

Statens Forsøgsstation Blangstedgaard (E. Poulsen)

Afvandingsdybde til æbletrær

Drainage depth for apple trees

Poul Hansen

Resumé

Træer af æblesorten 'Lobo' blev 1962-1972 dyrket i 240 cm dybe betonbeholdere med afløb henholdsvis 90, 130, 170 og 210 cm under jordoverfladen.

De første 4-5 år var der ikke nogen tydelig forskel på træernes vækst. Derpå voksede træerne mere jo dybere afløbet sad. Samtidig trængte også rødderne længere ned. Til slut var rødderne nået til bunds i alle kar, men der var nok mere rod i de dybeste jordlag ved stor end ved lille afvandingsdybde.

De første år af forsøgsperioden påvirkede træerne ikke vandspejlet i større omfang. Men alle beholdere blev tømt for grundvand de sidste somre af forsøgsperioden.

Frugtudbyttet pr. træ var lidt lavere ved afløb i 210 cm dybde end ved de øvrige dybder. Frugtstørrelsen blev mindre jo dybere afløbet sad. Men det er ikke givet, at udbytte og frugtstørrelse ville være blevet påvirket på samme måde under tilsvarende markforhold.

Summary

For the experiment were used 8 concrete containers, 240 cm deep and with a diameter of 152 cm (Figure 1). They were filled with a subsoil of clay and a top soil of loam. The 'drainage' depths 90, 130, 170 and 210 cm below the surface were established by inserting a plastic pipe through the side of the container. In December 1961 a two-year-old 'Lobo'/M 2 was planted in each container. The experiment was finished in 1972.

Not until 1967 a difference in the growth of the trees was indicated. In 1968 a clear increase in the total length of current year's shoots per tree ('cm årsskud/træ', Table 1) with the increasing depth of the water table was found. This is still indicated by the weight of the trees in 1972 (Table 1, top ('stamme + grene'), roots ('rod')).

The depths of root penetration as shown by analysis of leaves one month after soil injection of ^{35}S and ^{32}P was at least 120 cm below the surface by the drainage depths of 130-210 cm in 1965, but 120 cm was not reached until 1967 at the drainage depth of 90 cm. In 1966 root activity was found in a depth of 160 cm only at the drainage depths of 170 and 210 cm.

In 1972 sampling in different depths yielded roots from all depths in all treatments, but the amount of roots in the bottom layers was larger at the deeper drainage depths.

From 1962 up to 1967 the water tables were fairly constant as indicated by the drainage depths. From the summer 1969 the ground water disappeared in all treatments. As the water table were not reestablished by normal precipitation the following winter, some watering was performed. In the winters 1970/71 and 1971/72 the ground water levels were reestablished by watering.

The fruit yield in kg per tree is shown in the upper part of Table 3. The yield was a little lower for the greater trees at 210 cm drainage depths. Also the fruit size in some years decreased by increasing drainage depths (g fresh weight per fruit, Table 4). This may be due to increasing deficiency of water in the later part of the summer, due to the larger trees and the less water reserves. In the autumns of 1969 and 1972 wilting symptoms appeared, also increasing by increasing drainage depths. The effects on yield and fruit size would not necessarily have been the same under similar field conditions.

It is concluded that the growth and size of apple trees increases by increasing drainage depths between 90-210 cm. But in planting systems designed for rather small trees and early cropping drainage depths of e.g. 120 cm may suffice.

Indledning

Som bekendt trives planter dårligt i vandlidende jord. Ved dyb dræning får planterne en dyb rodudvikling (*Aslyng* 1962), og derved hurtigere vækst, som er betingelsen for et godt udbytte. Frugttrækulturer adskiller sig fra de fleste andre markafgrøder ved at være flerårig og ved, at de i de første år normalt er i en vegetativ fase, så at træerne får en vis størrelse inden de for alvor begynder at bære frugt. Derfor har der været en særlig interesse for at undersøge hvad afvandsdybden betyder for frugttrækulturer. Da en undersøgelse under markforhold ville være teknisk besværligt at gennemføre og i al fald forbundet med store etableringsudgifter, er undersøgelsen foretaget i store betonbeholdere.

Materiale og metoder

Etablering og plantning

Forsøget blev udført i 8 cirkulære betonbeholdere, hver opbygget af et betonkar med bund og med 4 betonringe ovenpå. Det hele blev cementeret sammen, pudset indvendigt og behandlet med silolak to gange. Figur 1 viser et længdesnit af en beholder. Undergrundsjorden var leret og opgravet på stedet. Over- og underjorden var en ikke trætræt lermuld (Blangstedgaard). Et plastikrør (diameter 6.2 cm) fra bund til top med en vinkelbøjning ud gennem beholderens side gav den ønskede »drændyde«. Med en flyder kunne grundvandstanden måles i disse rør. Afløbene førte ud i en overdækket grav. Beholderne ragte 80 cm over den omgivende jordoverflade.

Anlægget blev færdigt i maj 1961, og der blev sået gul sennep. Denne afgrøde voksede ensartet i alle beholdere og blev høstet i august 1961. Da jorden havde sat sig, blev der i november 1961 fyldt jord i til 5 cm fra beholderens overkant. I december 1961 blev der i hver beholder plantet et to-års 'Lobo'/M 2. Træerne vejede mellem 290 og 340 g.

Forsøgsplan

Afløbsrørene var 90, 130, 170, 210 cm under

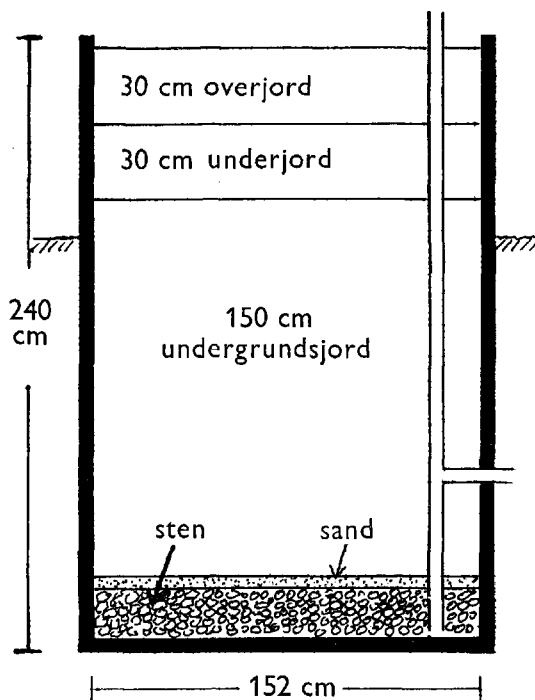


Fig. 1. Længdesnit gennem et kar.

beholderens jordoverflade. Ca. 1/5 1962 stod grundvandspejlet ved afløbene og blev der de første år, dog med mindre fald om sommeren og genopfyldning den følgende vinter. Men fra 1966 blev grundvandspejlet i højere grad påvirket, og i de sidste år af forsøgsperioden skete der ikke altid en genopfyldning om vinteren, med mindre der blev vandet. Se iøvrigt afsnittet »Vandforbrug«.

Næringsstofftilførsel

Overjorden holdt igennem forsøgsperioden følgende værdier: Rt 7.1-7.5, Kt 14-18, Ft 10-12, Mgt 12-17. Lige efter anlæg blev der tilført gødningsmængder svarende til 150 kg N/ha, 90 kg P/ha og 320 kg K/ha. Hvert forår er der tilført 45-60 kg N/ha (kalksalpeter), 1967-1970 dog kun 23-31 kg/ha pr. år. 1966-1972 er tilført 40-80 kg P/ha pr. år. I 1969 tilførtes 165 kg K/ha, 1970 250 kg K/ha, 1971 og 1972 370 kg K/ha. I 1963 tilførtes 50 kg Mg/ha og i 1966-1972 50-100 kg Mg/ha pr.

år. Bladanalyseværdier var i gennemsnit 1965-1972 på 2.56 pct. N, 0.18 pct. P, 1.25 pct. K, 1.43 pct. Ca, 0.20 pct. Mg.

Andre behandlinger

Til og med 1965 blev alle de unge frugter fjernet, resten af tiden blev frugterne håndudtyndet til ca. 20 cm afstand. Beskæring blev kun udført som en moderat grenudtynding i enkelte år. Træerne blev sprøjtet efter standardplan og har i store træk været fri for sygdomme og skadedyr, i enkelte år var der dog nogen meldug.

Roddybdeundersøgelser

I nogle år er roddybden bedømt ved at måle om træerne har optaget radioaktive isotoper (^{35}S og ^{32}P), som er anbragt i forskellig dybde i jorden. Der blev i en bestemt dybde boret to huller ind i beholderen. Et specielt spyd blev stukket vandret ind i beholderen, og 10 doseringer af ca. 2.5 ml vandig opløsning indeholdende ca. 60 μCi isotop blev fordelt over karrets tværsnit så godt som muligt. Injektionerne skete ca. 1. juli. Hullerne blev muret til, og efter ca. 1 måned blev der plukket 30 blade pr. træ, dels fra spidsen og dels fra midten af årsskud.

Efter tørring og tørforaskning af bladene blev fosfor udfældet som magnesiumammoniumsulfat (*Dahm og Rørdam 1925*), som blev opsamlet på et lille filter, vasket, tørret. ^{32}P i prøverne blev målt på en Friesseke og Hoepf-

ner proportionaltæller. Efter en vådforaskning blev bariumsulfat (*Lepper 1945*) på en lignende måde opsamlet, vasket og ^{35}S målt. Når der er påvist sikker aktivitet af en isotop i en bladprøve, er der regnet med rodaktivitet i den dybde, hvor isotopen er indlagt. Metoden må dog her regnes mere som en kvalitativ end som en kvantitativ bestemmelse.

Da træerne var taget op efterår 1972 blev alle større rødder samlet op og vejte fra de øverste 50-60 cm. Der blev også med en særlig teknik opboret prøver af mindre rødder (< ca. 2 mm tykkelse) fra den øvrige jordmasse. Der blev ledt vand ned gennem et rør, som var fladet ud og skærpet i enden. Dette rør stak ned i et større rør (diameter 5.2 cm) med en takket kant. Ved at dreje de to rør var det muligt at slemme jord og rødder op fra hver 25 cm, så rødderne kunne opsamles i et sold, tørres og vejes. Der blev foretaget ialt 6 boringer pr. forsøgsled.

Resultater

Vækst

Træerne voksede moderat. I de første år var der ikke nogen tydelig forskel på væksten ved de forskellige afvandingsdybder. Først i 1967 var der en tendens til at tilvæksten var mindst ved afløb i 90 cm dybde, og i 1968 var der en tydelig linie, hvor årsskuddene voksede kraftigere jo dybere afløbet sad (tabel 1). Forskellen i vækst holdt sig til dels ved træernes optagning efterår 1972.

Tabel 1. Nogle vækstreaktioner

Afvandingsdybde, cm.....	90		130		170		210	
	a	b	a	b	a	b	a	b
Samlet længde af 6 årsskud i 1963..	215	228	281	212	258	170	270	189
Antal årsskud/træ 1968.....	11	9	15	19	21	31	54	28
cm årsskud/træ 1968.....	199	140	401	379	370	899	1278	770
kg stamme + grene/træ, 1972.....	12,2	11,1	12,0	12,2	15,9	15,3	14,9	14,2
kg rod/træ, 0-50 cm, 1972.....	6,0	4,7	5,0	5,3	5,6	7,2	7,8	6,7

Tabel 2. Blades isotopindhold efter isotopinjektion i forskellig dybde ved forskellig afvandingsdybde

1): cpm i $^{35}\text{S}/\text{mg Ba SO}_4$. 2): cpm i $^{32}\text{P}/\text{mg P}$. Kun tal over ca. 5 er sikre over for baggrundsstrålingen. a og b er fælleskar

Afvandingsdybde, cm	År 1963		1964			1965			1966			1967			1968
	40	80	40	80	120	40	80	120	80	120	160	80	120	160	160
	Injekt.dybde, cm														
a.....	77 ¹	0 ²	331 ¹	119 ²	—	90 ¹	6 ²	—	36 ¹	0 ²	—	1186 ¹	36 ²	—	0 ²
90															
b.....	128 ¹	0 ²	—	19 ¹	0 ²	—	207 ¹	8 ²	—	4 ¹	0 ²	—	111 ¹	1 ²	0 ²
a.....	51 ¹	0 ²	268 ¹	12 ²	—	139 ¹	10 ²	—	20 ¹	16 ²	—	256 ¹	40 ²	—	24 ²
130															
b.....	57 ¹	0 ²	—	17 ¹	1 ²	—	33 ¹	33 ²	—	106 ¹	0 ²	—	268 ¹	52 ²	15 ²
a.....	48 ¹	0 ²	699 ¹	16 ²	—	247 ¹	88 ²	—	55 ¹	22 ²	—	78 ¹	139 ²	—	20 ²
170															
b.....	15 ¹	0 ²	—	29 ¹	0 ²	—	54 ¹	18 ²	—	> 50 ¹	22 ²	—	131 ¹	53 ²	224 ²
a.....	17 ¹	0 ²	177 ¹	4 ²	—	315 ¹	27 ²	—	37 ¹	11 ²	—	457 ¹	12 ²	—	—
210															
b.....	20 ¹	0 ²	—	9 ¹	1 ²	—	32 ¹	55 ²	—	21 ¹	13 ²	—	99 ¹	10 ²	138 ²

Rodudvikling

Ved at måle om træerne optog radioaktive isotoper fra en bestemt dybde viste det sig, at rødderne i det andet vækstår (1963) endnu ikke var nået ned i 80 cm dybde. Men det skete i 1964 (tabel 2). I 1965 var rødderne nået ned i 120 cm dybde ved afvandingsdybderne 130-210 cm, mens det med afløbet i 90 cm dybde nok først skete i 1967. I 1966 var der ved afvandingsdybderne 170 og 210 cm tegn på rodaktivitet i 160 cm dybde. Ved 130 cm afvandingsdybde var dette først tydeligt i 1967. Det er altså klart, at efter de første år går rødderne hurtigst i dybden ved de største afvandingsdybder.

Ved at udtage rodprøver ved forsøgets afslutning viste det sig dog, at rødderne var trængt helt til bunds i alle beholdere (figur 2). Der syntes dog at være flere små rødder i de dybeste lag ved stor end ved lille afvandingsdybde. Ved 90 cm afvandingsdybde var hovedparten af rødderne i 150-200 cm dybde unge og friske, sikkert udviklet samme år, og de fleste små rødder fandtes her omkring en meters dybde. Her har der ved de andre af-

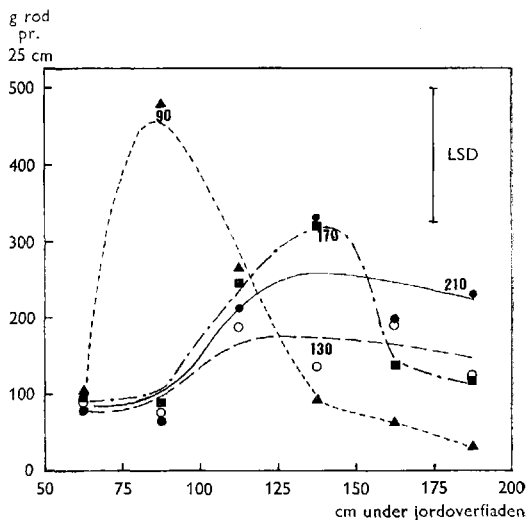


Fig. 2. Tørvægt af små rødder (< 2 mm tykkelse) fra borehuller (diameter 5,2 cm) i forskellig dybde. Tallene i figuren angiver afvandingsdybden. Gns. af 6 borehuller.

vandingsdybder nok især været større rødder, som ikke er kommet med ved udtagningen.

Vandstand og vandforsyning

Indtil foråret 1967 kunne nedbøren om vinteren holde karrene fyldt med vand fra bunden op til de forskellige afløbsrør. Men de første år blev vandspejlets niveau heller ikke påvirket meget om sommeren.

Fra vinteren 1967/68 kunne nedbøren ikke mere holde vandspejlet i niveau med udløbene. De sidste to vintre (1970/71, 1971/72) blev vandspejlet da bragt i niveau med udløbene ved vanding. Men alligevel sank vandspejlet

dre jo dybere afløbet sad. Det skyldes nok, at de senere år var vandmanglen sidst på sommeren størst her. Træerne var størst ved dyb afvanding, og de vandmængder i karret, som træerne samlet kunne råde over, var her mindst. Sammenhængen støttes også af at efter den tørre sommer i 1969 tiltog tørkesymptomerne (gullige, krøllede, hængende blade med nekrotiske pletter) med tiltagende afvandingsdybde. Det samme gjaldt gulfarvning af bladene i oktober 1972.

Tabel 3. Frugtudbytte i forskellige år og ved forskellig afvandingsdybde

LSD = laveste sikre differens (95% niveauet)

Afvandingsdybde, cm	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	Gns.
				kg frugt/træ				
90	3,5	5,7	12,2	10,3	23,4	20,1	22,9	14,0
130	6,4	6,7	13,2	15,0	22,8	22,0	26,9	16,1
170	6,3	5,2	15,6	6,6	19,1	21,5	26,0	14,3
210	4,5	4,7	13,6	11,2	16,4	16,7	19,9	12,4
LSD	—————			5,0	—————			1,9

Tabel 4. Frugtstørrelse (g friskvægt/frugt) i forskellige år og ved forskellig afvandingsdybde

Afvandingsdybde, cm	1968	1969	1970	1971	1972	Gns.	
90	105	87	114	163	115	117	
130	117	80	112	152	113	115	
170	116	64	110	141	93	105	
210	116	62	95	104	87	93	
LSD	—————			19	—————		9

helt til bunds i karrene om sommeren. Det er muligt, at karrene ikke har været helt tætte de sidste år. Der blev kun to gange vandet i vækstsæsonen (40 mm i september 1969 og 50 mm i juni 1970).

Udbytte og frugtstørrelse

De første år fik træerne ikke lov at bære frugt. De seneste år var udbyttet pr. træ lavest ved 210 cm afvandingsdybde (tabel 3). Det kan til dels hænge sammen med en ringere frugtstørrelse (tabel 4). Størrelsen på frugten var min-

Diskussion

I de første 5 vækstsæsoner var der ikke nogen tydelig virkning på træernes vækst, i det 4. vækstår begyndte der dog at kunne spores en virkning på rodedybden (tabel 2). Når høj vandstand giver en vis hæmning af rodens vækst, hæmmes også skudtilvæksten, sikkert fordi der skal være en vis balance mellem skud- og rodtilvækst (Barlow 1960, Rogers og Booth 1960). Derved sker der ved de øverste afvandingsdybder efterhånden en vis væksthæmning i forhold til de nederste. I hollandske

undersøgelser var skudtilvæksten i 3. vækstår mindst ved grundvandstand 40 cm under jordoverfladen hele året, derimod var forskellen ikke så tydelige mellem andre grundvandspejlskombinationer fra 40 cm og dybere om vinteren og 70 cm og dybere om sommeren (Segeren og Visser 1969). I 60 cm dybe kar var der ved et permanent vandniveau på 45 cm en ringere vækst end ved veldrænedde kar (Cripps 1971). I orange- og mandarinplanter steg træstørrelse, skud- og rodvækst og frugtantal pr. træ med tiltagende dybde af grundvandspejlet inden for 50-170 cm. Ved 50-80 cm var der intet udbytte (Minessy et al. 1970).

Træernes vækst i de første år kan næppe have været begrænset af karrenes dimensioner og ændrede heller ikke vandspejlets niveau væsentligt. Derfor er der grund til at tro, at sammenhængen mellem afvandingsdybde og vækst også ville have forekommet under markforhold. Muligvis kan forskellen i vækst komme hurtigere hvis træerne vokser hurtigere end i forsøget her. Det kan derfor konkluderes, at træstørrelsen vil stige med tiltagende afvandingsdybde. Men da udviklingen går i retning af stadig mindre træer og tidligere bæring, skulle det af hensyn til væksten kun være nødvendigt at dræne så dybt (f.eks. til 100-120 cm), at væksten ikke hæmmes de første år.

Men derimod er det ikke sikkert, at udbytte og frugtstørrelse i de sidste år var blevet påvirket på samme måde under tilsvarende markforhold. Modsat beholderne ville trærødderne i marken kunne søge længere ud til siden, der ville stadig være et egentlig grundvandspejl, og der kunne ske en vis udligning med omgivelsernes vandstand. Derfor var frugterne måske ikke her blevet mindre ved dyb afvanding. Det er heller ikke sikkert, at træerne ved 90 cm afvanding i marken kunne få så dyb en rodudvikling og udnytte »grundvandet« i samme omfang som i beholderne. Undergrundsgrunden i beholderne havde tidligere været løsnet, og der opstod måske mindre utætheder i beholderne. Da rødder kun udvikles i tilpas fugtig jord (Cripps 1971), blev rodudviklingen ved

90 cm afvandingsdybde nok efterhånden dybere, end den ville være blevet i marken. I Holland kan grundvandspejlet i frugtplanter dog være 50-75 cm dybere om sommeren end om vinteren (Hoekstra 1967, 1968b).

Det er derfor umuligt at konkludere noget sikkert om sammenhængen mellem afvandingsdybde og frugtudvikling ud fra forsøget. I distriktet »Altes Land« ved Hamburg er foregået frugtavl i mange år på arealer med en relativt høj grundvandstand. Ifølge Barbat og Rusu (1964) trives frugttræer godt ved et vandspejl, der veksler mellem 75-135 cm under jordoverfladen, selv om der kun blev påvist rødder ned til ca. 80 cm dybde. Fra hollandske undersøgelser konkluderes, at grundvandspejlet ikke må stige højere end til 80-90 cm under jordoverfladen (Hoekstra 1967, van der Weerd 1969). En stigning over dette niveau er særlig farlig sommer og efterår, når røddernes aktivitet er stor. Der kan da forekomme direkte skade på træerne (Delver 1969, van der Weerd 1969). Skadens omfang kan afhænge af sorten og af, hvor meget vandstanden stiger over det vandniveau, træerne har vænnet sig til eller tidligere har været udsat for. I ungarske planter faldt udbyttet kraftigt, da grundvandspejlet steg fra ca. 4 m til ca. 60 cm dybde (Sulyok-Schulek 1964).

I marken må der tages hensyn til sammenhængen mellem drændybde, drænplacering og grundvandspejlets niveau i en bestemt jord (Aslyng 1962).

Konklusioner

1. Afvandingsdybder mellem 90 og 210 cm giver ikke forskellig vækst de første 3-5 år efter plantningen. Senere øges rod- og skudtilvæksten med tiltagende afvandingsdybde.
2. Ønskes relativt små træer og tidlig bæring kan det af hensyn til væksten muligvis være nok med en afvanding til f.eks. 120 cm. Det må da forudsættes, at den følgende frugtbæring ikke påvirkes uheldigt i forhold til en dybere afvanding. Dette er ikke sikkert belyst gennem forsøget.

3. Æbletræernes rødder kan under gunstige forhold udvikles ned til mindst 2 meters dybde.
4. Frugtstørrelsen nedsættes betydeligt ved vandmangel sidst på sommeren.

Litteratur

- Aslyng, H. C.* 1962. Afvanding i jordbruget. 147 p. København.
- Barbat, I. & Rusu, E.* 1964. Das Verhalten des Wurzelsystems der Obstbäume in der Nähe des Grundwasserspiegels in einem Talboden. – Deutsche Akad. der Landwirtschaften zu Berlin, Tagungsberichte Nr. 65: 251-258.
- Barlow, H. W. B.* 1960. Root/shoot relationships in fruit trees. – *Scient. Hort.* 14: 35-41.
- Crisp, J. E. L.* 1971. The influence of soil moisture on apple root growth and root: shoot ratios. – *J. hort. Sci.* 46: 121-130.
- Dahm, C. A. & Rørðam, K.* 1925. Vejledning i kvantitativ agrikulturkemisk analyse. – København.
- Delver, P.* 1969. Wateroverlast en het afsterven van vruchtbomen. – *Fruitteelt* 59: 475-477.
- Hoekstra, C.* 1967. Grondwaterstanden en bewor-

- teling van appelbomen in zeekeigronden. – *Fruitteelt* 47: 1396-1397.
- 1968a. Ontwatering en de kwaliteit van de ondergrond. – *Fruitteelt* 58: 122-123.
- 1968b. Drainage en grondwaterstanden. – *Fruitteelt* 58: 348-349.
- Lepper, H. A. (Ed.)* 1945. Methods of analysis of the association of official agricultural chemists. – Washington.
- Minessy, F. A., Barakat, M. A. & El-Azab, E. M.* 1970. Effect of water table on mineral content, root and shoot growth, yield and fruit quality in 'Washington Navel' orange and 'Balady' mandarin. – *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 95: 81-85.
- Rogers, W. S. & Booth, G. A.* 1960. The roots of fruit trees. – *Scientif. Hort.* 14: 27-34.
- Segeren, W. A. & Visser, J.* 1969. Het waterstanden-proefveld voor de fruitteelt in de IJsselmeerpolders. – *Tuinbouw meded.* 32: 180-196.
- Sulyok-Schulek, B.* 1964. Grundwasser und Obsternte. – *Mitt. Klosterneuburg Ser. B.* 14: 292-296.
- Weerd, B. van der,* 1969. Ontwatering van boomgaarden. – *Fruitteelt* 59: 511-513.

Manuskript modtaget den 5. oktober 1973.