

Keeds aanw. in Straks

PROEFSTATION VOOR DE FRUITTEELT WILHELMINADORP

OVER HET PLANTSYSTEEM BIJ APPEL EN PEER

S. J. WERTHEIM EN J. J. LEMMENS



R 193
12



MEDEDELING NR. 12, FEBRUARI 1973

3lev

Isn 382428

PCC WUR

Overname van het geheel of van gedeelten van deze publikatie is uitsluitend toegestaan na vooraf gekregen toestemming van het Proefstation voor de Fruitteelt.

INHOUD

Pagina 5	VOORWOORD
Pagina 7	INLEIDING
Pagina 12	FAKTOREN DIE HEBBEN GELEID TOT DE KLEINE APPELBOOM De onderstam De snoei De plantdichtheid De veredelingshoogte
Pagina 15	DE BELICHTING
Pagina 21	HET ENKELRIJ-SYSTEEM De opbrengst De vruchtgrootte De groei Enkele conclusies
Pagina 31	HET DUBBELRIJ-SYSTEEM
Pagina 38	HET DRIERIJ-SYSTEEM
Pagina 42	DE VIER-, VIJF- EN ZESRIJ-SYSTEMEN
Pagina 53	DE KEUZE TUSSEN ENKELRIJ-SYSTEEM EN MEERRIJ-SYSTEMEN
Pagina 54	NIEUWE MOGELIJKHEDEN ?
Pagina 54	DE VOLVELDSBEPLANTING
Pagina 55	DE "MEADOW ORCHARD" OF DE KWEKERIJ-BOOMGAARD
Pagina 57	HET PLANTSISTEEM VOOR PEER
Pagina 61	PLANTING SYSTEMS FOR APPLE AND PEAR
Pagina 75	LITERATUUR

VOORWOORD

Dit boekje wil de fruitteler behulpzaam zijn bij de keuze tussen de verschillende plantsystemen die tegenwoordig voorkomen. Tevens is getracht een blik in de toekomst te slaan en af te tasten in welke richting het plantsysteem zich zal ontwikkelen. Zo ergens dan geldt wel bij het inplanten van een boomgaard de spreuk "bezint eer gij begint". Immers de huidige beplantingen vergen grote investeringen en er is na het planten geen weg terug. Aan een éénmaal ingeplante boomgaard zit men voor jaren vast. Voor het nemen van de juiste beslissing inzake het plantsysteem is het daarom zinvol de hier bijeen gebrachte gegevens goed te bestuderen.

Wanneer in tekst en tabellen gesproken wordt over "ton per ha" dan geldt dit voor 0,9 ha, omdat 10% van de oppervlakte van een ha in beslag wordt genomen door wendakkers enz.

De getallen die in de tekst tussen haakjes voorkomen, verwijzen naar de lijst van geraadpleegde literatuur die achterin is opgenomen.

Deze mededeling is alleen tot stand kunnen komen dank zij de uitstekende medewerking van medewerkers van de Consultantschappen voor de Tuinbouw en de regionale proeftuinen, alsmede van de heer F.L.J.A.W. Verwer van het Instituut voor Tuinbouwtechniek te Wageningen.

Het is de overtuiging van ondergetekende dat dit boekje, samengesteld door Dr.Ir.S.J.Wertheim en J.J.Lemmens, resp. hoofd van de afdeling fruitteeltkundig onderzoek en chef van de proeftuin van het Proefstation voor de Fruitteelt, zijn weg naar de praktische fruitteler zal vinden. Het geeft de jongste onderzoekresultaten van proeven met verschillende intensieve plantsystemen door aan de fruitteler, juist op het moment dat deze weer een groeiende belangstelling heeft voor de aanplant van appels en peren.

Ir. R.K.Elema

Directeur

INLEIDING

Het is duidelijk voor een ieder die de appel-hoogstamboomgaarden vergelijkt met de huidige zeer dicht geplante boomgaarden met zeer kleine bomen dat er in de afgelopen vijftientig jaar een enorme ontwikkeling in boomgrootte, boomvorm en plantsysteem heeft plaats gevonden. Deze ontwikkeling in boomgrootte en -vorm is gegaan van hoogstam (Afb.1) via de struik (Afb.2) naar de verschillende soorten spillen, zoals de vrije spil (Afb.3) en de leggerspil, en heeft nu een volgend stadium bereikt in de slanke (ronde) spil (Afb.4).

Het aantal bomen per ha veranderde in even sterke mate. De echte hoogstamboomgaard telde maar 50 tot 100 bomen per ha, de struikenboomgaard enkele honderden, de spillenbeplantingen maximaal ongeveer 1200 en de slanke spilaanplantingen tenslotte nog meer bomen, namelijk netto per ha 1700 tot 3000. Het plantsysteem veranderde ook en wel van de vierkantsverbanden, en de wijker-blijversystemen tot de tegenwoordige rechthoeksverbanden van 3 tot 3,5 m tussen de boomrijen en 1 tot 1,5 m tussen de bomen op de rij.

Voor peer is de ontwikkeling nog iets minder ver doorgezet en gekomen tot een spilvormige boom geplant op afstanden van 4 x 2 m tot 3,5 x 1,5 m.

De belangrijkste redenen voor de afnamen in boomgrootte en plantafstand en de veranderingen in boomvorm en plantsysteem zijn de hogere produktie per ha en per manuur geweest die voorkomen in dicht geplante boomgaarden met kleine bomen in vergelijking tot de met ruime afstanden aangelegde boomgaarden met grote bomen. De stijging in de produktie per ha blijkt voornamelijk een gevolg van de veel snellere stijging in produktiviteit die voorkomt in een dichte beplanting in vergelijking met een ruime beplanting. De toename in produktie per manuur is te danken aan de veel eenvoudiger en dus goedkopere verzorging van de bij de intensieve beplantingen behorende kleine bomen in vergelijking tot de grotere bomen van de extensievere beplanting. Was in 1955 nog een 1000 uur nodig voor de algehele verzorging van een struikenboomgaard (met 200 uur voor snoeien en buigen en 375 uur voor plukken), in 1967 was dit voor de vrije spil al geslonken tot 565 uur (met 150 uur voor snoeien en buigen en 270 uur voor de oogst). In 1971 vroeg de totale verzorging van een ha slanke spillen 475 uur, waarvan 75 uur snoeien en buigen en 280 uur voor de oogst. Deze afname in de totaal benodigde tijd is voor een groot deel te danken geweest aan veranderingen en verbeteringen in de wijze van verzorging (chemische onkruidbestrijding bijvoorbeeld) en in een verbetering van de mechanisatie (kunstmest strooien, snoeihout opruimen bijvoorbeeld), maar ook voor een belangrijk deel aan de ontwikkeling naar de makkelijker te bewerken kleine bomen (zie eerdergenoemde snoeiuren en plukuren). Voor de pluk is dit wel zeer duidelijk als men bedenkt dat de afname in uren van 375 tot 280 uur per ha plaats vond ondanks een stijging in de gemiddelde produktiviteit van een ha boomgaard van 20 ton (struiken in 1955) tot 32 ton (slanke spillen in 1971). De hoeveelheid kg per manuur steeg door dit alles van 20,2 (in 1955), 30,5 (in 1959), 49,6 (in 1967) tot 67,4 in 1971, uiteraard mede begunstigd door de komst van meer produktieve rassen, zoals Golden Delicious.

De steeds rationelere wijze van fruittelen heeft zich dan ook in de kostprijs weerspiegeld (Afb.5). Elke overgang naar een intensiever



Afb. 1. De hoogstam

Fig. 1. The standard tree



Afb. 2. De struikvorm

Fig. 2. The bush tree



Afb. 3. De vrije spil

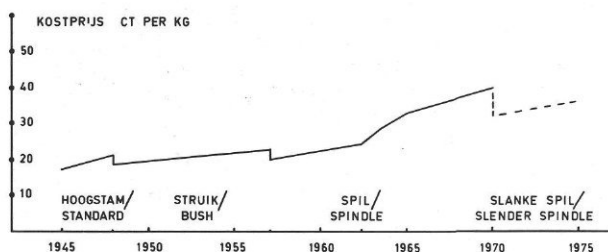
Fig. 3. The free spindle



Afb. 4. De slanke spil

Fig. 4. The slender spindle

plantsysteem deed de kostprijs dalen. Zo heeft de ontwikkeling in het plantsysteem bijgedragen om, althans voor een deel, de kostenstijgingen op te vangen.



Afb. 5. Schematische voorstelling van de invloed van het type boomgaard op de ontwikkeling van de kostprijs van appel (niet bewaard) van 1945-1975. Gegevens van Spoor (29).

Fig. 5. Schematic representation of the effect of the orchard type on the development of the cost price of apples (not stored) in cents per kg from 1945 until 1975. Data from Spoor (29).

De slanke spil heeft dus voordelen boven de boomvormen die haar voorafgingen (voor een verdere uitwerking van deze bewering wordt verwezen naar het hoofdstuk over enkelrij-systemen). Het steeds dichtere planten van steeds kleinere bomen bezit echter een belangrijk nadeel. Bij de huidige rijenteelt namelijk, waarbij elke boomrij wordt geflankeerd door een rijpad, betekent verkleining van de plantafstand dat de lengte der rijpaden - dus de voor vruchtbomen verloren ruimte - per ha steeds toeneemt. Zo is de padlengte in een 3 x 1 m beplanting opgelopen tot ruim 3 km per ha. Dit betekent dat veel zonenergie op de grond valt en voor de vruchtproduktie verloren gaat. Zo stelt Verheij (33) dat in een moderne beplanting met een kroonhoogte van 2,25 m en paden van 1,50 m zeker een derde deel van het beschikbare licht verloren gaat (zie ook 36). Jackson en Palmer (17) echter menen dat het verlies wat minder is. Zij stellen dat zelfs al is de haaghoogte maar gelijk aan de padbreedte en is de bedekkingsgraad 50% dat dan nog 80% van de directe straling gedurende het groeiseizoen onderschept wordt, 79% van de diffuse straling van een onbedekte lucht en 77% van het licht van een betrokken hemel. Een ander nadeel van de vele rijpaden is dat deze verdere stijgingen in aantallen bomen per ha in de weg staan. Beide factoren, lichtverliezen en een grens aan het aantal bomen,

beperken de mogelijkheden om tot verdere opbrengststijgingen te komen.

Om aan deze bezwaren tegemoet te komen, kwamen Verheij en De Vries in 1966 (38) met het idee om een andere rangschikking van de bomen toe te passen dan die der enkele rij. Zij steunden daarbij op ideeën die Blaas al in 1959 naar voren had gebracht (3) en waarop in het hoofdstuk over dubbelrijen teruggekomen zal worden.

Het uitgangspunt van Verheij was dat de bedekkingsgraad (het percentage van de beteelde oppervlakte dat wordt bedekt door de horizontale projekties van de boomkronen) steeds kleiner wordt, naarmate kleinere bomen opgekweekt worden, maar dat dit opgevoerd kan worden door minder rijpaden aan te leggen. Dit kan door stroken of "bedden" van kleine bomen aan te leggen, gescheiden door ruime werkpaden voor de trekker en de werktuigen, waarbij in de bedden géén mechanisatie zou kunnen worden toegepast, maar alleen genoeg ruimte gelaten zou worden nodig voor looppaden. Op deze wijze worden, via een betere bedekkingsgraad, mogelijkheden tot verdere opbrengstverhoging geschaapen. Immers door het maken van bedden in plaats van rijen neemt de hoeveelheid padlengte per ha af, waardoor de totale lichtopvang en het aantal bomen per ha verder kan worden opgevoerd.

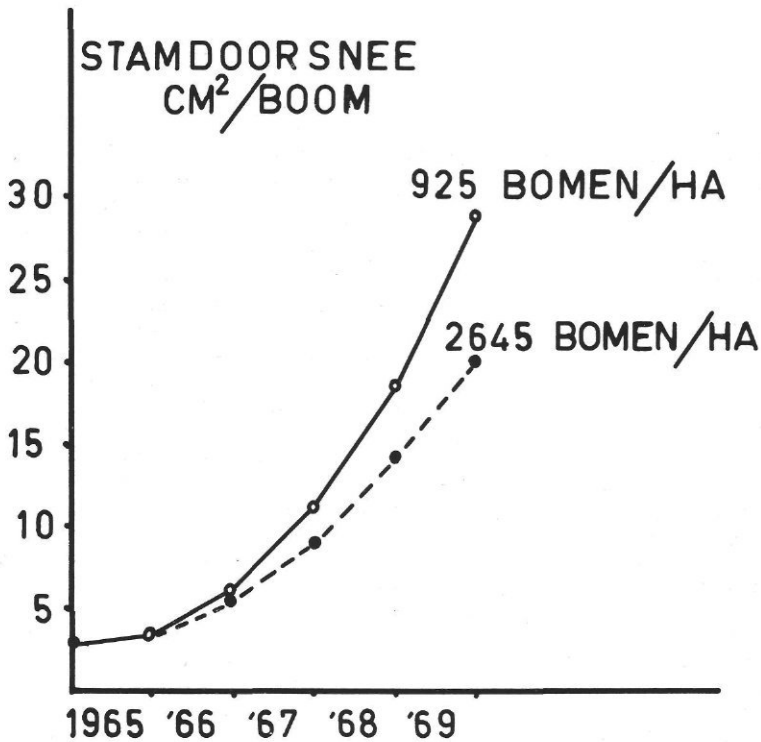
Dit alles leek zo logisch dat in de jaren 1968 tot 1971 de bedden-teelt, zowel in proeftuinen als in de praktijk, haar intrede deed in de fruitteelt in de vorm van dubbelrijen en van drie- en nog meerrijige systemen. Het is echter duidelijk dat ook bezwaren zijn aan te voeren tegen deze meerrij-systemen. In de eerste plaats betekent een nog groter aantal bomen per ha een nog hogere investering in geld, in de tweede plaats lijkt de fruitteelt op bedden moeilijker te mechaniseren dan de teelt aan enkele rijen en in de derde plaats is het de vraag of de lichtverdeling binnen het gewas wel zo gunstig zal zijn bij de beddenteelt. Het is daarom onzeker hoe groei, vruchtdracht en -kwaliteit zullen zijn in de beddenteelt wanneer de bomen volgroeid zijn.

Het lijkt er dus op dat een andere rangschikking van de bomen over de oppervlakte voor- en nadelen bezit. Het is daarom zinvol alle systemen, van enkele rijen tot en met zesrijige bedden, de revue te laten passeren en vergelijkingen te maken, zowel wat opbrengst, vruchtkwaliteit, als verzorging betreft.

Aangezien ook nog nieuwere vormen van fruittellen zich aandienen, zoals de volveldsbeplanting en de zogenaamde "meadow orchard", zullen ook hierover enkele bijzonderheden vermeld moeten worden. Tenslotte zullen enkele woorden gewijd worden aan de intensivering van de peree-teelt.

Dit alles is het doel van de hoofdstukken over de plantsystemen.

Alvorens de plantsystemen te bespreken is het echter nuttig eerst de factoren te bespreken die hebben gemaakt dat de forse appelboom van weleer, is geworden tot een boompje dat zelfs in volwassen stadium niet hoger is dan reikhoogte (Afb.1 tot 4). Dit kan namelijk aanknopingspunten bieden voor verdere ontwikkelingen. Ook is het goed enige aandacht te wijden aan de faktor licht, omdat de belichting bij alle plantsystemen uiterst belangrijk is.



Afb. 6. Groei uitgedrukt in stamdoorsnee van Golden Delicious op M.9 in een enkelrij-systeem bij twee plantdichtheden van jaarlijks ontbloemde bomen. Gegevens van Verheij (34).

Fig. 6. Growth expressed in trunk cross sectional area (cm²/tree) of Golden Delicious on M.9 in a single-row system with two plant densities, viz. 925 and 2645 trees per ha. Trees annually deblossomed. Data from Verheij (34).

De faktor plantdichtheid kan wellicht in de toekomst verder uitgebuit worden.

De veredelingshoogte

Een vierde oorzaak leidend tot groeiverzwakking is de in de laatste jaren steeds hoger wordende veredelingsplaats geweest. Op een zwakke onderstam geeft dit aanleiding tot groeiverzwakking (22). Verder onderzoek naar de invloed van veredelingshoogte is daarom noodzakelijk.

Samenvattend kan dus gezegd worden dat door verschillende oorzaken de groei van appelbomen tegenwoordig op een matig niveau ligt en dat de vruchtbaarheid vroeg kan intreden. De kleine boom met zijn zwakke groei vereist juist door het geringe groeivolume weinig snoei. Dit is weer gunstig voor een vroege en regelmatige vruchtdracht. Weinig snoei en een goede vruchtdracht dragen verder bij tot handhaven van een matig groeivolume en een regelmatige vruchtdracht en zo ontstaat dus een gunstige kringloop.

Twee factoren die nog niet genoemd zijn, maar die mogelijk in de toekomst verder nog kunnen gaan bijdragen tot een betere groeibeheersing, zijn zwakgroeiende rassen en/of mutanten (spurtypen) en het gebruik van groeiremmende stoffen. Tot op heden hebben deze factoren in het algemeen gesproken nog geen grote invloed gehad, maar dit kan anders worden wanneer spurtypen gevonden zouden worden met minder nadelen dan thans het geval is (27, 43) en met name voor appel betere remstoffen gevonden worden dan Alar, waaraan verschillende onzekerheden en nadelen kleven (42).

DE BELICHTING

Eén van de vereisten voor een hoge vruchtdracht is de opvang van zoveel mogelijk van het beschikbare licht. Licht is immers de energiebron voor de fotosynthese, welk proces de assimilaten levert nodig voor bloemknopvorming en vruchtgroei. In ons land is licht de beperkende factor voor de vruchtproduktie (33), wanneer uiteraard andere factoren zoals water, voedingsstoffen en vakmanschap in voldoende mate aanwezig zijn. Het is dus zeker hier noodzakelijk zoveel mogelijk van het invalende licht te benutten. De lichtonderschepping voor het gewas moet zo hoog mogelijk zijn.

Nu hangt de vruchtgrootte en -kwaliteit van een bepaalde vrucht sterk af van het licht dat op deze vrucht en op de bladeren in de direkte omgeving valt (10, 15). Zo hangt ook de houdbaarheid van het licht af. Lage temperatuurbederf bij Jonathan begint voornamelijk aan de niet-gebloste kant van de vrucht, mogelijk omdat aan deze kant minder voedingselementen voorkomen dan aan de wel gebloste kant (50). Van Cox's Orange Pippin is bekend dat vruchten van de buitenste delen van de boom groter zijn en beter gekleurd, wel vatbaarder voor stip en rot door Gloeosporium soorten dan vruchten van binnen en onder uit de boom, maar minder gevoelig voor rimpelen na bewaring en minder vatbaar voor inwendig bruin (17a). Wil men dus grote goed gekleurde vruchten van zo uniform mogelijke kwaliteit aan de gehele boom telen dan zal ook de lichtverdeling over de boom zo goed mogelijk moeten zijn. Het is dus de kunst bij volwassen bomen een grote lichtonderschepping te combineren met een zo gelijkmatig mogelijke lichtverdeling.

Wat boomgrootte betreft zijn we voor de belichting op de goede weg. Kleine bomen benutten het licht beter dan grote bomen. Dit komt omdat grote bomen een hoger percentage schaduwblad bezitten door een ongunstiger verhouding tussen buitenoppervlak van de kroon en krooninhoud. Verder moeten grote bomen meer van gevormde assimilaten gebruiken voor het in stand houden van de grote kroon en het uitgebreide wortelstelsel.

De Canadese onderzoeker Heinicke (9) vond dat de lichthoeveelheid snel afneemt in een bebladerde appelkroon. Bedroeg de lichthoeveelheid aan de top van 3,65 m hoge kroon 93% van het volle zonlicht, op 0,91, 1,83, 2,75 en 3,65 m naar beneden toe waren deze percentages 70, 42, 25 resp. 21. Van de zijkant van de kroon nam het licht af van 72% aan de buitenkant tot 44% in het hart van de boom, bij een halve kroonbreedte van 3,5 tot 4 m. Heinicke stelt nu dat bij 30% of minder van het volle zonlicht het licht de beperkende factor wordt voor de fotosynthese. Boomedelen die minder dan 30% van het volle licht opvangen zijn dan ook onproductief. Hij leidde daaruit af dat de voor de bladeren meest gewenste laag die is van 0 tot 1,80 à 2,40 m gerekend

vanaf de top naar beneden en van 0 tot 0,90 à 1,20 m gerekend vanaf de zijkant van de boom. Het is duidelijk dat de slanke spil aan deze eisen voldoet.

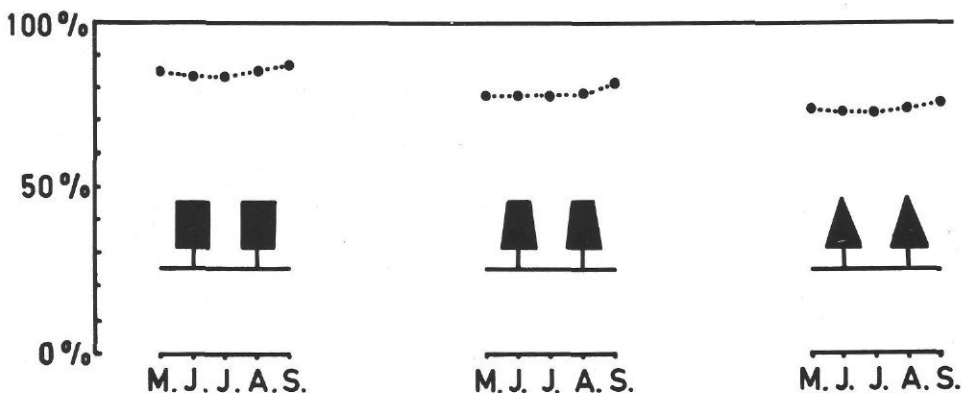
De eisen die aan de belichting gesteld moeten worden, zullen echter nog iets strikter moeten zijn, want dezelfde onderzoeker vond in verder onderzoek bij roodvruchtige rassen (10), dat de beste vruchtkleur voorkwam bij vruchten gegroeid op een plaats waar op zonnige dagen in augustus en september 70% of meer van het mogelijke volle zonlicht kon komen, voldoende kleur kwam voor bij 40% tot 70% en weinig kleur bij minder dan 40% van het volle zonlicht. Ook de vruchtgrootte werd door het licht beïnvloed. Vruchten gegroeid onder omstandigheden van minder dan 50% van het volle zonlicht waren klein.

Het lijkt er dus op dat voor de meest gewenste vruchtgrootte en -kleur de bomen zo opgekweekt moeten worden dat de vruchten groeien bij 50% of meer van het volle zonlicht. Dit alles geldt voor de omstandigheden, waarbij Heinicke werkte en hij deed zijn waarnemingen op 49° noorderbreedte, terwijl Nederland op 52° noorderbreedte ligt.

Jackson (14) stelt nu dat voor Zuid Engeland (51,3° noorderbreedte), dus voor omstandigheden vergelijkbaar met de onze, vruchten gegroeid onder omstandigheden van 25% of minder van het volle daglicht van zeer slechte kwaliteit zijn. Vruchten van goede kwaliteit ontwikkelen zich daar waar meer dan ongeveer 50% van de totale ingestraalde energie opgevangen kan worden (13). Hoe belangrijk licht is, demonstreerde Jackson (12) bij zesjarige Cox's Orange Pippin bomen op M.26. Beschaduwung van de bomen tot 45% of 72% van het buiten de bomen aanwezige licht beperkte de vruchtgrootte maar vooral de -kleur. Zo was het vruchtgewicht bij bomen die niet beschaduwd werden 137,1 g, bij beperking van het licht tot 72% niet minder namelijk 136,6 g, maar bij verdere beperking tot 45% 120,6 g. In het laatste geval leverde dit 12% meer vruchten kleiner dan 65 mm op. Sterker was het effect op de vruchtkleur, de kleur blijkt namelijk gevoeliger voor beperking van de lichtevoelheid dan de vruchtgrootte. Werd geen schaduw aangebracht dan was het percentage vruchten dat voor meer dan de helft gekleurd was 36%, bij reductie van licht tot 72% slechts 7,7% en bij 45% licht kwamen dergelijke vruchten niet meer voor!

Naast boomgrootte zijn ook boomvorm en rijafstand van groot belang voor de belichting.

Eerst wat over de boomvorm. Uit het onderzoek van Ferguson (8), later door Verheij (33) nader toegelicht, en uit het werk van Jackson (13, 14, 16, 17), blijkt dat, vooral bij lage kronen, des te meer straling opgevangen wordt, naarmate de kronen van boven breder zijn (Afb.7 en 8). In Afb.8 is dit te zien aan de getallen onder de figuurtjes. Het is echter zoals reeds opgemerkt, niet alléén de totale hoeveelheid opgevangen straling die telt, maar ook de lichtverdeling langs en in de boom. Nu blijkt een op doorsnee rechthoekige haag een slechtere lichtverdeling langs de haag te hebben dan een op doorsnee driehoekige haag, wat weergegeven is in Afb.8 met de getallen naast de figuurtjes. Bij rechthoekige hagen neemt de hoeveelheid licht naar beneden toe sneller af dan bij driehoekige hagen bij dezelfde verhouding tussen boomhoogte en padbreedte. Volgens Cain (4) is het zelfs zo dat de platte bovenkant van een rechthoekige haag te veel licht opvangt en de zijkant te weinig voor een optimale fotosynthese. Dus wanneer de haag van rechthoekig tot driehoekig wordt, daalt de hoeveelheid opgevangen straling op de bovenkant, maar stijgt aan de zijkant. De winst aan de zijkanten weegt echter niet op tegen het verlies op de boven-

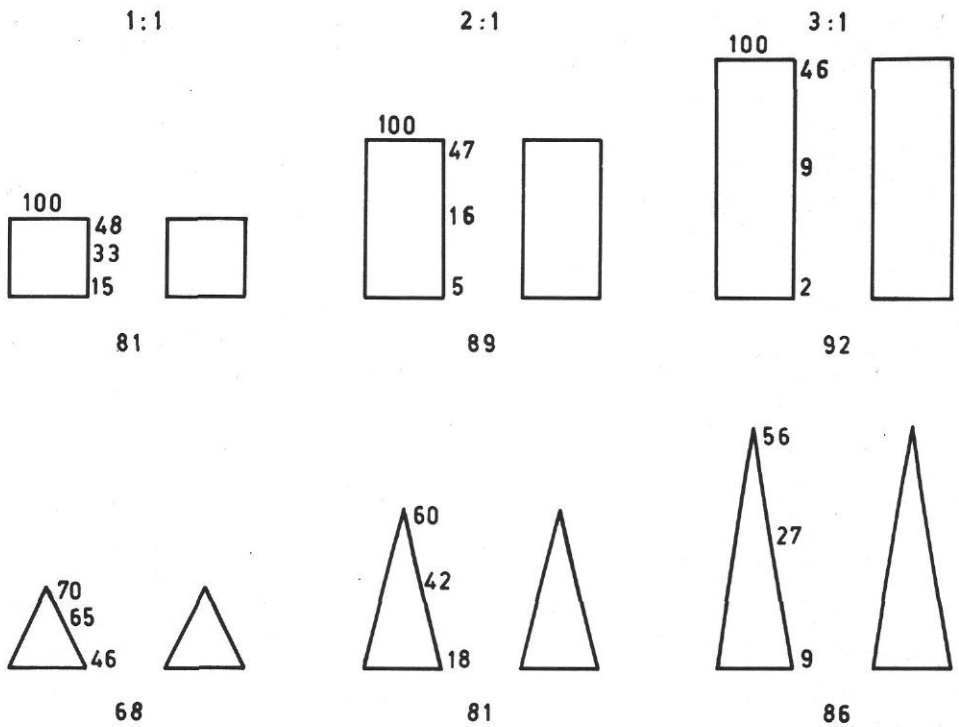


Afb. 7. Percentage van de totale straling opgevangen door modelhagen van verschillende vorm georiënteerd in de richting noord-zuid. De 5 punten geven de toestand weer van de maanden mei tot en met september (m tot s). De volgende aannamen gelden: de kroonhoogte = 1,5 x de kroonbreedte aan de basis, de vrije padbreedte = de kroonbreedte aan de basis, de bovenkroonbreedte = (van links naar rechts) de kroonbreedte aan de basis, de helft daarvan of nul. Gegevens van Ferguson (8).

Fig. 7. Percentage of total radiation intercepted by model hedges of various shapes orientated in North-South direction. The 5 points indicate the situation for the months May-September (m to s), assumed that: crown height = 1,5 x basal crown width, free alley width = basal crown width, upper crown width = (from left to right) 1 x, $\frac{1}{2}$ x, 0 x the basal crown width resp. Data from Ferguson (8).

kant, waardoor de totale hoeveelheid direct en diffuus licht dat opgevangen wordt minder is bij driehoekige hagen (zie ook Afb.8 getallen onder de figuurtjes).

Gezien de lichtverdeling langs het gewas verdient toch een op doorsnee kegelvormige haag duidelijk de voorkeur boven een op doorsnee rechthoekige. Ook wat dit betreft kan de moderne slanke spil een goede boomvorm zijn, mits men via het handhaven van een klein gestel onderin de boom en het verwijderen van zwaar hout in de kop, zorgt voor een zekere kegelvorm. Nu gaat het niet alleen om de lichtverdeling langs het gewas, maar ook in het gewas, al is het eerste nodig om aan een goede lichthuishouding in de boom te voldoen. Voor gegevens over het licht in het gewas kan gebruik gemaakt worden van de resultaten van het onderzoek van Verheij en Verwer (37) in de plantafstandenproef op de proeftuin te Horst met Golden Delicious en Jonathan op M.9 en M.2. Bij lage plantdichtheid, dat is 1100 bomen voor M.9 (3,5 x 2,5 m) en 660 bomen voor M.2 (4,25 x 3,5) werd ongeveer de helft van het ingestraalde licht opgevangen en de opbrengsten bleven bij ongeveer 40 ton per ha hangen. Bij hoge plantdichtheid, dat is 3300 bomen voor



Afb. 8. Effect van haagvorm en van de haaghoogte in verhouding tot rijpadbreedte op de onderschepping van direct zonlicht over de periode 7 mei - 28 oktober (getallen onder de figuren) en het patroon van relatieve stralingsintensiteit per eenheid van oppervlak op enkele punten van de zijkant van de hagen (getallen naast de figuren). Deze getallen geven het percentage van de directe zonnestraling weer dat op een horizontaal vlak boven het haagniveau valt, getotaliseerd over de periode 7 mei - 28 oktober. Gegevens van Jackson en Palmer voor $51,3^{\circ}$ Noorderbreedte (17).

Fig. 8. Effect of hedge model and height-to-alley-width ratio on interception of direct solar radiation over the period 7 May - 28 October (figures below drawings) and pattern of relative radiation intensity per unit of surface for some points along the hedge surface from the top downwards (figures next to drawings). The values are percentages of direct solar energy falling on an equivalent horizontal surface above hedge level, totalled over the period 7 May - 28 October. Data from Jackson and Palmer for 51.3° N (17).

M.9 (3 x 1 m) en 2260 bomen voor M.2 (3,5 x 1,25 m) werd twee-derde resp. drie-vierde van het ingestraalde licht opgevangen; dus veel meer. Deze veldjes gaven omgerekend per ha meer dan 70 ton in het zesde en zevende groeijaar, maar daarna is naar lagere opbrengsten gestreefd, in verband met de vruchtbaarheid. Een betere lichtonderschepping leidde dus tot meer opbrengst. Nu bleek verder dat de lichthoeveelheid snel afnam naar binnen en naar onder toe in het gewas. Zelfs bij de kleine bomen op M.9 bij 3 x 1 m daalde de lichthoeveelheid tot ongeveer 15%. Het bleek dan ook dat bij de lagere lichtniveaus de vrucht-grootte en -kleur terugliepen. Zo vonden Verheij en Verwer in 1969 dat bij de Golden Delicious op M.9 (3 x 1 m) het vruchtgewicht van 170-180 g in de best belichte delen van de boom daalde tot 151-163 g binnen in de boom. Het percentage goed gekleurde vruchten nam af van 54-61 tot 0-39. Dit geeft duidelijk aan dat zelfs bij kleine bomen het licht al van belang is, want aan de flanken van de haag bedroeg de lichthoeveelheid ongeveer 60% van de totale lichthoeveelheid tegen 5-31% in de boom. Het belang hiervan is groot, want dezelfde onderzoekers vonden dat een betrekkelijk groot deel van de vruchten zich juist in het hart van de bomen bevond (meer dan een derde deel). Dit betekent dat een groot deel van de vruchten opgroeit in betrekkelijk lichtarme omstandigheden.

Nog duidelijker lagen de resultaten van de waarnemingen bij Jonathan op M.2. Het vruchtgewicht daalde van 130 g boven in de boom tot 96 g onder in de boom en het percentage goed gekleurde vruchten van ongeveer 40% tot 0%, waarbij zelfs 50% van de vruchten binnen in de boom voorkwam. Het zal dus zaak zijn met de snoei de lichtdoordringing in het gewas zoveel mogelijk te begunstigen.

Alle hiervoor genoemde gegevens hebben betrekking op lichtmetingen uitgevoerd in vlakken loodrecht op de rijrichting. Metingen in de langsrichting van de rij zijn niet uitgevoerd. Hieruit zou de waarde van een zaagtandvorm van de haag bepaald kunnen worden in vergelijking met een van boven gesloten haag.

Nu dient wat vermeld te worden over haaghoogte en rijafstand. Uit Afb.8 blijkt al wel, dat voor een goede lichtverdeling langs de hagen, deze niet te hoog moeten zijn. Bij te hoge hagen in verhouding tot de rijafstand valt te weinig licht op de onderste takken. In herinnering houdend dat vruchten gegroeid onder omstandigheden van minder dan 25% van het volle daglicht, van slechte kwaliteit zijn, moeten de hagen dus laag blijven (Afb.8). Dit hangt af van de rijafstand. Hoe ruimer de rijafstand hoe minder licht wordt opgevangen (Afb.9), voor optimale opbrengsten mag de rijafstand dus niet te ruim zijn. Anderzijds echter moet de rijafstand niet te klein zijn om de mechanisatie mogelijk te maken. Tegenwoordig wordt 1,25 m vrije padbreedte voor de mechanisatie voldoende geacht. Jackson (14) en ook Cain (4) stellen nu dat in verband met de belichting van de onderkant van de kroon, de boomhoogte van een kegelvormige haag niet meer dan 2x de vrije padbreedte mag bedragen. In verband met opbrengstderiving mag de hoogte ook niet zo laag worden als 1x de vrije padbreedte. Jackson (14) raadt een boomhoogte aan die ongeveer 50% hoger is dan de vrije padbreedte. Dus hoe smaller het pad hoe lager de boom en omgekeerd. Te hoge bomen in verhouding tot de padbreedte, geven wel meer opbrengst, maar ook een toename in vruchten van slechte kwaliteit. Voor onze vrije padbreedte van 1,25 m mogen de bomen dus niet hoger worden dan 1,5 x 1,25 of ongeveer 2 m. Omdat de bovenkant van de hagen echter min of meer zaagtandvormig verloopt, zal de hoogte van de bomen wel wat groter kunnen zijn.

tot minder opbrengst per boom of per eenheid van groei, kleinere vruchten en meer kopgroei. Het is dus niet zo zeer de vraag of er dicht geplant moet worden, want dat is wel duidelijk, maar hoe dicht om zo weinig mogelijk van genoemde nadelen te ondervinden.

De opbrengst

Allereerst moet opgemerkt worden dat binnen één plantsysteem boomgaarden met een hoge bedekkingsgraad van de grond door het gewas méér opbrengen dan boomgaarden met een lage bedekkingsgraad. Dit geldt voor struiken (28) en voor spullen (18). Het is dus zaak naar een hoge bedekkingsgraad te streven.

Verder is wel gebleken dat hoe sneller een hoge bedekkingsgraad wordt bereikt hoe sneller de produktie stijgt. Het is dus evenzeer zaak om snel een hoge bedekkingsgraad te verkrijgen. Dit nu kan bereikt worden door te dicht te planten en/of te planten op goede grond. In Afb.11 kan dit duidelijk afgelezen worden voor spullenbeplantingen.

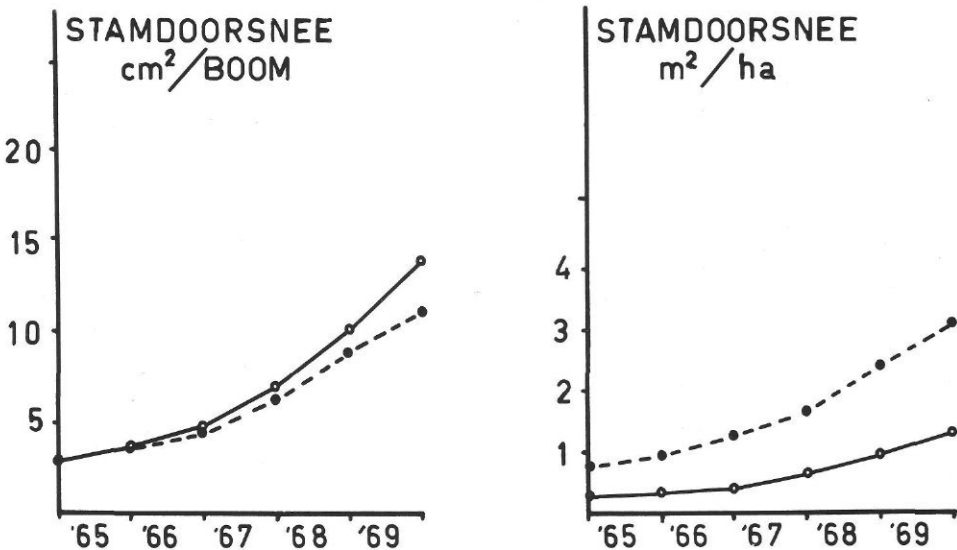


Afb. 11. Opbrengst per ha-beteelbaar van spilbeplantingen van 7 jaar en ouder gemiddeld over de jaren 1962-1967 in twee gebieden en twee plantdichtheden namelijk 7,90-11 m²/boom (Golden Delicious) of 7,7-11 m²/boom (James Grieve) (gearceerde staafgrafieken) en 6-7,90 m²/boom (Golden Delicious) of 6-7,70 m²/boom (James Grieve) (blanco staafgrafieken). Gegevens LEI (19).

Fig. 11. Yield in tons per ha of spindle orchards \geq 7 years old, averaged for the years 1962-1967 in two areas (Zeeland = Zld and Northeastpolder = NOP) for two plant densities viz. 7.90-11 m²/tree (Golden Delicious) or 7.7-11 m²/tree (James Grieve) (striped columns) against 6-7.90 to 6-7.70 m² for Golden Delicious and James Grieve respectively (blank columns). Data (19).

Ten eerste blijkt uit Afb.11 dat in de Noordoostpolder, waar de groei gemiddeld sterker is dan in Zeeland, bij een bepaalde plantdichtheid meer wordt geoogst dan in Zeeland. Ten tweede blijkt uit Afb.11 dat binnen elk gebied de opbrengst hoger lag bij dichtere planten, dus bij een kleinere hoeveelheid beschikbare ruimte per boom.

Dicht planten is gunstig omdat ten eerste snel een grote hoeveelheid gewasvolume wordt bereikt en ten tweede minder kans bestaat op het niet "vol" worden van de beplanting. Het eerstgenoemde is goed zichtbaar in Afb.12, waaruit blijkt dat bij dicht planten per boom bezien wel minder groei voorkomt maar per ha bezien juist meer dan bij ruim planten.



Afb. 12. Groei per boom uitgedrukt als cm² stamdoorsnee (links) en groei per ha uitgedrukt als de totale stamdoorsnee van alle bomen in m²/ha (rechts) van Golden Delicious op M.9 bij 2645 (----) of 925 bomen per ha (—). Gegevens van Verheij (34).

Fig. 12. Growth per tree expressed as cm² trunk cross sectional area (left) and growth per ha expressed as total trunk cross sectional area of all trees in m²/ha (right) for Golden Delicious on M.9 at 2645 (----) or 925 (—) trees/ha. Data of Verheij (34).

Hoe gunstig dicht planten is voor het produktieniveau blijkt uit Tabel 2. Het blijkt uit Tabel 2 namelijk dat bij dicht planten de kg-opbrengst per boom gedurende de eerste vier jaren gelijk of zelfs hoger lag dan bij ruim planten (ongetwijfeld komt dit omdat de dicht geplante bomen minder gesnoeid worden dan de ruim geplante). Het grotere aantal bomen bij dicht planten leidt dus al snel tot een sterke opbrengststijging. Op latere leeftijd, toen de op grotere afstanden geplante bomen groter werden dan de op kleine afstand geplante, werd de kg-opbrengst per boom



Afb. 14. De voor verzorging en belichting gewenste vorm van de slanke spil. De boom is laag (let op de zwarte 1 m streep op maatstok), slank en kegelvormig, wat een optimale belichting garandeert. Foto betreft vierjarige boom van Winston op M.9 geplant op 1,25 m in de rij.

Fig. 14. Well-shaped slender spindle. The tree is low (notice black 1 m sign on the measuring staff divided into dm), slender, and cone-shaped. Photo concerns young tree of Winston on M.9 at 1.25 in the row.



Afb. 14. De voor verzorging en belichting gewenste vorm van de slanke spil. De boom is laag (let op de zwarte 1 m streep op maatstok), slank en kegelvormig, wat een optimale belichting garandeert. Foto betreft vierjarige boom van Winston op M.9 geplant op 1,25 m in de rij.

Fig. 14. Well-shaped slender spindle. The tree is low (notice black 1 m sign on the measuring staff divided into dm), slender, cone-shaped. Photo concerns young tree of Winston on

HET DUBBELRIJ-SYSTEEM

Reeds in 1959 werd het dubbelrij-systeem door Blaas (3) voorgesteld. De redenen waren onder meer geringere rijafstanden, waardoor minder bodembederf zou optreden en, mits de bomen vrij van elkaar bleven, een betere belichting dan in de enkele rijen die vaak tot hagen worden. De gedachten van Blaas hebben toen geen ingang gevonden, mede omdat toen nog geen chemische onkruidbestrijding bestond en de grond onder de bomen niet mechanisch onkruidvrij gehouden kon worden. Pas toen in de volgende jaren de intensivering van het enkelrij-systeem sterk doorzette en de zeer klein geworden plantafstanden verdere verhoging van het aantal bomen per ha in de weg stonden, kwam onder invloed van de ideeën van Verheij (33, 38) de dubbelrij in de belangstelling.

De dubbelrij is dus een plantsysteem waarbij steeds twee boomrijen gescheiden zijn door rijpaden (Afb.15). Meestal worden de bomen



Afb. 15. Het dubbelrij-systeem met Schone van Boskoop op M.9 waarbij steeds twee boomrijen geflankeerd zijn door een rijpad voor de trekker en de bomen in driehoeksverband geplant zijn op $4,50 + 1,60 \times 1,75$ m (1875 bomen per ha). Bij een enkelrij-systeem op $3,5 \times 1,5$ m komt men al op 1905 bomen per ha.

Fig. 15. The double-row system with Schone van Boskoop on M.9. Beds of two rows are separated by grassed alley ways and within the bed the trees are planted in a triangular design. Trees planted at $4.50 + 1.60 \times 1.75$ m giving "only" 1875 trees per ha, that is less than in a common single-row design of 3.50×1.50 m (1905 trees per ha).

Tabel 6. Totale opbrengsten van 1969 tot en met 1972 van een plantstelsysteemproef met Golden Delicious op M.9 op de proeftuin te Horst, geplaat voorjaar 1968.

Table 6. Accumulated yield from 1969 until 1972 of a plantingsystem trial with Golden Delicious on M.9 at the experimental garden at Horst, planted spring 1968.

	Enkelrij/Single row			Dubbelrij/Double row			Drierijsysteem/Three-row-system		
	Plant-afstand m	Kg/boom	Ton/ha	Plant-afstand m	Kg/boom	Ton/ha	Plant-afstand m	Kg/boom	Ton/ha
2500	3,33x1,20	36,7	83	3,33+(1,25x1,75)	39,9	90	3,33+(2x1,59)x1,84	40,1	90
3000	3,25x1,03	35,3	95	3,25+(1,15x1,50)	35,7	96	3,25+(2x1,42)x1,64	37,6	102
4000	3,00x0,83	28,6	103	3,00+(0,95x1,25)	34,6	125	3,00+(2x1,20)x1,39	35,4	127

Tabel 7. Opbrengst en vruchtgewicht van twee appelfrassen op M.9, geplaat in een enkelrij-systeem (3,25 x 1,25 m) of in een dubbelrij-systeem (3,50 + 1,25 x 1,25 m) te Wilhelminadorp. Plantdatum voorjaar 1968.

Table 7. Yield and fruit weight of two apple varieties on M.9, planted in a single row (3.25 x 1.25 m) or double-row design (3.50 + 1.25 x 1.25 m) at Wilhelminadorp. Spring 1968.

		Cox's Orange Pippin				Winston						
		Enkelrij		Dubbelrij		Enkelrij		Dubbelrij				
		Single row		Double row		Single row		Double row				
Kg/boom	1)	Vrucht-gew. (g)	Ton/0,9 ha	Kg/boom	Vrucht-gew. (g)	Ton/0,9 ha	Kg/boom	Vrucht-gew. (g)	Ton/0,9 ha			
1969	3,5	155	7,6	3,4	142	10,3	1,6	158	3,5	1,9	160	5,9
1970	6,6	133	14,7	6,6	114	20,1	5,5	119	12,2	5,8	115	17,6
1971	11,0	134	24,4	10,1	113	30,7	7,9	143	17,6	7,2	136	21,9
1972	5,3	128	11,8	5,5	126	16,8	4,8	129	10,7	6,5	131	19,8
Totaal	26		59	26		78	20		44	22		65
(±)												

1) Kg/tree 2) Fruit weight g. 3) Tons/ha

de theorie, dubbele rijen geven meer lichtonderschepping dan enkele rijen. Maar verder blijkt dat dicht geplante dubbelrijen wel een slechtere lichtverdeling in het gewas hebben dan enkele rijen. Op de proeftuin te Werkhoven vond men bij Golden Delicious in het vierde groeijaar een nadelig effect op de vruchtgrootte in de dubbelrij. Hetzelfde was het geval in dubbelrijen met Cox's Orange Pippin in het vierde groeijaar op de proeftuin te Numansdorp. Vermoedelijk is de slechte lichtverdeling in het gewas hiervoor verantwoordelijk. Het nadeel van dichte dubbelrijen uit zich dus na enkele jaren. Het zal moeilijk zijn om dan nog een goede beplanting te handhaven. Denkt men daarbij aan rooien van elke tweede rij dan verliest men de helft van de bomen en wordt de afstand tussen de rijen te ruim. Beide factoren zullen leiden tot een duidelijke terugval in opbrengst per ha. Al met al blijkt het een probleem te zijn de dubbelrij zò te planten dat men, via een duidelijk groter aantal bomen, blijvende kansen schept voor een zeer produktieve beplanting waar steeds kwalitatief hoogwaardig fruit uit komt. Kiest men voor een ruime dubbelrijbeplanting dan zal de opbrengst niet duidelijk uitkomen boven die van een enkelrij-systeem en haalt men zich wel een moeilijker verzorging van het gewas op de hals. Men sluit zich dan niet alleen af van verdere mechanisatie van teelthandelingen, men denke slechts aan het plukken met een Pluk-o-Trak, maar ook zonder dit blijkt de verzorging van het gewas meer moeilijkheden te geven dan bij de enkele rij. Plukkers blijken namelijk met meer tegenzin dubbelrijen te plukken dan enkele rijen; zij worden namelijk veel natter en moeten meer op de onbegroeide boomstroken lopen, wat zeker bij zware grond minder prettig is. Ook de onkruidbestrijding geeft meer moeilijkheden. Er moet immers meer zijdelings gespoten worden in verband met de brede boomstrook, en dit geeft meer kans op schade aan lage of aan doorhangende takken.

Het bovenstaande overziende kan het planten van dubbelrijen eigenlijk alleen maar afgeraden worden, mogelijk met uitzondering van bepaalde gevallen, waar door het rooien van tussenwindschermen of één of enkele rijen vruchtbomen teveel ruimte vrijkomt voor het planten van enkele rijen.

HET DRIERIJ-SYSTEEM

Een volgende stap in de beddenteelt is het drierijig bed, waarbij dus steeds gewasstroken bestaande uit drie rijen bomen afwisselen met rijpaden (Afb.19). Een "voordeel" van dit systeem boven de dubbelrij is dat, althans bij juist gekozen plantafstanden, een te dicht geworden beplanting door het rooien van de middelste rijen te herscheppen is in een normaal enkelrij-systeem. Een ander voordeel is dat inderdaad duidelijk meer bomen kunnen worden geplant dan in een enkelrij-systeem, waardoor de mogelijkheid van een snelle stijging van de produktie tot een hoog niveau geschapen is. Toch blijken wat dit betreft boomgaarden in dit systeem aangelegd te zijn, met minder bomen dan in een intensief enkelrij-systeem mogelijk is. Er zijn zelfs gevallen bekend waar minder dan 2000 bomen per ha zijn geplant. Een belangrijk voordeel van de beddenteelt is dan vervallen, namelijk de kans om via veel bomen snel veel fruit te plukken. Dit is dus onjuist. De praktijk beplantingen met drierij-systemen hebben echter meestal tussen de 3000 en 5000 bomen per ha (voor Golden Delicious en Winston), waarbij dus een



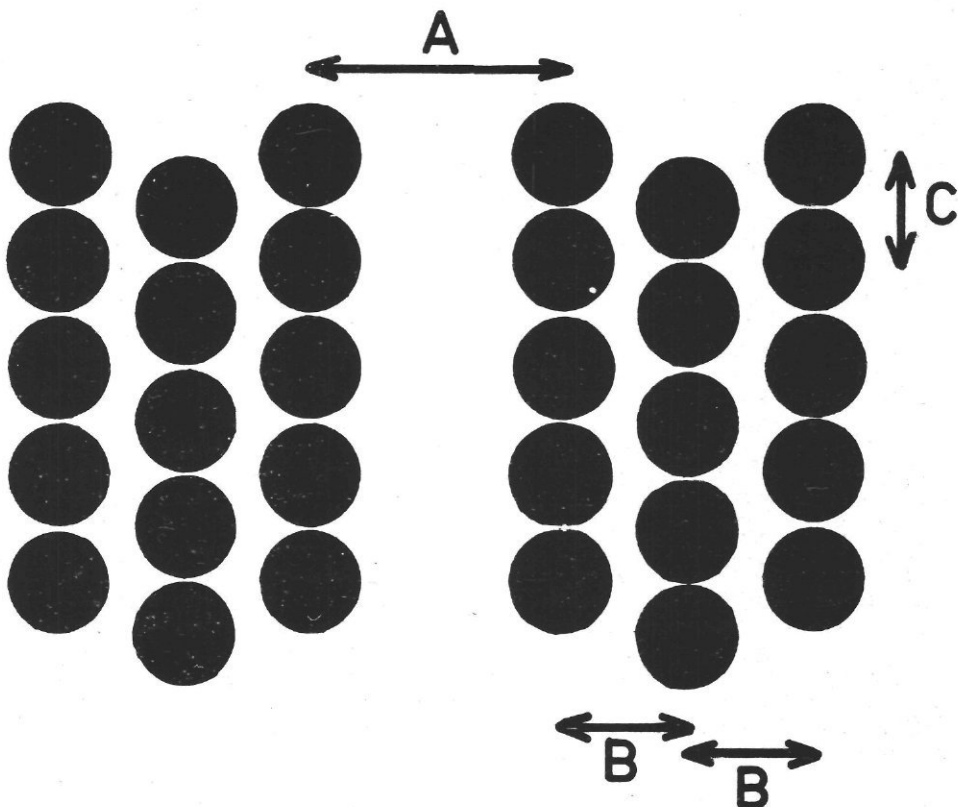
Afb. 19. Drierij-systeem, waarbij gewasstroken van drie rijen bomen afwisselen met rijpaden.

Fig. 19. Three-row system. Beds of three rows alternate with alley ways.

aansluiting gevonden is op de aantallen die in een enkelrij-systeem mogelijk zijn. Enkele voorkomende afstanden zijn voor Golden Delicious:

$a + (2 \times b)$	x	c	m
$3 + (2 \times 1,50)$	x	$1,25$	m met 3851 bomen per ha
$3,50 + (2 \times 1,75)$	x	1	m met 4291 bomen per ha
$3 + (2 \times 1,50)$	x	1	m met 5000 bomen per ha

De wijze van het aangeven van dit plantverband is ter verduidelijking in Afb.20 weergegeven.



Afb. 20. Wijze van weergeven van plantafstanden bij een drierij-systeem. Bij dit in de praktijk voorkomende systeem is het duidelijk dat de middelste rij slecht bereikbaar is.

Fig. 20. Representation of planting distances in a three-row system. In this particular case the accessibility of the middle row is bad.

In deze gevallen kan door het rooien van de middelste rij, een enkele rij beplanting ontstaan met de noodzakelijke gelijke afstanden tussen de rijen. De indruk bestaat dan ook dat het drierij-systeem door de meeste telers als tijdelijk wordt gezien, om spoedig tot hoge opbrengsten per ha te komen en wanneer de vruchtdracht en -kwaliteit van de middelste rij te wensen over gaat laten, deze dan te rooien. Het nadeel van de eerder genoemde plantafstanden is, dat de afstanden op de rij (1,25 m en 1 m) zó zijn dat de rijen snel gesloten hagen zullen vormen, zoals ook met de gekozen afstanden in Afb.20 het geval zal zijn. Hierdoor zal de middelste rij al zeer spoedig niet goed bereikbaar zijn, noch voor de mensen die moeten plukken, noch voor de gewasbeschermingsmiddelen, tenzij speciale apparatuur gebruikt wordt (Afb.22). Een drierij-systeem zal dus bij voorkeur zo geplant moeten worden dat ten eerste rooien van de middelste rij een bruikbare beplanting overlaat en ten tweede dat de middelste rij voldoende bereikbaar is vanaf de rijpaden. Houdt men aan deze eisen vast, dan vallen de aantallen bomen per ha echter tegen. Zulk een drierij-systeem

met Golden Delicious zal bijvoorbeeld geplant moeten zijn op $3,25 + (2 \times 1,625) \times 1,65$ m, wat maar 2800 bomen per ha oplevert of op $3 + (2 \times 1,50) \times 1,65$ wat 3015 bomen per ha geeft. Bij dergelijke, overigens verantwoorde, plantafstanden is geen enkele reden meer om drierij-systemen te planten. Deze aantallen bomen zijn immers met enkele-rijenteelt eveneens haalbaar en zijn de mogelijkheden voor mechanisatie van teelthandelingen veel beter. Dit is waarschijnlijk de reden dat men in de praktijk zò heeft geplant dat meer rekening gehouden is met het eventueel rooien dan met de bereikbaarheid van de middelste rij. Gezien het bovenstaande is het ook niet zinvol te denken aan een blijvend drierij-systeem. Over een tijdelijk drierij-systeem kan men verschillend denken. Eerst wat gegevens.

De oudste drierij-systemen dateren van het voorjaar van 1968. Op de proeftuin te Horst werd voorjaar 1968 een proef geplant waarin enkele rijen met dubbelrijen en drierijige bedden werden vergeleken. Wat betreft de opbrengsten zijn de resultaten weergegeven in Tabel 6. Uit Tabel 6 blijkt dat wanneer een zeker aantal bomen, bijvoorbeeld 4000, anders over de oppervlakte wordt verdeeld, de opbrengst in de eerste jaren wat kan variëren. Uit Tabel 6 blijkt dat rangschikking van een bepaald aantal bomen in drierij-systemen de opbrengst wat heeft verhoogd in vergelijking met een enkelrij-systeem. Dit ligt aan de wat hogere kg-opbrengst per boom, wat ongetwijfeld voortkomt uit de wat grotere bomen in de drierij-systemen, omdat de standruimte per boom daar wat groter is dan in de enkele rijen. Binnen elk systeem blijkt voorts uit Tabel 6 dat opvoering van het aantal bomen per ha ook de opbrengst heeft vergroot. Dit is hier alleen te danken aan het aantal bomen en niet aan de opbrengst per boom, omdat deze juist steeds lager blijkt te worden, naarmate dichter werd geplant. Uit Tabel 6 blijkt ook dat in een drierij-systeem de bomen ook bij grote aantallen per ha (bijv. 4000) toch nog vrij veel ruimte ter beschikking hebben in vergelijking met een enkelrij-systeem.

In Tabel 8 zijn van vier rassen de opbrengsten van enkele praktijkbedrijven over de eerste vijf jaren vermeld, waaruit blijkt dat ook in de praktijk tot die leeftijd goede opbrengsten mogelijk zijn. Vergelijking met de eerste vijf groeijaren van dezelfde rassen in intensieve enkelrij-systemen in andere bedrijven (Tabel 4), leert dat de verhoging van het aantal bomen inderdaad de opbrengst in de aanlooperperiode belangrijk heeft verhoogd, behalve bij Golden Delicious.

Naast de opbrengsten nu ook nog wat meningen uit de praktijk van hen die enkele jaren een drierij-systeem hebben verzorgd. Het is gebleken dat de produktie en de kwaliteit in het bed bij kleine plantafstanden na enkele jaren gaan teruglopen. De te geringe belichting wordt hiervoor verantwoordelijk gesteld, alsmede het feit dat de gewasbeschermingsmiddelen minder goed doordringen tot het midden van het bed. Vooral wat betreft schurft- en spintbestrijding worden moeilijkheden gemeld. Misschien kan de gewasbescherming wel verbeterd worden door langzamer te rijden of met speciale spuitapparatuur (Afb.22), zodat dit geen doorslaggevend nadeel behoeft te zijn. Het teruglopen van produktie en kwaliteit als gevolg van de belichting kan echter zòdanig zijn dat de middelste rij na ongeveer vier jaar gerooid moet worden. Een ernstig nadeel blijft dat een drierij-systeem als zòdanig niet zo makkelijk bewerkbaar is als een enkelrij systeem. Men denke slechts aan de snoei en de pluk. Het kan dus zijn dat terwille van hoge opbrengsten in de jeugd, dus terwille van hoge produktie per ha, aan produktie per manuur wordt opgeofferd via de keuze voor een moeilijker

Tabel 8. Opbrengst in ton/ha van enkele appelrassen op M.9, geplant voorjaar 1968 in drierij-systemen op enkele praktijkbedrijven.

Table 8. Yield in tons/ha of several apple varieties on M.9, planted spring 1968 in three-row systems on commercial holdings.

	Cox's Orange Pippin	Schone van Boskoop	Golden Delicious	Winston
Plant-afstand				
Planting distance	3+(2x2)x1.25m	3+(2x2)x1.25m	3+(2x1.5)x1 m	3+(2x1.50)x1.20m
Bomen/0,9 ha Trees/0.9 ha	3086	3086	4500	3750
1968	-	-	-	-
1969	6	-	5	5
1970	8	11	10	15
1971	24	49	37	26
1972	<u>19</u> * [‡]	<u>29</u> * [‡]	<u>41</u>	<u>28</u>
Totaal	57	89	93	74
Gem./jaar ¹⁾	14	22	23	19

1) Vanaf 2e groeijaar / Average/year after 1st growing season

* Hagelschade / Hail damage

te bewerken drierij-systeem. Of het tijdelijke drierij-systeem succesvol zal zijn, hangt ook af van het feit of men de bomen van de middelste rij op tijd rooit en of men de bomen zelf nog kan planten of kan verkopen. In elk geval moeten, wanneer men kiest voor het tijdelijke drierij-systeem de afstanden tussen de boomrijen zó zijn, dat na rooien een goede enkelrij boomgaard overblijft. Men dient ook goed te beseffen dat naast het voordeel van hoge opbrengsten in de jeugd, nadelen staan zoals een hoge investering en een moeilijke verzorging van het gewas ook al in de eerste jaren. Ook dient men de arbeidskosten nodig voor het rooien van de bomen van middelste rijen op oudere leeftijd niet te onderschatten.

DE VIER-, VIJF- EN ZESRIJ-SYSTEMEN

Bij nog verder terugdringen van het aantal rijpaden dan bij het drierij-systeem mogelijk is, komt men bij de vier-, vijf- en zesrij-systemen uit. Deze systemen worden hier gezamenlijk behandeld omdat er principieel niet zo veel verschil tussen bestaat. Men krijgt hier te maken met de teelt op brede bedden van vier, vijf of zes rijen breed afgewisseld door rijpaden (Afb.21 a en b).



Afb. 21a. Zesrijig bed van Golden Delicious op M.9 aan het einde van het vierde groeiseizoen met 2 m² standruimte per boom in het bed. Foto Instituut voor Tuinbouwtechniek te Wageningen.

Fig. 21a. Six-row system with Golden Delicious on M.9 at the end of the fourth growing season with 2 m² space per tree within the bed. Photo Institute of Horticultural Engineering at Wageningen.

Ook bij deze systemen kan men in principe denken aan het roeien van hele rijen, wanneer de aanplant na een aantal jaren te dicht dreigt te worden. De plantafstanden moeten dan zodanig zijn dat goede enkelrij-systemen overblijven. Een andere gedachtengang is echter zò te planten dat per boom genoeg ruimte gegeven wordt - wat mogelijk is omdat zoveel ruimte in beslagnemende paden zijn vervallen - om alle bomen blijvend in de bedden te kunnen handhaven. In dit geval streeft men dus niet naar maximale aantallen bomen per ha, maar naar zulke aantallen dat met behoud van een voldoende standruimte per boom toch vrij veel bomen per ha kunnen worden geplant. In een bed kàn de boom namelijk een beter verdeelde ruimte tot zijn beschikking hebben dan in een dicht enkelrij-systeem, waarbij er slechts voldoende ruimte aan twee kanten bestaat (dwars op de rij).

Het blijkt dat de vier-, vijf- of zesrij-systemen die in de praktijk zijn geplant niet meer bomen per ha opleveren dan maximaal circa 5000, waarbij dus geen verdere stijging boven de aantallen van

De teelt op het dicht geplante bed leverde tot nu toe geen moeilijkheden op. Opgemerkt moet echter worden dat 3 m² per boom geldt voor de bomen in het bed, dus zonder de rijpaden. Dit betekent dat met de rijpaden meegerekend meer dan 3 m² standruimte per boom gemoeid is of wel dat minder dan 3300 bomen per ha geplant worden. De dichte beplanting in deze proef komt dus nog niet overeen met de dichtheid in een 3 x 1 m enkelrij beplanting. Hoe is het nu, wanneer deze grens wel duidelijk overschreden wordt. Een antwoord op deze vraag geeft een volgende proef van Verheij en medewerkers, welke ook kort geleden gepubliceerd werd (39). Enkele gegevens van publikatie 39 aangevuld met die van 1972 zijn weergegeven in Tabel 10.

In deze proef werd Golden Delicious op M.9 geplant in het voorjaar van 1968 in brede bedden met 6 m² of 2 m² (Afb. 21a) standruimte per boom, zowel in rechthoeksverband als in driehoeksverband. Bij het rechthoeksverband was de afstand tussen de dwarsrijtjes in het bed 2,5 x zo groot als de afstand tussen de bomen in deze rijtjes. Bij het driehoeksverband daarentegen was elke boom door zes buurbomen omringd op gelijke afstand. Omdat de rechthoeksverbanden wat meer toegankelijk zijn en daarom meer praktisch, zullen alleen de gegevens hiervan behandeld worden, ook al omdat wat resultaten betreft nog geen opvallende

Tabel 10. Resultaten beddenteelt Golden Delicious op M.9, geplant voorjaar 1968 in rechthoeksverband te Wageningen. Gegevens gedeeltelijk van Verheij et al. (39).

Table 10. Results of bed system of Golden Delicious on M.9, rectangularly planted spring 1968. Data partly from Verheij et al. (39).

	Standruimte/boom Space/tree	
	6 m ²	2 m ²
Ton/ha 1968-1972	83,2	155,4
% vruchten > 70 mm 1972	39	44
% fruits > 70 mm 1972		
% lichtverlies 1972 1)	37	16
% light loss 1972		
Stamdoorsnee eind 1971 cm ²	19,9	14,7
Trunk cross sect. area end 1971 cm ²		
Slankheid bomen eind 1971 2)	0,22	0,33
Slenderness trees end 1971		

- 1) Van het per etmaal binnenvallende licht, gemeten op de grond in het bed.
Of light invading per 24^h measured on the ground within the bed.
- 2) Verhouding van stamdoorsnee gemeten op 1,20 m en 0,20 m boven de veredeling.
Ratio between trunk cross sectional area at 1.20 m and 0.20 m above union.

verschillen bestonden tussen de twee plantwijzen. Tabel 10 leert dat bij geringe standruimte per boom (2 m^2), dus veel bomen per eenheid van oppervlakte, veel meer fruit wordt geoogst in de eerste vijf groeijaren dan bij een ruime standruimte (6 m^2). Duidelijk was echter ook dat de opbrengst per eenheid van groei lager is in geval van de 2 m^2 per boom, ondanks het feit dat ook de groei zelf al minder is (zie stamontrek). Verheij (39) stelde dan ook dat in een dicht gewas de vruchtdracht méér lijdt onder de concurrentie tussen de bomen dan de groei. Aan de cijfers inzake de slankheid in Tabel 10 is te zien, dat een dichte beplanting meer kopgroei geeft dan een ruime; hoge waarden wijzen immers op topzware bomen. Uit de cijfers over de vruchtgrootte blijkt nog geen duidelijk verschil ten nadele van het dichtste gewas. Beide plantverbanden droegen te veel kleine vruchten. Overduidelijk, tenslotte, is het feit dat de dichte beplanting veel meer licht opvangt en dus minder licht tot op de grond doorlaat dan de ruime beplanting. De lichtonderschepping is dus veel beter, wat ook een van de doelstellingen van de beddenteelt is. Deze proef leert dus dat er een toenemende concurrentie is tussen de bomen bij kleiner wordende standruimte, waarbij de concurrentie om licht zeker een rol speelt. Door deze concurrentie blijven groei en vruchtdracht per boom (niet per ha) achter en gaan de bomen meer in de kop groeien. Met dit alles zal dan bij zeer dicht geplante boomgaarden rekening gehouden moeten worden. De enorme winst aan tonnen fruit - ± 72 ton per ha over vijf jaar in dit geval - vormen echter een belangrijk voordeel tegenover genoemde nadelen.

Deze tendenzen blijken ook aanwezig in een volgende proef van Verheij (40), waarin nog dichter werd geplant (zie Tabel 11). Uit Tabel 11 blijkt duidelijk dat hoe minder standruimte per boom, dus hoe meer bomen per eenheid van oppervlakte, hoe meer tonnen fruit geoogst kunnen worden. Bij $1,5 \text{ m}^2$ per boom werd in de eerste vijf jaar reeds ongeveer 170 ton fruit netto per ha geoogst. Het bleek uit het opbrengstverloop echter dat bij deze $1,5 \text{ m}^2$ per boom de vruchtdracht al in 1971 teruggelopen was in vergelijking met 1970, wat bij 3 (Afb. 21b) en $4,5 \text{ m}^2$ per boom niet het geval was. De vruchtdracht leed dus in het vierde groeijaar al sterk onder de concurrentie in het dichtste gewas. Ook bleek uit de gegevens over de kg per cm^2 stamontrek, dat de dracht per eenheid van groei vooral sterk daalde van 3 naar $1,5 \text{ m}^2$ per boom, waarbij opviel dat dit bij Golden Delicious sterker optrad dan bij het spurtype. De gedrongen groeiende spurmutant heeft dus kennelijk minder last van de concurrentie en zal zich dus beter lenen voor de beddenteelt. Uit Tabel 11 blijkt verder dat de vruchtgrootte in 1972 bij $4,5$ of 3 m^2 per boom ongeveer gelijk lag, maar dat de vruchtgrootte duidelijk nadelig beïnvloed was bij $1,5 \text{ m}^2$ standruimte per boom. Ook hier bleek dit minder het geval bij het spurtype. Ook wat dit betreft leent het spurtype zich dus beter voor de beddenteelt. Volgens Verheij en medewerkers (40) werd de kopgroei bij de normale Golden Delicious ook veel duidelijker bevorderd door het steeds dichter planten dan bij de Golden Auvil Spur. Verheij en medewerkers stellen dat bomen op een standruimte van $1,5 \text{ m}^2$ per boom in het derde en vierde groeijaar wel ongekend veel produceren, maar dat de problemen wat betreft groei beheersing, handhaving van productie en vrucht kwaliteit zo groot zullen worden dat binnen enkele jaren zal moeten worden gerooid.

Wil men dus een blijvende beplanting met meerrijige bedden dan blijkt uit de Tabel 11 wel dat voor Golden Delicious $1,5 \text{ m}^2$ per boom te weinig is. Deze indruk bestaat echter ook voor 2 m^2 per boom, waar

Tabel 11. Resultaten beddenteelt van Golden Delicious op M.9 en Golden Auvil Spur op M.26, geplant voorjaar 1968 te Wageningen. Gegevens gedeeltelijk van Verheij et al. (40).

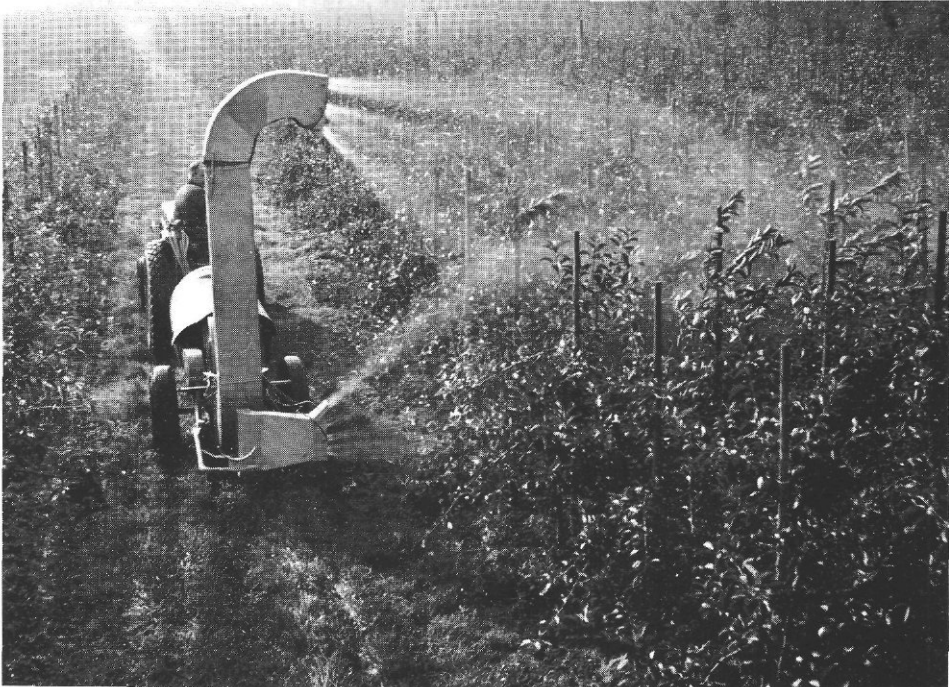
Table 11. Results of bed system with Golden Delicious on M.9 and Golden Auvil Spur on M.26, planted spring 1968 at Wageningen. Data partly from Verheij et al. (40).

	Golden Delicious			Golden Auvil Spur		
	<u>m²/boom</u>	<u>m²/tree</u>	<u>m²/tree</u>	<u>m²/boom</u>	<u>m²/tree</u>	<u>m²/tree</u>
	4,5	3	1,5	4,5	3	1,5
Ton/ha 1968-1972	74,8	106,1	170,1	83,3	129,2	167,6
% vruchten >70 mm 1972	58	56	33	56	51	46
% fruits >70 mm 1972						
Stamdoorsnee eind 1971 cm ²	12,8	14,1	10,1	15,2	12,7	10,5
Trunk cross sect. area end 1971 cm ²						

de grens precies ligt is niet goed te zeggen. Wanneer echter de grens van de standruimte per boom bij ongeveer 3 m² zou liggen, is het niet langer zo zinvol aan beddenteelt te denken; immers ook een 3 x 1 m beplanting heeft 3 m² standruimte per boom, zij het minder goed verdeeld dan in de beddenteelt. Maar in deze enkele rijen heeft men geen moeilijkheden met de verzorging van het gewas noch met de pluk. Denkt men aan een tijdelijke beddenteelt dan ligt de zaak wel wat anders en kan men profiteren van de zeer hoge produktie in de eerste jaren na aanleg van de boomgaard. Wel zal men al spoedig moeten rooien, waarbij de rijen dan zo geplant moeten zijn, dat na het rooien een goede beplanting overblijft. Tijdig rooien is trouwens ook nodig om de bomen nog elders te kunnen planten. Wanneer gerooid moet worden is niet precies te zeggen. Mogelijk reeds na het derde of vierde groeijaar. Het met opzet kiezen van te kleine (foutieve) plantafstand voor een tijdelijke beddenteelt lijkt echter geen gezond standpunt. In de praktijk is namelijk al gebleken dat het rooien en weer planten van oudere bomen een zeer tijdrovend en daardoor duur werk is. Tevens moet men er rekening mee houden dat op de vrij gekomen stroken moeilijkheden te verwachten zijn in verband met grasbegroeiing als gevolg van de jaarlijks toegediende onkruidbestrijdingsmiddelen.

Vanuit de praktijk komen verder, naast de voordelen van een snelle produktiestijging, dezelfde nadelen naar voren als reeds genoemd bij de dubbele rijen en het drierij-systeem. Moeilijkheden met de gewasbescherming vooral bij brede bedden, met name wat spint betreft. De praktijk heeft geleerd dat een aangepaste spuit (Afb. 22) een noodzaak is om van goede resultaten verzekerd te zijn en dat de bedbreedte met deze spuitapparatuur niet breder dan 6 tot 7 m kan zijn. Verder blijken plukkers minder graag in de meerrij-systemen te plukken en is uiteraard elke mechanisatie (snoei, pluk) uitgesloten of veel moeilijker uit te voeren. Het zal duidelijk zijn dat de pluk uitsluitend met stapel-

kisten en plukkersonderlossers moet gebeuren. Het plukken met pluk-sleden moet ontraden worden, omdat op deze manier te grote loopafstanden ontstaan.



Afb. 22. Aangepaste spuitapparatuur voor de gewasbescherming in de beddenteelt. Foto Instituut voor Tuinbouwtechniek te Wageningen.

Fig. 22. Adapted spraying machine for disease and pest control in multi-row orchards. Photo Institute of Horticultural Engineering at Wageningen.

Vergelijking van enkele van de hier besproken plantsystemen op één plaats is mogelijk dankzij een op de proeftuin te Ulestraten in het voorjaar van 1967 aangelegde proef met verschillende systemen met Golden Delicious op M.9 (20, 21). In Tabel 12 zijn de verschillende plantsystemen en de resultaten over de eerste zes jaar vermeld. Het blijkt dat in het derde groeijaar de opbrengst in kg per boom in de dichtste beplantingen wat hoger lag, wat toegeschreven wordt aan de betere beschutting. De binnenste rijen in de bedden droegen namelijk beter dan de buitenste (20). In het vierde groeijaar gaat in de beplantingen met 3650 en 3750 bomen per ha de kg-opbrengst per boom achteruit, in het vijfde groeijaar gevolgd door alle beplantingen met meer dan 2500 bomen per ha. In het zesde groeijaar was echter alleen de opbrengst per boom in de dichtste bedden weer wat geringer. Door het aantal bomen worden deze verliezen per boom echter ruim gecompenseerd

* Five-row system	1) Fruits/tree
** Six-row system	2) Kg/tree

Rechthoeksverbanden verdienen wat bewerkbaarheid betreft dus de voorkeur (Afb.23). Tabel 12 leert verder dat een toename van het aantal bomen per ha door een andere rangschikking der bomen inderdaad heeft geleid tot een duidelijke winst aan produktie per ha. Wel moet gezegd worden dat het enkelrij-systeem in deze proef te ruim geplant was, waardoor de ha-opbrengsten van dit systeem tegenvielen. De verschillen in opbrengst tussen dit systeem en de vijf- en zesrij-systemen zijn daardoor overtrokken. Opgemerkt moet ook worden dat het aantal bomen per ha in de vijf- en zesrijige bedden te Ulestraten maar enkele honderden ligt boven dat van een eenrijige 3 x 1 m beplanting.



Afb. 23. Kijkje in een zesrijig bed van Golden Delicious op M.9 in het vierde groeijaar. Bomen geplant op $3,50 + (5 \times 1,08) \times 1,83$ m op de proeftuin te Ulestraten (3650 bomen per ha).

Fig. 23. View in six-row system with Golden Delicious on M.9 in the fourth growing season. Trees planted at $3.50 + (5 \times 1.08) \times 1.83$ m at the experimental garden at Ulestraten (3650 trees/ha).

Opbrengsten van vijf- en zesrijige systemen van praktijkbedrijven stonden niet ter beschikking, omdat de beplantingen van dit type op bedrijven nog te jong zijn, zodat hierover niets gezegd kan worden.

DE KEUZE TUSSEN ENKELRIJ-SYSTEEM EN MEERRIJ-SYSTEMEN

Wanneer men een boomgaard gaat planten dan heeft men de keuze uit alle hiervoor genoemde plantsystemen. Uit het voorgaande is wel gebleken dat het planten van meerrijige bedden één groot voordeel heeft, namelijk dat van een hogere aanvangsproduktie, wanneer tenminste méér bomen werden geplant dan in een modern enkelrij-systeem mogelijk is. Het planten van duidelijk meer bomen in een beddenteelt-systeem dan in een enkelrij-systeem is echter alleen mogelijk wanneer vrij dicht geplant wordt. Wil men echter de beddenteelt toegankelijk houden dan zijn ook hier grenzen. Van het maximale effect van veel meer bomen in het bed zal alléén geprofiteerd kunnen worden als aan toegankelijkheid wordt opgeofferd, en dat zal alleen kunnen als men voor een tijdelijke beddenteelt kiest. Deze tijdelijke beddenteelt moet dan wel zo geplant zijn dat na rooien een goede enkelrij boomgaard resteert.

Wat dubbelrijen betreft, werd reeds geconcludeerd dat deze beter niet geplant kunnen worden. Of de dubbelrij wordt zo geplant dat ze toegankelijk blijft en dan komt het aantal bomen niet duidelijk uit boven dat van een enkelrij-systeem, òf de dubbelrij wordt veel dichter geplant met als gevolg dat de aanplant na een aantal jaren te dicht zal zijn geworden. Rooien van hele rijen in een dubbelrij-beplanting is een schadelijke zaak, omdat te ruime paden overblijven. Mede gelet op de grotere moeilijkheden bij de verzorging van het gewas zijn daarom dubbelrij-boomgaarden af te raden.

Bij het drierij-systeem hebben we gezien dat eventueel wel voor het tijdelijke drierij-systeem gekozen kan worden maar niet voor het blijvende. In het laatste geval namelijk moet de bereikbaarheid van de middelste rij gewaarborgd zijn, wat zodanige plantafstanden vereist, dat geen grote winst aan bomen per ha ontstaat boven het enkelrij-systeem, terwijl de verzorging veel moeilijker is. Bij het tijdelijke dicht geplante drierij-systeem is er wel winst aan bomen per ha, de bereikbaarheid van de middelste rij zal dan wel moeilijker zijn, maar dit duurt slechts enkele jaren. In geval van de tijdelijke beplanting moeten echter de rijen in het bed zo ver van elkaar geplant worden dat na rooien een beplanting overblijft met een uniforme rijpadbreedte. De nadelen van dit systeem, zoals de meer-investering, de moeilijke verzorging en hoge kosten van rooien en verplanten, zullen goed overwogen moeten worden, vòòrdat men besluit een tijdelijk drierij-systeem te planten.

Wat vijf- en zesrij-systemen betreft moet gezegd worden dat bij blijvende systemen, in verband met de vruchtkwaliteit na enkele jaren (Tabel 13), de afstanden zo ruim genomen zullen moeten worden, dat niet veel winst aan bomen per ha wordt bereikt, terwijl de verzorging van het gewas een moeilijk punt blijft. Voor tijdelijke veelrijige bedden gelden dezelfde nadelen als genoemd voor de tijdelijke drierij-systemen, welke zullen moeten afgewogen worden tegen de voordelen van hoge aanvangsproducties. Kan men tijdelijke meerrij-systemen dus nog wel overwegen, permanente systemen moeten bij de huidige ras-onderstam combinaties ontraden worden. De verzorging van enkele rijen is zoveel

eenvoudiger en de risico's wat betreft vruchtkwaliteit zijn bekend. Het is mogelijk dat in de toekomst, wanneer door middel van andere ras-onderstam combinaties de groei beter beheerst zal kunnen worden, permanente meerrij-systemen wel geplant zullen kunnen worden. Dit zal echter wel de ontwikkeling van aangepaste mechanisatie vragen.

NIEUWE MOGELIJKHEDEN ?

De ontwikkelingen in het plantsysteem gaan door. Er zijn thans twee ontwikkelingen die de aandacht vragen, zij het dat ze nog ver van algemene praktische toepassing staan. Alléén om de meningsvorming over het onderwerp plantsystemen te bevorderen zijn de hierna genoemde plantwijzen opgenomen.

DE VOLVELDSBEPLANTING

In de volveldsbeplanting zijn er geen brede gewasstroken gescheiden door rijpaden meer, maar zijn de bomen zo gelijkmatig mogelijk over de oppervlakte verdeeld. De rijafstanden zijn daarbij zo klein gekozen dat de trekker niet meer langs de rijen kan rijden en gedacht wordt de verzorging uit te voeren met behulp van een portaaltrekker. Het is dus een extreme vorm van het enkelrij-systeem. In de praktijk is een dergelijke boomgaard aangeplant op 2 x 1,25 m (3600 bomen netto per ha). In de proeftuin te Wilhelminadorp is dit ook gedaan met dezelfde afstand maar daarnaast ook op 1,50 x 0,80 m (7500 bomen netto per ha) (Afb.24). Te Wilhelminadorp zal de gewasbescherming en onkruidbestrijding uitgevoerd gaan worden met een beregeningsinstallatie.

De grote problemen met deze systemen, naast de hoge investering, zijn de snoei (afvoer snoeihout) en vooral de pluk (afvoer fruit). De gedachten wat betreft de afvoer van het fruit gaan in de richting van de sleepband, door de heer Wiedenhoff van het Consultantschap voor de Tuinbouw te Goes uitgedacht en beschreven (49). De methode komt neer op het uitbrengen van een lange kunststoffen band van ongeveer 1 m breed tussen de rijen, waarop de plukkers via de plukker met onderlosser het fruit neerleggen. De met fruit belegde banden worden dan met een motorlier, welke op de dwarspaden en/of kopeinden staan, ingetrokken. De vruchten komen dan via een opvoertransporteur op een sorteermachine en via automatische kistenvullers in stapelkisten, zoals bij de Pluk-o-Trak. Of dit systeem zal werken moet worden afgewacht. Aangezien het systeem een geheel eigen mechanisatie vergt en ook niet bekend is of de aanplantingen veel kwalitatief goed fruit over een reeks van jaren kunnen voortbrengen, is een afwachtende houding ten opzichte van dergelijke systemen gewenst. Wel is het goed deze nieuwe ontwikkeling nauwlettend te volgen.



Afb. 24. Volveldsbeplanting van Melrose op M.9 geplant op 1,50 x 0,80 m (7500 bomen netto per ha) op de proeftuin te Wilhelminadorp aan het begin van het eerste groeijaar.

Fig. 24. Full-field plantation of Melrose on M.9 planted at 1.50 x 0.80 m or net 7500 trees per ha on the experimental garden at Wilhelminadorp at the start of the first growing season.

DE "MEADOW ORCHARD" OF DE KWEKERIJ-BOOMGAARD

Een plantsysteem dat nog geheel in de onderzoekfase verkeert is de zogenaamde "meadow orchard", welk systeem ontwikkeld wordt door Prof. J.P. Hudson en medewerkers van het Engelse proefstation te Long Ashton bij Bristol. Het systeem bestaat uit op MM 106 veredelde bomen, welke zeer dicht zijn geplant, namelijk op 0,45 x 0,30 m. Deze "boomgaard" lijkt zo zeer op een kwekerij dat voor Nederland de naam kwekerij-boomgaard wordt voorgesteld. De werkwijze is als volgt. Onderstammen worden op bovengenoemde afstand geplant en geoculeerd. De scheut die uit de oculatie komt, moet reeds in het eerste groeijaar bloemknoppen aanleggen, waartoe de remstof Alar wordt toegepast bij een hoogte van ongeveer 50 cm. In het tweede jaar moet de plant vruchten dragen. Dit laatste wordt ook ten gunste beïnvloed door ook in het tweede jaar Alar toe te passen, nu kort na de bloei om via de

groeiremming de zetting te verbeteren (minder concurrentie voor de vruchtjes). Na de oogst worden de bomen afgeknipt tot op enkele cm boven de veredeling. Dit kort na de oogst afknippen gebeurt om nabootsing te krijgen van een eventuele machinale oogst, waarbij plant met vruchten in een "maaidorser" gaan. De afgeknipte stomp moet in het derde jaar weer uitlopen waarna met een nieuwe scheut de volgende cyclus kan beginnen.

De gedachten die Hudson en medewerkers tot dit systeem hebben gebracht zijn de volgende:

- Kapitaal zal in de toekomst alléén voor investeringen in de fruitteelt beschikbaar zijn, wanneer een redelijke verwachting bestaat over een vroege beloning.
- Losse arbeid zal in de toekomst steeds moeilijker te krijgen zijn en de tijd kan zelfs komen dat werk niet meer gedaan wordt, tenzij door een machine.
- Goede grond zal steeds schaarser worden, vooral in dicht bevolkte gebieden, wat een doelmatig gebruik van overblijvende gronden noodzakelijk maakt.
- De vraag naar uniformiteit van het geteelde produkt zal hoog zijn (bij het hoofdstuk belichting zagen we al dat een ondiepe horizontale tafel van bomen het meest gunstig is voor de lichtopvang). De stand van alle vruchtdragende takken moet ten opzichte van het licht dezelfde zijn voor een zo groot mogelijke uniformiteit van het produkt.
- De vruchtboom heeft een "onbevredigende" structuur. Te veel assimilaten gebruikt voor hout-, in plaats van voor vruchtproduktie, de opbouw van de kroon is te wanordelijk wat ongelijke kansen schept voor de vruchten op verschillende plaatsen (namelijk ten aanzien van belichting, aanvoer van assimilaten en voedingsstoffen).

Dit alles leidde bij Hudson c.s. tot de vraag, waarom zouden we nog fruit aan bomen telen. In de beschreven kwekerij-boomgaard denken ze een mogelijkheid te hebben om aan al bovengenoemde punten tegemoet te komen.

Uiteraard zijn de problemen vele. Het eerste probleem is het grote aantal benodigde bomen (74.000 bomen per ha bij genoemde afstand). Dit is dan ook de reden dat met het onderzoek naar de mogelijkheid van stekken van appelrassen een aanvang is gemaakt.

Een tweede probleem is dat de hergroei uit de afgeknipte stompen zich niet beperkt tot één scheut, maar dat meerdere scheuten ontstaan. Wil men slechts één scheut, dan moeten deze vroeg - met de hand voorlopig nog - op één gezet worden.

Een derde probleem is dat de bomen niet alle even goed blijken te bloeien en te dragen, wat de produktie drukt. Dit, samen met het onproduktieve jaar na afmaaien, betekent een ernstige vermindering van de gemiddelde ha-opbrengst. Tot nu toe ligt de gemiddelde produktie niet hoger dan 30 ton per jaar. Het onderzoek is dus nog lang niet afgesloten. In de winter 1972/73 wordt op de proeftuinen te Kraggenburg, Numansdorp en Wilhelminadorp dit systeem op kleine schaal aangelegd, om de ontwikkeling te kunnen volgen. Het systeem staat nog ver van de praktische fruitteelt af. De belangstellende lezer wordt verwezen naar de publikaties 5, 11 en 23.

HET PLANTSYSTEEM VOOR PEER

Zoals vermeld in de inleiding is de intensivering van het plantverband bij peren wat minder ver voortgegaan dan bij appels. De redenen daarvan zijn dat perebomen in het algemeen sterker groeien dan appelbomen en ook minder (vroeg) vruchtbaar zijn. Beide factoren maken dat het moeilijk is zeer dicht te planten. Immers, bij een kleine plantafstand zal het moeilijker zijn een pereboom in de hand te houden en bovendien hangt de winst van het dicht planten voor een groot deel af van de opbrengst die in de eerste jaren na het planten wordt verkregen. Kan een appelboom reeds in het tweede jaar na planten vrucht dragen, de pereboom niet. Afhankelijk van het ras kan het drie tot zes jaar duren voor de eerste vruchten verschijnen.

Ondanks dit alles blijkt dat ook bij peer intensivering van het plantsysteem nuttig is. Uit een proef met verschillende pererassen op de proeftuin te Numansdorp is dit duidelijk gebleken. In deze proef, beschreven door Uitterlinden (32) en Westerlaken en Reedijk (48) werden struiken, geplant op 4 x 3,75 m, vergeleken met spillen, geplant op 4 x 1,87 m. Netto per ha waren dus 600 struiken tegen 1200 spillen geplant. In Tabel 14 zijn de opbrengsten in ton per ha weergegeven voor de eerste tien jaar en voor de daaropvolgende acht jaar afzonderlijk. Het blijkt uit Tabel 14 dat dichter planten de opbrengst per ha in de jeugdperiode heeft vergroot. Dit gold ook voor andere niet in de Tabel 14 opgenomen pererassen (32).

Tabel 14. Opbrengst in ton per ha van boomvormenproef met peer op de proeftuin te Numansdorp. Gegevens van Westerlaken en Reedijk (48).

Table 14. Yield in tons per ha of tree shape trial with pear on the experimental garden at Numansdorp. Data from Westerlaken and Reedijk (48).

Periode	Bonne Louise		Conference		Doyenné du		Beurré Hardy	
	d'Avranches				Comice			
Period	Spil	Struik	Spil	Struik	Spil	Struik	Spil	Struik
	Spindle	Bush	Spindle	Bush	Spindle	Bush	Spindle	Bush
3e-10e jaar	170	74	148	90	139	98	159	128
3rd-10th year								
11e-18e jaar	303	230	301	307	218	222	203	260
11th-18th year								
Totaal/Total	473	304	449	397	357	320	362	388



Afb. 25. Boom van Doyenné du Comice op Kwee Adams in het vijfde groei-
jaar. Deze onderstam induceert een vroeger vruchtbaarheid
bij peer dan Kwee A. Vroege vruchtdracht nu is één van de
eerste vereisten die vervuld moeten zijn, vóór dat aan dicht
planten gedacht kan worden (Foto Consulentenschap voor de
Tuinbouw te Barendrecht).

Fig. 25. Tree of Doyenné du Comice on quince Adams in the fifth growing
season. Quince Adams induces a precocious and high productivity
in comparison with quince A. Earliness of productivity is a
prerequisite for high density plantings. (Photo Horticultural
Extension Service at Barendrecht)

Vanaf het elfde jaar is het verschil ten gunste van de spil alleen nog aanwezig bij Bonne Louise d'Avranches; bij Conference en Doyenné du Comice was er geen verschil in ha-opbrengst, en bij Beurré Hardy wonnen de struiken het van de spullen. Totaal bezien echter moet uit de cijfers van Tabel 14 besloten worden dat het zinvol is spullen te telen en geen struiken. Daar komt bij dat de spullen ook wel wat goedkoper te verzorgen zullen zijn. Opgemerkt moet worden dat deze proef werd geplant en opgekweekt in een tijd dat nog niet veel ervaring met de opkweek van de perespil bestond. Gezien de verbeterde inzichten in de snoei maar ook in het gebruik van groeiregulatoren zullen de resultaten voor betrekkelijk dicht geplante perespullen beter kunnen zijn, dan in de onderhavige proef. Dit geldt zeker voor Beurré Hardy die zo gunstig reageert op de combinatie: inkorten van tweejarige takken tot op de laatste gemengde knop, de toepassing van gibberella-zuur tijdens de bloei en de toepassing van de remstof chloormequat (CCC) na de bloei (26).

Wat dit laatste betreft vermeldt Reedijk (26) een winst van 36 kg per boom voor Beurré Hardy over drie jaren, wanneer de bomen vier jaar achter elkaar met chloormequat waren bespoten en dit terwijl de bespoten bomen belangrijker kleiner waren dan de onbehandelde bomen. Gelet op de boomgrootte zouden de bespoten bomen op 3,5 x 2 m en de onbespoten bomen op 4 x 2½ m hebben moeten staan. Over de drie opbrengstjaren zou dan de opbrengst van de geremde bomen 186 ton per ha hebben bedragen tegen 98 ton voor de onbespoten bomen. Het is duidelijk dat met de huidige teelttechniek dus wat dichter kan worden geplant.

Het is mogelijk dat wanneer men tot het opwekken van vroegere vruchtdracht en tot het beheersen van de groei bij peer in de toekomst beter in staat zal zijn, ook hier nog verder geïntensiveerd kan worden. Wat dit betreft zijn er hoopgevende ontwikkelingen naast genoemde snoei- en groeiregulatorentoepassingen. Zo blijkt de Kwee Adams een onderstam die een vervroeging en verhoging van de vruchtdracht teweegbrengt, zowel bij Doyenné du Comice (24) (Afb.25), als ook bij Beurré Hardy (45). Ook zijn er hoopgevende resultaten bereikt met de zwakke onderstam Kwee C. Mogelijk dat ook kweetussenstammen (46) of hoog veredelen nog verdere groeiverzwakking kunnen geven.

Zo lang het nog niet zeker is hoe peren zich in dichte beplantingen zullen gedragen, moet niet te extreem dicht geplant worden. De tendenzen van een daling in de opbrengst per boom, een daling in de vruchtgrootte en -kwaliteit en meer kopgroei zullen, evenals bij appel, bij dicht geplante perebomen groter worden. Wat vruchtgrootte betreft werd dit al opgemerkt in de genoemde proef te Numansdorp (32, 48). Omgekeerd zal het ook bij peer zaak zijn van de groeiremning die dicht planten op zichzelf veroorzaakt te profiteren. Gezien het bovenstaande lijkt een 3,5 x 1,5 m beplanting voor peer een minimum afstand. Pas wanneer de teelttechniek de groei en de vruchtdracht beter kan regelen dan tot nu toe zal aan verdere intensivering gedacht kunnen worden.

Ervaringen met perebomen geplant in meerrijige systemen zijn nog zo jong, dat hierover niets zinnigs gezegd kan worden. Gezien het gestelde bij appel echter lijkt het enkelrij-systeem ook voor dit fruitgewas de voorkeur te hebben, maar zeker is dit nog niet.

PLANTING SYSTEMS FOR APPLE AND PEAR

S.J.Wertheim and J.J.Lemmens

Publication nr.12, Research Station for Fruit Growing, Wilhelminadorp, The Netherlands.

INTRODUCTORY

During the past twenty-five years marked changes have taken place in tree size, tree shape, and planting system (Figs.1 to 4). The numbers of trees per ha has greatly increased with the modified planting systems, i.e. from 50-100 in standard-tree orchards to 1,700-3,000 in the slender-spindle orchards. Planting designs have been changed from square plantings (standard-trees), via quincunxial patterns (filler systems with bushes), to the current rectangularly planted hedgerow orchards. At present, apple trees are planted in rows 3 to 3.5 m apart with the trees 1 to 1.5 m apart in the row. For pear trees, planting distances have been reduced to from 4 x 2 m to 3.5 x 1.5 m, and bushes had made way for spindles.

This intensification in fruit growing was undertaken to obtain the increases in productivity per ha and per manhour made possible by densely planted orchards with small trees as compared with more extensive orchards with their larger trees. The increase in productivity per ha resulted from the more rapid rise in production given by intensive orchards. The increase in production per manhour arose from the ever simpler and therefore cheaper management accompanying intensification. In 1955, 1,000 hours were needed annually for the management of a bush orchard (including 200 hours for pruning and bending and 375 hours for picking). In 1967, this was reduced to 565 hours for spindle orchards (150 hours for pruning and bending and 270 hours for picking). In 1971, total time amounted to 475 hours for management of one ha of slender spindles (with 75 hours for pruning and bending and 280 hours for picking). The reduction in labour hours resulted partly from improved cultural practices and partly from the smaller tree size and shape. This is particularly clear for the picking hours mentioned, because the reduction in hours from 375 to 280 took place together with a rise in the average ha production from 20 tons in 1955 for bushes to 32 tons in 1971 for slender spindles. Productivity in kg/manhour rose from 20.2 (1955), 30.5 (1959), 49.6 (1967), to 64.7 (1971) (partly through the availability of higher-yielding cultivars, such as Golden Delicious).

The ever rational way of fruit growing is reflected in the cost price (Fig.5) and thus at least partially compensates for the rises in costs originating outside the fruit industry. All these facts favour dense plantations with small trees.

However, the very dense hedgerow orchards have the disadvantage of the great number of alleyways, which means that considerable surface is lost for fruit production. In a 3 x 1 m planting, for instance, the total length of the alleyways amount to more than 3 km. This means that much sun energy falls on the ground and is lost for fruit production. Verheij (33, 36) states that in a modern orchard with alleyways of 1.50 m and a tree height of 2.25 m, one-third of the available light is lost. Other authors, however, mention a lower loss (17).

In any case, the necessary number of alleyways limits further increases in the number of trees and light interception and hence further increases in production per ha. Therefore, Verheij and De Vries (38) put forward another arrangement of the trees to replace the single row, elaborating on an idea of Blaas published in 1959 (3). Verheij based himself on the view that the percentage of ground coverage by the trees could be augmented by diminishing the number of alleys. This can be achieved by planting the trees in "beds" or "multi-rows". This in turn gives rise of new possibilities for increasing the yield per ha, because total light interception and number of trees per ha are further increased. As a result of Verheij's approach, multi-rows were planted in the years 1968-1971 in experimental gardens and in commercial holdings in The Netherlands.

Besides advantages, however, multi-row systems have a number of disadvantages. First, the increased number of trees per ha requires a higher financial investment. Second, mechanization will be more difficult to improve for multi-rows. Third, it is not certain whether light distribution within the beds is sufficient to ensure adequate production and fruit quality in the long run.

Because of all these possible advantages and disadvantages associated with the arrangement of trees in multi-rows, it seemed useful to collect all the experience with this new way of fruit growing and make comparisons with intensive single-row orchards. This is the aim of this booklet. Since other new forms of fruit growing are also being devised, viz. "full-field planting" and the "meadow orchard", these systems will be mentioned as well. A few words will also be devoted to the developments in pear orchards.

Before dealing with these subjects, it will be appropriate to make some comments on the factors responsible for the replacement of the formerly large apple tree by a very small one (Figs.1 to 4). This can lead to suggestions for further developments. Further it will be useful to comment on the factor of light.

The values in the Tables concerning tons per ha apply to 0.9 ha.

FACTORS LEADING TO THE SMALL APPLE TREE

The rootstock

The primary factor that has led to the small tree has been the preference given to the dwarfing rootstock M.9. A tree on this rootstock uses relatively more of the assimilates for fruit production than do more vigorous rootstocks (2) (see Table 1). This development may well continue, since trees on M.27 possess an even higher ratio between fruit weight and tree weight (Table 1). It is therefore possible that with a more dwarfing rootstock than M.9 the planting distances can be further decreased without untoward effects on fruit production, and that the growth can also be maintained more easily.

The pruning method

The pruning modifications have also contributed to the small tree. Formerly, a tree was cut back severely after planting, leaving only a few shortened twigs per tree. This was done to stimulate the growth required to build up a large frame by which the great planting distances could be bridged over. This shortening of twigs was repeated annually until the available space per tree was filled. The decrease in the number of growing points obtained by this type of pruning induced strong growth per growing point, which delayed flower-bud formation and increased young-fruit drop. All this led to delayed fruit production and vigorous growth, the latter entailing constant correction by extensive pruning.

Nowadays, trees on a dwarfing rootstock are planted close together. A large frame is no longer necessary. Laterals are therefore no longer shortened and more are kept per tree. This means that the weak growth is divided over a great number of buds, and consequently the growth per bud is slight. In addition, unshortened twigs are more supple than shortened ones and are therefore more readily positioned horizontally, thus favouring flower-bud formation (30, 31). In this way it is possible to obtain a considerable number of fruits as early as the second season after planting when feathered one-year-old trees are planted (44). Since it is known that fruits inhibit growth, especially of the roots (1), early fruit production in itself contributes further to the dwarfing habit. So whatever the planting system, little pruning should be done in the first few years and early fruiting is a necessity.

The plant density

The third factor contributing to weak growth is high plant density, as shown by the work of Verheij (34) (Fig.6). This factor could be further exploited in the future.

The height of the union

The fourth factor leading to weaker growth is the budding height, which increased in the past years. High budding on the dwarfing rootstock M.9 weakens growth as compared to low budding on the rootstock (22). This effect should be further evaluated.

In conclusion it may be said that by exploiting several factors the growth of apple trees can be maintained on a low level and fruiting can begin soon after planting, both of which contribute to a favourable cycle of growth and fruitfulness. It may well be that in the future dwarfing varieties or mutations (spurtypes) and growth-inhibiting substances will offer further possibilities to weaken growth and promote fruit production.

THE FACTOR LIGHT

High fruit production requires a high degree of light interception, since light is the energy source for photosynthesis, the process delivering the assimilates for flower-bud formation and fruit growth. Since the size and quality of a particular fruit depend greatly on the light falling on that fruit and the neighbouring leaves (10, 15, 50), light distribution in the trees must be optimal to obtain high-quality fruits over the whole tree. Therefore the tree size, the tree shape, and the planting system must be such that the highest possible light interception is combined with the highest possible light distribution within the crop. This is also important for the uniformity of the product (17a).

With regard to tree size, the current small tree may be called favourable. Small trees utilize the available light better for fruit production than do large trees, because they have a greater surface to volume ratio. Furthermore, large trees need many assimilates to sustain the large branches, trunk, and root system.

According to the work of Heinicke (9, 10), trees should be trained in a such a way as to expose the fruiting parts of the tree to 50% of full sunlight. The most desirable area for the foliage is a layer 1.80 to 2.40 m deep across the tree top and only 0.90 to 1.20 m wide down the side of the tree. Jackson (14) similarly mentions that fruits of good quality only occur on parts of trees receiving > 50% of total incident energy for East Malling conditions.

With regard to tree shape, publications by Ferguson (8), Verheij (33), and Jackson (13, 14, 16, 17) show that low trees intercept more radiation when the shape is rectangular in cross-section than when the shape is triangular (Figs.7 and 8). However, not only light interception but also light distribution is of importance. Fig.8 shows that rectangularly shaped hedges have a poorer light distribution down the hedge sides than do triangular hedges. Therefore, triangular hedges are to be preferred over the rectangular shape (see also 4). For the slender spindle this means that maintenance of a small frame at the bottom of the crown and timely removal of strong branches in the top are imperative. It is not only the light distribution alongside the hedges that is important but also the light distribution within the trees, the more so because a high proportion of the fruits are situated in the inner, less well illuminated, parts of the tree (37).

Data of Verheij and Verwer (37) show that even in a small 3 x 1 m slender-spindle hedge the amount of light within the tree can decrease to 15% of the available light. A large part of the decrease in fruit size and colour in the tree hearts, as compared to the tree top and the outer parts of the hedges, will therefore be due to these poor light conditions (37).

Concerning hedge height and row distance, it must be said that hedges should not be too high in proportion to alley width (Fig.8). For adequate light interception the rows should not be too far apart (Fig.9), and to allow for mechanization not too close together. For mechanization, a free alley of 1.25 m is considered sufficient.

Since, with respect to light conditions Jackson (14) and Cain (4) state that the tree height should not exceed twice the clear alley width, slender spindles should not exceed 2.50 m. Hedge height should also not be so low as to be equal to the clear alleyway, for this causes loss of light interception and yield reduction. A rule of thumb

is that the hedge height should be about 50% greater than the clear alley (14). For a slender-spindle orchard with a clear alleyway of 1.25 m, trees should therefore be about 2 m high, although the current 2.25 to 2.50 m is also satisfactory, since the upper part of the hedge is more or less saw-shaped.

Finally, the row orientation. According to Ferguson (7, 8), east-west orientated hedges intercept more light than north-south orientated ones, although this is contradicted by Cain (4). In any case, the light distribution is worse in the former case. The north side of an east-west orientated hedge is poorly illuminated (4, 14). For uniform fruit production and quality, north-south orientated hedges are therefore to be preferred. For multi-row systems it may therefore be important to provide for a north-south orientation of the cross-rows in the beds.

THE SINGLE-ROW SYSTEM

In the single-row orchard each row is bounded by two alleyways (Fig.10). In the introduction it was mentioned that the intensification in this system has been significant. Since Verheij (34) found that very dense planting leads to a lower yield per unit of growth, smaller fruits, and more growth in the top of the tree, it is important to know how densely one can plant and still benefit from the advantages without encountering these difficulties.

Yield

Within a given orchard type, orchards with a high percentage of ground coverage yield more than those with a low percentage of ground coverage. This applies to bushes (28) and spindles (18). Furthermore, it has been found that the more rapidly a high percentage is attained the more rapidly the production rises. Therefore, it is important to strive for a rapid increase in the percentage of ground coverage. This can be done by dense planting and/or planting on vigorous soils, as shown in Fig.11 for spindle orchards. From Fig.11 it can be seen that in the Noordoostpolder, where growth is more vigorous than in Zeeland, greater yields are obtained. In addition, it is evident that within each area the yield is higher in the denser plantings.

Dense planting is favourable because a great "crop volume" is rapidly formed and also because there is less chance that the trees will leave open spaces in the rows. Fig.12 shows that close plantings give more growth per ha than wider-planted ones, in spite of the smaller growth per tree in the former case. Table 2 shows that dense planting affects productivity per ha favourably. Slender spindles are therefore to be preferred over free spindles (see also Table 3). This also applies to layer spindles. In Horst, for example, slender spindles of Golden Delicious on M.9 planted at 3 x 1 m yielded 454 ton per ha in eleven years after planting as against 244 ton for the layer spindles planted on 4 x 2.25 m. For economic considerations the reader is referred to the publication of Elema and Roosje (6).

The data of Table 3 demonstrate that Cox's Orange Pippin also reacts favourably to dense planting, but to a lesser degree than Golden Delicious. It should also be stressed, that the fruit size and colour of Cox's Orange Pippin was below par on the trees planted at

Table 7, fruit size had not yet been negatively affected. Fruit colour was, however. This was most probably due to the light distribution, which was worse in the double rows. In 1972 only 33% of the total incident light was caught in the middle of the double row of Winston as against 53% in the trees of the single rows. Such differences in exposure to light could have been responsible for the detrimental effect on fruit size of Golden Delicious and Cox's Orange Pippin observed in 1972 in the experimental gardens at Werkhoven and Numansdorp, respectively.

Thus, the disadvantages of dense double rows only become manifest after a few years. Such plantations will be difficult to maintain. Grubbing every second row will, however, reduce yields per ha markedly, since then half of the trees are removed and the alleys become too wide. It is evident from all this that planting in double rows leads to many problems. When one chooses a closely planted double-row pattern one can profit from the high yields, but after a few years problems arise with regard to fruit quality and, of course, management. When preference is given to widely planted double rows, yields are not higher than with single rows and management still is more difficult. Therefore, the planting of double rows is generally not recommendable.

THE THREE-ROW SYSTEM

The next of the multi-row systems is the three-row system (Fig.19). One advantage of this system over the two-row pattern is that when three-row beds become too dense, they can be converted into a single-row orchard by grubbing the middle rows. This is especially practicable when the planting distances are chosen to suit this purpose. One of the advantages over the single-row system is that more trees can be planted per ha, which promotes early production. Commercial holdings with three-row systems have 3,000 to 5,000 trees per ha (for Golden Delicious and Winston). This connects with the numbers possible in single rows. Some examples are:

a	+	$(2 \times b)$)	$\times c$	m	
3	+	(2×1.50))	$\times 1.25$	m;	3,851 trees per ha
3.50	+	(2×1.75))	$\times 1$	m;	4,291 trees per ha
3	+	(2×1.50))	$\times 1$	m;	5,000 trees per ha

Fig.20 shows the representation of the planting distances. In the three above-mentioned cases a uniform single-row orchard can be created by grubbing the middle row, and this in fact was the reason why the particular distances were chosen. One disadvantage of this mode of planting is that the small distances between the trees in the row make it almost impossible to reach the middle row. This also holds for control measures unless special spraying machines are used (Fig.22).

A permanent three-row system should be planted in such a way as to leave the middle row accessible for management. However, when this requirement is taken into account the numbers of trees per ha are not very high.

A design for Golden Delicious on M.9 planted at $3.25 + (2 \times 1.62^5)$ $\times 1.65$ m provides for 2,800 trees per ha, and $3 + (2 \times 1.50) \times 1.65$ m for 3,015. With these justified distances there is no longer any reason to plant a three-row system, since these numbers can be reached in a

single row as well, albeit with less space per tree. The greater ease of management in the single row, however, compensates for this disadvantage. Therefore, it is not worthwhile to consider permanent three-row systems. To decide whether this also holds for temporary ones, first some data. Table 6 shows that the arrangement of a certain number of trees in a three-row system raised the yields as compared with the single-row systems. This is due to the higher yields per tree, which undoubtedly occurred because the trees in the former system are bigger. The three-row system, namely, provides more space per tree. Table 6 also shows that in both systems every increase in the number of trees per ha raised the yield further, which was due only to number of trees, because the yield per tree decreased. It is obvious that with high numbers of trees per ha, e.g. 4,000, much more space per tree is available in the three-row system than in the single-row orchard.

Table 8 shows the yields of a few commercial three-row plantings for the first five years after planting. Comparison with Table 4 shows that, generally speaking, yields in three-row orchards were higher than in single-row orchards, except for Golden Delicious.

The opinions of fruit growers about their three-row orchards are not favourable, except of course for the high yields that can be obtained. It is recognized, however, that production and the proportion of first-quality fruit diminish after a few years. This is thought to be due to the poorer illumination. Some growers have difficulty in controlling scab and red spider mite, but this can be avoided with the spray apparatus depicted in Fig.22. The decline in yield and quality can be so serious that the middle rows have to be grubbed after four years. In addition, management is more difficult in three-row beds than in single rows. So when one gives preference to a temporary three-row system, one chooses high production per ha at the cost of production per man-hour. Other factors to be considered are the high investment in trees, the high costs of grubbing the middle rows, and whether the grubbed trees can be sold or planted elsewhere.

THE FOUR-, FIVE-, AND SIX-ROW SYSTEMS

Further reduction of the number of alleyways per ha is provided by four-, five- or six-row systems. These systems are treated together here. Two examples are depicted in Fig.21 (a and b). Again there are two ways of thinking when planting these multi-row orchards. First, one can plant closely and after a few years grub complete rows to save single rows. The planting distances should, of course, be adapted to this plan. This is called a temporary multi-row system. Second, it is possible to plant permanently a fairly high number of trees per ha and still have ample space per tree. This is possible because so many space-consuming alleys are eliminated. In this case preference is given to a permanent multi-row orchard, because this system provides with a more equally divided space for the trees than is possible in a single-row system.

In practice, multi-row orchards do not have more than 5,000 trees per ha. Hence, there is no increase in this respect over the three-row orchards, but there may of course be more space per tree. Four-row systems do not occur on commercial holdings, presumably because half of the trees must be grubbed when the plantations become too dense, leaving a non-uniform single-row orchard. In five-row orchards grubbing

of two rows can produce a uniform single-row orchard. These therefore occur more often in practice and in trials.

The oldest multi-row trial is one with James Grieve on M.7 planted in the spring of 1966 at Wageningen. Some results deriving from the work of Verheij and Verwer (35) are given in Table 9.

Table 9 shows that with decreasing space per tree, fewer kg per tree are harvested. This is logical, since the trees become smaller the smaller the space per tree. The yield per unit of growth remained about the same until 1971. The greater number of trees in the 3 m² multi-row system gave a gain of 30 tons per ha over the first six growing seasons. Table 9 shows that this gain was obtained without a detrimental effect on fruit size. It may therefore be concluded that 3 m² was a better choice for this cultivar-rootstock combination in this particular case than 5.33 m² would have been. It must not be forgotten that this 3 m² is also the limit of the current single-row systems. In another trial Verheij and coworkers overstepped this limit clearly; some data of this trial borrowed from Verheij et al. (39) and obtained from Verwer (personal communication) are given in Table 10. This trial with Golden Delicious on M.9 was planted in the spring of 1968 in wide beds with 2 or 6 m² per tree, both in a triangular and a rectangular design. Table 10 shows only the data for the more accessible rectangular designs, because there was no appreciable difference in results between the two designs and rectangular planting seems more practical. Table 10 shows that with 2 m² per tree far more kg were harvested in the first five years than with 6 m² per tree. In the former case growth, and especially yield per unit growth, was lower. Verheij (39) therefore concluded that fruiting suffers more from competition than growth does. Table 10 also shows that dense planting leads to more growth in the upper parts of the trees. As yet, fruit size was not distinctly affected by density. It is clear that the dense beds intercepted the most light. The enormous gain in tons per ha (72 tons) in five years is a great advantage, predominating over all the disadvantages such as the more difficult management and extra growth in the tops of the trees.

All these tendencies are also present in the next trial set up by Verheij (40), in which still closer plantings occur (Table 11). Table 11 clearly shows that with decreasing space per tree, hence with more trees per ha, more fruit can be harvested. However, it appeared that with 1.5 m² per tree, yield per ha declined as early as 1971, which was not the case with 3 m² (Fig. 21b) or 4.5 m² per tree. This means that productivity suffered from the inter-tree competition as early as the fourth growing season. The yields per unit of growth diminished very little from 4.5 to 3 m² per tree, but markedly from 3 to 1.5 m² per tree. This effect was less pronounced for the spur type; these compact mutations are therefore better adapted for multi-row systems. For Golden Delicious on M.9 fruit size similarly did not diminish when the space per tree was reduced from 4.5 to 3 m², but this was again especially pronounced at a further reduction in space to 1.5 m². The growth distribution tending toward more growth in the tree tops was also altered more for Golden Delicious than for the spur mutation. A space per tree of 1.5 m² was too small. If fruit quality and production are to be maintained on a good level, trees have to be grubbed. A permanent multi-row system therefore demands more than 1.5 m² per tree in the beds, and the same probably holds for 2 m² per tree, although the data in Table 10 do not yet support this. If the

lower limit of space per tree for Golden Delicious on M.9 were about 3 m² per tree, there would of course no longer be any point in considering multi rows, because 3 m² is also possible in single rows at 3 x 1 m. In the latter arrangement this space is admittedly not so well distributed as in multi rows, but single rows are easier with respect to management.

For temporary multi-row systems the situation is different. Here it is possible to profit from the high yields in the early years and still obtain a normal single-row orchard by grubbing rows after that. Just when this should be done is hard to say. Possibly as early as after the third or fourth growing season. Of course, some problems are involved here. Grubbing and possibly replanting trees is a costly affair, and the cleared soil will be difficult to grass down due to the herbicides previously used in the multi-rows. Furthermore, for at least three or four years, management is difficult in multi-row orchards: Use of the adapted spray equipment shown in Fig.22 is obligatory, but this machine can only spray beds up to 6 to 7 m wide. Lastly, pickers do not like to pick fruits in multi rows, especially when the trees are wet with dew or rain.

Comparison of some of the above-mentioned systems in one place is possible, because a planting system trial was set up in the experimental garden at Ulestraten in the spring of 1967 with the cultivar Golden Delicious on M.9 (20, 21). Table 12 shows the results of the first six years. In the third growing season yield per tree was highest in the densest plantings. This is ascribed to the better shelter, since in the multi-row systems the inner rows yielded more than the outer rows (20). After the fourth season, yield per tree declined in both systems at the highest number of trees per ha (3,650 and 3,750), but the high number of trees amply compensates for this decline in yield per tree. Until 1971 fruit quality was not divergent among the various systems (21). In the beds it was also observed that the fruits from the inner rows were less russeted than those of the outer rows and of the other systems. This is possibly to be attributed to the tempered growth and/or an altered microclimate within the beds. However, in 1972 this phenomenon was no longer observed. In this year fruit size was clearly reduced within the closely planted beds (Table 13). Presumably, this was due to the unfavourable light conditions. Fruit colour, too, was negatively affected in the middle rows. Hence, in the sixth growing season problems arose, notwithstanding the fact that extremely high numbers of tree were not planted in these five- and six-row systems.

Both of the triangularly planted five-row systems had poor accessibility from the fourth growing season onward. The six-row systems planted rectangularly were, on the contrary, easier to reach. The latter designs are therefore to be preferred (Fig.23). Table 12 shows that an increase in the number of trees per ha gave a clear gain in yield. Hence, the multi rows, having more trees, performed better than the single rows. However, the differences are exaggerated because the single rows were planted too wide.

Yields from four- to six-row systems on commercial holdings were not available for this report, having been planted too recently.

THE CHOICE BETWEEN SINGLE ROWS AND MULTI-ROW SYSTEMS

In the preceding pages it has become evident that multi-row systems yield more than single rows, at least when the former have more trees per ha. Higher numbers can only be achieved in multi-row systems, however, by planting the trees rather close together. So one can only profit from the maximal effect on yield by sacrificing accessibility. It is only reasonable to do this when the multi-row system is set up as a temporary one. It need hardly be said that such systems should only be planted in a way permitting conversion of the temporary multi-row system into a single-row system with uniform distances between rows.

Double rows are to be rejected, because even when they remain accessible they do not provide distinctly higher tree numbers (and yields) per ha than single rows. When they do give appreciably more trees, however, they are difficult of access and management will be complicated.

Three-row systems are only to be considered if they are temporary. Permanent ones have to be planted in such a way as to guarantee accessibility, and this means that no great gain in the number of trees per ha over single rows is obtained. The more difficult management nullifies the advantage of slightly higher yields. In a temporary, densely planted, three-row system there is a clear gain in tree number and this offers the possibility of higher yields, which may balance the temporarily difficult management. Of course, all the pros and cons should be carefully considered. The extra yield must be weighed against the extra investments, involved, as well as the extra grubbing costs and the more expensive management.

The same reasoning applies to five- and six-row systems. Permanent five- or six-row beds are not recommendable. Temporary ones can be considered. It must be stressed, however, that single rows are easier to manage and that the risks with respect to fruit quality are better known.

It is possible that in the future, with other cultivar-rootstock combinations, the prospects for permanent multi rows may improve. The conclusions drawn here apply exclusively to trees on M.9.

THE FULL-FIELD PLANTING

Full-field planting does not incorporate real alleyways. The row distances are such that mechanized management must be carried out with a high-wheeled tractor. Full-field planting may be considered an extreme form of a single-row system. One commercial planting has been established at 2 x 1.25 m with 3600 trees net per ha. In Wilhelminadorp there is also an experimental field of this type as well as a trial at 1.50 x 0.80 m with 7,500 trees net per ha (Fig.24); here, disease and pest control will be carried out by a sprinkler irrigation system.

Besides high investments, the big problems in this system are the removal of pruning wood and the harvested product. According to the plans, the latter is to be accomplished with the "tow-band" described elsewhere (49). Whether this system will prove worthwhile remains to be seen.

THE MEADOW ORCHARD

Another experimental system is the meadow orchard described in detail elsewhere (5, 11, 23). In this system, which was developed by Hudson and his coworkers at Long Ashton, the trees are planted at 0.45 x 0.30 m. The one-year-old trees are forced to form flower buds by the application of Alar, which is sprayed at 50 cm plant height. Flowering and fruiting should occur in the second year, the latter promoted by another Alar treatment shortly after flowering. After the harvest the trees are cut back several cm above the union. The same cycle is started in the following year. The cutting back is carried out to imitate mechanical harvesting. Many problems have still to be solved. First of all, the enormous numbers of trees require research on the possibilities of cutting apple cultivars, since the price of the trees currently used, comprising a scion and a rootstock, would defeat this system. Secondly, not all of the trees flower and bear well in the second season. This, together with the biennial non-cropping year, lowers average production. Third, regrowth from the stumps is often not restricted to one shoot, and this necessitates hand labour for bud removal and/or research on chemical inhibition of the unwanted growth.

Both of the last two planting systems mentioned are completely experimental and are only referred to here to stimulate thinking on the subject of planting systems.

THE PLANTING SYSTEM FOR PEAR

As mentioned in the introduction, the development in planting systems for pears is less advanced than for apples. The reasons for this are the more vigorous growth and the retarded fruitfulness of pears as compared to apples. The profit to be obtained from dense planting depends on the yields in the first few years after planting. Pears do not start to bear until the third to sixth year after planting, depending on the cultivar. Nevertheless, the intensification that has taken place in planting systems has given significant results. This is evident from a trial in the experimental orchard at Numansdorp (32, 48), in which bushes (4 x 3.75) were compared with spindles (4 x 1.87 m). Per ha the tree numbers were 600 and 1,200, respectively. Table 14 shows the yields per ha for the first ten years after planting and the successive eight years separately. Yield per ha for the first ten years was favourably affected by the increase in tree number. This also holds for other cultivars not mentioned in Table 14 (32). After the tenth year the spindles only performed adequately in the case of Bonne Louise d'Avranches. In the same period Conference and Doyenné du Comice yielded equally well, whether trained as spindles or bushes, and Beurré Hardy bushes out-yielded spindles. On the basis of the yield for the entire period, spindles are to be preferred over bushes. This also holds for management, since spindles were easier to manage than the bushes. Because the training of spindles has been improved in the last ten years, the differences favouring this tree shape may be greater than would appear from Table 14. Some cultivars react very favourably to the growth inhibitor chlormequat, for example

Beurré Hardy (26); this permits rather small planting distances, and will also raise the yield per ha (26). Other promising developments in pear culture that will possibly lead to further intensification are the rootstock quince Adams (24, 45), see Fig.25, which induces early and high yields; the quince C rootstock; the quince interstocks (46), and perhaps high budding on the rootstock.

Until there is more certainty about the behaviour of very closely planted pear trees, whether or not on the above-mentioned rootstocks or interstocks, very small planting distances should not be adopted. The tendencies to lower yield per unit of growth, decrease in fruit size (32, 48), and more "apical" dominance in the tree, should be kept in mind. Conversely, it could be useful to profit from the growth-inhibiting effect of dense planting itself. For pears, however, 3.5 x 1.5 m is considered to be a real minimum planting distance.

Data from multi-row systems are still lacking, since all of the relevant trials are very young. For the moment, therefore, single rows are to be preferred for pears as well.

LITERATUUR

1. Avery, D.J. Effects of fruiting on the growth of apple trees on four rootstock varieties. *New Phytol.* 69, 1970: 19-30.
2. Barlow, H.W.B. & Smith, J.G. Effect of cropping on growth of the apple tree. *Rep.E.Malling Res.Stn. for 1970, 1971*: 52-53.
3. Blaas, H.J. Een nieuw plantsysteem. *De Fruitteelt* 49, 1959: 91-93.
4. Cain, J.C. Hedgerow orchard design for most efficient interception of solar radiation. Effects of tree size, shape, spacing, and row direction. *Search Agriculture* 2 (7), 1972: pp. 14.
5. Child, R.D. Meadow orchards workable but still many problems to solve. *The Grower* 72, 1972: 181.
6. Elema, R.K. & Roosje, G.S. Intensieve appelaanplant bedrijfseconomisch verantwoord? *Meded.Dir.Tuinb.* 30, 1967: 487-496.
7. Ferguson, J.H.A. A comparison of two planting systems in orchards as regards the amount of radiation intercepted by the trees. *Neth.J.agric.Sci.* 8, 1960: 271-280.
8. Ferguson, J.H.A. Invloed van oriëntatie en vorm van boomhagen op de hoeveelheid opgevangen straling. *Meded.Dir.Tuinb.* 26, 1963: 240-244.
9. Heinicke, D.R. The micro-climate of fruit trees II. Foliage and light distribution patterns in apple trees. *Proc.Amer.Soc. Hort.Sci.* 83, 1963: 1-11.
10. Heinicke, D.R. Characteristics of McIntosh and Red Delicious apples as influenced by exposure to sunlight during the growing season. *Proc.Amer.Soc.Hort.Sci.* 89, 1966: 10-13.
11. Hudson, J.P. Meadow orchards. *Agriculture* 78, 1970: 157-159.
12. Jackson, J.E. Effects of shading on apple fruits. *Rep.E.Malling Res.Stn. for 1967, 1968*: 69-73.
13. Jackson, J.E. Aspects of light climate within apple orchards. *J.appl.Ecol.* 7, 1970: 207-216.
14. Jackson, J.E. Accounting for shade in hedgerow orchards. *The Grower* 76, 1971: 827-828.
15. Jackson, J.E. & Landsberg, J. The value of research on orchards climatology. *Span* 15, 1972: 63-65.
16. Jackson, J.E. & Palmer, J.W. Light distribution within hedgerow orchards. *Rep.E.Malling Res.Stn. for 1970, 1971*: 33-35.
17. Jackson, J.E. & Palmer, J.W. Interception of light by model hedgerow orchards in relation to latitude, time of year and hedgerow configuration and orientation. *J.appl.Ecol.* 9, 1972: 341-357.
- 17a. Jackson, J.E., Sharples, R.O. & Palmer, J.W. The influence of shade and within-tree position on apple fruit size, colour and storage quality. *J.hort.Sci.* 46, 1971: 277-287.
18. Kersbergen, F. De juiste plantafstand basis voor de rentabiliteit van een boomgaard. *De Fruitteelt* 54, 1964: 1461-1464.
19. Köppert, G. L.E.I. Bedrijfseconomisch vademecum voor de tuinbouw 19e en 20e aanvulling, 1968.
20. Lemmens, J.J. Eerste ervaringen met de beddenteelt. *De Fruitteelt* 60, 1970: 106-108.
21. Lemmens, J.J. De beddenteelt in discussie. *De Fruitteelt* 61, 1971: 1002-1004.
22. Liebster, G. Untersuchungen über den Einfluss der Veredlungshöhe bei "Cox's Orange Renette" auf M IX auf Wuchs und Ertrag in den ersten sechs Jahren. *Erwerbsobstbau* 10, 1968: 21-23.

23. Luckwill, L.C. The meadow orchard a new concept of fruit production based on growth regulators. In druk.
24. Moeliker, H. Vruchtbare Doyenné op Kwee Adams. De Fruitteelt 62, 1972: 360-362.
25. Preston, A.P. Commercial possibilities for new East Malling dwarf rootstock. The Grower 74, 1970: 1016-1019.
26. Reedijk, A. Resultaten van CCC-besputtingen op Beurré Hardy. De Fruitteelt 62, 1972: 510-511.
27. Roosje, G.S. & Wertheim, S.J. Over de spurtypen van Golden Delicious. De Fruitteelt 58, 1968: 1566-1569.
28. Spoor, P.A. Fruitaanplant en beplantingsdichtheid. De Fruitteelt 43, 1953: 769.
29. Spoor, P.A. Enige bedrijfseconomische aspecten van de fruitteelt in de toekomst. L.E.I.-mededelingen & overdrukken 49, 1970: pp. 29.
30. Tromp, J. Snoeien en buigen bij appel. Meded.Dir.Tuinb. 30, 1967: 448-455.
31. Tromp, J. Short orientation effects on growth and flower-bud formation in apple. Acta.Bot.Neerl. 19, 1970: 535-538.
32. Uitterlinden, L. Plantafstanden, kg-opbrengsten en grootte van de vruchten bij peren. De Fruitteelt 55, 1965: 1320-1322.
33. Verheij, E.W.M. Mogelijkheden en grenzen van de rijenteelt. De Fruitteelt 58, 1968: 528-532.
34. Verheij, E.W.M. Competition in apple, as influenced by Alar sprays, fruiting, pruning and tree spacing. Meded.Landbouwhogeschool Wageningen 72 (4), 1972: 54 pp.
35. Verheij, E.W.M. & Verwer, F.L.J.A.W. Beddenteelt James Grieve. De Fruitteelt 62, 1972: 185.
36. Verheij, E.W.M. & Verwer, F.L.J.A.W. Yield-density relations for apple trees on a dwarfing and a semi-dwarfing rootstock. Neth.J.agric.Sci. 20, 1972: 58-66.
37. Verheij, E.W.M. & Verwer, F.L.J.A.W. Light studies in a spacing trial with apple on a dwarfing and a semi-dwarfing rootstock. Scientia Hort. In druk.
38. Verheij, E.W.M. & Vries, H.C.P.de. Welke mogelijkheden biedt de fruitteelt op bedden. Meded.Dir.Tuinb. 29, 1966: 338-343.
39. Verheij, E.W.M., Witteveen, B. & Verwer, F.L.J.A.W. Invloed grootte en vorm van de standruimte op groei en produktie van Golden Delicious M IX. De Fruitteelt 62, 1972: 212-214.
40. Verheij, E.W.M., Witteveen, B. & Verwer F.L.J.A.W. Vergelijking Golden Delicious met een spurtype bij verschillende plantafstanden. De Fruitteelt 62, 1972: 238-239.
41. Wertheim, S.J. De opkweek van de slanke ronde spil bij vier appelrassen. Meded.nr.10 Proefstation voor de Fruitteelt, Wilhelminadorp, 1970: pp.158.
42. Wertheim, S.J. Ervaringen met remstoffen en richtlijnen voor het gebruik in de fruitteelt. De Fruitteelt 60, 1970: 502-505.
43. Wertheim, S.J. Beurtjaarverschijnselen in de spurtypen van Golden Delicious. De Fruitteelt 60, 1970: 852-853.
44. Wertheim, S.J. & Joosse, M.L. Snoeien van Cox's Orange Pippin na het planten. De Fruitteelt 62, 1972: 166-169.
45. Wertheim, S.J. & Lemmens, J.J. Pereonderstammenproefveld. Jvslg. Proefst.Fruitt.Wilhelminadorp 1971: 23-25.
46. Wertheim, S.J. & Toorenaar, G. Tussenstammenproefveld met peer. Jvslg.Proefst.Fruitt.Wilhelminadorp 1969: 23-25.

47. Westerlaken, J. Grondontmetting en plantgatbehandeling. De Fruitteelt 61, 1971: 100-102.
48. Westerlaken, J. & Reedijk, A. Ook bij peren een kleine plantafstand ? De Fruitteelt 61, 1971: 592-595.
49. Wiedenhoff, H. Glijdend de aanplant uit. De Fruitteelt 62, 1972: 1102-1103.
50. Wills, R.B.H. & Patterson, B.D. Anthocyanin content of Jonathan apple peel and the development of low temperature breakdown. J.hort.Sci. 47, 1972: 555-556.