

OP ZOEK NAAR DE OPTIMALE  
GROEIVoorwaarden  
voor het Gewas

REDE

UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING VAN HET AMBT  
VAN HOOGLEERAAR IN DE TUINBOUWPLANTENTEELT  
AAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL TE WAGENINGEN OP  
DONDERDAG 14 NOVEMBER 1963

DOOR

DR. IR. J. DOORENBOS



H. VEENMAN & ZONEN N.V. — WAGENINGEN

*Mijne Heren Leden van het Bestuur van de  
Landbouwhogeschool,  
Dames en Heren Hoogleraren, Lectoren,  
Docenten en Wetenschappelijke Medewerkers,  
Dames en Heren Studenten, en voorts Gij  
allen, die door Uw aanwezigheid blijk geeft  
van Uw belangstelling,*

*Dames en Heren,*

Het boek Genesis plaatst het eerste menschenpaar in een tuin. Ik wil dit hier niet aanvoeren als bewijs, dat wij allen van Adamswege tuinders of althans tuiniers zijn, doch het bewijst wel, dat men ten tijde dat het scheppingsverhaal te boek werd gesteld reeds tuinen kende. Wij weten dit trouwens ook uit andere bronnen; uit Egypte zijn afbeeldingen van tuinen uit de Faraotijd bekend, waaruit men zich een voorstelling kan maken van deze tuinen en zelfs van de gewassen die er werden geteeld.

Hieronder vinden wij verscheidene van onze huidige tuinbouwgewassen terug, die dus als cultuurgewas een respectabele ouderdom hebben. Dit geldt trouwens voor bijna alle tuinbouwgewassen. Bij het fruit zijn het alleen enkele kleinfruitgewassen, waarvan de geschiedenis in eeuwen, en niet in duizenden jaren moet worden gemeten. Groentegewassen zijn zonder uitzondering zeer oud. Weliswaar heeft het West-Europese sortiment zich in de laatste eeuwen sterk uitgebreid, doch dit is steeds geschied met gewassen die elders reeds sedert onheuglijke tijden werden geteeld. Dit geldt ook voor vele siergewassen. De tulp, die hier rond 1600 opgang begon te maken, was in het Midden Oosten reeds minstens duizend jaar in cultuur; de chrysanth en de azalea, die hun opmars rond 1800 begonnen, hadden in het Verre Oosten een lange geschiedenis achter zich. Niettemin vindt men onder de sierplanten de jongste cultuurgewassen. Begonia, gladiool, Petunia en Cyclamen zijn gedurende de vorige eeuw tot cultuurgewas ontwikkeld; Freesia en Kaaps viooltje pas in deze eeuw. Toch kenden onze verre voorouders meer van onze sierplanten dan men zou denken; zelfs een bescheiden gewas als de boerenjasmijn is reeds zolang in cultuur dat het land van herkomst niet meer is aan te wijzen.

Er is een op het eerste gezicht opmerkelijke tegenstelling tussen deze lange geschiedenis van onze tuinbouwgewassen, en de

schaarste aan informatie. Men vindt ze in oude geschriften weliswaar regelmatig genoemd, doch over de teelt is nauwelijks iets te vinden, terwijl economische gegevens vrijwel geheel ontbreken. De verklaring van deze discrepantie ligt in het volkomen verschillende gebruik, dat men destijds van deze gewassen maakte. Ik zou dit gaarne willen illustreren met enkele citaten uit het beroemde Cruydtboeck van de Leuvense hoogleraar REMBERT DODOENS, waarvan de eerste druk in 1554 verscheen.

Eén van de interessante aspecten van dit boek is dat DODOENS in zijn inleiding een korte voedingsleer geeft, en bij de beschrijving van cultuurgewassen ook voedingswaarde en bereidingswijze vermeldt. Dat men toen nog in een geheel andere wereld leefde, blijkt reeds aan het begin, waar DODOENS alle groentegewassen, met uitzondering van sla en andijvie, als 'quaet voetsel' kenschetst. Later zegt hij bij de bespreking van de spinazie: 'Men eet de Spinagie, als sij ghesoden is: maer sij brengt heel luttel, iae bijcants geen voetsel bij. Sij is wat windachtig, ende doet de mage haest omkeeren ende walgen, ten zij datse met Gember oft iet diergelijcx bespraeyt ende gebetert wort'. Een dergelijk oordeel wordt ook geveld over tomaat, komkommer, meloen, en zelfs over kool en biet. Peen komt er iets beter af. Over de sla is DODOENS zoals vermeld beter te spreken; over deze 'Lattouwe' zegt hij: . . . 'men machse soo wel in 't begin-sel als in 't laatste van de maeltijt seer beqaemelijck ghebruycken: Want voor ander spijsse ghegeten, pleegt sij somtijts den verloren lust om eten oft appetijt te verwecken, ende de slappe mage te verquicken: maer in 't laetste, en nae alle ander spijsse doet sij de dronkenschap die door onmatigen dranck van Wijn gecomen is, vergaen, door dien dat sij de dompen ende waesdommen van den selven Wijn hoofdewaerts belett te climmen ende op te stijgen'.

Wat de fruitgewassen betreft gaat DODOENS' voorkeur uit naar de peer; hij zegt hierover: 'Voorts alle Peeren voor spijsse inghenomen, geven meer ende overvloediger voetsel dan de Appelen, maer tselve voetsel dat sij brengen, is coudt ende niet goet' (. . .) De Peeren sijn altijt beter ghesoden oft ghebraden, dan rauw . . .' Dit laatste geldt volgens DODOENS ook voor appels, waarbij bovendien zoete beter zijn dan zure. Het oordeel over zure appels, pruimen, perziken en kersen is vernietigend.

Men moet uit deze citaten niet opmaken, dat DODOENS aan onze tuinbouwgewassen slechts schadelijke eigenschappen toekent. Integendeel, wanneer men verder leest blijkt dat hij al deze gewassen zeer nuttig acht. Dit nut ligt echter in het medicinale vlak. Het is duidelijk dat volgens DODOENS en zijn voorgangers groenten en vruchten in de eerste plaats door de zieke mens genuttigd dienden te worden; de gezonde had voldoende aan het 'goet voetsel': vlees, brood, wijn. Het gaat bij DODOENS steeds om het nut van de plant, in de meest nuchtere zin. Nergens wordt een gewas geprezen om-

dat het de tong of het oog streelt. Slechts de voortdurende vermelding van dronkenschap (overigens volgens DODOENS te voorkomen door het eten van rauwe koolbladeren) bewijst dat de genoemde nuchterheid ook zijn grenzen had.

Nu krijgt men de indruk, dat DODOENS een voor zijn tijd vrij conservatief standpunt innam. Uit andere bron is bekend, dat reeds in de 15de eeuw de tuinbouw zich zodanig begon te ontwikkelen, dat het onwaarschijnlijk lijkt dat haar produkten alleen door zieken zouden zijn gebruikt. Men mag wel stellen dat juist gedurende de eeuw waarin DODOENS leefde fruit en groente hun vaste, zij het voorlopig nog bescheiden plaats kregen op het dagelijks menu. Zelfs was er reeds een schuchter begin van sierteelt.

Sedertdien heeft de tuinbouw een ontwikkeling doorgemaakt, die vooral na 1870 een versnelde beweging vertoont. Veranderingen in het economisch klimaat worden hiervan meestal als de drijfveer beschouwd; men wijst er dan op dat pas bij een stijging van het welvaartspeil de belangstelling ontwaakt voor de dure en voor het eerste levensonderhoud niet noodzakelijke tuinbouwprodukten. De citaten uit DODOENS tonen echter dat men destijds de tuinbouwprodukten niet alleen als overbodig, doch zelfs als schadelijk beschouwde. Er moesten dus ook weerstanden overwonnen worden. Thans vinden wij dit vooroordelen. Tot de huidige dag wordt echter de waardering voor tuinbouwprodukten mede door subjectieve en zelfs geheel irrationele motieven bepaald. Zo is het tot nog toe onmogelijk gebleken, de Nederlandse consument te overtuigen dat groene asperges even goed smaken als witte.

Het is inmiddels onmiskenbaar, dat de stijging van de welvaart die de industrialisatie heeft teweeggebracht op de voet is gevolgd door de ontwikkeling van de tuinbouw. Onder de rook van de steden is de tuinbouw tot ontwikkeling gekomen, en tot de huidige dag vindt hij in de stedelijke conglomeraties bij de industrie centra zijn voornaamste afzetgebied; niet alleen omdat daar de meeste mensen wonen, maar ook omdat het verbruik van tuinbouwprodukten per hoofd daar verreweg het grootst is.

De economie beschouwt tegenwoordig gestadige groei van de produktie als een voorwaarde voor de handhaving van het welvaartspeil. Bovendien wijst zij middelen aan om stagnatie of teruggang te voorkomen, terwijl de regeringen steeds meer macht krijgen om deze middelen zo nodig ook toe te passen. Dit gevoegd bij het feit dat de vraag naar tuinbouwprodukten — in tegenstelling met die naar akkerbouwprodukten — elastisch is en dit wellicht ook wel altijd zal blijven, maakt de vooruitzichten van de tuinbouw als geheel gunstig.

Hier komt nog iets bij. Op het ogenblik lijdt de akkerbouw aan overproduktie in de westelijke wereld en onderconsumptie in de

ontwikkelingslanden. Dit moet een tijdelijk verschijnsel zijn. Niet alleen zou een verhoogde koopkracht van het oosten de westelijke overschotten doen verdwijnen, doch de uitbreiding van de bevolking gaat ook in het westen zo snel, dat men zich kan afvragen of niet binnen afzienbare tijd de landbouwproductie zijn huidige voorsprong op de consumptie zal gaan verliezen. Intensivering, nu alleen bepleit ter verhoging van het inkomen van de betrokken ondernemer, zal dan een noodzaak zijn voor het welzijn van de gehele bevolking, en deze intensivering zal ongetwijfeld gedeeltelijk een verschuiving in de richting van de tuinbouw betekenen.

Inmiddels zal het begrip tuinbouw dan, nog meer dan thans reeds het geval is, gaan afwijken van het traditionele. In de oude definitie werd tuinbouw o.a. gekarakteriseerd door de individuele zorg die de planten tijdens de teelt genoten en van de beperkte houdbaarheid van het produkt. Bij het huidige streven naar mechanisatie en produktie in grotere eenheden gaat dit karakter enigszins verloren. Ook de beperkte houdbaarheid van de produkten verliest gaandeweg zijn waarde van de definitie. Men zal in de toekomst als men tuinbouw wil omschrijven meer de nadruk moeten leggen op de aard van de produkten en van de bij de teelt gebruikte installaties.

Economisch ziet de tuinbouw zich gesteld voor de vraag naar het optimale rendement. Bij de oplossing van dit probleem dienen alle produktiefactoren, dus natuur, arbeid en kapitaal, in de beschouwingen te worden betrokken. Ik zal in het vervolg van deze rede vrijwel alleen over de factor natuur spreken; ook daarbij moet ik mij uiteraard nog grote beperkingen opleggen. De plantenteelt dankt haar bestaan als handwerk en wetenschap aan het feit dat de opbrengst van de gewassen geen constant gegeven is, doch zich zeer sterk laat beïnvloeden, dank zij het vermogen van de plant tot genetische variatie en tot variatie onder invloed van het milieu. Ik zal mij bepalen tot het laatstgenoemde onderwerp, waarbij ik in het bijzonder stil wil staan bij de vraag, hoe men de optimale groeiomstandigheden voor onze gewassen kan vaststellen.

Van nature groeit de plant in het vrije veld, waarin hij is blootgesteld aan het natuurlijke klimaat, dat door de voortdurende wisseling van alle samenstellende factoren onvoorstelbaar gecompliceerd is, en aan de bodem, waarvan de eigenschappen eveneens naar plaats en tijd variëren. De domesticatie kon alleen slagen dank zij het feit dat de planten in cultuur werden genomen vlak bij hun natuurlijke standplaats, waaraan zij waren aangepast.

Deze aanpassing, in de loop van de evolutie tot stand gekomen en een dwingende voorwaarde voor het voortbestaan van de soort, houdt niet in dat de groeifactoren op de natuurlijke standplaats optimaal zijn voor de ontwikkeling van de plant. Het optimale

milieu is geen natuurlijk gegeven; de mens heeft er van de aanvang van de plantenteelt af tot nu toe naar moeten zoeken. Dit is temeer het geval waar de natuur selecteert op het aantal diasporen dat een plant kan voortbrengen, terwijl de mens in vele gevallen in geheel andere organen is geïnteresseerd.

De oudste cultuurmaatregelen zijn meer het gevolg geweest van de ervaring dat bepaalde handelingen een gunstig resultaat hadden, dat van inzicht in de eisen die de plant aan de omstandigheden stelt en een doelbewust experimenteren op grond van dit inzicht. De kennis van het relatief belang van de verschillende klimaats- en bodemfactoren voor de plant en van de wijze waarop zij haar invloed doen gelden, ontwikkelde zich slechts langzaam en is ook nu nog zeer onvolledig.

Hoe deze kennis is verzameld, en welke problemen men bij het zoeken naar het optimale milieu ontmoet, zou ik gaarne zeer in het kort met U nagaan aan de hand van een reeks voorbeelden, ontleend aan één der groeifactoren. Welke groeifactor wij hiervoor kiezen, is betrekkelijk willekeurig, omdat men, zoals zal blijken, vroeg of laat ook de andere in de beschouwingen moet betrekken. Laten wij uitgaan van de factor temperatuur.

Dat planten reageren op de temperatuur, was reeds lang bekend eer er van enig wetenschappelijk onderzoek sprake was. Vooral de vaak desastreuze gevolgen van vorst moeten de plantenteler in het oog gesprongen zijn, en het is dan ook ter voorkoming hiervan dat in de 17de eeuw de eerste oranjerieën werden gebouwd: verwarmde ruimten, waarin exotische gewassen die geen vorst verdragen werden overwinterd. Meer kon men met deze ruimten niet doen; voor de eigenlijke teelt waren zij onbruikbaar. De eerste pogingen om de milieufactor temperatuur te regelen, waren dus niet gericht op het benaderen van een optimum, maar op het voorkómen van schade; een situatie, die men ook bij andere milieufactoren kan opmerken.

Het was inmiddels al lang bekend dat er ook boven het vriespunt verband bestaat tussen temperatuur en plantengroei. Kwantitatieve beschouwingen hierover konden echter pas worden gehouden toen men over goede thermometers beschikte. BOUSSINGAULT (1844) meende waar te nemen dat het produkt van vegetatieperiode en gemiddelde temperatuur voor ieder gewas een bepaalde karakteristieke waarde had. Dit zou betekenen, dat temperatuur en groei recht evenredig zijn. Deze opvatting vindt men ook bij ALPHONSE DE CANDOLLE (1854), die echter niet werkte met de gemiddelde temperatuur over de gehele vegetatieperiode, maar met 'warmtesommen', d.w.z. de getallen die men krijgt, wanneer de gemiddelde dagtemperaturen gedurende de vegetatieperiode bij elkaar worden opgeteld. Ieder gewas zou nu een bepaalde warmtesom voor zijn ontwikkeling nodig hebben.

Hoewel dit begrip 'warmtesom' reeds zes jaar nadat het door DE CANDOLLE was geïntroduceerd door SACHS scherp werd bekritiseerd, hebben vele latere auteurs zich met het bepalen van warmtesommen beziggehouden. Van de schaarse gegevens over tuinbouwgewassen noem ik een onderzoek van KOPETZ (1943) met een aantal doperwttenrassen, waarvan de ontwikkeling in drie achtereenvolgende jaren telkens op twee proefvelden werd nagegaan. Hij vond dat de som der gemiddelde dagtemperaturen over de periode tussen uitzaai en eerste bloei inderdaad ongeveer constant was. Daar de waarde van de warmtesommen bij de verschillende rassen sterk uiteenliep (van 400 bij een vroeg tot 700 bij een laat ras) meende hij dat deze grootte zeer geschikt was om het ras te karakteriseren.

DE CANDOLLE had reeds bemerkt dat het voor het verkrijgen van enigermate constante warmtesommen nodig was, lage temperaturen niet mee te tellen. De evenredigheid tussen temperatuur en groei bleek dus alleen te gelden boven een bepaalde minimumtemperatuur, bij mais b.v. pas boven 13°. De volgende stap is het klassieke onderzoek van SACHS (1860) over de invloed van de temperatuur op de zaadkieming en de groei van kiemplantjes van verschillende soorten gewassen. Terwijl zijn voorgangers wel metingen verrichtten, maar de gang der temperatuur aan de natuur overlieten, ging SACHS er als eerste toe over om een reeks van zo goed mogelijk constante temperaturen te scheppen.

Zijn conclusies zijn klassiek. Zoals U weet, vond hij dat iedere ontwikkelingsfase van de plant ten aanzien van de temperatuur door drie kardinale punten is gekarakteriseerd: het optimum, waarbij het waargenomen proces zo snel mogelijk verloopt, geflankeerd door het minimum, waar beneden het nog niet, en het maximum, waarboven het niet meer verloopt.

Uit dit onderzoek blijkt dat van een rechte evenredigheid tussen groei en temperatuur geen sprake is. Dat andere auteurs een dergelijke evenredigheid meenden te vinden, komt waarschijnlijk hoofdzakelijk omdat zij werkten met natuurlijke omstandigheden, waarbij in grote gedeelten van de wereld temperaturen boven het optimum zelden voorkomen. Zelfs in het traject tussen minimum en optimum is het verband tussen temperatuur en groei echter niet rechtlijnig, zoals SACHS reeds opmerkt, en door latere onderzoekers in meer détail is uitgewerkt. De curve heeft de neiging om naarmate men het optimum nadert, gaandeweg minder steil te gaan verlopen. Dit betekent dat een temperatuursverandering van b.v. 3°C dicht bij het optimum minder effect heeft dan verder hier vandaan. LUNDEGAARDH noemt dit de 'relativiteitswet'. MITSCHERLICH die met voedingsfactoren werkte, waarvoor echter wat dit betreft dezelfde wetmatigheden gelden, spreekt van het 'Wirkungs-

gesetz', in ons land gewoonlijk aangeduid als de wet van het afnemend rendement.

Dit gebogen verloop van de curve geldt niet alleen tussen minimum en optimum, maar ook tussen optimum en maximum; het verloop is hier echter in de regel steiler. Een belangrijk punt, waarop ook SACHS reeds de aandacht vestigt, is dat men bij de vaststelling van de kardinale punten de factor tijd niet buiten beschouwing mag laten. Een plant die na drie dagen bij 5°C geen meetbare groei vertoont kan na twee weken wel zichtbaar zijn gegroeid. Het minimum is dus met de tijd naar een lagere waarde verschoven. Dit is een algemeen verschijnsel: het geldt ook voor maximum en optimum.

In de afgelopen eeuw hebben vele onderzoekers op deze eerste resultaten voortgebouwd. Sommigen zijn hierbij in het voetspoor van DE CANDOLLE getreden, en hebben de correlaties tussen natuurlijk klimaat en plantengroei bestudeerd, waarbij zowel de meettechniek als de wiskundige verwerking van de waarnemingen voortdurend werd verfijnd. Anderen traden in het voetspoor van SACHS en trachtten tot een zo goed mogelijke beheersing van de milieufactoren te komen. Op dit gebied is dank zij de vorderingen van de techniek vooral gedurende de laatste kwarteeuw enorme vooruitgang geboekt.

In 1926 vond F. G. GREGORY bij een analyse van de invloed van het klimaat op gerst dat de opbrengst positief gecorreleerd was met de dagtemperatuur, doch negatief met de nachttemperatuur. Latere onderzoekingen onder constante condities, waarvan vooral die van F. W. WENT bekend zijn geworden, hebben aangetoond dat ook bij andere gewassen dag- en nachttemperatuur bij vele gewassen twee verschillende milieufactoren zijn. Zo prefereren tomaat en aardappel een nachttemperatuur die enkele graden lager ligt dan de optimale dagtemperatuur; het Kaaps viooltje reageert daarentegen gunstig op een hoge nachttemperatuur, terwijl de erwt wel gevoelig is voor de temperatuur overdag, maar op de nachttemperatuur, mits deze geen extreme waarden bereikt, slechts zwak reageert.

Deze specifieke reacties van de plant op dag- en nachttemperatuur wijzen in de richting van een interactie van temperatuur en licht. Dit roept de vraag op naar het samenspel van de verschillende groeifactoren in hun werking op de plant. Bestaat dit en zo ja, volgt het ook bepaalde wetmatigheden? In dit verband rijst direct de gedachte aan de 'wet van het minimum', een begrip dat in eerste aanleg is terug te voeren tot JUSTUS VON LIEBIG's klassieke bespiegelingen over de minerale voeding van de plant (1840), doch dat later ook op de andere groeifactoren en zelfs op de inwendige processen in de plant is toegepast.



LIEBIG stelde zich voor dat de plant de voedingselementen in verschillende hoeveelheid, doch in vaste verhouding zou opnemen. Hieruit volgt, dat de mogelijke groei bepaald wordt door de groeifactor, die relatief in de geringste hoeveelheid aanwezig is. Deze beperkende factor bepaalt dus de optima van de andere groeifactoren. Men kan dit gemakkelijk inzien, wanneer men zich de situatie indenkt waarin twee factoren in het minimum zijn: verhoging van het niveau van de één zal dan alleen effect hebben wanneer men ook het niveau van de ander verhoogt.

Deze correlatie tussen de optima van de verschillende groeifactoren is aanvankelijk niet algemeen geaccepteerd. Het denkbeeld dat aan de methode van de warmtesommen ten grondslag ligt, namelijk dat temperatuur en groei in de natuur steeds recht evenredig zijn, sluit een invloed van andere factoren op het temperatuurs-effect uit. MITSCHERLICH blijkt in de wiskundige formulering van zijn 'Wirkungsgesetz' van mening dat het optimum van de ene voedingsfactor onafhankelijk is van dat van de ander.

De praktijk leert echter anders. O. DE VRIES ging in een lezing gedurende de Nederlandse Landbouweek 1939 bij vierenzestig in de literatuur beschreven proeven over de invloed van bodemfactoren op verschillende gewassen na in hoeverre de resultaten MITSCHERLICH's opvatting bevestigden. Het bleek dat onafhankelijke werking van de groeifactoren zeer zelden voorkomt. In de meeste gevallen betekende een betere voorziening met de ene factor een hoger optimum van de andere. Er bleken echter ook nog al wat gevallen te zijn waarin het omgekeerde optrad, d.w.z. waarbij in een beter milieu met een geringere hoeveelheid van de onderzochte groeifactor kon worden volstaan. Men zou kunnen zeggen dat in deze gevallen de ene factor de andere tot op zekere hoogte kan vervangen, al moet men bedenken dat een dergelijke formulering geen wetenschappelijke waarde behoeft te hebben.

Het zou de moeite waard zijn, een dergelijk overzicht te maken van experimenten, die in de recente tuinbouwliteratuur beschreven zijn, omdat dit wellicht bepaalde wetmatigheden bij de interacties van milieufactoren aan het licht zou brengen. Ongetwijfeld zouden echter de algemene conclusies van DE VRIES bevestigd worden.

Dit alles behoort in de wetenschap der plantenteelt tot de betrekkelijk elementaire kennis. De stelling, dat de groeifactoren onafhankelijk van elkaar werken vindt geen verdedigers meer. Niettemin zou men bij het bestuderen van de opzet van veel onderzoeken kunnen concluderen dat zij nog steeds opgeld doet. De meeste experimenten houden zich nl. bezig met de invloed van slechts één milieufactor; studies van de interactie van milieufactoren zijn verre in de minderheid, en te zeldzamer naarmate het aantal betrokken milieufactoren groter is. Ieder boek over plan-

tenteelt stelt nadrukkelijk, dat alle groeiomstandigheden met elkaar samenhangen, doch geen uitspraak wordt in het onderzoek vaker genegeerd.

Voor deze discrepantie tussen theorie en praktijk bestaan natuurlijk enkele voor de hand liggende redenen. In de eerste plaats is de exacte dosering van een milieufactor technisch moeilijk en vaak zelfs onuitvoerbaar; men is bij vele factoren al blij, wanneer men ze constant kan houden. In de tweede plaats wordt in geval van onafhankelijke variatie van verscheidene factoren het aantal objecten reeds spoedig onhandelbaar groot, terwijl het oppervlak van de geconditioneerde ruimten in de regel zeer beperkt is.

Niettemin wordt wel eens te gemakkelijk over deze bezwaren heen gestapt. R. A. FISCHER schreef reeds in 1926: 'In verband met veldproeven wordt geen aforisme vaker herhaald dan dat wij aan de natuur zo weinig mogelijk vragen, in het ideale geval dus slechts één vraag, tegelijk moeten stellen. Men krijgt echter de beste antwoorden van de natuur wanneer men haar een logische en zorgvuldig uitgedachte vragenlijst voorlegt; als we haar slechts één vraag stellen, weigert zij vaak het antwoord tot wij eerst een ander onderwerp met haar hebben besproken'.

De interactie van de verschillende milieufactoren is wellicht het grootste probleem dat het onderzoek van de relatie plant-milieu oproept. Ook het probleem van de samenhang tussen de optima der groeifactoren en het ontwikkelingsstadium van het gewas, reeds expliciet door SACHS gesteld, scheidt echter vele complicaties.

De groeiende plant verandert. Uit het zaad ontstaat een kiemplantje, dit groeit uit tot een vegetatieve plant, deze vormt bloemknoppen, bloemen en tenslotte vruchten. Tijdens deze ontwikkeling verandert de reactie van de plant op zijn milieu. Ten dele ligt dat zeer voor de hand. Het verschijnsel groei dat wij waarnemen is de resultante van een onvoorstelbaar groot aantal processen in de plant die alle hun specifieke eisen stellen aan de temperatuur en veelal ook nog aan een aantal andere milieufactoren. De optimale temperatuur is dus een 'resultante' van de temperatuuroptima van alle deelprocessen die in het betreffende geval limiterend kunnen zijn. Bij de intrede in een nieuwe ontwikkelingsfase, b.v. de vorming van bloemknoppen, zullen in de plant nieuwe processen optreden, waarvan de specifieke temperatuurrelaties in de reacties van de plant op het milieu worden verdisconteerd, met in vele gevallen een nieuw temperatuuroptimum van de plant als geheel tot gevolg.

De optimale groeivoorwaarden van een plant bestaan dus niet uit één bepaalde combinatie van temperatuur, licht, enz., maar uit een aantal van dergelijke combinaties, die elkaar in de tijd moeten opvolgen. De tuinbouwliteratuur kent reeds talloze voorbeelden,

die hoewel meestal niet tot in de finesses uitgewerkt, het hier genoemde principe duidelijk demonstreren. Ik behoef hier slechts te herinneren aan de klassiek geworden onderzoekingen van BLAAUW en zijn staf over de invloed van de temperatuur op een aantal bol- en knolgewassen.

Het ligt voor de hand, dat deze problemen relatief het eenvoudigst zijn bij één- en tweejarige gewassen, die hun ontwikkelingscyclus slechts eenmaal doorlopen. Bij meerjarige gewassen zijn gevallen als tulp en aardappel relatief het minst gecompliceerd, omdat men hier ieder jaar uitgaat van een nieuwe knol resp. bol, terwijl de moederplant afsterft. Voor de aardbei, waar men uitgaat van jonge uitloperplanten, geldt iets dergelijks. Bij deze gewassen is sprake van een cyclische ontwikkeling. Gewassen als vruchtbomen zijn bijzonder ingewikkeld, omdat hier de gehele plant overblijft, en men zowel te maken heeft met de ontwikkelingsgang van deze plant van zaad of jonge ent tot oude boom als een hierover gesuperponeerde jaarlijkse periodiciteit.

Men kan de veranderingen in de optimale groeivoorwaarden uitdrukken in een tijdschaal. Dit is echter een onbetrouwbare werkwijze, omdat de verschuiving van het optimum het gevolg is van fysiologische processen binnen de plant, die onder invloed kunnen staan van andere milieufactoren, die men gewoonlijk niet volledig in de hand heeft.

Beter is het wanneer men de veranderingen in de fysiologische toestand van de plant kan correleren met waarneembare veranderingen. Het opsporen hiervan biedt in gevallen waar men van morfologische verschijnselen gebruik kan maken geen moeilijkheden, maar kan in andere gevallen intensief onderzoek eisen. Zonder het werk van de vele andere auteurs die zich op dit gebied hebben bewogen te kort te willen doen, wil ik hier de naam noemen van VAN DE SANDE BAKHUYZEN. Deze heeft aangetoond dat vooral de studie van de verdeling van de droge stof over de verschillende organen van de plant een belangrijk criterium kan zijn bij de indeling van de ontwikkeling van de plant in fasen, omdat de z.g. distributielijnen, die ontstaan wanneer men het drooggewicht van bepaalde organen tegen dat van de gehele plant uitzet, specifieke knikken vertonen. STOKES en VERKERK hebben reeds jaren geleden met hun onderzoek van spruitkool aangetoond dat deze methode ook bij tuinbouwgewassen perspectieven biedt. Vele belangrijke tuinbouwgewassen wachten echter nog op een dergelijke analyse.

Binnenkort hoopt de Afdeling Tuinbouwplantenteelt een laboratorium in gebruik te nemen waarin gewassen kunnen worden geteeld in een aantal milieus, waarvan de meeste factoren, o.a. licht en temperatuur, regelbaar of althans constant zijn. Men is gewend een dergelijk laboratorium een fytotron te noemen, omdat de eer-

ste dergelijke installatie, het Earhart Plant Research Laboratory te Pasadena, California, onder deze naam bekend is geworden.

Fytotrons zijn de jongste ontwikkeling in de richting die meer dan een eeuw geleden door SACHS werd ingeslagen, toen hij zijn huis te Praag als een 'fytotron avant la lettre' gebruikte, waarin hij echter alleen nog maar de factor temperatuur enigermate kon regelen.

Het is zonder meer duidelijk, dat een modern fyto-*tron* voor de bestudering van de in het voorgaande gestelde problemen enorme mogelijkheden biedt. Het heeft echter ook zijn beperkingen, omdat het natuurlijk milieu veel gecompliceerder is dan het fyto-*tron*-milieu. Men reguleert nog niet alle milieufactoren; in het bijzonder blijft de reeds eerder genoemde voortdurende wisseling der factoren, die het natuurlijk milieu kenmerkt, achterwege. Wij zullen in ons fyto-*tron* gegevens moeten verzamelen over het gedrag van onze gewassen in een milieu, dat vrij sterk afwijkt van datgene waaronder zij in de praktijk worden geteeld. Na alles wat wij hebben opgemerkt over de interactie der milieufactoren rijst de vraag, in hoeverre dit de praktische waarde van onze uitkomsten nadelig zal beïnvloeden.

In dit verband kan op twee aspecten gewezen worden die deze situatie minder ongunstig maken dan zij op het eerste gezicht schijnt. In de eerste plaats herinner ik aan de eerder genoemde 'relativiteitswet' van LUNDEGAARDH die leert dat kleine veranderingen in een groeifactor in de omgeving van het optimum een veel geringere invloed heeft dan daarbuiten. Als wij dus zorgen dat wij met de belangrijkste groeifactoren op een gunstig niveau zitten, zullen onze conclusies waarschijnlijk goed bruikbaar zijn. Gelukkig maken de moderne technische middelen het steeds beter mogelijk, deze gunstige niveaus te bereiken — ik denk hierbij vooral aan de intensiteit en spectrale samenstelling van het licht, die in vroegere fyto-*trons* vaak een zwak punt vormden.

In de tweede plaats krijgt men een steeds betere regulering van het klimaat in de kassen. Verwarming, ontluchting, en het scher-*men* kunnen automatisch worden geregeld, de lucht kan worden bevochtigd en tevens enigszins gekoeld, de kassen worden om warmteverlies in de winter te voorkomen en CO<sub>2</sub>-bemesting mogelijk te maken, steeds dichter gemaakt. Ten gevolge van al deze verbeteringen, die in de toekomst ongetwijfeld nog door andere zullen worden opgevolgd, wordt het verschil tussen fyto-*tron*- en kasmilieu steeds minder groot, en kunnen de waarnemingen in het fyto-*tron* steeds beter voor adviezen voor de kasteelten dienen. Het is echter duidelijk, dat tussen fyto-*tron* en de omstandigheden op het vrije veld nog steeds een groot verschil bestaat. Hoe groot dit is, en in welke mate het de toepasbaarheid van in het fyto-*tron* be-

haalde resultaten op vollegrondsteelten zal beïnvloeden, zal experimenteel onderzoek moeten leren.

Behalve voor het onderzoek naar de optimale groeivoorwaarden kan een fytotron nog voor velerlei andere doeleinden worden gebruikt. Ik wil echter aan de verleiding, hier nader op in te gaan, weerstand bieden, om nog in het kort een andere weg te noemen, waarlangs men de optimale groei van het gewas kan benaderen, namelijk door ingrijpen in het fysiologisch mechanisme. Naarmate het fysiologisch en biochemisch onderzoek vordert, en meer bekend wordt over de invloed van de milieufactoren op de assimilatorische en dissimilatorische processen, stijgen de mogelijkheden, om deze processen rechtstreeks door toediening van chemische stoffen te beïnvloeden.

Hoewel dit in vergelijking met de regulering van het milieu een betrekkelijk jonge ontwikkeling in de plantenteelt is, zou er toch reeds veel over te vermelden zijn: ik herinner U slechts aan de resultaten van toediening van suiker en hormoonachtige stoffen als auxinen, gibberellinen en kinetinen. Op verschillende momenten in de ontwikkeling van de plant zijn wij om een optimale resultaat te bereiken niet meer uitsluitend aangewezen op een zo goed mogelijke regulering van het milieu, maar kunnen wij overwegen, of het niet efficiënter is een fysiologisch actieve stof toe te dienen, hetzij een voedingsstof, hetzij een der andere, door LONA onlangs als 'morfogeninen' aangeduide stoffen.

De vraag rijst nu, of de combinatie van beide, dus van een optimaal milieu en de zojuist genoemde fysiologisch werkzame stoffen, ons in staat zullen stellen, de productie van de plant tot boven het natuurlijk optimum te stimuleren. Wij worden hier geconfronteerd met het probleem, wat optimale groei nu eigenlijk fysiologisch voorstelt. Om hierin enig algemeen inzicht te krijgen, kan men de wet van het minimum gaan toepassen op de processen die zich binnen de plant afspelen. Uit dit gezichtspunt wordt de groei van de plant onder alle omstandigheden, dus ook in een optimaal milieu, bepaald door het deelproces dat het langzaamst verloopt. Het is zeer wel denkbaar dat dit deelproces bestaat uit de synthese van een bepaalde stof; weet men welke dit is dan zou men door toevoeging van deze stof de groei nog verder kunnen stimuleren.

In dit verband kan een recent onderzoek worden geciteerd dat door KETELLAPPER in het fytotron te Pasadena is verricht. Hierbij werd van een aantal fysiologisch actieve stoffen nagegaan hoe zij de groei van een aantal gewassen bij verschillende temperaturen beïnvloeden. De reacties bleken sterk uiteen te lopen. Bij tomaat, Cosmos en aubergine kon de groei alleen bij temperaturen beneden het optimum worden gestimuleerd, en wel bij ieder gewas door een ander agens: bij tomaat door nicotinezuur, bij Cosmos door vitamine B en bij aubergine door een mengsel van ribosiden. Daar-

entegen reageerden tuinboon, lupine en erwt alleen wanneer de temperatuur boven het optimum lag. Bij tuinboon en erwt was vitamine C werkzaam, bij lupine vitamine B. Bij het temperatuur-optimum reageerde echter geen enkel gewas op de toegediende stoffen met verhoogde groei. Het optimum van de groeicurve werd dus verbreed maar niet verhoogd; de toegediende stoffen vergrooten niet de oogst, maar de oogstzekerheid. Het is niet bekend, in hoeverre dit geldt voor de eerder genoemde 'morfogeeninen'. Sommige waarnemingen wijzen in dezelfde richting, andere daarentegen geven aanleiding tot de veronderstelling dat men met deze stoffen wel degelijk opbrengststijgingen kan verkrijgen die buiten het door het milieu bepaalde traject vallen.

De relatie plant-milieu blijft één der brandpunten van het tuinbouwkundig onderzoek. De techniek stelt ons in staat, in principe vrijwel iedere milieufactor te regelen. Kapitaal om de benodigde kassen en installaties aan te brengen is in ruime mate aanwezig. De technische kennis zal echter onvolledig worden benut, en het kapitaal in traditionele installaties worden geïnvesteerd, als het onderzoek niet aangeeft waar nieuwe mogelijkheden liggen.

De Oostenrijkse industrieel RUTHNER, in de publiciteit gekomen door zijn project om de plantenteelt door middel van een lopendebandsysteem volkomen te mechaniseren, heeft voorgesteld de benodigde apparatuur te instrueren door middel van ponskaarten, waarop de behoeften van de plant precies staan aangegeven. Wanneer men zich naar aanleiding hiervan gaat afvragen, wat men dan op de ponskaart van b.v. bloemkool zou moeten aangeven, realiseert men zich hoe weinig exacte informatie er nog maar over de relatie tussen plant en milieu bestaat.

De vraag naar het optimale milieu is een typisch plantenteeltprobleem. De oecologisch georiënteerde botanicus interesseert zich in de eerste plaats voor de relatie tussen plant en natuurlijk milieu, en wij zagen reeds dat een optimaal milieu in de natuur zelden, wellicht nooit, voorkomt. Voor de fysioloog is de studie van milieu-invloeden een middel om in het mechanisme van de levensprocessen door te dringen. Ook dit is voor de plantenteelt slechts van zijdelings belang.

Wanneer ik tot slot van mijn betoog nog eens de nadruk leg op het synthetisch karakter van de plantenteelt, dan bevind ik mij op een platgetreden pad. Dat ik het toch betreed komt omdat het ons voert naar één der grote problemen van het wetenschappelijk onderwijs en onderzoek op het gebied der plantenteelt.

Verleden jaar werden in 'Horticultural Abstracts' 7570 artikelen gerefereerd. Meer dan dit enkele getal is niet nodig om aan te tonen dat specialisatie onafwendbaar is. Dit betekent niet, dat wij er naar moeten streven, specialisten op te leiden, doch wel, dat wij

mensen moeten vormen die in staat zijn zich te specialiseren.

Hierbij dreigen gevaren. Ik denk hier niet in de eerste plaats aan het veel gehoorde verwijt, dat de specialist het geheel niet meer overziet. Dit kan niemand meer (tenzij hij zich hierin specialiseert). Het gevaar is dunkt mij veeleer dat men zich tezeer in zijn specialisme vastbijt, en door blijft werken in één bepaalde richting, terwijl het probleem zich in de praktijk van de tuinbouw al lang naar een ander terrein heeft verplaatst. Een tweede gevaar is dat men zozeer gewend raakt aan de analytische methode, aan het isoleren van één probleem uit een veelheid van op elkaar inwerkende verschijnselen dat men het vermogen tot synthese verliest, en het deelprobleem niet meer kan terugplaatsen in het geheel van interacties waarin het, tuinbouwkundig gesproken, thuishoort. De enige manier om aan deze gevaren te ontsnappen is door de doelstelling van het tuinbouwkundig onderzoek, namelijk bij te dragen tot een zo efficiënt mogelijke produktie, nooit uit het oog te verliezen.

Aan het einde van mijn rede gekomen wil ik mijn eerbiedige dank betuigen aan Hare Majesteit de Koningin voor mijn benoeming tot Hoogleraar in de Tuinbouwplantenteelt.

*Mijne Heren Leden van het Bestuur,*

Gedurende de afgelopen jaren heb ik vooral in verband met de plannen voor de nieuwe huisvesting en de uitbreiding van de technische installaties van ons Laboratorium vele malen contact met U gehad. Steeds heb ik bij U een open oor gevonden voor onze wens, en ik heb de voortvarendheid bewonderd waarmee U de daartoe in aanmerking komende voorstellen op weg hebt geholpen op hun lange tocht langs de ambtelijke instanties. Dat zich daarbij ook het voorstel voor mijn benoeming tot Hoogleraar bevond, vervult mij met diepe erkentelijkheid. Gaarne geef ik U de verzekering, dat ik mij van de verplichtingen die mijn nieuwe functie mij oplegt terdege bewust ben, en dat ik alles wat in mijn vermogen ligt zal doen om de mij toevertrouwde taak zo goed mogelijk te vervullen.

*Beste Vader,*

Bij het bereiken van deze mijlpaal in mijn leven gedenk ik dankbaar, hoe U naast alle andere gebieden waarop U mijn leidsman bent geweest, ook mijn eerste schreden op het pad van de tuinbouw hebt geleid.

*Hooggeleerde Wellensiek,*

Dank zij Uw nooit verflauwende werkkraft is de stroom van het onderzoek van ons Laboratorium steeds breder geworden, en be-

vinden wij ons nu, bij de ingebruikneming van het Fytotron, bovendien in een stroomversnelling. Dat U op dit kritieke moment mij op de brug hebt willen roepen, om mede de koers te bepalen, vervult mij met grote dankbaarheid, doch tevens met het bewustzijn dat hiermede grote verantwoordelijkheid op mijn schouders wordt gelegd. Ik prijs mij gelukkig, dat ik nog verscheidene jaren Uw inspirerende voorbeeld naast mij zal hebben.

*Dames en Heren Hoogleraren,*

Dat U mij als collega in Uw kring hebt willen opnemen, stemt mij dankbaar. Gedurende de jaren van mijn lectoraat heb ik reeds met velen Uwer contact gehad. Ik heb daarbij veel geleerd, en veel vriendschap ondervonden. Het verheugt mij, dat door mijn nieuwe functie, en door de algemene ontwikkeling van het organisatiepatroon van onze Landbouwhogeschool dit contact in de toekomst nog intensiever zal worden.

*Dames en Heren Medewerkers van het Laboratorium voor Tuinbouwplantenteelt,*

Wetenschappelijk onderwijs en onderzoek zijn nooit statisch, doch steeds aan verandering onderhevig. Evenals in het verleden zal daarom ook in de toekomst van U verlangd worden dat U soepel van geest, inventief en zo mogelijk zelfs creatief bent. Ik vertrouw, dat bij deze voortdurende wisseling van werkzaamheden onze vriendschappelijke verstandhouding onveranderd zal blijven.

*Dames en Heren Studenten,*

Gegeven zijn voor mij Uw genotype en het milieu, waarin U bent opgegroeid. Mijn taak is het, zo ver dit in mijn vermogen ligt het optimale milieu te scheppen voor de verdere ontwikkeling van Uw kennis en inzicht. U bent echter geen gewas, maar mensen die voor een groot gedeelte hun eigen milieu scheppen. De verandering van mijn status betekent voor U geen verzwaring van de studie, doch scheidt wel de mogelijkheden tot een langduriger contact. Ik hoop dat dit zo intensief zal zijn dat wij het zojuist genoemde optimale milieu gezamenlijk zullen kunnen vinden.

Ik heb gezegd.