med varierende styrke, lysfarvning af årsskudsblade, hos 'Cox's Orange' også purpurfarvning, rulning af bladrande og for tidligt bladfald, samt nedsat vand- og næringsindhold pr. bladarealenhed, her med særlig stor virkning for calcium. Kun i forsøget med arring bar træerne frugt, arring øgede frugtsætningen og gav frugter af et højere tørstofindhold, lavere syreindhold og fremskyndet modning. Det konkluderes, at nedsat rodfunktion har været den formidrende årsag i alle tre forsøg.

Nøgleord: Æble, 'Cox's Orange', bladsymptomer, bladfald, bladanalyser, calcium, rodfunktion, Cox-syge, ringning.

Summary

Leaf development and also in one case fruit development, were followed in three experiments after ringing (2 mm bark ring removed at bloom), scoring (two weeks after full bloom), and in young trees with sloping trunks, after wind exposure, respectively. Compared to control trees all three treatments showed yellowing of leaves on extension shoots, in 'Cox's Orange Pippin' also purple colouration, rolling leaf edges and premature leaf drop to varying extents (Tables 1, 2, 5). On a leaf area basis the amounts of water, nitrogen, phosphorus, potassium and calcium dropped, with the larger effect on calcium (Tables 1, 3). In the fruiting trees scoring increased fruit set, dry matter content of the fruit and the degree of yellowing of the fruit ground colour, while the acid content of fruits was decreased (Table 4). It is concluded that the mediating factor has been malfunction or damage of roots. The results support the theory that malfunction of roots may also play a rôle in Cox disease exhibiting similar leaf symptoms.

Key words: Apple, 'Cox's Orange Pippin', leaf symptoms, leaf drop, leaf analysis, calcium, root function, Cox disease, ringing, scoring.

Indledning

Bladpletter og for tidligt bladfald, specielt hos æblesorten 'Cox's Orange', kan fremkaldes af bl.a. magnesiummangel eller ved meget kraftig bor-mangel (Hansen, 1970, 1974). Men også i andre tilfælde kan der fremkomme symptomer på bladene samt for tidligt bladfald. I det følgende omtales resultater fra tre forsøg, hvor dårlig rod-funktion synes at være en faktor, som også kan påvirke løvudviklingen.

Metodik

Forsøg A. 'Golden Delicious'/M 9 blev i 1975 plantet i kar i lige dele sphagnum, udvasket strandsand og peralite. Fra 1976, deres 3. vækst-år, blev træerne vandet med 1) standardnæringsopløsning eller 2) tilsvarende, men uden kalium. Dette fortsatte i 1977 og 1978, idet dog hvert af de tidligere hold hvert år igen blev delt op i hold med og uden kalium-tilførsel. Ved blomstringens afslutning den 1. juni 1978 blev blomsterne fjernet fra halvdelen af træerne i hvert hold, desuden blev en ca. 2 mm bred barkring fjernet på den nederste del af stammen hos halvdelen af træerne med blomster såvel som hos halvdelen af træerne uden blomster. Forsøget omfattede i alt 36 ringede og 36 uringede træer. Ringningen kunne ret hurtigt ses på træernes løv. Den 16. juni blev der trævis givet karakterer for lysfarvningen på de nyeste, udvoksede årsskudsblade. Den 29. juni blev der på grupper af 3 ensbehandlede træer plukket prøver af 30 årsskudsblade (dvs. i alt 12 prøver fra ringede og 12 prøver fra uringede træer). Bladene blev holdt i tillukkede plasticposer, indtil der med propbor på 18 mm diameter kunne udstandses skiver lidt over bladenes midte til bestemmelse af friskvægt. Tørvægt blev bestemt efter tørring 20 timer ved 80° C. Resten af bladene blev efter tørring anvendt til mineralstofanalyser efter standardmetoder på Statens Planteavlsvforsøgs Centralanalytiske Laboratorium.

Forsøg B. 'Cox's Orange' på M 26 og MM 104, plantet i 1973 i almindelig markkultur på 5 × 2 m. Især træerne på MM 104 var i 1980 vokset kraftigt til og var ret tætte. Den 12. juni 1980, ca. 2 uger efter fuld blomst, blev der med en skarp hob-

by-kniv skåret et snit rundt gennem barken på den nederste del af stammen (arring). Dette blev gjort på 12 træer af hver grundstamme, der blev sammenlignet med tilsvarende, ubehandlede træer. Den 22. juli blev der trævis givet karakterer for lysfarvning og purpurfarvning af blade samt for rulning af bladrande på årsskud. Den 23. september blev graden af bladfald fra årsskud vurderet trævis. Den 24. september blev der fra hold af 6 træer udtaget bladprøver à 40 blade fra øverste fjerdedel af årsskud. Der blev udstandsset skiver og foretaget analyser som i forsøg A. Ved høst blev der på lignende vis udtaget frugtprøver til bestemmelse af totalt og opløseligt (refraktometer) tørstof samt titrerbar syre. Udbytte og frugtstøttelse blev bestemt trævis.

Forsøg C. 2-årige 'Cox's Orange'/M 26 blev i april 1980 plantet på en vindudsat mark (Årslev) uden opbinding. Træerne havde en rimelig god tilvækst i sommeren 1980. Efter kraftig blæst sensommer hældede træerne i varierende grad, og der blev observeret purpurfarvning af blade og tidligt bladfald fra årsskud. Træerne, i alt 119, blev gået igennem, og der blev givet karakterer for hældningsgrad og bladsymptomer. Desuden blev der udtaget 2 bladprøver af 40 blade fra træerne med de kraftigste bladsymptomer samt 2 prøver fra de sundeste træer. Bladene blev udvalgt mellem 3.-7. blad fra årsskudsspidsen.

Resultater

Virkning af ringning og arring (forsøg A og B). Både i forsøg A og B fremkommer der symptomer på bladene, når barkforbindelsen afbrydes. Hos 'Golden Delicious' bliver bladene lysere (tabel 1), hos 'Cox's Orange' optræder der også purpurfarvning, rulning af bladrandene samt bladfald (tabel 2). Regnet pr. bladarealenhed reduceres indholdet af vand og næringsstoffer hurtigt efter ringningen i forsøg A, faldet er særligt stort for calcium og til dels magnesium (tabel 1). Ved kraftig kalium-mangel (-K), hvor kaliumniveaueu i forvejen er meget lavt, er der kun et begrænset fald i kalium efter ringning. Tørstofmængden pr. arealenhed påvirkes ikke tydeligt. Ændring i tørstof-procent skyldes derfor især virkningerne på

Tabel 1. Virkning af ringning på bladudvikling. Bladfarve vurderet den 16. juni og indhold den 29. juni efter ringning (+R) d. 1. juni. 2 kalium-niveauer. 'Golden Delicious', forsøg A.

Effect of ringing (+R, June) on leaf development (16th and 29th June). 'Golden Delicious'.

Behandling	Farve ¹⁾	%	g/m ²	(g/m ²)	N	cg/m ² (cg/m ²)			
Treatment	Colour ¹⁾	tørstof % d. m.	tørstof d. m.	vand water	N	P	K	Ca	Mg
+ K + R	1,3	45,3	88	107	159	13	45	37	17
- R	2,5*	40,0*	90	135*	245*	17*	78*	113*	32*
- K + R	1,5	44,5	85	107	154	15	32	42	19
- R	2,5*	40,2*	84	124*	229*	21*	39*	95*	32*
+ K 100+R/-R ²⁾	-	-	98	79	65	72	58	33	52
- K 100+R/-R ²⁾	-	-	101	86	72	71	81	44	59

¹⁾ 1 = lyse (light), 2 = normal, 3 = mørke (dark)

²⁾ værdier hos ringede træer i pct. af værdier hos uringede
values of ringed trees in per cent of values of non-ringed

*) signifikante forskelle (95% niveau)

vand-indholdet. I forsøg B synes bladenes indhold at være påvirket i samme retning som i forsøg A (tabel 3), men forskellene er langt mindre, og der kunne ikke vises nogen forskel for magnesium. Indgrebet var langt svagere end i forsøg A, hvor der blev fjernet en egentlig barkring, mod gennemskæring af barken i forsøg B. Desuden var træerne i forsøg A svage, tilvæksten i 1978 var ret ringe. Måske har rødderne på den i forvejen svage M 9 været let beskadiget af meget lave vintertemperaturer. En del af de ringede træer i forsøg A visnede.

I forsøg B medfører arring, at frugtsætningen og dermed frugtantallet øges. Frugterne får en mere gul grundfarve, et højere tørstofindhold, men et lavere syreindhold (tabel 4).

Sammenhæng mellem træhældning og blad-symptomer (forsøg C).

Nyplantede 'Cox's Orange'-træer med en kraftig hældning efter vindpres efterår får bladsymptomer, der minder meget om symptomerne efter arring af større træer i forsøg B. Purpurfarvning og bladfald er tydeligt forøget ved kraftig hældning, bladenes vandindhold er reduceret, samtidigt er tørstofindholdet pr. arealenhed også øget her, dette skyldes delvis stivelsesophobning (tabel 5).

Diskussion

Der optræder i de tre forsøg ret ensartede virkninger på bladenes udseende og indhold. Det synes naturligt at forestille sig, at dette skyldes

Tabel 2. Bladsymptomer (årsskud) efter arring d. 12. juni. 'Cox's Orange', forsøg B.
Leaf symptoms (extension shoots) after scoring at 12th June 'Cox's Orange Pippin'.

Behandling		22/7			23/9
Treatment		Lysfarvn. ¹⁾	Purpur ¹⁾	Rulning ¹⁾	Bladfald ²⁾
		Light colour	Purple	Rolling	Leaf drop
+ arring (+ scoring)	M 26	1,0	0,3	0,5	1,4
	MM 104	1,3	0,6	1,3	3,6
- arring (- scoring)	M 26	0	0	0	0
	MM 104	0	0	0	0

¹⁾ 0 = ingen (none), 1 = lidt (little), 2 = moderat (moderate), 3 = meget (much)

²⁾ 0 = intet bladfald (no leaf drop), 10 = alle blade tabt (all leaves dropped)

Tabel 3. Indhold i blade (24. september) efter arring. I øvrigt som tabel 2.
Contents of leaves (24th September) after scoring. Otherwise as Table 2.

Behandling <i>Treatment</i>	%	g/m ² (g/m ²)		cg/m ² (cg/m ²)			
	tørstof % d.m.	tørstof d.m.	vand water	N N	P P	K K	Ca Ca
+ arring (+ scoring)	38,6	105	168	271	18	143	64
- arring (- scoring)	37,7	105	175	297	23	153	85
100 + arr./- arr.	-	-	96	91	80	93	75

virkninger på rodfunktionen. Ringning og arring afbryder eller begrænser assimilattilførslen til rødderne. Rødderne udmarves efter ringning (Priestley, 1976a), og ved ringning om efteråret reduceres rodtilvæksten kraftigt (Hansen, 1972). Men også på andre tidspunkter af vækstsæsonen må rodvækst eller rodfunktion mindskes, når tilførslen af bygge- og energimateriale til rødderne begrænses. Hos de nyplantede træer i forsøg C vil det være naturligt at forestille sig, at en vis forankring af rødderne er sket i den første del af sommeren. Derpå er rødderne revet over og beskadiget i de tilfælde, hvor kraftig blæst har fået træerne til at hælde kraftigt. I alle tre forsøg kan man altså forestille sig afbrudt eller nedsat rodfunktion som den formidlende årsag.

En nedsat rodfunktion må antages at hæmme vand- og næringsstoffoptagelsen. Dette passer med, at vand- og næringsstoffindhold pr. bladarealenhed i alle tilfælde er nedsat ved de påvirkninger, som hæmmer rodfunktionen. I forsøg A visnede nogle af træerne efter ringning. Lysfarvning

af blade (tabel 1, 2) kan på lignende vis skyldes, at kvælstof-optagelsen er hæmmet. Calcium-indholdet pr. bladarealenhed er reduceret mere end de øvrige næringsstoffer (tabel 1, 3), dette er i overensstemmelse med Priestley (1976a, b), selv ringning af et enkelt skud reducerer calcium-mængden pr. bladarealenhed i skuddet, samtidig med at skuddets vækst (og vandforbrug?) er nedsat. Årsagen til den kraftige virkning for calcium kan være, at calcium-optagelse og -fordeling i særlig grad synes knyttet til vand-optagelse og -fordeling (Wiersum, 1966, Stebbins & Dewey, 1972), mens andre forhold i højere grad kan spille regulerende ind for de øvrige næringsstoffers optagelse og fordeling (Hansen, 1980).

Den ringere vandoptagelse ved nedsat rodfunktion kan også være med til at forklare, at frugterne får et højere tørstofindhold. Dette, evt. sammen med en mindre kvælstofoptagelse, kan være årsag til den hurtigere frugtmodning (lavere syreindhold, mere gule frugter, tabel 4). I visse tilfælde fremmes assimilato-phobningen også ved

Tabel 4. Frugtudvikling efter arring. I øvrigt som tabel 2.
Fruit development after scoring. Otherwise as Table 2.

Behandling <i>Treatment</i>	Udtynding ¹⁾ <i>Thinning</i>	Ant. fr./træ <i>No. fr./tree</i>	g/frugt <i>g/fruit</i>	% tørstof % d.m.	% syre % acid	Grundfarve <i>Ground colour</i>
+ arring (+ scoring)	6,6	490	90	14,6	0,85	gullig (yellowish)
- arring (- scoring)	4,6	406	96	13,6	0,95	grøn (green)

¹⁾ vurderet håndudtynding, 0 = ingen, 9 = kraftig
assessed hand thinning, 0 = none, 9 = heavy

Tabel 5. Hældning af træer og bladtillstand d. 25. september efter efterårsblæst. Nyplantede 'Cox's Orange', forsøg C.

Slope of tree trunk and condition of leaves at 25th September after wind exposure autumn. 'Cox's Orange Pippin', planted preceding spring.

Antal træer <i>No. of trees</i>	Grader fra lodlinie ¹⁾ <i>Degrees fr. vertical</i>	%	% blad-	%	g/m ² (g/m ²)		% stivelse
		purpur ²⁾ %	fald ³⁾ % leaf	tørstof % d.m.	tørstof d.m.	vand water	(af tørst.) % starch of d.m.
95 ⁴⁾	7 (0–20)	2	5	37,0	123	210	14,0
9	27 (25–30)	23	22	–	–	–	–
15 ⁴⁾	51 (45–70)	37	37	41,4	138	195	20,6
LSD	–	14	10	–	–	–	–

¹⁾ Gns. og variationsområde (*av. and range*)

²⁾ 100 = alle blade helt eller delvis purpur

100 = all leaves more or less purple

³⁾ 100 = alle årsskudsblade faldet af

100 = all extension shoot leaves dropped

⁴⁾ for bladindhold henholdsvis 2 × 13 sunde og 2 × 7 purpurfarvede træer

leaf contents determined at only 2 × 13 healthy and 2 × 7 purple-coloured trees, respectively

dårlig rodfunktion, dette kan vise sig som en højere tørstofvægt pr. bladarealenhed (Priestley, 1976b). Dette er tydeligst efter rodbeskadigelsen i forsøg C (tabel 5), nok fordi denne er sket på et tidspunkt, hvor rødderne samtidigt er hovedaftagere af assimilater.

Hos 'Cox's Orange' synes dårlig rodfunktion samtidigt at kunne medføre bladsymptomer som purpurfarvning og for tidligt bladfald (tabel 2, 5). De samme symptomer ses ved såkaldt Cox-syge, som især optræder efter kraftig skudvækst hos træer på en svag grundstamme. Cox-syge synes forbundet med assimilatorophobning i forbindelse med dårlig rodfunktion eller roddød, formentlig ofte fremkaldt af dårlige ilt-forhold i jorden (Veen & Locher, 1972, Boekel & van der Boon, 1978, van der Boon, 1978). Resultaterne i nærværende undersøgelse støtter denne forklaring som årsag til Cox-syge. Bladfald og bladpletter hos 'Cox's Orange' fremkommer også ved mangesiummangel eller ved kraftig bor-mangel (Hansen, 1970, 1974), men her uden forudgående purpurfarvning eller rulning af bladrande.

Konklusion

Rodfunktionen hos æbletræer må antages at være nedsat, når alle følgende symptomer optræder:

1. Årsskudsblade lysere end »normalt«.
2. Næringsstofindholdet i årsskudsblade generelt lavere end hos »normale« træer, med calciumindholdet nedsat forholdsvis mest.
3. Tørstofprocenten i blade og frugter højere end hos »normale« træer.
4. Hos 'Cox's Orange' purpurfarvning, rulning af bladrande, samt for tidligt fald af blade på årsskud.

Litteratur

- Boekel, P. & Boon, J. van der (1978): Voortzetting van het onderzoek naar het optreden van Cox's ziekte in de Noordoostpolder in de periode 1966–1968. Inst. Bodemvruchtbaarheid (Haren, Holland), Rapp. 8–78, 33 pp.
- Boon, J. van der (1978): Het opwekken van Cox's ziekte in Cox's Orange Pippin. Inst. Bodemvruchtbaarheid (Haren, Holland), Rapp. 6–78, 29 pp.
- Hansen, P. (1970): Virkning af kvælstof, kalium, calcium og magnesium på næringsstofindhold, vækst og løvudvikling hos Cox's Orange i sandkultur. Tidsskr. Planteavl 74, 577–585.
- Hansen, P. (1972): Some effects of ringing, defoliation, sorbitol-spraying, and bending of shoots on rate of translocation, on accumulation and on growth in apple trees. Tidsskr. Planteavl 76, 308–315.
- Hansen, P. (1974): The effect of boron upon leaf development and growth of the apple cultivar Cox's Orange Pippin. J. hort. Sci. 49, 211–216.

- Hansen, P.* (1980): Crop load and nutrient translocation. I D. Atkinson, J. E. Jackson, R. O. Sharples, W. M. Waller: Mineral nutrition of fruit trees (London), 201–212.
- Priestley, C. A.* (1976a): Some effects of ringing branches on the distribution of dry matter in young apple trees. *J. Exp. Bot.* 27, 1313–1324.
- Priestley, C. A.* (1976b): Some effects of ringing and deblossoming branches of young apple trees on leaf composition. *J. Exp. Bot.* 27, 1325–1332.
- Stebbins, R. L. & Dewey, D. H.* (1972): Role of transpiration and phloem transport in accumulation of ^{45}Ca in leaves of young apple trees. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 97, 471–474.
- Veen, B. W. & Locher, J. T.* (1972): Some investigations on Cox's disease in Cox's Orange Pippin apple trees, grafted on dwarfing rootstock M IX. *Neth. J. agric. Sci.* 20, 285–300.
- Wiersum, L. K.* (1966): Calcium contents of fruits and storage tissues in relation to the mode of water supply. *Acta bot. neerl.* 15, 406–418.

Manuskript modtaget den 10. april 1981