

DE ONTWIKKELING VAN HET LEVEN

REDE

UITGESPROKEN BIJ
DE AANVAARDING VAN HET AMBT VAN
GEWOON HOGLERAAR IN DE FYSIOLOGIE DER PLANTEN
AAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL TE WAGENINGEN
OP 14 NOVEMBER 1968

DOOR

Dr. J. Bruinsma



H. VEENMAN & ZONEN N.V. - WAGENINGEN

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

Zeer gewaardeerde toehoorders,

De ontwikkeling van het leven, op deze planeet en in elk organisme, vormt een boeiend en veelzijdig probleem. Van het ogenblik af dat in de mens het reflecterend bewustzijn ontwaakte, waardoor hij eerst waarlijk mens werd, heeft deze problematiek hem bezig gehouden. Als de Penseur van Rodin zich afvraagt 'wie ben ik, vanwaar, waartoe?', dan peinst hij over de ontwikkeling van zijn leven, over de ontwikkeling van het leven dat zich in hem voltrekt. En hij staart in het mysterie...

In deze situatie tracht de mens van ouds uitkomst te vinden langs drieërlei weg: door middel van religie, filosofie en wetenschap.

In de religie zoekt de mens de verbinding met en openstelling voor dat mysterie, waar zich het leven uit ontwikkelt. De cosmogonieën van de verschillende godsdiensten gaan in de regel uit van een oorspronkelijke Eenheid, een eeuwige en oneindige Eerste Oorzaak. Deze Eenheid vormt dan een tweehed, een dualiteit van dag en nacht, positief en negatief, mannelijk en vrouwelijk, geest en stof, goed en kwaad. En door deze polariteit drukt dan de Eenheid zich uit in de schepping van een veelheid in ruimte en tijd. De religieuze opgave voor de mens is, door de in-gewikkeldheid van die polaire veelheid heen de weg terug te vinden tot de oorspronkelijke Eenheid¹). Deze weg terug uit de in-wikkeling is de letterlijke en sacrale betekenis van het woord ont-wikkeling.

Filosofie en wetenschap volgen, in het profane, een overeenkomstige weg van *Ordo ab Chao*. Beide trachten zij de veelvuldigheid der verschijnselen in de ervaringswereld door generalisaties terug te voeren tot algemeen geldende begrippen respectievelijk theorieën.

Filosofieën ontwikkelen rationeel, begripsmatig, denkbeelden in een onderlinge samenhang. De aldus gevormde filosofische systemen verschillen onderling, al naar de denkpatronen en de psychische gesteldheden van de individuele wijsgeren. Juist ook moderne filosofen, enerzijds bekend met resultaten van dieptepsychologisch onderzoek, terwijl zij anderzijds hebben moeten ervaren op welk een irrationele wijze de mens zijn technologische verworvenheden kan aanwenden, erkennen het niet verstandelijk te grijpen deel der werkelijkheid en laten daarmee ruimte voor het mysterie²).

De wetenschap pretendeert, door het op experimentele wijze stellen van objectieve vragen aan de werkelijkheid, te geraken tot universele wetmatigheden waaruit een eenduidig als waar geldend beeld van die werkelijkheid is op te bouwen. Tal van wetenschapsgebieden dragen stenen aan voor deze bouw, doch het aldus tot stand komende bouwwerk dreigt ons voorstellingsvermogen te buiten te gaan. Niet slechts omdat door de steeds toenemende vloed van feiten en gegevens de wetenschap naar buiten toe steeds in-gewikkelder wordt. Integendeel, naarmate de wetenschap zich verder ont-wikkelt wordt zij, door toenemende generalisatie, een-voudiger.

Het is echter juist de kwaliteit van de aldus ontwikkelde theorieën die verhindert, dat wij ons nog een beeld van de werkelijkheid kunnen vormen. De dimensies van enerzijds het astronomische, anderzijds het atomaire, verliezen zich beide in het onvoorstelbare. Ons aan de coördinaten van ruimte en tijd gebonden bewustzijn wordt geconfronteerd met een gekromde ruimte, waarin een heelal van onvoorstelbare afmeting en ouderdom aan het uitdijen is. Terwijl op het niveau der kleine aantallen niet alleen de causaliteit vervluchtigt tot waarschijnlijkheid, doch ook het object beïnvloed wordt door het waarnemend subject³).

Het is onder meer met deze laatste ongedetermineerdheid, dat de bioloog meestal in ernstiger mate te maken heeft dan zijn collega's op chemisch en fysisch terrein. NIELS BOHR⁴) heeft reeds in 1932 dit onzekerheidsprincipe in de biologie helder geformuleerd in de volgende bewoordingen:

'De noodzaak om het onderzochte object levend te houden vormt een belemmering in het biologisch onderzoek, die in het fysisch onderzoek niet voorkomt... Er blijft zo een onzekerheid met betrekking tot de fysische omstandigheden, waaraan het is onderworpen, en de gedachte dringt zich op, dat de minimale vrijheid, die wij het organisme in dit opzicht moeten laten, juist groot genoeg is om zijn uiteindelijke geheimen te verbergen.'

Bohr voegt hier aan toe:

'Het bestaan van leven moet worden opgevat als een elementair feit, dat niet kan worden verklaard, doch als een uitgangspunt moet worden gesteld in de biologie.'

Hiermede laat hij de bioloog achter met het mysterie, dat zich niet laat herleiden, verklaren of definiëren. Niet het leven zelf kan de bioloog bestuderen, slechts de levende of geleefd hebbende objecten, waardoor zich het leven uit of heeft geuit.

Nu is het weliswaar de vraag, of de bioloog daarmee werkelijk zoveel slechter af is dan zijn exacter collega's. De chemicus en de fysicus bestuderen een materie, waarvan de atomaire grondslag is vervluchtigd tot een abstracte formulering van een onvoorstelbare leegte en waarin krachten werken welker benamingen zich in de plaats stellen van het begrip hunner mechanismen. Een raket kan met behulp van

vernuftige elektronische apparatuur feilloos de ruimte in worden gestuurd, zonder dat men nochtans begrijpt wat electriciteit, wat zwaartekracht wezenlijk is. Het mysterie drukt zich uit in de gehele natuur, ook in de levenloze. Het is naar VAN MELSEN⁵⁾ heeft vastgesteld, de onjuiste premisse van materialist en vitalist beide, dat het mysterie zich tot de levende natuur zou beperken.

Niettemin, wanneer de bioloog zich bezint op de ontwikkeling van het leven, dan beseft hij hoe bescheiden de wetenschappelijke bijdrage aan deze algemene problematiek nog is. Ik wil dit aantonen aan de hand van de drie aspecten van het probleem:

1. *het ontstaan van het leven*, de eerste manifestatie van leven in de tot dan toe levenloze materie op deze planeet;
2. *de phylogenetische ontwikkeling van het leven* in de loop van de evolutie, waarin de levende vormen zich hebben gedifferentieerd tot de bonte verscheidenheid der levende natuur, met een geleidelijk aan toenemen van bewustzijn, uiteindelijk van het reflecterend bewustzijn bij de mens;
3. *de ontogenetische ontwikkeling van het leven*, die zich voltrekt gedurende de levenscyclus van elk individu, in zijn gang van zaad tot zaad, van de wieg tot het graf.

De oorsprong van het leven op deze planeet wordt op het ogenblik voornamelijk onderzocht door na te gaan welke reacties zich, in de Sturm-und-Drang-periode van onze Moeder Aarde, hebben kunnen afspelen in haar heftig bewogen oceanen onder een bliksemende hemel. In het toen geheerst hebbende sterk reducerende milieu konden velerlei verbindingen ontstaan die als grondstoffen voor de opbouw van eiwitten en nucleïnezuren konden dienen. Weliswaar zouden autokatalytische reactiesystemen slechts hoogst zelden kunnen ontstaan, doch gezien de zeer lange tijdsperiode, die beschikbaar was, is toch het optreden daarvan niet zeer onwaarschijnlijk. Is het nu denkbaar, dat zulke zelfvermeerderende reactiesystemen zijn gaan combineren tot zelfduplicerende eenheden, die zich door middel van membranen afscheidden tot levende cellen temidden van de omringende 'organische soep,⁶⁾? Hoe meer wij de levende organismen, ook de eenvoudigsten onder hen, leren kennen als uiterst fijn cybernetisch regulerende entiteiten, die voortdurend zijn gericht op het handhaven van de integriteit van hun individu en hun soort, des te meer beginnen wij het grondprobleem van het ontstaan van het leven te herkennen als het voor het eerst in de materie zich openbaren van zulk een op zich zelf als doel gericht complex organisatiepatroon. Het is de superpositie op de nivellerende causaliteit van de concentrerende finaliteit. Het is zeer de vraag of de bioloog ooit in staat zal zijn, het optreden van deze superpositie in natuurwetenschappelijke termen adequaat te beschrijven. En dan nog blijft het probleem, dat het ontstaan van het leven op aarde als historisch gebeuren onreproduceerbaar is.

Met de 'origin of life' kon de 'origin of species' een aanvang nemen, *de phylogenetische ontwikkeling* van de levende vormen tot die levensboom, waarvan de palaeontoloog de vertakkingen en de taxonoom de afzonderlijke twijgjes, knopjes en blaadjes beschrijft. Ruim een eeuw geleden verschaftte CHARLES DARWIN in zijn 'Origin of Species' het unificerend principe, volgens welke de evolutie in de levende natuur zich zou hebben kunnen voltrekken⁷). Zijn theorie omtrent de 'struggle for life', die resulteert in de 'survival of the fittest', lijkt inderdaad binnen de kleinere systematische eenheden phylogenetische ontwikkelingen bevredigend te kunnen beschrijven. Doch zij lijkt nog steeds weinig geschikt als enige verklaringsmogelijkheid voor de macro-evolutie, van alg tot appelboom, van amoëbe tot mens.

Darwin's theorie legt de nadruk op het milieu als bepalende factor. Het milieu selecteert en isoleert de variaties binnen de populaties die, naar wij nu weten, zijn ontstaan door ongerichte mutaties. Dit vergt, dat die variaties voor het organisme nuttig zouden zijn, hetgeen vooral bij de onvermijdelijk optredende tussenvormen moet worden betwijfeld. Daarnaast blijkt de evolutie in de regel zo rechtlijnig te verlopen, dat de gedachte zich opdringt aan een van binnen uit gericht zijn in plaats van een van buiten af bepaald worden⁸). Tegenover het natuurwetenschappelijk toeval van de mutaties lijkt de rechtlijnige vooruitgang, welke de evolutie ons veelvuldig toont, het resultaat van een doelgericht vormgeven, waarbij de zich ontwikkelende soorten eerder gebruik lijken te maken van de door hun omgeving aangeboden mogelijkheden dan dat zij er passief door worden gevormd. Zij lijken hun milieucondities te integreren in nieuwe organisatiepatronen. Zoals de zoöloog ENGEL het onlangs uitdrukte, na een levenslange studie van de levensvormen der zeeëgels: 'Ik geloof nog altijd dat een levend wezen levend is'⁹). Ook bij de bestudering van de relaties tussen gastheren en hun parasieten dringt zich deze, toegegeven, vitalistische gedachte op. Hoe meer wij de stoffelijke zijde der natuur leren kennen, des te meer kan zich de geestelijke tegenpool daarvan openbaren, waarbij de statistiek wijkt voor het doel, doch ook de wetenschap voor de bespiegeling, en bij deze grensoverschrijding moeten wij halt houden. Ook hier moeten wij evenwel voorlopig nog betwijfelen of de bioloog bij machte zal zijn, tussen deze polariteit door de gulden middenweg te vinden, die hem een synthetiserende beschrijving van de werkelijkheid der phylogenetische ontwikkeling mogelijk maakt.

Overigens beschikken wij thans wel over de stoffelijke basis voor een theorie als die van Darwin. Aan de vorderingen van de moleculaire biologie, vooral op het gebied van de moleculaire genetica, zijn voor altijd de namen verbonden van twee paar onderzoekers. De structuur van het DNA werd opgehelderd door JAMES WATSON en FRANCIS CRICK als een dubbele polariteit van de beide purines en de beide pyrimidines die, elkander complementierend en stabiliserend, om elkaar spirali-

seren¹⁰). Deze structuur vormt de stoffelijke grondslag, niet alleen voor de opslag en de onveranderlijke zelfduplicering van de genetische informatie, doch ook voor het optreden van mutaties, die bij de micro-evolutie een rol kunnen spelen in darwinistische zin.

Doch het tweede paar onderzoekers complementeerde dit inzicht met een theorie, die de uitbreiding mogelijk maakt van de moleculaire genetica naar de moleculaire fysiologie, en die daarmede de biochemische grondslag verschaft voor een beschrijving van *de ontogenetische ontwikkeling van het leven*, dus van de veranderingen die zich aan het levende organisme voltrekken in de loop van zijn ontwikkeling. Wat Darwin was voor de phylogenie, dat is het paar FRANÇOIS JACOB en JACQUES MONOD voor de ontogenie. Jacob en Monod stelden, naar aanleiding van de adaptieve vorming van het enzym β -galactosidase bij de aanbieding van melksuiker aan de bacterie *Escherichia coli*, een theorie op, volgens welke bij de vorming van enzymen twee soorten genen zijn betrokken¹¹). De zogenaamde structurele genen verzorgen de opbouw van het enzymatische eiwit, doch de werkzaamheid van deze structurele genen wordt bepaald door andere genen, de zogenaamde regulatorgenen en operatorgenen. Het regulatorgen vormt een stof, een repressor, die het operatorgen blokkeert, zodat dit operatorgen de structurele genen niet kan doen functioneren. Wanneer verhinderd wordt, dat de door het regulatorgen gevormde repressor het operatorgen bereikt, kan dit operatorgen de structurele genen boodschappers doen vormen, het messenger-RNA, dat de eiwitvormende organellen van de cel, de ribosomen, het overeenkomstige enzym-eiwit kan doen vormen.

Deze theorie is door Jacob en Monod opgesteld voor de eencellige *coli*-bacterie en behoeft niet te gelden voor meercellige organismen. Doch het principe van de repressie en derepressie van de genetische activiteit is reeds vruchtbaar gebleken bij de bestudering van meercellige organismen, in het bijzonder omdat het de mogelijkheid verschaft om de differentiatie van cellen te verklaren, en daarmede de stoffelijke basis vormt voor de morfogenese, de totstandkoming van de sterk gedifferentieerde hogere organismen. In de loop van de ontwikkeling van eicel tot volwassen organisme worden telkens andere delen van het genetisch apparaat – dat in alle cellen identiek is – geïnactiveerd en geactiveerd. Bij deze repressie en derepressie van het chromosomale DNA in de celkern zou een belangrijke rol worden gespeeld door de hormonen, stoffen die in reeds zeer geringe hoeveelheid de ontwikkeling en groei van organismen kunnen beïnvloeden. Hierop is gewezen door KARLSON voor dierlijke, en door TUAN en BONNER voor plantaardige organismen¹²).

Deze laatste onderzoekers toonden aan dat in de ogen van aardappelknollen, die pas waren geoogst en dus nog in de kiemrust, slechts heel weinig synthese plaats vond van RNA, de boodschapper voor de eiwitsynthese. Na kunstmatige verbreking van de kiemrust werd een

sterke RNA-synthese gevonden, die te remmen was met het antibioticum actinomycine D, een stof die verhindert, dat op de DNA-matrijs RNA wordt gevormd. DNA, als chromatine geïsoleerd uit rustende aardappelen, was niet in staat tot RNA-synthese, chromatine uit niet-rustende ogen was dat wel. Het genetisch materiaal lijkt dus in de rustende knol in een gerepasseerde toestand en wordt door rustbreking tot activiteit gebracht. Deze kiemrustbreking nu blijkt te worden veroorzaakt door het van nature optreden of door het kunstmatig toevoegen van hormonale stoffen, gibberellinen. Het al of niet in kiemrust zijn van de aardappelen lijkt te worden beheerst door een interactie van meerdere van dergelijke hormonen, waarvan sommige de rust bevorderen, andere het uitgroeien stimuleren. Het is de resultante van deze hormonale balans, welke het al dan niet uitlopen van de aardappelen bepaalt¹³).

Op overeenkomstige wijze worden andere ontwikkelingsprocessen gereguleerd, de zaadkieming, de groei van stengel, bladeren en wortels, het in bloei komen, fructificeren en afsterven. De grote verscheidenheid van plantaardige organismen, van groei- en ontwikkelingsprocessen en van stoffen van hormonale aard, tezamen met de interacties met milieufactoren en de erfelijke eigenschappen van de planten, vormen een welhaast onbegrensde speelweide voor de plantenfysioloog. Voor de studie van de activering en onderdrukking van het genetisch materiaal vormen de hoger ontwikkelde meercellige organismen in sommige opzichten zelfs een geschikter object dan de eencelligen, waarmee de moleculaire biologen tot nu toe in hoofdzaak werkten. Immers een gespecialiseerd orgaan van zulk een organisme vertegenwoordigt en bezit een partieel actief genegarnituur. De hormonale beïnvloeding daarvan kan zich direct uiten in wijzigingen in de vorm of functie van dat orgaan. Voorbeelden hiervan vormen de besproken aardappelen, voorts zaden, waarvan de kieming, of stengelleden, waarvan de groei kan worden beïnvloed.

Deze studies kunnen bijdragen tot verdieping van ons inzicht in de organisatie van het leven op de niveaus van de moleculaire reacties in de cel, van de groei en de ontwikkeling van organen en van de harmonische integratie van het gehele organisme in de achtereenvolgende stadia van zijn ontwikkeling. Op al deze gebieden is ons inzicht nog zeer onvolledig.

Zo zal nog moeten blijken, in hoeverre de conceptie van Jacob en Monod voor hoog georganiseerde en gedifferentieerde organismen geldig is. Tot nu toe is wel veel indirecte evidentie verkregen, doch nog weinig direct bewijsmateriaal, noch van planten, noch van dieren. Er is geen zekerheid dat de, dikwijls meer kwantitatieve dan kwalitatieve, veranderingen in de eiwitsynthese na hormoonoediening, altijd het gevolg zijn van een gewijzigde en verhoogde RNA-synthese, dan wel van een bevordering van de vertaling van de RNA-boodschap op ribosomaal niveau, dan wel berust op een remming van de afbraak

van RNA of eiwit. Zelfs is het niet onwaarschijnlijk, dat een verhoogde eiwitsynthese zelf de vorming van RNA bevordert, zodat niet zonder meer duidelijk is, wat oorzaak is en wat gevolg¹⁴).

In dit verband verdienen de cybernetische koppelingsmechanismen de aandacht van de ontwikkelingsfysioloog. De principes van mee- en tegenkoppeling zijn kenmerkend voor de levende natuur. Zij zijn het eerst onderkend en verder ontwikkeld in de werktuigbouwkunde – de cultuur is niet minder dan de natuur een expressievorm van het leven. Inmiddels zijn zij alom herkend als regelmechanismen in en tussen organismen. In het bijzonder de harmonische ontwikkeling van een organisme in zijn verschillende levensfasen is ondenkbaar zonder cybernetische regulatie, waarvan de stoffelijke effectuoren waarschijnlijk veelal weer van hormonale aard zullen zijn. Zowel plantaardige als dierlijke objecten lenen zich voor deze studie; op endocrinologisch gebied zijn hier grote vorderingen gemaakt, bij voorbeeld bij insecten¹⁵). Een voordeel van botanische objecten is daarbij weer de mogelijkheid tot bestudering van afzonderlijke organen, waaraan de invloed van de wisselwerking met andere organen kan worden geanalyseerd.

Ook hier gaat het, evenals bij de biogenese en de phylogenie, om het organisatiepatroon. Het georganiseerd zijn als een zich zelf handhavende en regulerende entiteit lijkt mij de belangrijkste karakteristiek van het leven, die de bioloog aan de algemene problematiek kan bijdragen. Voor de plantenfysioloog gaat het hierbij om vragen als: hoe komt de plant tot een harmonische opbouw van zijn organen, hoe verdeelt de plant zijn gevormde droge stof over deze verschillende organen gedurende zijn groei en ontwikkeling en welke factoren bepalen en sturen deze stofdistributie? Wat bepaalt het tijdstip, waarop de plant bloemen gaat aanleggen, zijn reserve-organen gaat vullen, gaat afsterven?

Ik denk hier bij voorbeeld aan het effect van een tijdelijke afremming van de groei van een jong gewas wintergraan door bespuiting met het herbicide DNOC. Deze behandeling resulteert naderhand in een drogestofdistributie, die ten gunste van het wortelstelsel is verschoven. De sterkere opname van water en voedingszouten, welke hiervan het gevolg is, veroorzaakt zowel een versnelde groei als een vertraagde ontwikkeling, die kan leiden tot meer en grotere aren per eenheid van oppervlakte en eventueel nog tot een hoger duizend-korrelgewicht¹⁶). Het is niet bekend, hoe de DNOC-behandeling deze verandering in de drogestofdistributie teweegbrengt. Opheldering hiervan kan ons inzicht in de regulatie van de drogestofdistributie verhelderen.

Ongetwijfeld gaat het ook hier om een samenspel tussen de erfelijk gegeven aanleg enerzijds en de milieufactoren anderzijds. Verschillende graanrassen kunnen onder gelijke licht- en temperatuurcondities op verschillende tijdstippen afrijpen. Tevens kunnen de bloei- en afrijpingssnelheden van graanrassen door daglengte en temperatuur wor-

den beïnvloed. De vraag, hoe voor de verschillende rassen deze gevoeligheden precies liggen, is van belang voor de veredelaar en de teeltkundige. De plantenfysioloog vraagt zich af, langs welke weg fysische factoren als daglengte en temperatuur zich kunnen doen gelden in het geheel van chemische reacties, dat de drogestof distributie en de nieuwvorming van organen realiseert. Stellig spelen hormonen mede een rol in de keten tussen de perceptie van deze fysische factoren enerzijds en de vorming van de voor de chemische reacties benodigde enzymen anderzijds. Een fascinerend terrein van onderzoek ligt hier vrijwel braak.

De rol van regulatoren bij de realisatie van het organisatiepatroon van de hogere plant kan voornamelijk langs twee wegen worden onderzocht. De ene manier is om op verschillende tijdstippen in de ontwikkeling van de plant de hormoonachtige stoffen uit het plantenmateriaal te isoleren en ze vervolgens kwalitatief en kwantitatief te bepalen. Deze voor de hand liggende weg is geplaveid met struikelblokken en hindernissen.

Bij de isolatie van deze regulatoren, die in delen per miljoen of per miljard in het plantaardig materiaal voorkomen, is het bijzonder moeilijk, deze stoffen onveranderd en kwantitatief in handen te krijgen. Zo wordt de extractie van auxinen bij hogere temperaturen bemoeilijkt door het optreden van omzettingen, o.a. door reacties met de oplosmiddelen, terwijl bij lagere temperaturen het oplossen uit de plantenweefsels parten speelt. Zelfs bij kamertemperatuur blijkt het auxinegehalte in het extract aan toe- en afnamen onderhevig.

Op het symposium in Londen, in januari van dit jaar, waar deze problemen werden opgeworpen door de amerikaan STOWE, bracht ook de oostduitser SEMBDNER verslag uit over de isolatie en identificatie van 7 gibberelline-achtige stoffen, die met behulp van 5 m³ methanol waren geëxtraheerd uit 3760 kg uit onrijpe peulen gedopte zaden van *Phaseolus coccineus*¹⁷). De engelsman MACMILLAN berichtte daar, hoe hij uit zaden van *Phaseolus multiflorus* 10 gibberelline-achtige stoffen had afgezonderd; aan zijn reeks ontbraken 2 van de hoofdcomponenten van die van Sembdner. Het griezelige was dat beide chemici, erkende autoriteiten op dit gebied, met uitzonderlijke inspanning en perfectie, hun twee grotendeels verschillende resultaten hadden verkregen aan hetzelfde object, de zaden van de pronkboon.

Voor de kwantitatieve bepaling van de zeer geringe concentraties aan hormonen zijn de fysisch-chemische methoden veelal te weinig gevoelig; alleen de fluorimeter kan soms worden gebruikt, bij voorbeeld bij de auxinen, en de gaschromatograaf voor de bepaling van ethyleen. Meestal echter is men aangewezen op biologische toetsmethoden, waarin de verschillende regulatoren uit eenzelfde klasse dikwijls zeer uiteenlopende activiteiten vertonen. Zo kunnen twee gibberellinen in één toets eenzelfde activiteit vertonen, terwijl zij in een andere toets

een factor 100 verschillen. De activiteit in een biologisch toetsysteem is dan ook zelden maatgevend voor de activiteit van het betrokken hormoon in het onderzochte weefsel of orgaan, waaruit het werd geïsoleerd.

De conclusie moet dan ook luiden, dat het vrijwel steeds bijzonder moeilijk en riskant is, uit de resultaten verkregen langs de weg van hormoonextractie eenduidige conclusies te trekken omtrent de werkwijze van deze hormonen in het organisatiepatroon van de onderzochte plant.

De andere weg bestaat uit het toedienen van bekende hoeveelheden van bekende regulatorisch werkzame stoffen aan planten, organen, weefsels of cellen, gevolgd door het nagaan op welke wijze door deze exogene stoffen de groei, ontwikkeling of stofwisseling worden beïnvloed.

Ook deze methode heeft haar beperkingen. Veelal blijft onbekend, hoeveel van de van buiten af toegevoegde stof naar binnen gaat, hoe aldaar het transport verloopt, en hoeveel van de stof onderweg naar de plaats van werking wordt omgezet, gebonden, afgebroken of juist geactiveerd. Het onderzoek naar het lot van bestrijdingsmiddelen in de plant, vooral van herbiciden, heeft in dit opzicht verrassende resultaten opgeleverd.

Als uiteindelijke plaats van werking kan men zowel organen zoals de groeitop alsook organellen zoals de celkern beschouwen. De uitwerking van de toegevoegde regulator op die plaats hangt mede af van de chemische situatie aldaar: van de beschikbare enzymen, voedingsstoffen en vooral ook andere regulatoren, waarmee de toegediende stof in wisselwerking treedt. Het uiteindelijk waarneembaar effect is de resultante van al deze factoren.

De interpretatie van de gegevens wordt hier derhalve bemoeilijkt door een dikwijls gebrekkige reproduceerbaarheid der proefresultaten, doordat niet alle inwendige factoren, die het effect mede bepalen, aan de onderzoeker bekend zijn of door hem in de hand zijn te houden.

Het meest verantwoord en vruchtbaar lijkt die vorm van regulatoronderzoek, waarin een harmonisch evenwicht wordt nagestreefd tussen deze beide polen, en waarbij de isolatie van endogene hormonen wordt gekoppeld aan de toediening van exogene regulatoren. Het bewandelen van deze gulden middenweg lijkt het meeste zekerheid en perspectief te bieden bij de analyse van het organisatiepatroon van de hogere plant. Wel moge het U duidelijk zijn geworden, dat wij nog ver verwijderd zijn van het doel dat JAMES WATSON als voor de moleculaire biologie bereikbaar voor ogen zweeft: 'de mens te voorzien van het vermogen, de essentiële kenmerken, die het leven uitmaken, volledig te beschrijven'¹⁸⁾.

Zijn optimisme gaat voorbij aan de waarschuwing van zijn oudere

collega, SIR FREDERICK GOWLAND HOPKINS, die niet alleen de bio-chemicus, maar ook de plantenfysioloog zich mag aantrekken: 'De biochemicus behoeft zich slechts te herinneren, dat zijn gegevens alleen volle betekenis verkrijgen, wanneer hij ze in verband kan brengen met het organisme in zijn geheel. Hij moet stoutmoedig zijn in zijn experimenten, maar voorzichtig in zijn aanspraken. Hij mag niet het laatste woord hebben in de beschrijving van het leven, maar zonder zijn hulp wordt dat laatste woord nimmer gesproken'¹⁹⁾.

Of het laatste woord ooit zal worden gesproken? Kan de mens ooit ophouden met vragen het mysterie dichter en dichter te benaderen? Onverwoestbaar is die menselijke drang, die JOHANN WOLFGANG VON GOETHE uitbeeldt in het gedichtje, waarmede hij in 1820 een deel van zijn studie 'Zur Morphologie' inleidde, en waarmede ik deze rede besluit²⁰⁾:

Freudig war vor vielen Jahren
Eifrig so der Geist bestrebt,
Zu erforschen, zu erfahren,
Wie Natur im Schaffen lebt.
Und es ist das ewig Eine,
Das sich vielfach offenbart;
Klein das Grosse, gross das Kleine,
Alles nach der eignen Art.
Immer wechselnd, fest sich haltend,
Nah und fern und fern und nah;
So gestaltend, umgestaltend –
Zum Erstaunen bin ich da.

Aan het einde van mijn rede gekomen moge ik mijn eerbiedige dank betuigen jegens Hare Majesteit de Koningin, dat Zij mijn benoeming tot hoogleraar in de fysiologie der planten aan deze Landbouwhogeschool heeft willen bekrachtigen.

Aan de ontwikkeling van mijn leven, tot aan dit moment van mijn ambtsaanvaarding, hebben velen bijgedragen.

Hoe zou dit moment een hoogtepunt zijn geweest in het leven van mijn vader, die zijn zoon zich zo anders zag ontwikkelen dan hij zich had voorgesteld en die hem dit zo van harte gegund en royaal mogelijk heeft gemaakt.

Mijn liefde voor de levende natuur, gewekt door mijn beide grootmoeders, ontplooidde zich in de Nederlandse Jeugdbond voor Natuurstudie en werd in wetenschappelijke banen geleid door grote geesten als Ihle, ten Cate, Heimans, Westerdijk en, bovenal, door mijn leermeester van Herk. Deze fijnzinnige geleerde, wiens bescheidenheid zijn grote gaven niet kon verhullen, heeft geen school willen vormen, doch zoveel mogelijk de individuele ontwikkeling van zijn leerlingen naar hun eigen aard willen bevorderen. Hoe zou het hem gerechtvaardigd zijn om te zeggen: 'Ik heb mijn vader niet bedrogen'?

digde voldoening hebben geschonken, dat nu opnieuw een van die leerlingen leiding mag gaan geven aan de studie van de plantenfysiologie in zijn geest.

Dames en Heren medewerkers van de Stichting Centrum voor Plantenfysiologisch Onderzoek,

Ergens aan de binnenduinen ligt een oude herberg, 'De geleerde man' geheten, waarvan het uithangbord een man vertoont, die over zijn schouder een lange leer torst. Aldus geïnformeerd over de betekenis van de naam, zal de argeloze voorbijganger weinig vermoeden, dat hier eertijds mannen bijeen kwamen om zich tezamen te verdiepen in wetenschappelijke studie, en zo inderdaad geleerde mannen waren.

Het laat zich denken dat, nu reeds de derde medewerker van het C.P.O. dit instituut verlaat om het ambt van hoogleraar te aanvaarden, de gedachte kan opkomen, dat ook hier de naam slechts schijnbaar informatie verschaft omtrent de functie van wat eigenlijk de Centrale Professoren Opleiding is. De toevoeging naderhand van de letters St. vóór C.P.O. zijn in dit verband veelzeggend...

De ware aard van het C.P.O. komt aan het licht in de personen van zijn directeuren. Van Raalte heeft de welhaast ideale sfeer geschapen voor creatieve wetenschappelijke arbeid, terwijl De Haan deze omstandigheden verder heeft vervolmaakt en in het bijzonder gericht op de integratie van de verschillende levensverrichtingen van de plant in het geheel van het levende organisme.

Allen, die mij op het C.P.O. hebben bijgestaan, metterdaad of metterwoord, ben ik zeer dankbaar voor het medewerken in die sfeer.

Zonder dit decennium op het C.P.O., temidden van het land- en tuinbouwkundig onderzoek te Wageningen en daar buiten, ware mijn benoeming aan de Landbouwhogeschool weinig zinvol geweest. Gaarne zal ik trachten, de banden tussen het C.P.O. en de Afdeling Plantenfysiologie niet alleen te bestendigen, doch te versterken, ter bevordering van het onderzoek ten behoeve van land- en tuinbouw in gezamenlijke inspanning.

Dames en Heren medewerkers van andere instellingen van land- en tuinbouwkundig onderzoek,

Het is door U en in samenwerking met U, dat ik de eigenaardigheden en de problemen van de nederlandse land-, tuin- en bosbouw enigszins heb leren kennen. Dat ik mijn plantenfysiologische inzichten aan deze problematiek heb mogen toetsen stemt mij bijzonder dankbaar. Het besef van praktische toepasbaarheid van theoretische kennis heeft mij steeds een grote bevrediging geschonken in mijn werk samen met U. Afzonderlijke namen kan en wil ik hier niet noemen, met uitzondering van het Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van Landbouwgewassen. In hoop en vertrouwen op de handhaving van onze contacten in de toekomst.

Mijne Heren Leden van het Bestuur van de Landbouwhogeschool,

Door mij voor benoeming in deze leerstoel voor te dragen hebt U blijk gegeven van een groot vertrouwen, waarvoor ik U zeer erkentelijk ben en waarvan ik de verplichtingen hoop te kunnen vervullen. Deze hoop wordt geschraagd door de grote medewerking, welke ik reeds van U mocht ondervinden. Ik zal Uw bijstand in de naaste toekomst nog zeer behoeven om de omstandigheden te kunnen scheppen waaronder zich vruchtbaar modern plantenfysiologisch onderzoek kan ontwikkelen.

Dames en Heren Hoogleraren, Lectoren, Docenten en Leden van de wetenschappelijke staf aan deze Landbouwhogeschool,

De hartelijke ontvangst in Uw midden is mij een grote vreugde en steun. In het bijzonder met mijn naaste collega's, Wassink, met wie ik de studie der plantenfysiologie, en Stoffers, met wie ik het Botanisch Laboratorium deel, is het mij een groot genoegen en een voorrecht te mogen samenwerken. Ook met andere collega's hoop en vertrouw ik, dat zich uit de prettige contacten vormen van samenwerking zullen ontwikkelen, onder meer op het gebied van het onderzoek, waarbij Uw studenten plantenfysiologische aspecten nader op de Afdeling Plantenfysiologie kunnen uitwerken.

Dames en Heren medewerkers van de Afdeling Plantenfysiologie en het Botanisch Laboratorium,

Ons nog kleine aantal brengt een intensief contact met zich mee, waardoor wij elkander in deze korte spanne tijds reeds vrij goed hebben leren kennen. Deze kennismaking houdt de beste beloften in voor de toekomst die, hoe onduidelijk thans ook nog, ongetwijfeld interessant en levendig zal zijn. Reeds nu komen de eerste plannen in uitvoering, waarbij blijkt dat de Afdeling de essentiële eigenschap van een gezond levend organisme vertoont, zich in een voortdurend veranderende situatie te handhaven in een cybernetisch evenwicht, onderweg naar het doel dat die weg zelve is.

Dames en Heren Studenten,

De ontwikkeling van het leven, welke ik besprak, betreft niet alleen het plantaardige materiaal doch ook de menselijke geest. Betrokken te zijn bij de regulatie van Uw ontwikkeling is voor mij het meest boeiende en verantwoordelijke aspect van mijn werkzaamheden.

Economische en bevolkingspolitieke motieven bevorderen een tendens tot nivellering en uniformering, die de persoonlijke vorming bedreigt. Ondanks Uw toenemend aantal meen ik dat U het recht blijft behouden op geregeld persoonlijk contact met Uw docenten. Bij een opleiding op academisch niveau gaat het immers niet om de voortbrenging van een uniform standaardproduct, doch om het bevorderen van de individuele ontwikkeling en zelfverwerkelijking van iedere student. Slechts zo kunnen zich de vrije en zelfstandige geesten ont-

wikkelen, die in een steeds mechanistischer maatschappij leiding moeten geven om de samenleving waarlijk levend en menselijk te houden. Op U komt het aan!

Voor mij betekent dit onder meer, dat ik mijn onderwijs zo veel mogelijk zal richten op Uw specifieke behoeften en dat ik U bij Uw onderzoek zo veel mogelijk in staat zal stellen eigen creativiteit te ontplooien. De plantenfysiologie is voor de ingenieursstudie niet verplicht. Dikwijls echter zal een plantenfysiologische benadering van, bijvoorbeeld, een teeltkundig, technologisch of fytopathologisch probleem, verhelderende inzichten kunnen verschaffen en daarmee Uw wetenschappelijke vorming bevorderen. Op deze wijze hoop ik te kunnen bijdragen, ook tot de ontwikkeling van Uw leven.

Ik heb gezegd.

AANTEKENINGEN

1. Zie o.a. G. VAN DER LEEUW e.a., 1948, De godsdiensten der wereld, 2 dln, Amsterdam; F. WEINREB, 1963, De bijbel als schepping, Den Haag.
2. Zie bijvoorbeeld H. BERGSON, F. HEINEMANN, G. MARGEL; dieptepsychologisch onderzoek o.a. bij C. J. Schuurman, 1965. Op zoek naar de mens, Leiden.
3. SULLIVAN, J. W. N., 1950, The limitations of science, Mentor Book M35, New York; A. N. Whitehead, 1949, Science and the modern world, Mentor Book M28, New York.
4. BOHR, N., 1933, *Nature* 131, 421-423, 457-459.
5. MELSEN, A. G. M. VAN, 1961, Natuurwetenschappelijke, historische en wijsgerige aspecten van het evolutievraagstuk. In: *Evolutie*, Aulaboek 38, Utrecht/Antwerpen, 7-27.
6. QUISPEL, A., 1961, De oorsprong van het leven op aarde. In: *Evolutie*, Aulaboek 38, Utrecht/Antwerpen, 166-189.
7. DARWIN, C., 1859, The origin of species by means of natural selection, London.
8. VLERK, I. M. VAN DER, 1961, Paleontologie en evolutie. In: *Evolutie*, Aulaboek 38, Utrecht/Antwerpen, 94-115.
9. ENGEL, H., 1968, Het geheim van het leven. Afscheidscollege, Amsterdam.
10. WATSON, J., en F. H. C. CRICK, 1953, *Nature* 171, 737-738, 964-967.
11. JACOB, F., en J. MONOD, 1961, *J. Mol. Biol.* 3, 318-356.
12. KARLSON, P., 1963, *Perspectives Biol. Med.* 6, 203-214; D. Y. H. TUAN en J. BONNER, 1964, *Plant Physiol.* 39, 768-772.
13. BRUINSMA, J., 1962, *Eur. Potato J.* 5, 195-203; 1967, *ibid.* 10, 136-152.
14. KORNER, A., 1967, *Progress Biophys. Mol. Biol.* 17, 61-98.
15. STEGWEE, D., 1966, Moleculaire endocrinologie. In: *Ontwikkelingen in de moleculaire biologie*. Wageningen, 157-173.
16. BRUINSMA, J., 1966, *Weed Res.* 2, 73-89.
17. Symposium 'Plant growth regulators', Soc. Chem. Ind. London, 8-9 januari 1968.
18. WATSON, J., 1965, The molecular biology of the gene. New York/Amsterdam, 67.
19. HOPKINS, F. G., 1931, Boyle Lecture, London.
20. GOETHE, J. W. VON, 1820, Zur Morphologie I (3), Stuttgart/Tübingen, 258.