



Geotropie en phototropie bij afwezigheid van vrije zuurstof

<https://hdl.handle.net/1874/262556>

N^o 192, 1917 (Nat. historie)

GEOTROPIE EN PHOTOTRO-
PIE BIJ AFWEZIGHEID VAN
VRIJE ZUURSTOF



U. P. VAN AMEIJDEN

A. qu.
192

GEOTROPIE EN PHOTOTROPIE BIJ
AFWEZIGHEID VAN VRIJE ZUURSTOF

GEOTROPIE EN PHOTOTROPIE BIJ AFWEZIGHEID VAN VRIJE ZUURSTOF

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT TER VERKRIJGING VAN
DEN GRAAD VAN DOCTOR IN DE PLANT- EN DIER-
KUNDE AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE UTRECHT,
OP GEZAG VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS DR P.H.
DAMSTÉ, HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER
LETTEREN EN WIJSBEGEERTE, VOLGENS BESLUIT
VAN DEN SENAAT DER UNIVERSITEIT TEGEN DE
BEDENKINGEN VAN DE FACULTEIT DER WIS- EN
NATUURKUNDE TE VERDEDIGEN OP MAANDAG 23
APRIL 1917, DES NAMIDDAGS TE 4 UUR, DOOR
UBBO PETER VAN AMEIJDEN
GEBOREN TE APPINGEDAM.



A. H. KRUYT - UITGEVER - AMSTERDAM - 1917

AAN MIJN OUDERS

Bij het verlaten der universiteit kan ik niet nalaten een woord van dank te richten tot U, Hooggeleeraren in de faculteit der Wis- en Natuurkunde, voor de wijze, waarop Gij tot mijn wetenschappelijke vorming hebt bijgedragen.

In de eerste plaats geldt die dank U, Hooggeleerde WENT, Hooggeachte Promotor. Niet alleen door uw bezielende colleges en literatuurbesprekingen, maar vooral door uw persoonlijke vriendschap, hebt Gij steeds bij mij den lust voor wetenschappelijken arbeid aangekweekt. De groote belangstelling, waarmede Gij mijn werk hebt gadeslagen, is mij bij het vervaardigen van dit proefschrift tot grooten steun geweest. Een groot voorrecht was het mij gedurende drie jaren uw assistent te mogen zijn.

Zeer aangename herinneringen heb ik steeds behouden, Hooggeleerde NIERSTRASZ, aan de uren, die ik in uw laboratorium gewerkt heb, waarbij ik U niet slechts als docent, maar ook als mensch ten zeerste heb leeren waardeeren.

Met dankbaarheid gedenk ik, Hooggeleerde PULLE, uw voorlichting, die ik bij de studie der Plantensystematiek genoten heb.

Hooggeleerde WICHMANN, zeer erkentelijk blijf ik voor hetgeen uw colleges en uw veelzijdige kennis voor mijn vorming zijn geweest.

Steeds zal ik het zeer op prijs stellen, dat mijn studie mij met U, Hooggeleerde JORDAN, in aanraking heeft gebracht.

INHOUD

INLEIDING	blz. 1
HOOFDSTUK I	
LITERATUUROVERZICHT	3
HOOFDSTUK II	
MATERIAAL. ALGEMEENE INRICHTING DER PROEVEN.	15
HOOFDSTUK III	
PROEVEN IN LUCHT.	23
HOOFDSTUK IV	
INVLOED VAN VOLLEDIGE ONTTREKKING VAN VRIJE ZUURSTOF OP DE PERCEPTIE.	45
HOOFDSTUK V	
INVLOED VAN VOLLEDIGE ONTTREKKING VAN VRIJE ZUURSTOF OP DE REACTIE	57
HOOFDSTUK VI	
INVLOED VAN EEN ATMOSFEER MET LAAG ZUURSTOF- GEHALTE.	65
HOOFDSTUK VII	
BESPREKING DER RESULTATEN.	68
SAMENVATTING	73
LITERATUUR	75

INLEIDING

De redenen, die mij er toe gebracht hebben, dit onderzoek te beginnen, waren hierin gelegen, dat het vraagstuk, betreffende de geotropie en phototropie bij afwezigheid van vrije zuurstof, nog zeer weinig beschouwd is in verband met de nieuwere onderzoekingen over zwaartekracht- en lichtprikkel. Immers nog steeds wordt in de literatuur het standpunt van CORRENS gehuldigd, die meende te hebben aangetoond, dat kiemplantjes, bij aanwezigheid van de geringste sporen zuurstof, nog in staat waren geotropische krommingen uit te voeren, terwijl voor phototropische bewegingen een hooger zuurstofgehalte van de lucht vereischt werd. In aanmerking genomen den stand van de toenmalige kennis, is het te begrijpen, dat CORRENS tot dit resultaat kwam.

Later heeft ÁRPÁD PAÁL over ditzelfde onderwerp nog een onderzoek het licht doen zien. Hoewel hij reeds rekening gehouden heeft met factoren, die in den tijd, waarin het onderzoek van CORRENS verscheen, nog ten eenen male onbekend waren, zijn niettemin de voorstellingen, die hij van het betreffende vraagstuk geeft, niet geheel bevredigend.

Er bestond dus alle reden voor mij nog eens dit vraagstuk ter hand te nemen en thans langs een geheel

anderen weg. In de eerste plaats heb ik er voor zorg gedragen mijn proefobjecten niet onder verminderden druk te brengen, maar deze steeds te laten bij een druk van één atmosfeer, zoodat alleen de partieele spanning van de zuurstof verminderde. Dit geschiedde in een speciaal voor mijn onderzoek vervaardigden thermostaat, waarin de vrije zuurstof door geleidelijke diffusie vervangen kon worden door stikstof.

HOOFDSTUK I

LITERATUUROVERZICHT.

De eerste onderzoekingen over de vraag of vrije zuurstof noodig is voor het tot stand komen van een phototropische kromming, dateeren van PAYER ¹⁾. Hij werkte met kiemplantjes van *Lepidium sativum*, en vond, dat het medium, waarin de voorwerpen zich bevinden, geen reactie verhinderen kan, maar wel een minder sterke kromming kan doen plaatsvinden. Zoo zag hij zeer duidelijk krommingen tot stand komen onder water, verder in een stikstof- of waterstofatmosfeer.

VON MOHL ²⁾ erkende de onderzoekingen van PAYER als juist. Wel deed hij zelf geen proeven in deze richting, maar gebruikte alleen het door PAYER gevondene om de lichttheorie van DUTROCHET ³⁾ in een bepaald opzicht te weerleggen.

¹⁾ J. PAYER. Mémoire sur la tendance des tiges vers la lumière. Comptes rendus 1842, T. XV, pag. 1194.

²⁾ H. VON MOHL. Grundzüge der Anatomie und Physiologie der vegetabilischen Zelle (Abdruck aus R. WAGNER's Handwörterbuch der Physiologie 1851, pag. 297).

³⁾ M. DUTROCHET. Rapport sur un mémoire de M. PAYER, intitulé: Mémoire sur la tendance des racines à fuir la lumière. Annales des sciences naturelles, 1844, 3e série, T. II, pag. 96.

In 1878 werd het vraagstuk van de afhankelijkheid van heliotropische processen van de aanwezigheid van vrije zuurstof opnieuw door WIESNER ¹⁾ onder de oogen gezien. Hij stelde de vaten, waarin zich de kiemplantjes — hij werkte met *Phaseolus multiflorus*, *Vicia sativa*, *Lepidium sativum* en *Sinapis alba* — bevonden, zoodanig op, dat ze met hun open einde in kaliloog reikten. Na 36 tot 48 uur bereikte de kaliloog den hoogsten stand, zoodat alle zuurstof geabsorbeerd was. Tot dusver stond het geheele apparaat in het donker, maar daarna werden de plantjes eenzijdig belicht. Zelfs na verscheiden uren was nog geen spoor van kromming te bemerken. Liet hij lucht binnentreden, dan werd het begin van kromming reeds na één uur zichtbaar. Zijn conclusie is dus, dat zonder vrije zuurstof geen heliotropische verschijnselen worden waargenomen.

WORTMANN ²⁾ deelt in zijn onderzoek over intramoleculaire ademhaling mede, dat in een zuurstofvrije ruimte elke gevoeligheid voor een prikkel verloren gaat, dat echter zelfs bij planten, die wekenlang van zuurstof verstoken zijn geweest, bij vernieuwden toevoer daarvan, de prikkelbare toestand weer voor den dag treedt. Een zeer klein gedeelte van zijn onderzoek heeft betrekking op de geotropische gevoeligheid van kiemplantjes. Hij bracht daarvoor de kiemende zaden van *Vicia Faba*, *Phaseolus vulgaris* en *Phaseolus multiflorus* in

¹⁾ J. WIESNER. Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche, eine physiologische Monographie 1878, pag. 58.

²⁾ J. WORTMANN. Ueber die Beziehungen der intramolecularen zur normalen Athmung der Pflanzen. Arbeiten des Bot. Inst. in Würzburg II, 1880, pag. 509.

absorptiebuizen van 100 ccM. inhoud, wier opening in kwik reikte, dat met een waterlaag bedekt was. De zaden bleven nu meerdere dagen in deze afgesloten ruimte, tot een duidelijke volumetoename had plaats gehad. Dan was alle zuurstof verbruikt. Horizontaal liggende kiemwortels nu vertoonden geen geotropische kromming. Hetzelfde negatieve resultaat kreeg hij met stengeldeel van *Paeonia peregrina*. WORTMANN begrijpt niet, waarom de intramoleculaire ademhaling voor de plant geen energiebron is, die de krachten, welke den groei bewerken, kan leveren.

KRAUS¹⁾ behandelt in een aanhangsel aan zijn verhandeling over de waterverdeeling in de plant, het gedrag van geotropisch prikkelbare organen in een CO₂- of H-atmosfeer. Als proefobjecten dienden bloeistengels van *Taraxacum*, *Ranunculus*, *Anthriscus silvestris* enz., die hij horizontaal in een recipient plaatste, waardoor een constante CO₂-, resp. H-stroom geleid werd. Na 6 uur was nog geen spoor van oprichting te zien, doch, werden de stengels hierna in lucht gebracht, dan waren ze na 5 uur opgekromd. De prikkelbaarheid gaat dus in een zuurstofvrije atmosfeer verloren, keert echter in gewone lucht weer terug, een bewijs dus, dat de planten enkel in een toestand van verstijving („asphyxie“, „starre“) komen.

Een geheel nieuwe methode om den invloed van de zuurstof op geotropische processen te bestudeeren, is

¹⁾ G. KRAUS. Ueber die Wasservertheilung in der Pflanze IV. Die Acidität des Zellsaftes, Abhandlungen der Naturforschenden Ges. zu Halle, Bd. XVI, 1884, pag. 199.

gevolgd door WORTMANN ¹⁾. Hij werkte met kiemplanten van *Phaseolus multiflorus*, *Helianthus annuus* en *Lepidium sativum*, die hij onder de klok van een luchtpomp bracht. In tot op zekere mate verdunde lucht, werd een zwakke kromming, die vooraf in gewone lucht geïnduceerd was, verder voortgezet; deze duurde echter slechts kort en ook na inleiding van atmosferische lucht, kon geen verdere voortzetting van de kromming verkregen worden. Werd echter lucht binnengeleid, als er nog een geringe kromming bezig was tot stand te komen, dan werd de beweging weer levendiger en kon zelfs zoo ver gaan als in gewone lucht. Hij zegt, hetzelfde was al door WIELER ²⁾ gevonden voor groei; en daar geotropie een groeibeweging is, is het ook begrijpelijk, dat de nawerking van den geotropischen prikkel zóó lang kan plaatsvinden, als nog geringe groei mogelijk is. Ook deed hij proeven in een waterstofatmosfeer. Spruiten, die hierin een tijdlang horizontaal gelegen hadden, vertoonden, aan de lucht gebracht, wel een verderen lengtegroei, maar geen spoor van een geotropische nawerking.

CORRENS ³⁾ heeft een groote verhandeling geschreven over den invloed der zuurstof op allerlei prikkelverschijnselen, waaronder ook de bewegingen onder invloed van den zwaartekracht- en lichtprikkel. De methode, die hij volgde,

¹⁾ J. WORTMANN. Studien über geotropische Nachwirkungerscheinungen. Bot. Zeitg. 1884, pag. 705.

²⁾ A. WIELER. Die Beeinflussung des Wachsens durch verminderte Partiärpressung des Sauerstoffs. Unters. aus dem Bot. Inst. zu Tübingen I, 1883, pag. 189.

³⁾ C. CORRENS. Ueber die Abhängigkeit der Reizerscheinungen höherer Pflanzen von der Gegenwart freien Sauerstoffes. Flora 75, 1892, pag. 87.

bestond ook hierin, de proefobjecten onder verminderden druk resp. in het luchtledige te brengen. Om volkomen de zuurstof te onttrekken, liet hij, na geëvacueerd te hebben, waterstof binnenstroomen, pompte daarna den recipient weer ledig en herhaalde dit enkele malen. Hij werkte met kiemplantjes van *Helianthus*, *Vicia Faba*, *Lepidium sativum* en *Sinapis alba*. De verschillende typen van prikkelbewegingen vereischen de tegenwoordigheid van hoeveelheden zuurstof van verschillende grootte. De oorzaak hiervan ligt ten deele in de verschillende zuurstofbehoefte der diverse plantensoorten, onafhankelijk van het karakter der prikkelbewegingen, ten deele in de eischen, die voor bepaalde prikkelbewegingen kenmerkend zijn. Hij bespreekt eerst de geotropische proeven. De recipient, waarin zich de kiemplantjes bevonden, werd op de beschreven wijze geëvacueerd en daarna horizontaal geplaatst. Na 6 tot 12 uur werden de plantjes onderzocht. Deze gedroegen zich alle gelijk n.l. zoolang er nog groei viel te constateeren, werd ook de geotropische kromming nog uitgevoerd. Na vijfmaal luchtledig maken met daarop volgend inleiden van waterstof, kreeg CORRENS nog merkbare krommingen, o.a. bij *Helianthus*. *Sinapis alba* daarentegen reageerde eerst bij een zuurstofgehalte van 4% tot 5 % van de normale atmosfeer. Was in den recipient een, hoewel zeer geringe, geotropische kromming opgetreden, zoo ging deze, bij terugkeer in atmosferische lucht, verder, wanneer het plantje vertikaal geplaatst werd. Had echter aanvankelijk absoluut geen reactie plaats, zoo bleef ook elke nawerking achterwege.

Uit al deze proeven concludeerde hij, dat de zuurstof tot uitvoering van een geotropisch proces noodzakelijk is.

Hij heeft ook kiemplanten 1 tot 2 uur lang in den recipient horizontaal gelegd, het apparaat leeg gepompt, met waterstof gevuld en voortdurend een waterstofstroom doorgeleid. Later werden de kiemplanten rechtop in het donker geplaatst. Ook al hadden de objecten op deze wijze verscheiden uren in waterstof doorgebracht, zoo kon toch een nawerking geconstateerd worden; zij viel echter des te geringer uit, naarmate de doorstrooming langer geduurd had. Uit deze proef maakt hij de gevolgtrekking, dat de nawerking door het onttrekken van zuurstof slechts onderbroken, maar niet vernietigd wordt.

Bij zijn heliotropische proeven zag CORRENS in een zuurstofvrije ruimte evenmin het tot stand komen van bewegingen. De belichting had plaats door den recipient met de onbedekte zijde naar het daglicht te keeren. Voor een heliotropische kromming moet nog circa 1% van de oorspronkelijke hoeveelheid zuurstof aanwezig zijn, voor kiemplantjes van *Sinapis* zelfs 6% om een, ten minste met het bloote oog zichtbare, reactie uit te voeren. De geotropische krommingen worden dus door dezelfde objecten met geringere hoeveelheden zuurstof uitgevoerd dan de phototropische.

Hij deed ook proeven, waarbij hij beide prikkels gelijktijdig op hetzelfde object liet inwerken, en wel in een atmosfeer, die zóóveel zuurstof bevatte, dat hierin wel groei en geotropische krommingen konden plaatsvinden, maar waarin de kiemplantjes niet in staat waren een heliotropische reactie te geven. Plantjes, die horizontaal in den recipient lagen en evenwijdig aan het venster, kromden zich zeer duidelijk geotropisch, zonder

de geringste heliotropische reactie naar den lichtkant uit te voeren.

Voorts deed hij proeven om te onderzoeken, of bij dát zuurstofgehalte, waarbij nog groei en geotropische krommingen mogelijk zijn, de heliotropische prikkel gepercipieerd kon worden en of een in lucht gepercipieerde prikkel bij dit zuurstofgehalte voortschrijdt. Om de eerste vraag te beantwoorden, werden de kiemplanten in de bewuste atmosfeer, die verkregen werd door den recipient gedeeltelijk leeg te pompen en verder met waterstof te vullen, $1\frac{1}{2}$ tot 2 uur lang blootgesteld aan de eenzijdige belichting van een gasvlam, zonder dat een kromming plaatsgreep. Daarna werd het gasmengsel door gewone lucht vervangen. Er bleek geen sprake van een nawerking. Om zekerheid te verkrijgen omtrent de tweede vraag, werden de plantjes eerst $1\frac{1}{2}$ tot 2 uur door dezelfde lichtbron beschenen, waarbij een duidelijk zichtbare kromming ontstond. Dan werd de zuurstof tot op 4% onttrokken. Er had geen nawerking verder plaats, wel werd de kromming door de tegenwerking van de geotropie vereffend.

Dat de nawerking achterwege blijft in een atmosfeer, wier zuurstofgehalte nog de geotropische reactie mogelijk maakt, vindt hij zeer merkwaardig, omdat hieruit blijkt, dat de wijze van uitvoering van de heliotropische kromming een andere is, dan die van de geotropische, ofschoon beide groeiverschijnselen zijn. Met zekerheid mag worden aangenomen, dat het eigenlijke groeien in beide gevallen hetzelfde is en verder, dat de heliotropische nawerking zeker geïnduceerd is geweest. Dus tusschen het tot stand komen van de dispositie tot de nawerking en de

mechanische uitvoering daarvan moet noodzakelijkerwijze nog een proces plaats hebben, dat speciaal door de zuurstof beïnvloed wordt.

In zijn algemeene resultaten zegt CORRENS, dat er bij alle prikkelbewegingen verschil bestaat tusschen perceptie en reactie, en men mag het uitblijven van een nawerking onder normale omstandigheden, als het object in vacuum geprikkeld is, niet als bewijs aanvoeren, dat de prikkel niet gepercipieerd is; immers er bestaan drie mogelijkheden:

1^o. In vacuum kan noch een prikkel gepercipieerd, noch een beweging ingeleid worden.

2^o. De prikkel wordt wel gepercipieerd, maar de reactie kan niet worden uitgevoerd of de dispositie daartoe niet tot stand komen.

3^o. De prikkel kan niet gepercipieerd worden, ofschoon de reactie kan worden uitgevoerd.

Te bepalen, welken invloed de zuurstof op perceptie en reactie gescheiden uitoefent, hierin geeft CORRENS toe niet voldoende te zijn geslaagd, zoodat hij dus ook geen beslissing kan uitspreken omtrent bovenstaande drie gevallen.

Ik heb de verhandeling van CORRENS uitvoerig besproken, omdat deze verreweg de belangrijkste over dit vraagstuk is; niettemin valt op zijn methode van onderzoek en zijn gevolgtrekkingen wel een en ander af te dingen. De methode van het evacueeren lijkt mij zeer beslist te verwerpen, daar hierdoor in de plant verschillende toestandsveranderingen kunnen plaatsgrijpen, die ten onrechte aan de afwezigheid van zuurstof toegeschreven worden, maar inderdaad een geheel andere oorzaak hebben.

De vergelijkingen, die CORRENS trekt tusschen geotropie en phototropie, berusten eenerzijds op proeven, waarbij de plantjes 6 tot 12 uur geprikkeld werden, door horizontaal liggen, anderzijds door voortdurend belicht te worden met eenzijdig invallend daglicht; hoe lang deze belichting duurde, geeft hij niet aan. Het lijkt mij nu volstrekt niet onmogelijk, dat door korter geotropisch te prikkelen, b.v. door de geotropische reactie eens na 2 uur waar te nemen, hij geen kromming gekregen zou hebben bij den door hem opgegeven druk, terwijl bij een grootere hoeveelheid zuurstof na 2 uur een duidelijke reactie zou verkregen zijn. Immers de tijd, waarbij onder normale omstandigheden de reactie zichtbaar begint te worden, ligt ver beneden de 2 uur. Dat bij verschillende planten de geotropische en phototropische prikkels dikwerf zeer uiteenlopende waarden bezitten voor bepaalde krommingssterkten, blijkt wel uit de volgende getallen, door mij gevonden: prikkelt men kiemplantjes van *Avena* geotropisch, door ze gedurende 15 minuten horizontaal te leggen, dan bedraagt de maximale krommingssterkte 2 mM. Een maximale phototropische reactie van 2 mM. wordt verkregen door te prikkelen met 40 M.K.S. Kiemplantjes van *Sinapis* moeten voor een maximale geotropische reactie van 3 mM. 10 minuten geprikkeld worden, terwijl voor een phototropische reactie van slechts 2 mM. al een prikkeling met 400 M.K.S. vereischt wordt. Hieruit blijkt voldoende, dat men zeer voorzichtig moet zijn met het treffen van vergelijkingen tusschen geotropische en phototropische reacties, te meer, waar gewerkt wordt met een prikkelbron van onbekende sterkte. Ik ben dan ook in mijn

onderzoek een geheel anderen weg ingeslagen dan CORRENS, zooals hieronder blijken zal.

Later zijn er nog een paar mededeelingen verschenen over dit onderwerp. In de in 1895 gepubliceerde verhandeling van CZAPEK ¹⁾ over geotropie, wijdt deze ook een hoofdstuk aan den invloed van zuurstofonttrekking op de geotropische verschijnselen. Uit het feit, dat door WORTMANN ²⁾ en CORRENS ³⁾ gevonden was, dat kiemplanten, die 6 uur lang in waterstof geotropisch geprikkeld waren, geen nawerking vertoonden, mag niet geconcludeerd worden, dat in zuurstofvrije atmosfeer geen perceptie mogelijk is, of de „dispositie tot de kromming” niet tot stand kan komen. CZAPEK heeft ook de proeven van CORRENS in waterstof herhaald, maar vond, dat een langer verblijf dan 6 uur hierin schadelijk werkt. De methode nu, die hij volgde, baseerde hij op een onderzoek van CHUDIAKOW ⁴⁾, die n.l. gevonden had, dat kiemplanten in een zuurstofvrije ruimte des te eerder te gronde gaan, hoe hooger de temperatuur is. CZAPEK experimenteerde met kiemworteltjes van de Lupine, die hij vertikaal in den recipient van een luchtpomp plaatste. Dezen pompte hij leeg tot op 1 mM. kwikdruk en liet er dan waterstof binnenstroomen. Deze twee bewerkingen herhaalde hij 6 tot 8 maal. Daarna werd de recipient horizontaal in fijngestooten ijs gelegd. De wortels bleven op deze wijze 24 uur bij een tempera-

¹⁾ F. CZAPEK. Untersuchungen über Geotropismus. Jahrb. f. wissensch. Bot. 1895, Bd. XXVII, pag. 274.

²⁾ WORTMANN. l.c., pag. 711.

³⁾ CORRENS. l.c., pag. 132.

⁴⁾ N. v. CHUDIAKOW. Beiträge zur Kenntniss der intramolecularen Athmung Landwirtsch. Jahrb. 1894, Bd. 23, pag. 333.

tuur van 0° tot 2° C. Na dit tijdsverloop zagen de wortels er nog volkomen normaal uit. Ze werden dan bij gewone temperatuur op den klinostaat gebracht en na 4 tot 6 uur was duidelijk een geotropische nawerking opgetreden. Hoewel in den recipient de lengtegroei stilstond, blijkt toch in een zuurstofvrije ruimte geotropische inductie mogelijk, mits er voor zorg gedragen wordt, dat geen factoren voor beschadiging aanwezig zijn.

ÁRPÁD PAÁL¹⁾ publiceerde in 1912 een verhandeling, ook alleen over geotropie. De methode, die hij bij het bestudeeren van den invloed van luchtverdunning op het geotropisch prikkelproces volgde, bestond in het bepalen van reactie- en praesentatietijden. De kiemwortels van *Phaseolus vulgaris*, waarmee hij werkte, werden onder de klok van een luchtpomp horizontaal gelegd en hij ging dan na, bij verschillende luchtverdunningen, hoe lang het duurde alvorens de meerderheid der wortels een kromming vertoonde. Het resultaat van deze proeven was, dat de reactietijd zich verlengde bij toenemende luchtverdunning. Daarna onderzocht hij de perceptie en reactie gescheiden. Als maatstaf voor den invloed der luchtverdunning op de sensorische phase, diende de praesentatietijd. De wortels werden in lucht van zekere verdunning een tijdlang horizontaal gelegd en daarna op den klinostaat gebracht. Kromden zich 50 % van de wortels, na verloop van eenigen tijd, dan waren die wortels gedurende den praesentatietijd geprikkeld. Deze proeven lieten zien, dat de praesentatietijd zich in ver-

¹⁾ ÁRPÁD PAÁL. Analyse des geotropischen Reizvorgangs mittels Luftverdünnung. Jahrb. f. wissensch. Bot. 1912, Bd. L, pag. 1.

dunde lucht verlengt, zelfs reeds bij 0.74 atmosfeer, dan geleidelijk afneemt tot 0.21 atmosfeer, om daarbeneden zeer snel te dalen. Tevens bleek uit deze proeven, dat ook onder deze omstandigheden de reactietijd zich verlengt. Bij voortdurend verblijf in verdunde lucht verlengde de reactietijd zich meer dan de praesentatietijd, dus de oorzaak van de reactieverlating kan niet alleen in de verlenging van de sensorische phase gelegen zijn, maar eveneens in die van de motorische phase.

Ten slotte deed hij nog proeven door te exponeeren onder normalen druk en de reactie te laten tot stand komen onder verminderden druk. Ook hier had een verlenging van den reactietijd plaats.

Ten slotte maakt KENKEL ¹⁾ nog melding van proeven betreffende den invloed van luchtverdunning op geotropie en phototropie. Hij volgde precies dezelfde methode als CORRENS ²⁾ en vond ook voor verschillende planten evenals deze, dat bij een bepaald zuurstofgehalte, waarbij nog wel geotropische reactie plaats kan vinden, de heliotropische niet meer, of althans in verminderde mate tot stand komt.

¹⁾ J. KENKEL. Ueber den Einfluss der Wasserinjektion auf Geotropismus und Heliotropismus. Inaugural-Dissertation, Münster 1913.

²⁾ CORRENS. l.c., pag. 138.

HOOFDSTUK II

MATERIAAL. ALGEMEENE INRICHTING DER PROEVEN.

Materiaal.

Als proefobjecten werden gekozen kiemplantjes van *Avena sativa* daar deze, zooals uit talrijke onderzoeken van den laatsten tijd gebleken is, een zeer geschikt materiaal leveren voor geotropische en phototropische proeven, en voorts kiemplantjes van *Sinapis alba*, om later te vermelden redenen. De haverkorrels werden vóór het gebruik eerst gepeld. Overigens werden de zaden gelijkelijk behandeld, n.l. eerst op nat filtreerpapier te kiemen gelegd en daarna in de daarvoor bestemde bakjes aarde overgeplant. Deze behandelingswijze is uitvoerig medegedeeld door RUTGERS ¹⁾. De haverkorrels moesten twee dagen op het filtreerpapier liggen en waren dan voldoende gekiemd om geplant te worden. Deze tijd varieerde eenigszins voor de zaden van *Sinapis* en schommelde tusschen vier en zes dagen. De kultuurbakjes waren van zink, van $10 \times 3 \times 3$ cM. afmeting. In elk bakje werden negen zaadjes geplant.

¹⁾ A. A. L. RUTGERS. De invloed der temperatuur op den praesentatietijd bij geotropie. Dissertatie 1910, pag. 41.

Deze werden voor de phototropische proeven volgens de diagonaal geplaatst, om te voorkomen, dat ze bij de belichting elkaar zouden beschaduwen. De haverkorrels behoorden tot één zuivere lijn n.l. „Svalöf's Goldregns-havre". De zaden van Sinapis waren gewone handelszaden. Zeer vele hiervan bleken op de aangegeven wijze niet kiemkrachtig, terwijl de overige groote verschillen bij de kieming vertoonden, zoodat met de meeste nauwkeurigheid voor elk bakje zaden van gelijke ontwikkeling moesten worden uitgezocht.

Het kweeken geschiedde in de laboratoriumkas, waar de temperatuur niet constant was (ongeveer 20°) en gewoonlijk enkele graden schommelde. Nadat de zaden in de bakjes geplant waren, werden deze laatste geplaatst in een kist, bekleed met zwarte doeken, zoodat ze in volslagen donker stonden. Deze kisten werden geregeld gelucht, daar de plantjes anders ten gevolge van de onzuivere lucht niet volkomen rechtop groeiden. Deze voorzorgsmaatregel werd om dezelfde reden eveneens door Mej. DE VRIES ¹⁾ toegepast. De lengte der coleoptielen van Avena bedroeg na deze vier dagen $1\frac{1}{2}$ à 2 cM., terwijl de hypocotylen van de kiemplantjes van Sinapis ongeveer een lengte van $1\frac{1}{2}$ à 3 cM. bereikten. Scheefgegroeide, te lange of te korte kiemplantjes werden, vóórdát de bakjes gebruikt werden, verwijderd.

De thermostaat.

De voor dit onderzoek vereischte thermostaat werd op mijn aanwijzingen vervaardigd door den heer ROELINK,

¹⁾ MARIE S. DE VRIES. Der Einfluss der Temperatur auf den Phototropismus. Recueil des Trav. botan. Néerland. 1914, Vol. XI, pag. 200.

amanuensis aan het Botanisch Laboratorium. Hij bestond uit een buiten- en binnenbak (Pl. I, II en III). De buitenbak had een hoogte van 300 mM., een breedte van 295 mM. en een diepte van 145 mM. Deze afmetingen bedroegen bij den binnenbak respectievelijk 240, 220 en 65 mM. De beide beneden- en achtervlakken waren van koper, de voorvlakken en de rechter- en linker zijvlakken van glas. Het deksel van den binnenbak was eveneens van koper, terwijl de buitenbak van boven open was. De afmetingen van den thermostaat waren zoo klein mogelijk gekozen, om des te sneller de lucht in den binnenbak door stikstof te kunnen vervangen. In het midden der achtervlakken bevond zich een opening, waardoorheen de as (Pl. II, a) van den klinostaat reikte, bevat in een oliepakking (Pl. II, b), zoodat de afsluiting daar volkomen luchtdicht was en de as bij het draaien geen noemenswaardigen weerstand onderdond. Aan het einde der klinostaatas in den thermostaat kon een klem (Pl. I en II, c) geschroefd worden, bestemd om de bakjes met de kiemplanten vast te klemmen. Daar 't voor het meten der krommingen noodzakelijk was, de plantjes uit den thermostaat te nemen, verdiende het aanbeveling de sluiting zóó te maken, dat dit zoo snel mogelijk kon geschieden. Daarvoor was aan elken bovenhoek van den binnenbak een schroef (Pl. I en II, d) aangebracht, zóódanig, dat het deksel, van onderen van een gummiplaat voorzien, nog juist vrij op den binnenbak gelegd kon worden. Door de schroeven werden nu twee beugels (Pl. I, e) gelegd, die het deksel luchtdicht op den bak drukten, nadat een moer (Pl. I en II, f) op elk der schroeven was vastgedraaid. In de ruimte tusschen

binnen- en buitenbak bevonden zich aan de onderzijde twee verwarmingslampen (Pl. I en II, g), voorts waren daarin geplaatst een kwikthermoregulator (h) en twee roerinrichtingen (i), die door een electromotor gedreven werden, en ten slotte een thermometer. Deze ruimte werd verder geheel met water gevuld. Om den thermostat te openen, werd telkens zooveel water uitgeheveld, tot het niveau even beneden het deksel gedaald was. Door het deksel heen staken twee buizen, waarvan de eene (k) vlak onder het deksel rechthoekig omgebogen was en blind eindigde, maar van veel kleine openingen voorzien was. Deze diende voor het instroomen van de stikstof. De andere (l) reikte bijna tot op den bodem van den binnenbak, waarlangs de stikstof kon wegstroomen.

De temperatuur.

Bij alle proeven werd steeds voor constante temperatuur gezorgd. Dit geschiedde, doordat de thermoregulator met een accumulator en een relais in een stroomketen stond, zoodat de stroom van de verwarmingslampen onmiddellijk onderbroken werd, als de temperatuur genoegzaam gestegen was ¹⁾. Bovendien was nog een tweede relais ingeschakeld, om de ontlading van den accumulator zooveel mogelijk tegen te gaan.

De lichtbron.

Als lichtbron voor de phototropische proeven diende een eenvoudige elektrische kooldraadlamp, welker licht-

¹⁾ Voor een uitvoerige beschrijving van deze inrichting en tevens van den thermoregulator, zie RUTGERS, l. c., pag. 46 en 48.

sterkte werd vastgesteld met den photometer van WEBER ¹⁾ en op een afstand van één meter 5 M.K. bleek te bedragen. Om dit te bepalen heb ik de lamp in den thermostaat opgesteld op de plaats, waar gedurende de proeven de bakjes met de kiemplanten zich bevonden. De ruimte tusschen binnen- en buitenbak werd met water gevuld en op één meter afstand van de lamp, plaatste ik den photometer. Zoo werd bij het bepalen van de lichtsterkte dus de absorptie van de lichtstralen door de glaswanden en de waterlaag in aanmerking genomen. Voor de proeven werd de lamp zóó opgesteld, dat deze precies een meterafstand verwijderd was van het midden van een bakje kiemplantjes, hetwelk zich in den thermostaat bevindt, en wel zóódanig, dat de belichting door de zijwanden van den thermostaat geschiedde.

De opstelling der proefobjecten.

De bakjes met de kiemplantjes van *Avena* werden onmiddellijk na 't planten in hydrophielgaas ingepakt, om het uitvallen van aarde bij het draaien op den klinostaat tegen te gaan. De bakjes werden n.l. zoodanig in de daarvoor bestemde klem bevestigd, dat de kiemplantjes loodrecht stonden op de horizontale klinostaatas, waarbij de geotropische en phototropische prikkels op deze wijze werden toegediend, dat alle krommingen plaatsgrepen in ééNZelfde vlak en wel in het vlak van draaiing. Bij kortdurende proeven — dat zijn die proeven, waarbij de kiemplantjes geen lang voorverblijf in stikstof doormaakten — draaiden de plantjes vóór de prik-

¹ Prof. SNELLEN was zoo vriendelijk dezen photometer voor dit doel te mijner beschikking te stellen.

keling op den klinostaat. Dan kon met twee bakjes tegelijk gewerkt worden, die met de bodems tegen elkaar in de klem bevestigd konden worden.

Daar kiemplantjes van dicotylen wegens de cotylen niet door hydrophielgaas kunnen heengroeien, werden de bakjes met *Sinapis* niet op den klinostaat gedraaid, maar werden ze na geprikkeld te zijn eenvoudig vertikaal geplaatst. Natuurlijk kon bij deze proeven ook nooit met 2 bakjes tegelijk gewerkt worden.

De stikstof.

Daar ik groote hoeveelheden stikstof noodig had, betrok ik deze uit metalen stikstofcilinders, die in den handel verkrijgbaar zijn. Deze bleken echter nog een vrij aanzienlijk zuurstofgehalte te bezitten, hetgeen mij bleek door dit met den phosphorpipet¹⁾ na te gaan, waarbij ik als gemiddelde van verschillende bepalingen 3.3, 4.3 en 4.7% zuurstof aantoonde in de drie door mij achtereenvolgens gebruikte cilinders. Om de zuurstof te absorbeeren, werd de stikstof geleid door een alkalische pyrogalloloplossing, zooals die te vinden is bij WEYL en GOTT²⁾. Zij geven n.l. aan, dat de meeste zuurstof gebonden wordt als 0.25 G. pyrogallol in 10 ccM. NaOH met 1.03 specifiek gewicht wordt opgelost. In de aldus gezuiverde stikstof vertoonden de kiemplantjes echter zeer duidelijke vergiftigingsverschijnselen.

1) Prof. VAN ROMBURGH was zoo vriendelijk mij dit apparaat in bruikleen af te staan.

2) TH. WEYL en A. GOTT. Ueber die Absorption von Sauerstoff durch Pyrogallol und Phloroglucin in alkalische Lösung. Berichte der Deut. Chem. Gesellsch. 1881, 14e Jahrg., II.

De toppen werden opvallend bruin en allerlei krommingen traden op. Daar er bij het doorleiden van zuurstof door pyrogallol CO ontstaat, lag het voor de hand hieraan de vergiftiging toe te schrijven. Dat dit ook inderdaad het geval was, bleek toen het gas verder nog geleid werd door de buis van een verbrandingsoven, waarin zich behalve gereduceerd koper — hetwelk diende om nog eventueel niet geabsorbeerde zuurstof vast te leggen — ook een kleine hoeveelheid CuO bevond. Dit laatste oxydeerde de CO tot CO₂. In gas, dat deze bewerkingen ondergaan had, was niet de minste aanduiding van vergiftiging meer te bespeuren.

De donkere kamer.

De donkere kamer, waarin ik het eerste gedeelte mijner proeven deed, was gelegen midden in het Botanisch Laboratorium. In deze kamer was ik in staat door de aanwezigheid aldaar van een luchtkoker, voor die proeven, waarvoor dat noodig was, steeds verse buitenlucht door den thermostaat heen te zuigen. Later was, ten gevolge van de verbouwing van het laboratorium, deze kamer niet meer te mijner beschikking en heb ik mijn proeven voortgezet in een in den Hortus vrijstaand gebouwte, dat uit twee kamertjes bestond, ieder met een aparte deur naar den tuin. Eén daarvan werd tot donkere kamer ingericht, waar door een zeer eenvoudige inrichting onmiddellijk verse buitenlucht door den thermostaat gezogen kon worden, terwijl in het andere kamertje de stikstofcilinder, de twee waschfleschjes en de verbrandingsoven stonden.

De opstelling (Pl. III).

De stikstof passeerde eerst de waschfleschjes met pyrogallol en den oven, waarna de afvoerslang door een opening in den muur de donkere kamer binnenkwam. Om af te koelen werd het gas nu eerst geleid door een looden spiraal, gelegen in een bak water en daarna door den thermostaat. De afvoerbuiss mondde even onder water uit, hetgeen als contrôle diende, dat er nergens een lek was, daar in dat geval het opborrelen onmiddellijk ophield. De stikstofcilinder werd steeds zóó ver geopend, dat de gasbellen in dit water elkaar even snel opvolgden.

Bij de proeven, waarbij versche lucht door het toestel gezogen werd, werd de slang, die naar den thermostaat leidde, verbonden aan een buis, waardoorheen de buitenlucht kon binnenkomen. Voorts werd de afvoerbuiss dan met een aspirator verbonden.

klimatestat. Dit geschiedde natuurlijk eveneens na de prikkeling. Bij de proeven met kiemplantjes van Sinapis werd voor elke proef telkens maar één bakje in den thermostaat gebracht, daar deze, zooals vermeld (pag. 20), niet op den thimostat konden draaien.

HOOFDSTUK III

PROEVEN IN LUCHT.

De proeven, in dit hoofdstuk beschreven, werden genomen om een maatstaf te hebben, waarnaar de afwijkingen konden worden afgemeten, die verkregen werden, indien gedurende zekeren tijd de gewone atmosfeer door stikstof vervangen werd. Deze proeven zijn vierderlei:

1. Geotropische proeven met kiemplantjes van *Avena sativa*.
2. Phototropische proeven met kiemplantjes van *Avena sativa*.
3. Geotropische proeven met kiemplantjes van *Sinapis alba*.
4. Phototropische proeven met kiemplantjes van *Sinapis alba*.

In alle vier deze gevallen werd volgens hetzelfde principe te werk gegaan.

De bakjes met de kiemplantjes verbleven een half uur in den thermostaat vóór de prikkeling. Van *Avena* werden er steeds twee bakjes tegelijk ingebracht en op de op pag. 19 beschreven wijze in de klem vastgehecht. Gedurende dit half uur voorverblijf draaiden ze om de

klinostaatas. Dit geschiedde natuurlijk eveneens na de prikkeling. Bij de proeven met kiemplantjes van *Sinapis* werd voor elke proef telkens maar één bakje in den thermostaat gebracht, daar deze, zooals vermeld (pag. 20), niet op den klinostaat konden draaien.

Er werd uitgegaan van een prikkel van bepaalde sterkte. Deze bedroeg n.l. voor de proeven:

- | | |
|-------------------|---|
| sub 1: 900 mgs. | d.w.z. de plantjes verbleven 15 minuten in den horizontalen stand; |
| sub 2: 40 M.K.S. | d.w.z. de plantjes werden 8 seconden blootgesteld aan de inwerking van de lamp van 5 M.K. op een afstand van 1 M; |
| sub 3: 600 mgs. | d.w.z. een verblijf van 10 minuten in den horizontalen stand; |
| sub 4: 400 M.K.S. | d.w.z. een blootstelling van 80 seconden aan de lamp van 5 M.K., op een afstand van 1 M. |

De duur van de prikkeling werd nauwkeurig bepaald met een arreteerhorloge.

Hierna werd nagegaan de sterkte der maximale krommingen, welke bij deze energiehoeveelheden behooren en hoe lang de tijden zijn, die verlopen tusschen het begin der prikkeling en het bereiken van de maximale kromming, m.a.w. de reactietijden. Uit onderzoekingen van ARISZ ¹⁾ toch is gebleken, dat bij elke energiehoeveelheid een maximale kromming van bepaalde grootte en een bepaalde krommingstijd behoort. De krommings-

¹⁾ W. H. ARISZ. Untersuchungen über den Phototropismus. Recueil des Trav. Botan. Néerland., 1915, Vol. XII, pag. 44.

sterkte werd uitgedrukt in den loodrechten afstand van den top tot den vertikaal, gemeten over het midden van het coleoptiel. Deze meting geschiedde, door achter het coleoptiel een reepje millimeterpapier te houden. Door enkele oriënteerende proeven werd nagegaan, na hoeveel tijd de maximale kromming ongeveer zichtbaar werd. Om dezen krommingstijd zuiver te bepalen, werden de bakjes met kiemplanten na verschillende tijden uit den thermostaat genomen en de krommingen gemeten. De maximale kromming werd getracht steeds binnen nauwere tijdgrenzen te beperken. Daarom heb ik eerst de krommingen gemeten na 40, vervolgens na 90 minuten. Daarna heb ik met elkaar vergeleken de resultaten na 50 en 80 minuten enz. Tabel 1 geeft dus niet de volgorde aan, waarin de proeven genomen zijn.

A. *Geotropische proeven met kiemplantjes van Avena.*

TABEL 1.

Prikkelsterkte 900 mgs. Temperatuur 20° C.

Verstreken tijd sinds be- gin van de prikkeling in minuten	Aantal kiem- plantjes	Sterkte van de krommingen in mM.									
40	5	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$					
	5	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	1					
	9	$1\frac{1}{2}$	1	1	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	
	7	1	1	1	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$			
	7	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$			
	8	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$		
50	8	2	$1\frac{1}{2}$	1	1	1	1	1	$\frac{1}{2}$		

Verstreken tijd sinds be- gin van de prikkeling in minuten	Aantal kiem- plantjes	Sterkte van de krommingen in mM.									
60	8	2	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{1}{2}$		
	6	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	1				
	6	1	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$				
	9	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	1	1	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	
	6	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$				
	5	$1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0					
	7	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	1	1	1	$\frac{1}{2}$			
	7	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	1	1	1			
	8	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$		
	7	2	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$			
	6	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	2	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$				
	9	2	2	2	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{1}{2}$	
	7	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	2	2	$1\frac{1}{2}$	1	1			
	8	3	$2\frac{1}{2}$	1	1	1	1	1	1		
	6	3	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	1	0				
	6	3	2	1	1	0	0				
	7	2	2	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	1			
	5	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1					
	6	3	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	1	1				
	5	$2\frac{1}{2}$	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$					
65	7	$2\frac{1}{2}$	2	2	1	1	1	$\frac{1}{2}$			
	6	3	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	0				
	7	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	0			
	8	2	2	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	1	0		
	6	3	$2\frac{1}{2}$	2	2	$1\frac{1}{2}$	1				
	6	2	2	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1				

Verstreken tijd sinds be- gin van de prikkeling in minuten	Aantal kiem- plantjes	Sterkte van de krommingen in mM.									
70	6	2 $\frac{1}{2}$	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1	1				
	8	2 $\frac{1}{2}$	2	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	1		
	9	2 $\frac{1}{2}$	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	
	8	2	2	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1	1	1		
	6	2	2	2	1	1	$\frac{1}{2}$				
	8	3	2 $\frac{1}{2}$	2	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1		
	9	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	0	0	
	7	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	0			
	6	2 $\frac{1}{2}$	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1				
	8	3	2	2	2	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$		
	8	2 $\frac{1}{2}$	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	1	1	$\frac{1}{2}$		
	9	2	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1	1	1	1	$\frac{1}{2}$	
	8	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	1	1	1		
	6	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1				
	8	3	2 $\frac{1}{2}$	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1	1	0		
	6	2 $\frac{1}{2}$	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	0				
	7	2 $\frac{1}{2}$	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	0			
	6	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{1}{2}$				
	5	1 $\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0					
	5	3	2	1	1	0					
	4	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$						
	6	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	1	1	1				
	6	2	1 $\frac{1}{2}$	1	1	1	$\frac{1}{2}$				
	5	1 $\frac{1}{2}$	1	1	1	1					
	6	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$				
	7	3	1 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0			

Verstreken tijd sinds be- gin van de prikkeling in minuten	Aantal kiem- plantjes	Sterkte van de krommingen in mM.									
80	6	3	2	$1\frac{1}{2}$	1	1	1				
	6	2	2	$1\frac{1}{2}$	1	1	1				
	6	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	1	1	$\frac{1}{2}$				
	6	2	2	2	2	$1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$				
	4	$2\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$						
	5	2	2	$1\frac{1}{2}$	1	1					
	7	2	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	0			
	7	2	$1\frac{1}{2}$	1	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$			
	5	$1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0					
	6	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{1}{2}$	0				
	6	$1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0				
	5	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{1}{2}$					
	6	$1\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0				
	6	2	2	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$				
90	8	2	$1\frac{1}{2}$	1	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$		
	6	2	$1\frac{1}{2}$	1	0	0	0				
	7	$1\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	0			
	7	2	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0			
	8	1	1	1	1	1	$\frac{1}{2}$	0	0		
	8	2	$1\frac{1}{2}$	1	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0		

Uit deze tabel ziet men terstond, dat 40 minuten na het begin van de prikkeling de maximale kromming nog niet bereikt was en dat na 90 minuten deze al weder bezig was uit te klinken. Hetzelfde geldt ook voor 50 resp. 80 minuten. Wat de waarnemingen aan-

gaat na 60 en 70 minuten, deze werden in een overzichtstabel samengesteld.

TABEL 2.

Aantal planten waargenomen na 70 minuten 111 na 60 minuten 114.

Krommingssterkte in mM.	Aantal planten		Percentage	
	70 min.	60 min.	70 min.	60 min.
3	4	6	3.5	5
2½	4	12	3.5	90
2	21	24	19	20
1½	25	32	22.5	29
1	34	28	30.5	25
½	15	6	13.5	5
0	8	6	7	5

Beschouwt men tabel 2, dan ligt het vermoeden voor de hand, daar voor beide waarnemingstijden het percentage krommingen van 2 mM. vrij hoog is, dat na 60 minuten de krommingsgrootte nog toenemende is en na 70 minuten al weder bezig is uit te klinken. Als dit zoo is, moet na 65 minuten de krommingssterkte die na 60 en 70 minuten overtreffen. Om deze reden werden de bepalingen na 65 minuten verricht. Vat men deze uit tabel 1 samen, dan verkrijgt men:

TABEL 3.

Het totale aantal planten bedraagt 112.

Krommingssterkte in mM.	Aantal planten	Percentage
3	2	2
2 $\frac{1}{2}$	6	5
2	39	35
1 $\frac{1}{2}$	28	25
1	28	25
$\frac{1}{2}$	6	5
0	3	3

Inderdaad ziet men, dat de krommingssterkte aanmerkelijk hoger ligt dan na 60 en 70 minuten, terwijl uit het hoge percentagecijfer aan krommingen van 2 mM., de conclusie getrokken kan worden, dat de maximale reactie 2 mM. bedraagt. Deze nu treedt op na 65 minuten, zoodat de reactietijd bij de maximale kromming van 2 mM. 65 minuten bedraagt.

B. Phototropische proeven met kiemplantjes van Avena.

Als prikkelsterkte werd gekozen 40 M.K.S. Zooals boven medegedeeld werd, moest ik met de door mij gebruikte lamp de kiemplantjes dus 8 seconden belichten. Na de belichting werden ze weer om de klinostaatas gedraaid en op dezelfde wijze als sub A werden op verschillende tijden na het begin van de prikkeling de krommingssterkten bepaald.

TABEL 4.

Prikkelsterkte 40 M.K.S. Temperatuur 20° C.

Verstreken tijd sinds be- gin van de prikkeling in minuten	Aantal kiemplanten	Sterkte van de krommingen in mM.									
60	9	1 $\frac{1}{2}$	1	1	1	1	1	1	$\frac{1}{2}$	0	
	9	1	1	1	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	
	8	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0		
	6	1 $\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0				
	5	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0					
	5	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0					
65	7	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	1	1			
	7	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	1	1	1	$\frac{1}{2}$			
	8	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$		
	8	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	1	0	0		
	8	1 $\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0		
	7	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{1}{2}$	0	0			
70	6	3	2 $\frac{1}{2}$	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$				
	7	2	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	1			
	7	3	2	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$			
	9	3	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{1}{2}$	0	0	
	7	2	1 $\frac{1}{2}$	1	1	1	1	0			
	7	2 $\frac{1}{2}$	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1	1	1			
	9	3	2	2	2	1	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	
	7	2 $\frac{1}{2}$	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	1	0			
	6	2 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0				
	7	2	2	1 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0			
	8	2	2	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1	1	0		

Verstreken tijd sinds be- gin van de prikkeling in minuten	Aantal kiemplanten	Sterkte van de krommingen in mM.									
75	9	2 $\frac{1}{2}$	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	1	1	1 $\frac{1}{2}$	
	8	2	2	1	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0		
	7	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$			
	5	3	2 $\frac{1}{2}$	2	1 $\frac{1}{2}$	1					
	9	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	1	1	0	0	
	7	3	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$			
	8	2	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	1	1		
	6	2	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1	1				
	7	3	2 $\frac{1}{2}$	2	2	1	1	$\frac{1}{2}$			
	6	2 $\frac{1}{2}$	2	2	2	$\frac{1}{2}$	0				
	6	2 $\frac{1}{2}$	2	2	1	1	$\frac{1}{2}$				
	8	2	2	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1		
	5	2 $\frac{1}{2}$	2	2	1 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$					
	9	2	2	2	2	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	
	7	2 $\frac{1}{2}$	2	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1	0			
	6	2	2	1	1	$\frac{1}{2}$	0				
	6	2	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1	1				
	4	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$						
	6	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$				
	8	3	2	2	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$		
80	7	2 $\frac{1}{2}$	2	1 $\frac{1}{2}$	1	1	1	$\frac{1}{2}$			
	8	2	2	2	2	2	1	1	0		
	7	3	3	3	2	1	1	$\frac{1}{2}$			
	4	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1						
	8	3	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$		
	8	2	2	2	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$		

Verstreken tijd sinds be- gin van de prikkeling in minuten	Aantal kiemplantjes	Sterkte van de krommingen in mM.									
90	7	3	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	1	1			
	6	$2\frac{1}{2}$	2	2	$1\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$				
	9	3	2	2	2	$1\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	
	8	$2\frac{1}{2}$	2	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$		
	7	2	2	$1\frac{1}{2}$	1	1	1	$\frac{1}{2}$			
	9	$2\frac{1}{2}$	2	$1\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	
	8	2	2	1	1	1	1	0	0		
	8	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	1	1	1	0	0		
	8	2	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	1	1	0		
	9	2	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	0	0	
	9	$2\frac{1}{2}$	2	2	2	$1\frac{1}{2}$	1	1	0	0	
	6	2	$1\frac{1}{2}$	1	1	1	$\frac{1}{2}$				
	7	2	2	2	$1\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	0			
	9	2	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	0	0	
	5	$2\frac{1}{2}$	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$					
	8	$1\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	0	0		
	8	1	1	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0		

Wanneer men de getallen van deze tabel beschouwt, dan blijkt onmiddellijk, dat na 60 en 65 minuten de maximale kromming nog niet bereikt is en dat deze na 90 minuten reeds weer bezig is uit te klinken. Stelt men de waarnemingen na 70 en 80 minuten in een afzonderlijke overzichtstabel samen, dan ziet men:

TABEL 5.

Aantal planten waargenomen na 70 minuten 133, na 80 minuten 117.

Sterkte van de kromming in mM.	Aantal planten		Percentage	
	70 min.	80 min.	70 min.	80 min.
3	6	3	4.5	2.5
2½	6	9	4.5	7.5
2	36	29	27	25
1½	25	22	19	19
1	34	29	26	25
½	14	13	10	11
0	12	12	9	10

Om dezelfde redenen, waarom in tabel 1 de waarnemingen na 65 minuten verricht werden, geschiedden in dit geval de bepalingen na 75 minuten. Het resultaat is ook hier hetzelfde en blijkt uit tabel 6.

TABEL 6.

Aantal planten waargenomen na 75 minuten 110.

Sterkte van de kromming in mM.	Aantal planten	Percentage
3	5	4.5
2½	6	5.5
2	45	41.5
1½	14	12.5
1	22	20
½	13	11.5
0	5	4.5

Vergelijkt men de tabellen 5 en 6 met elkaar, dan blijkt uit het hooge percentage aan krommingen van 2 mM. in tabel 6 ondubbelzinnig, dat de reactietijd bij een prikkelsterkte van 40 M.K.S. 75 minuten en de maximale kromming 2 mM. bedraagt.

C. Geotropische proeven met kiemplantjes van Sinapis.

In het donker gekweekte kiemplantjes van *Sinapis* vertoonen in het hypocotyl een bocht, zoodat het bovenste gedeelte van het hypocotyl met de beide cotylen loodrecht op het onderste deel komt te staan.



Fig. 1.

Ook spreiden de cotylen zich niet uit (fig. 1). De gekiemde zaadjes werden steeds zóó geplant, dat alle plantjes het gebogen gedeelte naar dezelfde zijde gericht hielden. Om de kromming goed te kunnen meten, werd deze steeds zóó geïnduceerd, dat zij tegengesteld was aan de natuurlijke bocht van het hypocotyl.

Opvallend was het betrekkelijk groote aantal plantjes, dat bij de proeven zich niet kromde. Ik heb daarom in de tabellen een nieuwe kolom ingevoerd voor de niet gekromde plantjes, die ik bij het bepalen van de maximale reactie buiten beschouwing gelaten heb. Eenige orienteerende proeven, die ik uitvoerde met een prikkelsterkte van 900 mgs. leerden, dat deze bij *Sinapis* een veel sterkere kromming gaf dan bij *Avena*, zoodat ik een prikkelduur koos van 10 minuten, wat bijgevolg

overeenkomt met een prikkelsterkte van 600 mgs. Daar ik de proeven met Sinapis in de zomermaanden nam, was het niet mogelijk de temperatuur op 20° C. constant te houden, zoodat ik deze voor al deze proeven 3 graden hooger koos.

TABEL 7.

Prikkelsterkte 600 mgs. Temperatuur 23° C.

Verstreken tijd sinds begin van de prikkeling in minuten	Aantal gekromde kiemplantjes	Aantal ongekrumde kiemplantjes	Sterkte van de krommingen in mM.						
40	4	2	4	3	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$			
	5	0	5	4	3	3	2 $\frac{1}{2}$		
	7	2	3	3	3	2	2	2	1
	5	3	3	3	2 $\frac{1}{2}$	2	2		
	6	2	2	2	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1	
	5	4	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$		
	4	2	3	2	2	1			
	4	1	3	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	1			
	5	1	4	3	3	3	2 $\frac{1}{2}$		
	4	1	3	3	2	1 $\frac{1}{2}$			
	4	0	4	2 $\frac{1}{2}$	2	2			
	5	2	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2	2		
	3	3	3	2 $\frac{1}{2}$	1				
	4	3	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1			
	5	1	4	3	2	2	2		
	4	2	3	2 $\frac{1}{2}$	2	1			
	4	2	3	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2			
45	4	2	3	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2			

Verstreken tijd sinds be- gin van de prikkeling in minuten	Aantal ge- kromde kiemplantjes	Aantal onge- kromde kiemplantjes	Sterkte van de krommingen in mM.						
50	6	2	4	3	3	3	3	2 $\frac{1}{2}$	
	6	2	3	3	3	2 $\frac{1}{2}$	2	2	
	4	1	2 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$			
	4	0	3	3	2	1 $\frac{1}{2}$			
	4	2	3	3	3	2			
	5	3	4	3	3	2	1 $\frac{1}{2}$		
	4	2	2 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1			
	4	1	3	2 $\frac{1}{2}$	2	2			
	5	3	4	4	3	2	2		
	4	0	3	3	2	1 $\frac{1}{2}$			
	3	3	3	3	1 $\frac{1}{2}$				
	7	1	4	3	3	3	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	1
	5	1	3	3	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2		
	5	4	5	3	3	2 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$		
	4	0	3	3	2 $\frac{1}{2}$	2			
	4	2	3	2 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$			
	7	1	3	3	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2	1 $\frac{1}{2}$
	4	3	3	2 $\frac{1}{2}$	2	1 $\frac{1}{2}$			
	3	3	3	2	1				
	6	0	3	3	3	3	2	2	
	4	2	5	4	2 $\frac{1}{2}$	2			
	6	2	3	3	3	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2	
	4	3	3	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2			
	6	2	4	3	2	2	2	1	
	4	2	4	3	3	2			
	4	1	3	3	2	2			

Verstreken tijd sinds be- gin van de prikkeling in minuten	Aantal ge- kromde kiemplantjes	Aantal onge- kromde kiemplantjes	Sterkte van de krommingen in mM.					
60	4	3	3	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$		
	5	1	3	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	2	2	
	4	2	3	$2\frac{1}{2}$	2	$1\frac{1}{2}$		
	4	2	3	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1		
	4	0	4	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$		
	4	2	3	3	$1\frac{1}{2}$	1		
	4	3	3	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	2		
	7	0	3	3	3	3	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$ $2\frac{1}{2}$
	5	0	3	3	2	$1\frac{1}{2}$	1	
	7	0	3	3	$2\frac{1}{2}$	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$ 1
	4	1	4	3	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$		
	5	1	3	2	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	
	4	0	4	3	3	$2\frac{1}{2}$		
	6	2	2	2	$1\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	
	4	2	2	2	$1\frac{1}{2}$	1		
	4	2	3	2	2	$\frac{1}{2}$		
	3	2	2	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$			
	5	2	3	2	2	1	1	

De tijd, waarin de maximale kromming tot stand is gekomen, blijkt terstond als men van de krommingen na 40, 50 en 45 minuten overzichtstabellen maakt.

TABEL 8.

Aantal planten waargenomen na 40 minuten 74, na 50 minuten 95.

Krommings- sterkte in mM.	Aantal planten		Percentage	
	40 min.	50 min.	40 min.	50 min.
5	1	1	1.5	1
4	5	6	7	6.5
3	18	31	25	32
2 $\frac{1}{2}$	15	19	20	20
2	22	19	30	20
1 $\frac{1}{2}$	6	13	8	13.5
1	7	6	9	6.5

TABEL 9.

Aantal planten waargenomen na 45 minuten 98.

Krommingssterkte in mM.	Aantal planten	Percentage
5	1	1
4	5	5
3	39	40
2 $\frac{1}{2}$	18	18.5
2	18	18.5
1 $\frac{1}{2}$	14	14.5
1	3	3

Daar het percentage van de kiemplantjes, die een kromming vertoonen van 3 mM. na 45 minuten, aanmerkelijk hooger ligt dan na 40 resp. 50 minuten, volgt hier dus uit, dat in dit geval de reactietijd 45 minuten bedraagt en de maximale kromming 3 mM.

D. Phototropische proeven met kiemplantjes van Sinapis.

Tot zoover is gebleken, dat bij *Avena* voor een geotropische kromming van 2 mM. noodig is een prikkel van 900 mgs. en voor een even sterke phototropische kromming, een van 40 M.K.S., voorts dat bij *Sinapis* een geotropische reactie van 3 mM. tot stand komt ten gevolge van een prikkelen met 600 mgs. Het lag dus voor de hand te denken, dat voor een phototropische kromming van 3 mM. bij *Sinapis* noodig zou zijn een prikkelsterkte van minder dan 40 M.K.S. Ik begon daarom met een hoeveelheid licht van 25 M.K.S. toe te dienen, maar zag zelfs na twee uur nog niet de minste reactie optreden. Daarna probeerde ik 40, 60 M.K.S., maar steeds met hetzelfde negatieve resultaat. Ten slotte prikkelde ik met 400 M.K.S. en thans nam ik na verloop van ongeveer één uur een duidelijke kromming waar.

TABEL 10.
Prikkelsterkte 400 M.K.S. Temperatuur 23° C.

Verstreken tijd sinds be- gin van de prikkeling in minuten	Aantal ge- kromde plantjes	Aantal onge- kromde plantjes	Sterkte van de krommingen in mM.							
60	5	3	2	1½	1½	1½	1			
	3	3	2	1	1					
	3	2	1½	1½	1					
	4	4	2	1½	1	1				
	5	3	1½	1½	1	1	1			
	4	2	1½	1½	1	1				
	4	2	2	2	1½	1				
	4	2	2½	2	1½	1				
	3	3	1½	1½	1					
	5	1	1½	1½	1	1	1			
	4	5	2½	1½	1	1				
	4	3	3	2	1½	1				
	4	4	3	2	1½	1½				
	6	1	2	2	1½	1½	1	1		
	3	2	3	2	1½					
	3	2	2	1½	1					
	4	0	2½	2	2	1				
	5	2	2	2	2	1½	1			
	4	1	2½	2½	2½	2				
	4	2	2	2	1	1				
	4	2	3	2½	2	2				
	7	2	3	2	1½	1½	1½	1	1	
	5	2	2	2	2	1½	1			
	5	3	2	2	2	1½	1½			

Verstreken tijd sinds be- gin van de prikkeling in minuten	Aantal ge- kromde plantjes	Aantal onge- kromde plantjes	Sterkte van de krommingen in mM.							
65	5	1	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	1			
	4	1	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	1				
	4	2	3	3	1 $\frac{1}{2}$	1				
	5	0	2 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1			
	6	3	2	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1	1		
	5	1	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1	1			
	6	3	3	2 $\frac{1}{2}$	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$		
	4	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	1				
	3	3	1 $\frac{1}{2}$	1	1					
	4	3	2	1 $\frac{1}{2}$	1	1				
	4	0	2	2	2	2				
	4	3	2	2	2	1 $\frac{1}{2}$				
	6	2	2	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1		
	4	2	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1				
70	3	3	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1					
	3	2	2	1	1					
	5	2	3	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	1			
	3	2	2	1	1					
	4	2	1 $\frac{1}{2}$	1	1	1				
	5	1	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$			
	4	2	2 $\frac{1}{2}$	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$				
	6	3	3	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$		
	3	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1					
	5	0	3	2 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1			
	5	1	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1			
	6	2	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1	1		

Stelt men wederom overzichtstabellen samen van de waarnemingen na 55, 65 en 60 minuten, dan krijgt men:

TABEL 11.

Aantal planten waargenomen na 55 minuten 52, na 65 minuten 59.

Krommings- sterkte in mM.	Aantal planten		Percentage	
	55 min.	65 min.	55 min.	65 min.
3	2	3	4	5
2 $\frac{1}{2}$	2	2	4	3.5
2	8	20	15	37
1 $\frac{1}{2}$	20	18	38.5	31.5
1	20	16	38.5	27

TABEL 12.

Aantal planten waargenomen na 60 minuten 55.

Krommingssterkte in mM.	Aantal planten	Percentage
3	3	5.5
2 $\frac{1}{2}$	5	9
2	22	40
1 $\frac{1}{2}$	13	23.5
1	12	22

Vergelijkt men deze beide tabellen met elkaar, dan volgt onmiddellijk, uit het hooge percentage krommingen

van 2 mM. na een waarnemingstijd van 60 minuten, de conclusie, dat, bij een prikkelhoeveelheid van 400 M.K.S. bij kiemplantjes van Sinapis, de maximale reactie 2 mM. bedraagt en dat deze bereikt wordt na 60 minuten.

Trekt men een vergelijking tusschen de resultaten, verkregen bij Avena en bij Sinapis, dan springt bij de laatste onmiddellijk de veel grootere variabiliteit van de krommingen in het oog en verder het grootere aantal niet reageerende kiemplantjes. Op de 289 kiemplantjes van Sinapis, die een geotropische reactie gaven, kwamen er 102 voor, die zich niet kromden, m.a.w. van de 391 gebruikte objecten reageerden 102 niet, d.i. 26.1 %. Bij de phototropische proeven bleven 104 van de 322 kiemplantjes recht, d.i. 32.3 %. Deze cijfers wijzen er op, dat men hier uit 't zich niet krommen van enkele plantjes niet te spoedig conclusies mag trekken.

HOOFDSTUK IV

INVLOED VAN VOLLEDIGE ONTTREKKING VAN VRIJE ZUURSTOF OP DE PERCEPTIE.

Om na te gaan of voor het percipieeren van een prikkel zuurstof noodig is, liet ik de kiemplantjes eerst een korteren of langeren tijd in den thermostaat, waardoor een voortdurende stikstofstroom geleid werd. Daarna werden ze geprikkeld in stikstof, terwijl onmiddellijk daarop de stikstofstroom vervangen werd door lucht, welke door middel van een aspirator door den thermostaat gezogen werd. Gedurende den reactietijd bevonden de plantjes zich dus in gewone lucht.

Een onderzoek van het gas, dat uit den thermostaat stroomt, leerde mij, dat na $1\frac{1}{2}$ à 2 uur alle oorspronkelijke lucht verdreven was. Wordt b.v. in de tabellen gesproken van een voorverblijf van 3 uur in stikstof, dan zijn deze 3 uur gerekend van het begin van de doorstrooming af, zoodat gedurende de eerste 2 uur de plantjes zich nog niet in zuivere stikstof bevonden.

A. Geotropische proeven met Avena.

De kiemplantjes van *Avena* werden in den thermostaat

vertikaal geplaatst ¹⁾, terwijl een tijdlang stikstof werd doorgevoerd, dan gedurende 15 minuten geotropisch geprikkeld en daarna onder doorzuiging van lucht op den klinostaat gedraaid. De krommingssterkte werd dan steeds na 65 minuten, d.i. de reactietijd in lucht, gemeten. Het meten van de objecten vond plaats bij rood licht, omdat ik ze daarna nog weer eenigen tijd op den klinostaat plaatste, om na te gaan of in die gevallen, waarbij de reactie na 65 minuten minder sterk was als zij in gewone lucht zou geweest zijn, deze mogelijk daarna nog weder ging toenemen. Dit laatste werd evenwel nooit waargenomen, zoodat, door in stikstof te percipieeren, geen verlenging van den reactietijd veroorzaakt werd.

TABEL 13.

Prikkelsterkte 900 mgs. Temperatuur 20° C.
Reactietijd 65 minuten.

Voorverblijf in stikstof	Aantal kiemplantjes	Sterkte van de krommingen in mM.						
2 uur	7	2½	2	2	1½	1½	1	0
	5	3	2	1	1	1		
	5	2	2	2	1	1		
	6	2½	1½	1½	1½	1½	½	
	4	2	1½	1½	1			

¹⁾ Om deze redenen werd in 't vervolg steeds met één bakje tegelijk geëxperimenteerd. Wel werd in de klem een tweede bakje bevestigd, maar dit diende uitsluitend als tegengewicht om het gelijkmatig draaien van den klinostaat gedurende den reactietijd te bevorderen.

Uit deze tabel volgt dus, dat een voorverblijf van 2 of 3 uur niet den minsten invloed heeft, zooals onmiddellijk blijkt, wanneer men b.v. van de waarnemingen bij 3 uur voorverblijf een overzichtstabel samenstelt, n.l.:

TABEL 14.
Aantal waargenomen planten 103.

Krommingssterkte in mM.	Aantal planten	Percentage
3	3	3
2½	6	6
2	35	34
1½	33	32
1	14	13.5
½	9	8.5
0	3	3

Vergelijkt men de percentagecijfers met die van tabel 3, dan is de overeenkomst zeer treffend. Immers uit beide tabellen spreekt een maximale kromming van 2 mM.

Bij een voorverblijf van 5 uur in stikstof is een sterke afname van de reactie te bespeuren, terwijl deze absoluut achterwege blijft, indien het aantal uren voorverblijf in stikstof 6 bedraagt (Pl. IV, fig. 1).

B. Phototropische proeven met *Avena*.

Alles, wat over den gang der geotropische proeven gezegd is, geldt mutatis mutandis ook voor deze, met dien verstande natuurlijk, dat geprikkeld werd met 40 M.K.S. en de krommingssterkte gemeten werd na 75 minuten. Steeds werd ook hier het krommingsproces

nog eenigen tijd langer gevolgd, echter werd nimmer een toename van de reactie waargenomen.

TABEL 15.
Prikkelsterkte 40 M.K.S. Temperatuur 20° C.
Reactietijd 75 minuten.

Voorverblijf in stikstof	Aantal kiem- plantjes	Sterkte van de krommingen in mM.									
3 uur	6	2	2	1½	1½	1	1				
	7	2½	2	2	2	1½	1	½			
	5	2	2	1½	1½	½					
	5	2	2	1	1	1					
	6	3	2	2	2	1	0				
	4	2	2	1½	1						
	8	2½	2½	2	2	1½	1	½	½		
	5	2	2	1½	½	0					
	6	2	2	2	1½	1	1				
	6	2	2	2	1½	½	½				
	8	3	2	2	1½	1½	1	1	0		
	4	2	1½	1½	1						
6 uur	5	1½	1	½	½	½					
	8	1½	½	½	½	0	0	0	0		
	7	1	1	½	½	0	0	0			
	4	½	½	½	½						
	6	1	½	½	½	0	0				
	5	1½	½	½	½	0					
	7	1	1	½	½	½	0	0			
8 uur	6	alle ongekromd									
	6	id.									
	8	id									

Ook zonder een overzichtstabel samen te stellen, ziet men terstond, dat een voorverblijf van 3 uur evenmin invloed heeft, als bij de geotropische proeven. Duurt het voorverblijf 6 uur, dan is de invloed ondubbelzinnig merkbaar, daar de reactie aanmerkelijk zwakker is, terwijl deze geheel achterwege blijft, als de plantjes vóór de prikkeling 8 uur in een stikstofatmosfeer hebben doorgebracht.

Uit al deze proeven volgt dus, dat de kiemplanten geruimen tijd van zuurstof verstoken moeten zijn, opdat ze volkomen verhinderd zijn een reactie uit te voeren.

Twee verklaringen liggen hierbij voor de hand:

1^o. Het is mogelijk, dat de objecten ten gevolge van intramoleculaire ademhaling voldoende energie ter beschikking hebben, om nog langen tijd, zij het dan ook in mindere mate, een prikkel te percipieeren en hiervan in een reactie uiting te geven, wanneer na de prikkeling hun weder atmosferische lucht geboden wordt.

2^o. De objecten zijn maar schijnbaar al die uren van lucht verstoken geweest, daar het zeer wel mogelijk is, dat behalve in de intercellulaire holten van de cellen ook nog langen tijd een zekere hoeveelheid lucht achterblijft in de holte tusschen het coleoptiel en het eerste blad. Dientengevolge blijft de zuurstofademhaling aanvankelijk nog in voldoende mate voortbestaan om de opgetreden reactie te verklaren.

Om aangaande deze twee mogelijkheden een beslissing te nemen, heb ik dezelfde proeven gedaan met kiemplantjes van *Sinapis alba*, daar deze die holte onder de cotylen missen.

C. *Geotropische proeven met Sinapis.*

De proeven werden dus weder op dezelfde wijze gedaan, n.l. een voorverblijf in stikstof, daarna eveneens in stikstof geotropisch geprikkeld, door de plantjes gedurende 10 minuten in horizontalen stand te brengen. Hierop werd atmosferische lucht doorgezogen, om hierin de eventuele reactie te doen plaatsvinden.

TABEL 16.

Prikkelsterkte 600 mgs. Temperatuur 23° C.

Reactietijd 45 minuten.

Voorverblijf in stikstof	Aantal kiem- plantjes	Sterkte van de krommingen in mM.					
1 uur	5	4	2½	1½	1	0	
	5	5	3	3	2½	2½	
	6	3	3	3	2½	1	0
	6	3	3	2½	2	2	0
	4	3	2	2	0		
3 uur	7	3	3	2	1½	1½	0 0
	4	1½	1½	1	0		
	4	2½	2	0	0		
	4	3	1	1	1		
	6	1½	1½	1	1	0	0
4 uur	6	2½	2	1½	1	1	0
	5	2	2	1	1	0	
	5	1	0	0	0	0	
	6	alle ongekromd					
	7	id.					
	4	id.					
	5	id.					

Een voorverblijf van 1 uur heeft geen invloed, zooals ook te verwachten was, daar zich dan nog geen zuivere stikstof in den thermostaat bevindt. Bij een 3-urig voorverblijf ziet men duidelijk een verzwakte reactie optreden, terwijl verder uit de tabel blijkt, dat kiemplantjes, die 4 uur aan den invloed van zuurstof onttrokken zijn geweest, niettegenstaande den toegedienden prikkel, toch recht blijven (Pl. IV, fig. 2).

D. *Phototropische proeven met Sinapis.*

TABEL 17.

Prikkelsterkte 400 M.K.S. Temperatuur 23° C.

Reactietijd 60 minuten.

Voorverblijf in stikstof	Aantal kiem- plantjes	Sterkte van de krommingen in mM.						
1 uur	6	2	2	1	1	0	0	
	5	2	1½	1	0	0		
	7	2	2	2	1½	1	0	0
	4	2½	2	2	1			
3 uur	6	3	2½	2	2	0	0	
	6	2	1½	1½	1	1	0	
	5	1½	1½	1½	1	0		
	6	2	1½	1	1	0	0	
	6	2	2	1	1	1	0	
	5	1½	1½	1	0	0		
4 uur	7	2	1½	1½	1	1	0	0
	4	1½	0	0	0			
	5	1	0	0	0	0		
	4	1	0	0	0			
	4	alle ongekromd						
	4	id.						
	5	id.						
	7	id.						

Ook in dit geval ziet men na een voorverblijf van 3 uur in stikstof een verzwakte reactie optreden, terwijl verder uit de tabel volgt, dat kiemplantjes, die 4 uur in een ruimte zonder zuurstof hebben doorgebracht, niet meer in staat zijn op den toegedienden prikkel te reageeren.

Vergelijkt men nu de resultaten, verkregen uit de proeven met *Avena* en die met *Sinapis*, dan is bij de laatste de reactie wel eerder onmogelijk, maar de verschillen zijn te gering om hieruit af te leiden, dat de kiemplantjes van *Avena* zooveel langer functioneeren ten gevolge van de zuurstof, in de ruimte onder het coleoptiel aanwezig. Ware dit het geval, dan moest het verschil tusschen beide objecten grooter zijn en dus de reactie bij *Sinapis* veel eerder niet meer optreden. Ik meen dus te mogen concludeeren, dat het in beide gevallen aan de intramoleculaire ademhaling geweten moet worden, dat een prikkel, na een tamelijk lang voorverblijf van de kiemplantjes in stikstof, nog tot uiting kan komen.

Al deze proeven hebben dus hetzelfde resultaat. Er blijkt n.l. dat, daar de kiemplantjes een voldoende langen tijd aan den invloed van zuurstof zijn onttrokken geweest, een in stikstof toegediende prikkel niet tot uiting kon komen, hoewel onmiddellijk na toediening van dezen, de stikstof door atmosferische lucht werd vervangen.

Mag men hieruit zonder meer concludeeren, dat de prikkel niet gepercipieerd is? Het komt mij voor van

niet, immers het is zeer wel mogelijk, dat in alle bovenstaande gevallen de prikkel wel degelijk gepercipieerd werd, doch dat de processen in de plant, die de reactie veroorzaken, reeds van te voren door het langdurig gemis aan zuurstof in die mate beïnvloed waren, dat elke kromming achterwege bleef. Om hieromtrent zekerheid te verkrijgen, heb ik proeven gedaan, waarbij ik de kiemplantjes een even lang voorverblijf in stikstof gaf, als waarbij in bovengenoemde gevallen geen reactie meer optrad, maar thans werd, eerst toen de stikstof vervangen was door lucht, de prikkel toegediend, zoodat dus in lucht geprikkeld werd. Gedurende den reactietijd werd natuurlijk het luchtdoorzuigen voortgezet.

E. Geotropische proeven met *Avena*.

6 uur voorverblijf in stikstof. Daarna gedurende één kwartier geotropisch geprikkeld in lucht (Pl. IV, fig 3).

TABEL 18.

Prikkelsterkte 900 mgs. Temperatuur 20° C.
Reactietijd 65 minuten.

Voorverblijf in stikstof	Aantal kiem- plantjes	Sterkte van de krommingen in mM.									
6 uur	8	2	1½	1	1	1	1	1	1½	1½	
	7	1½	1½	1	1	1	1	1	1½		
	7	2	1	1	1	1	1	1	1½		
	8	1½	1½	1½	1	1	1	1	1½	1½	

Vergelijkt men deze tabel met de resultaten, verkregen bij een voorverblijf van 6 uur in stikstof, die vermeld staan in tabel 13, dan kan het verschil alleen gezocht worden in het feit, dat ginds het toedienen van den prikkel geschiedde bij af- en hier bij aanwezigheid van zuurstof. Thans mag men dus met recht concludeeren, dat de kiemplantjes geen geotropischen prikkel meer kunnen percipieeren, wanneer zij lang aan zuurstof onttrokken zijn geweest.

Wel dient nog opgemerkt te worden, dat de krommingen van tabel 18 geringer zijn, dan degene, die onder normale omstandigheden tot stand komen. Dit wijst er dus op, dat de planten toch, door langdurig zuurstofgebrek, een schadelijken invloed ondervinden, die zich, wanneer de normale omstandigheden weder in het leven geroepen worden, nog doet gevoelen.

F. *Phototropische proeven met Avena.*

8 uur voorverblijf in stikstof. Daarna phototropisch geprikkeld in lucht (Pl. IV, fig. 4).

TABEL 19.
Prikkelsterkte 40 M. K. S. Temperatuur 20° C.
Reactietijd 75 minuten.

Voorverblijf in stikstof	Aantal kiem- plantjes	Sterkte van de krommingen in mM.							
8 uur	9	1½	1½	1	1	½	½	½	½ 0
	8	1½	1½	1	1	½	½	½	0
	6	1	1	½	½	½	½		
	8	1½	1½	1	1	1	½	½	0

Het resultaat is volkomen hetzelfde als bij de geotropische proeven en evenzoo volgt dus hieruit, dat de kiemplantjes, ten gevolge van te lange afwezigheid van zuurstof, niet in staat zijn een phototropischen prikkel te percipieeren.

Vindt, na het lange voorverblijf in stikstof, de prikkeling plaats in lucht, dan wordt de prikkel wel gepercipieerd; de plant schijnt echter toch een deel van het perceptievermogen verloren te hebben, hetgeen hieruit blijkt, dat de krommingen geringer zijn, dan wanneer het geheele proces onder normale omstandigheden plaats grijpt.

HOOFDSTUK V

INVLOED VAN VOLLEDIGE ONTTREKKING VAN VRIJE ZUURSTOF OP DE REACTIE.

Werd de invloed van de zuurstof op de perceptie bepaald door, na een langdurig voorverblijf in stikstof, den prikkel te laten inwerken in stikstof en de eventueele reactie in lucht te doen plaatsvinden, zoo ligt het voor de hand om den invloed van de zuurstof op het reactieproces in omgekeerden zin te beschouwen, door n.l. de kiemplantjes in gewone lucht te laten percipieeren en ze gedurende den reactietijd in stikstof op den klino-staat te laten draaien. Nu is deze methode echter ten eenen male onuitvoerbaar, daar de vervanging van lucht door stikstof $1\frac{1}{2}$ à 2 uur duurt en het dus om deze reden onmogelijk is de objecten onmiddellijk na de perceptie in stikstof te plaatsen.

Ik ben dientengevolge op een geheel andere manier te werk gegaan. Ik begon met de plantjes een voorverblijf van 3 uren in stikstof te geven, prikkelde ze daarna in stikstof en liet ze gedurende den ganschen reactietijd eveneens hierin. Het verschil met de proeven sub A, B, C en D van hoofdstuk IV zit dus hierin, dat dáár in

atmosferische lucht een normale reactie tot stand kwam, nadat het voorverblijf in stikstof drie uren geduurd had en daarin tevens de prikkel was toegediend, terwijl hier het geheele prikkelproces in stikstof plaatsvindt.

Bestaat er tusschen beide soorten een ondubbelzinnig verschil, dan kan dit niet anders dan aan den invloed van de zuurstofonttrekking op de reactie te wijten zijn. De sterkte van den prikkel was natuurlijk gelijk aan die bij de andere proeven. Enkele bakjes met kiemplanten liet ik een geruimen tijd na het toedienen van den prikkel in den thermostaat in hun stikstofatmosfeer en volgde op deze wijze den gang van het proces nog eenigen tijd langer dan de normale reactietijd bedraagt. Deze proeven nam ik om na te gaan of er ten gevolge van de afwezigheid van zuurstof misschien een verlening van den reactietijd plaatsvond. Nooit echter werd een kromming geconstateerd.

Bij een tweede serie proeven, liet ik steeds den stikstoftoevoer ophouden na afloop van den reactietijd, dat wil dus zeggen na hetzelfde tijdsverloop, hetwelk in de vorige hoofdstukken als reactietijd bepaald is. Dan werd er nog gedurende eenigen tijd gewone lucht door den thermostaat gezogen. In dat geval trad steeds na verloop van eenigen tijd een, zij het dan ook zwakke, kromming op.

A. *Geotropische proeven met Avena.*

3 uur voorverblijf in stikstof. Daarna hierin geprikkeld, gevolgd door een langdurig verblijf, eveneens in stikstof.

TABEL 20.

Prikkelsterkte 900 mgs. Temperatuur 20° C.

Voorverblijf in stikstof	Verstreken tijd sinds be- gin van de prikkeling in minuten	Aantal kiemplantjes	Sterkte van de krommingen in mM.
3 uur	65	7	alle ongekromd
	100		id.
	125		id.
	150		id.
	65	8	alle ongekromd
	100		id.
	130		id.
	65	8	7 plantjes ongekromd, 1 een asymmetrischen top
	100		id.
	130		id.
	65	7	alle ongekromd

Uit deze tabel volgt, dat, wanneer een geotropische prikkel gepercipieerd is, deze zonder aanwezigheid van zuurstof niet tot uiting kan komen.

B. Geotropische proeven met *Avena*.

3 uur voorverblijf in stikstof. Hierin geprikkeld; 65 minuten na het begin van de prikkeling stikstof vervangen door lucht (Pl. IV, fig. 5).

TABEL 21.

Prikkelsterkte 900 mgs. Temperatuur 20° C.

Voorblijf in stikstof	Verstreken tijd sinds be- gin van de prikkeling in minuten	Aantal kiemplantjes	Sterkte van de krommingen in mM.									
3 uur	65	9	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	125		1	1/2	0	0	1/2	1/2	0	1/2	1	
	65	8	0	0	0	0	0	0	0	0		
	90		0	0	1/2	1/2	1/2	1/2	0	1/2		
	120		1/2	1/2	1/2	1	1/2	1 1/2	0	1/2		
	65	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	120		1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1/2	
	65	7	1/2	0	0	0	0	0	0			
	125		1 1/2	0	1/2	1/2	1	0	1 1/2			
	65	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	105		1	0	0	1/2	1	1	1	1/2	1/2	

Vergelijkt men deze tabel met de vorige, dan moeten de hier opgetreden krommingen op rekening van de zuurstof geschoven worden, die telkens na 65 minuten begonnen is de stikstof te verdringen. Deze proeven zijn dus wederom een bewijs, dat een perceptie van den prikkel heeft plaats gegrepen, maar dat deze zonder zuurstof niet in een reactie tot uiting kan komen. Dat in dit geval de krommingen vrij zwak blijven (de krommingen werden ook bij nog langeren waarnemingstijd nooit sterker), vindt hierin zijn oorzaak, dat de prikkel al bezig is uit te klinken. Hieruit volgt dan onmiddellijk, dat men niet mag spreken van een verlenging van den

reactietijd ten gevolge van de zuurstofonttrekking, daar in dat geval de maximale reactie na een prikkeling met 900 mgs., d.i. een kromming van 2 mM., later zou moeten optreden, dan onder normale omstandigheden.

Van dit alles is hier in 't minst geen sprake. Wat men ziet is, dat de reactie zonder zuurstof in het geheel niet kan optreden, terwijl deze, wanneer de stikstof door zuurstof vervangen wordt op een stadium, waarop de prikkel nog niet geheel is uitgeklonken, zich nog in verminderde mate kan uiten. Volkomen in overeenstemming met deze uiteenzetting is een proef, waarbij in zooverre van bovengenoemde proeven is afgeweken, dat ik de zuurstof 45 minuten na het begin van de prikkeling liet toetreden.

TABEL 22.

Prikkelsterkte 900 mgs. Temperatuur 20° C.

Voorverblijf in stikstof	Verstreken tijd sinds be- gin van de prikkeling in minuten	Aantal kiemplantjes	Sterkte van de krommingen in mM.									
3 uur	65	9	1	1	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	
	80		1	1	1	$1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	
	100		1	1	1	$1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	
	120		$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	

Hoe eerder dus de gepercipieerde prikkel in staat gesteld wordt tot uiting te komen, des te grooter wordt de reactie. Niettemin deed zich in deze proef het uitklinkingsverschijnsel ook sterk gevoelen, zoodat voldoende

bewijs geleverd is, dat niet ten gevolge van de afwezigheid van zuurstof de reactietijd verlengd wordt, maar dat een kiemplantje van *Avena* in een atmosfeer zonder zuurstof geen geotropische reactie kan uitvoeren, echter onmiddellijk hiertoe weer in staat is, zoodra het normale omstandigheden geboden worden. De sterkte van de kromming hangt in dat geval af van de meerdere of mindere mate, waarin de prikkel reeds aan het uitklinken is.

C. Phototropische proeven met Avena.

3 uur voorverblijf in stikstof. Hierin geprikkeld gevolgd door een langdurig verblijf, eveneens in stikstof.

TABEL 23.

Prikkelsterkte 40 M.K.S. Temperatuur 20° C.

Voorverblijf in stikstof	Verstreken tijd sinds be- gin van de prikkeling in minuten	Aantal kiemplantjes	Sterkte van de krommingen in mM.
3 uur	75	7	alle ongekromd
	100		id.
	140		id.
	170		id.
	75	8	alle ongekromd
	105		id.
	130		id.
	75	8	alle ongekromd
	100		id.
	135		id.
	75	9	alle ongekromd

Deze tabel laat dus zien, dat een gepercipieerde phototropische prikkel niet in staat is bij afwezigheid van zuurstof een reactie te geven.

D. *Phototropische proeven met Avena.*

3 uur voorverblijf in stikstof. Hierin geprikkeld; 75 minuten na het begin van de prikkeling stikstof vervangen door lucht, d.i. de reactietijd van een maximale phototropische kromming van 2 mM. onder normale omstandigheden (Pl. V, fig. 1).

TABEL 24.

Prikkelsterkte 40 M.K.S. Temperatuur 20° C.

Voorverblijf in stikstof	Verstreken tijd sinds be- gin van de prikkeling in minuten	Aantal kiemplantjes	Sterkte van de krommingen in mM.							
3 uur	75	8	0	0	0	0	0	0	0	0
	140		1/2	1	1/2	1/2	1	1/2	0	0
	75	8	0	0	0	0	0	0	0	0
	135		0	0	1/2	1	1	0	1	1/2
	75	6	0	0	0	0	0	0		
	135		1/2	1/2	1	0	1	1		
	75	8	0	0	0	0	0	1/2	0	0
	135		1/2	0	0	1/2	1/2	1 1/2	1/2	1
	75	7	0	0	0	0	0	0	0	
	130		1	1/2	1/2	1/2	1/2	0	1/2	

De resultaten van de phototropische proeven zijn dus mutatis mutandis volkomen gelijk aan die van de geotropische, zoodat ook hier blijkt, dat een gepercipieerde

phototropische prikkel niet in staat is zonder aanwezigheid van zuurstof tot uiting te komen, dit echter onmiddellijk doet, als men de normale omstandigheden herstelt. Daar de prikkel reeds bezig is uit te klinken, treedt in dat geval een verzwakte reactie op, zoodat er geen redenen zijn te besluiten tot een verlenging van den reactietijd ten gevolge van de zuurstofonthouding.

HOOFDSTUK VI

INVLOED VAN EEN ATMOSFEER MET LAAG ZUURSTOFGEHALTE.

Om het geotropische en phototropische prikkelproces in een atmosfeer met een laag zuurstofgehalte te onderzoeken, leidde ik de stikstof uit den cilinder onmiddellijk door den thermostaat zonder deze eerst de waschfleschjes met pyrogallol en de buis met gloeiend koper te laten passeeren.

Ik onderzocht alleen den invloed van een dergelijk laag zuurstofgehalte op de perceptie.

De kiemplantjes ondergingen derhalve een voorverblijf van ettelijke uren in de bewuste atmosfeer; hierin had vervolgens ook de prikkeling plaats, terwijl onmiddellijk hierop gewone lucht door den thermostaat gezogen werd. Daar in 't vorig hoofdstuk gebleken is, dat nergers sprake is van verlenging van den reactietijd, alleen echter van een verzwakking der reactie, heb ik ook in dit geval de krommingen steeds gemeten na de tijden, die in hoofdstuk III als reactietijden bepaald zijn.

A. *Geotropische proeven met Avena.*

(Pl. V, fig. 2 voorverblijf 8 uur, fig. 3 voorverblijf 24 uur).

TABEL 25.
Prikkelsterkte 900 mgs. Temperatuur 20° C.
Reactietijd 65 minuten.

Voorverblijf in 4.3 0/0 zuurstof	Aantal kiem- plantjes	Sterkte van de krommingen in mM.									
6 uur	9	2½	2	2	2	2	1½	1½	1½	1	
8	9	3	2½	2	2	2	2	1½	1½	1½	
24	8	2	1½	1	1	1	1	½	½		

Uit deze tabel blijkt voldoende, dat de kiemplantjes langen tijd in staat blijven bij een betrekkelijk laag zuurstofgehalte op normale wijze een geotropischen prikkel te percipieeren. Bij een voorverblijf van 24 uur echter in een atmosfeer met een zuurstofgehalte van 4.3 0/0, is duidelijk een invloed merkbaar, die zich uit in een minder sterke reactie, waarvan de oorzaak alleen hierop kan berusten, dat de kiemplantjes uit zuurstofgebrek niet meer in staat waren den prikkel normaal te percipieeren.

B. *Phototropische proeven met Avena.*

(Pl. V, fig. 4 voorverblijf 10 uur, fig. 5 voorverblijf 24 uur).

TABEL 26.
Prikkelsterkte 40 M. K. S. Temperatuur 20° C.
Reactietijd 75 minuten.

Voorverblijf in 4.7 0/0 zuurstof	Aantal kiem- plantjes	Sterkte van de krommingen in mM.									
10 uur	9	2½	2	2	2	2	1½	1½	1½	0	
24	9	2	1½	1½	1½	1	1	1	0	0	

Ook hieruit blijkt, dat een voorverblijf van 10 uur in 4.7% zuurstof op de perceptie niet den minsten invloed heeft. Na een voorverblijf van 24 uur krommen de kiemplantjes zich minder sterk, zoodat zij dus op den duur niet in staat blijken te zijn in deze atmosfeer normaal een phototropischen prikkel te percipieeren. De resultaten zijn dus volkomen gelijk aan die van de geotropische proeven.

Het doel, waarvoor ik deze proeven begonnen was, was het volgende: te trachten dat zuurstofgehalte van de lucht te bepalen, zoowel voor geotropie, als voor phototropie, waarbij de kiemplantjes nog het normale prikkelproces konden uitvoeren. Daar echter de plantjes om den vertragenden invloed te gevoelen van een zuurstofgehalte van 4—5%, hierin al een voorverblijf van 24 uur moeten ondergaan, heb ik deze proeven niet verder voortgezet. Het was natuurlijk overbodig om atmosferen met geringer zuurstofgehalte dan 4—5% te onderzoeken, daar de voorwerpen na korter of langer voorverblijf hierin ongetwijfeld den schadelijken invloed zullen ondervinden. Wat evenwel een gasmengsel met een hooger gehalte aan zuurstof betreft, het is zeer moeilijk te bepalen of dit schadelijk is of niet. Het is zeer goed mogelijk, dat de kiemplantjes in b.v. 8% zuurstof na 24 uur nog een normale reactie geven, maar na 48 uur niet meer. Immers dan eerst zal men mogen besluiten tot een zwakker worden van het perceptievermogen in een bepaald gasmengsel, indien de kiemplantjes hierin vóór het toedienen van den prikkel lang genoeg hebben vertoefd. Door den snellen groei van de proefobjecten zijn deze proeven onuitvoerbaar.

HOOFDSTUK VII

BESPREKING DER RESULTATEN.

Vergelijkt men de hier verkregen resultaten met die van CORRENS, dan zijn deze in zooverre gelijk, dat ook hij zegt, dat voor het tot stand komen van prikkelbewegingen zuurstof noodig is.

Voorts doet hij mededeelingen omtrent het zuurstofgehalte, waarbij nog juist het prikkelproces kan plaats hebben. Daar hij hierbij verschillende zuurstofpercentages vindt voor het percipieeren van den geotropischen en den phototropischen prikkel, concludeert hij, dat geotropische krommingen met geringere hoeveelheden zuurstof kunnen worden uitgevoerd als phototropische.

Met de resultaten in dit onderzoek verkregen, kan ik deze uitspraak niet bevestigen, integendeel, de verschijnselen bij het geotropische en phototropische prikkelproces zijn in alle opzichten vrijwel gelijk. Wel is waar heb ik zeer weinig proeven gedaan met kiemplantjes in gasmengsels met laag zuurstofgehalte, maar, hoe gering in aantal ook, deze proeven wijzen toch voldoende op een gelijk gedrag. De oorzaak van de gevolgtrekking van CORRENS is hierin gelegen, dat hij steeds met door-

prikkelen werkte, en dientengevolge met niet met elkaar te vergelijken krommingen, terwijl bovendien de planten in dat geval den invloed van stemmingsverandering tijdens de proeven ondergingen. Daarom heb ik zoowel bij de geotropische als bij de phototropische proeven gewerkt met een even sterke maximale kromming.

Zooals CORRENS zelf toegeeft, is het hem niet gelukt den invloed van de zuurstof op perceptie en reactie gescheiden te bestudeeren. Hierin is ÁRPÁD PAÁL wel geslaagd, die echter alleen maar geotropische proeven heeft verricht.

Om na te gaan hoe de sensorische phase van het zuurstofgehalte afhangt, bepaalde deze praesentatietijden, waaronder hij, volgens de oude opvatting, verstaat de kortst mogelijke tijden, gedurende welke men de objecten moet prikkelen, om bij nawerking bij minstens 50 % der plantjes een kromming met het bloote oog te zien. Hij vond nu, dat bij het afnemen van het zuurstofgehalte de praesentatietijd langer wordt. Dit is zeer goed met mijn resultaten in overeenstemming te brengen. Immers ik heb steeds met dezelfde prikkelsterkte gewerkt, maar heb aangetoond, dat, als de kiemplantjes lang genoeg geheel of gedeeltelijk van zuurstof verstoken zijn geweest en de perceptie hierin plaatsvindt, het resultaat een zwakkere kromming is. Had ik nu een minder sterken prikkel toegediend, die niet, zooals in mijn geval, een maximale kromming van 2 mM., maar een juist zichtbare reactie gaf, dan zouden verschillende plantjes, althans voor het bloote oog, recht gebleven zijn. Om een grooter aantal in diezelfde atmosfeer te doen krommen, zou ik den prikkel hebben moeten versterken, hetgeen

dus volkomen met de bewering van ÁRPÁD PAÁL overeenstemt.

Verder ligt een schijnbare tegenstrijdigheid in het resultaat van mij, dat de reactietijd door zuurstofonttrekking niet verkort wordt, en in dat van ÁRPÁD PAÁL, dat bij minder worden van het zuurstofgehalte de reactietijd langer wordt. Ik heb steeds onder reactietijd verstaan het begrip krommingstijd van ARISZ ¹⁾ n.l. den tijd, die verloopt vanaf het begin van de prikkeling tot aan het bereiken van een bepaalde maximale reactie, terwijl ÁRPÁD PAÁL de oude opvatting huldigt en er onder verstaat den tijd, die verloopt tusschen het begin der prikkeling en het eerste zichtbaar worden van een kromming. Daar ik gevonden heb, dat, als de reactie plaatsvindt bij afwezigheid van zuurstof, terwijl de prikkel normaal is gepercipieerd, er minder sterke krommingen optreden, volgt hier onmiddellijk uit, dat het eerste begin van het krommen later plaatsvindt. En dit is, wat ÁRPÁD PAÁL beschouwt als verlenging van den reactietijd. Ook in dit opzicht zijn dus mijn resultaten niet met die van hem in strijd.

In de meeste onderzoeken, waarbij de invloed der zuurstofonttrekking steeds bepaald werd door evacueeren, wordt vermeld, dat de planten bij een bepaald zuurstofgehalte nog in staat zijn een geotropisch of phototropisch prikkelproces uit te voeren. Wanneer hun echter nog meer zuurstof wordt onttrokken, verliezen ze dit vermogen. Met deze uitspraak kan ik mij niet vereenigen en de oorzaak moet mijns inziens uitsluitend gezocht

¹⁾ ARISZ. l.c., pag. 60.

worden in de methode, volgens welke al die onderzoeken zijn verricht, met name in het meer of minder luchtledig maken van de ruimte, waarin zich de proefobjecten bevonden. Immers mijn proeven, die volgens een geheel andere methode verricht zijn, voeren ook tot een geheel ander resultaat. In de eerste plaats hebben mijn kiemplantjes tijdens de proeven steeds onder een druk van één atmosfeer gestaan, zoodat een mogelijke invloed, die het luchtledig maken met zich mee kan brengen, in het geheel niet bestond. De objecten nu, die in een volkomen zuurstofvrije atmosfeer gehouden werden, behielden hierin nog gedurende eenigen tijd het vermogen een prikkel van 900 mgs. resp. 40 M. K. S. te percipieeren, welk vermogen ze echter na enkele uren geheel en al verloren.

In de gasmengsels met laag zuurstofgehalte, die ik onderzocht, werden prikkels van deze sterkte nog volkomen normaal gepercipieerd, zelfs indien de plantjes na het toedienen van den prikkel 10 uur in deze atmosfeer hadden doorgebracht. Toch bleek deze zuurstofhoeveelheid op den duur voor de plantjes niet toereikend, althans na een voorverblijf van 24 uur was het perceptievermogen aanmerkelijk verzwakt.

Het voorverblijf van de proefobjecten in een bepaalde atmosfeer, speelt dus een belangrijke rol bij het bepalen of in die bewuste atmosfeer nog perceptie mogelijk is of niet. Zonder meer is men dus niet in staat een grens aan te geven, bij welke mate van zuurstofonttrekking wel en bij welke geen perceptie meer mogelijk is.

De methode van het evacueeren in korten tijd volgend, is men natuurlijk gemakkelijk in staat den invloed

van de onttrekking van zuurstof op de perceptie en de reactie gescheiden te onderzoeken; in het eerste geval door in het luchtledige den prikkel toe te dienen en de reactie in gewone lucht te laten tot stand komen, in het andere geval, door te prikkelen in lucht en de reactie in het vacuum te doen plaatsvinden. Ofschoon het voor mij onmogelijk was deze onderzoekingswijze toe te passen, daar het bij mijn proeven $1\frac{1}{2}$ à 2 uur duurde, alvorens de lucht in den thermostaat door stikstof vervangen was, meen ik toch den invloed van de zuurstof-onttrekking op de perceptie en de reactie afzonderlijk bepaald te hebben.

In nauw verband met dit onderzoek staan de publicaties, handelend over den invloed van onttrekking van zuurstof op den groei ¹⁾, daar de geotropische en phototropische prikkelbewegingen beide groeibewegingen zijn. Nu zijn de meeningen, hoe de groei van kiemplantjes door een zuurstofvrije omgeving beïnvloed wordt, ten zeerste met elkaar in strijd. WORTMANN, CORRENS, WIELER en SHULL beweren, dat er zonder de minste sporen zuurstof geen groei kan plaatsvinden, daarentegen wordt door NABOKICH en LEHMANN de meening voorgestaan, dat dit wel mogelijk is. LEHMANN zegt b.v.,

1) WORTMANN. l.c., pag. 509.

CORRENS. l.c., pag. 139.

WIELER. l.c., pag. 189.

A. J. NABOKICH. Ueber die Wachstumsreihe. Beih. z. Bot. Centralbl. XXVI, 1, 1910, pag. 7.

E. LEHMANN. Zur Kenntnis des anaeroben Wachstums höherer Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. 49, 1911, pag. 61.

CH. A. SHULL. The oxygen minimum and the germination of Xanthium seeds. The Botanical Gazette LII, 1911, pag. 453.

dat kiemplantjes van *Helianthus* 24 uur en langer zonder zuurstof den groei voortzetten. Langzamerhand hield deze daarna op, om, na toetreding van lucht, weer normaal te worden. Niettemin beweert hij uitdrukkelijk, dat niet alle planten in staat zijn zonder zuurstof te groeien.

Deze onderzoekingen zijn dus gedeeltelijk in overeenstemming met mijn resultaten. Echter al werd ook aangetoond, dat in een volkomen zuurstofvrije ruimte geen groei kon plaats hebben, zouden toch de door mij verkregen resultaten daarmee niet in tegenspraak behoeven te zijn, daar het zeer wel mogelijk kon zijn, dat de kiemplantjes, die door zuurstofgebrek hun groeivermogen verloren hadden, dit ten gevolge van een geotropischen of phototropischen prikkel weer teruggekregen hadden.

Samenvatting.

Bij alle proeven werd steeds met een prikkel van bepaalde sterkte gewerkt.

Om den invloed van zuurstofonttrekking te bepalen, werd nooit geheel of gedeeltelijk geëvacueerd maar steeds de lucht door geleidelijke diffusie vervangen door stikstof. De kiemplantjes bleven dus steeds onder den druk van één atmosfeer.

Wanneer de plantjes lang genoeg aan den invloed van zuurstof onttrokken zijn geweest, en ze daarna, eveneens bij afwezigheid van zuurstof, geotropisch of phototropisch geprikkeld worden, terwijl ze onmiddellijk daarop in atmosferische lucht komen, zijn ze niet in staat een reactie uit te voeren.

Geeft men ze een dergelijk voorverblijf in een zuurstofvrije atmosfeer, maar men dient den prikkel toe in

lucht, waarin ze ook verder blijven, dan heeft wel een reactie plaats.

In een zuurstofvrije omgeving kan dus geen prikkel-perceptie plaatsvinden, mits aan de voorwaarden van een voldoende lang voorverblijven van de objecten daarin voldaan is.

Worden de plantjes na het percipieeren van een geotropischen of phototropischen prikkel in de zuurstofvrije atmosfeer gelaten, dan reageeren ze niet, dus ook voor het tot stand komen van de reactie is aanwezigheid van zuurstof noodig.

In een atmosfeer met laag zuurstofgehalte zijn de plantjes in staat nog langen tijd normaal te percipieeren, doch een langdurig verblijf hierin verzwakt het perceptievermogen.

Er zijn geen aanduidingen, dat kiemplantjes zich, bij geheele of gedeeltelijke onttrekking van zuurstof, ten opzichte van den geotropischen en phototropischen prikkel, verschillend gedragen.

LITERATUUR.

- Arisz, W. H.* Untersuchungen über den Phototropismus. Recueil des Trav. Botan. Néerlandais, Vol. XII, 1915.
- Chudiakow, N. v.* Beiträge zur Kenntniss der intramolecularen Athmung. Landwirtsch. Jahrb., Bd. 23, 1894.
- Correns, C.* Über die Abhängigkeit der Reizerscheinungen höherer Pflanzen von der Gegenwart freien Sauerstoffes. Flora 75, 1892.
- Czapek, F.* Untersuchungen über Geotropismus. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. 27, 1895.
- Dutrochet, M.* Rapport sur un mémoire de M. Payer, intitulé: Mémoire sur la tendance des racines à fuir la lumière. Annales des sciences naturelles, 3e serie, T. II, 1844.
- Kenkel, J.* Über den Einfluss der Wasserinjektion auf Geotropismus und Heliotropismus. Inaugural. Dissertation, 1913.
- Kraus, G.* Über die Wasservertheilung in der Pflanze. IV Die Acidität des Zellsaftes. Abhandl. der Naturforschenden Ges. zu Halle, Bd. XVI, 1884.
- Lehmann, E.* Zur Kenntnis des anaeroben Wachstums höherer Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. 49, 1911.

- Mohl, H. v.* Grundzüge der Anatomie und Physiologie der vegetabilischen Zelle (Abdruck aus R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie), 1851.
- Nabokich, A. J.* Über die Wachstumsreize. Beih. z. Bot. Centralbl. XXVI, 1, 1910.
- Paál, Árpád.* Analyse des geotropischen Reizvorgangs mittels Luftverdünnung. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. 50, 1912.
- Payer, J.* Mémoire sur la tendance des tiges vers la lumière. Comptes rendus, T. XV, 1842.
- Rutgers, A. A. L.* De invloed der temperatuur op den praesentatietijd bij geotropie, dissertatie 1910.
- Shull, Ch. A.* The oxygen minimum and the germination of Xanthium seeds. The Botanical Gazette L II, 1911.
- Vries, Marie S. de.* Der Einfluss der Temperatur auf den Phototropismus. Recueil des Trav. Botan. Néerlandais, Vol. XI, 1914.
- Weyl, Th. en Goth A.* Ueber die Absorption von Sauerstoff durch Pyrogallol und Phloroglucin in alkalische Lösung. Ber. der Deut. Chem. Gesellsch., 14 Jahrg. 2, 1881.
- Wieler, A.* Die Beeinflussung des Wachsens durch verminderte Partiärpressung der Sauerstoffs. Unters. aus dem Bot. Institut. zu Tübingen I, 1883.
- Wiesner, J.* Die heliotropische Erscheinungen im Pflanzenreiche, eine physiologische Monographie, 1878.
- Wortmann, J.* Ueber die Beziehungen der intramolecularen zur normalen Athmung der Pflanzen. Arb. des Bot. Institut. in Würzburg II, 1882.
- Wortmann, J.* Studien über geotropische Nachwirkungsercheinungen, Bot. Zeitg. 1884.

VERKLARING VAN PLAAT IV.

Fig. 1. 6 uur voorverblijf in stikstof. Geotropisch geprikkeld in stikstof. Daarna gedurende den reactietijd in lucht.

Fig. 2. Kiemplantjes van Sinapis. 4 uur voorverblijf in stikstof. Geotropisch geprikkeld in stikstof. Daarna gedurende den reactietijd in lucht.

Fig. 3. 6 uur voorverblijf in stikstof. Geotropisch geprikkeld in lucht.

Fig. 4. 8 uur voorverblijf in stikstof. Phototropisch geprikkeld in lucht.

Fig. 5. 3 uur voorverblijf in stikstof. Hierin geotropisch geprikkeld. 65 minuten na het begin van de prikkeling stikstof vervangen door lucht. Daarna nog 55 minuten in lucht.

VERKLARING VAN PLAAT V.

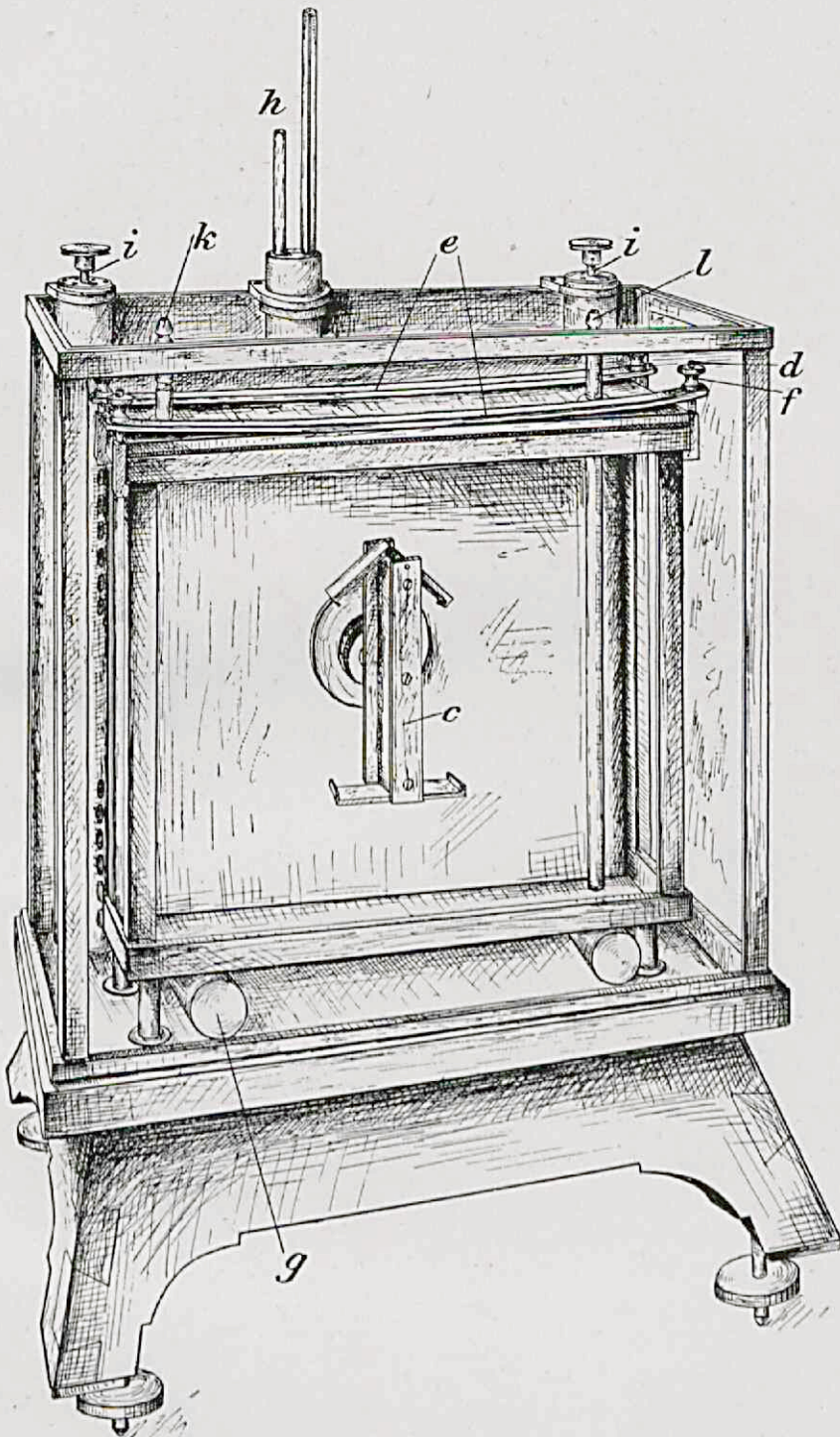
Fig. 1. 3 uur voorverblijf in stikstof. Hierin phototropisch geprikkeld. 75 minuten na het begin van de prikkeling stikstof vervangen door lucht. Daarna nog 65 minuten in lucht.

Fig. 2. 8 uur voorverblijf in 4.3 % zuurstof. Hierin geotropisch geprikkeld. Daarna gedurende den reactietijd in lucht.

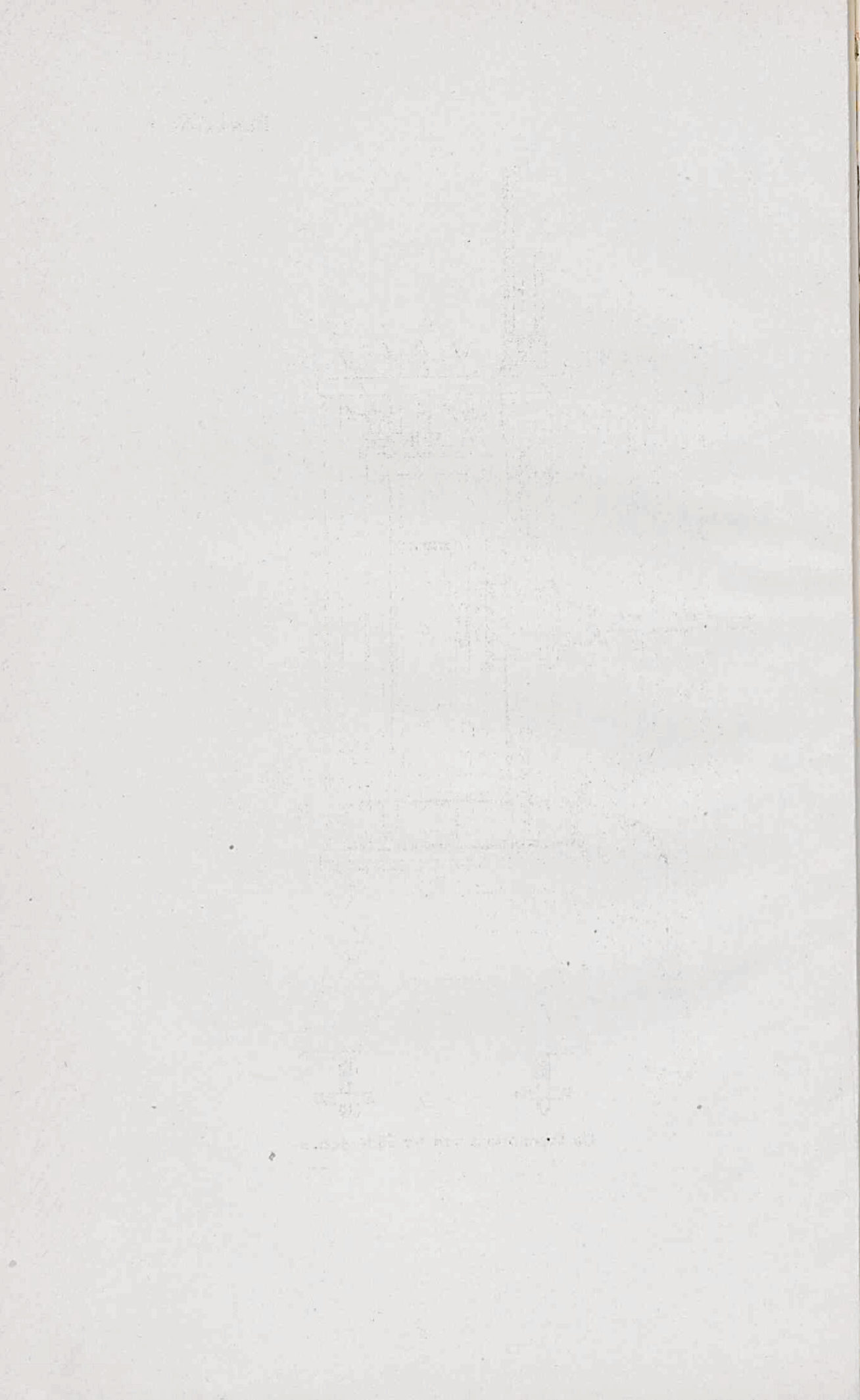
Fig. 3. 24 uur voorverblijf in 4.3 % zuurstof. Hierin geotropisch geprikkeld. Daarna gedurende den reactietijd in lucht.

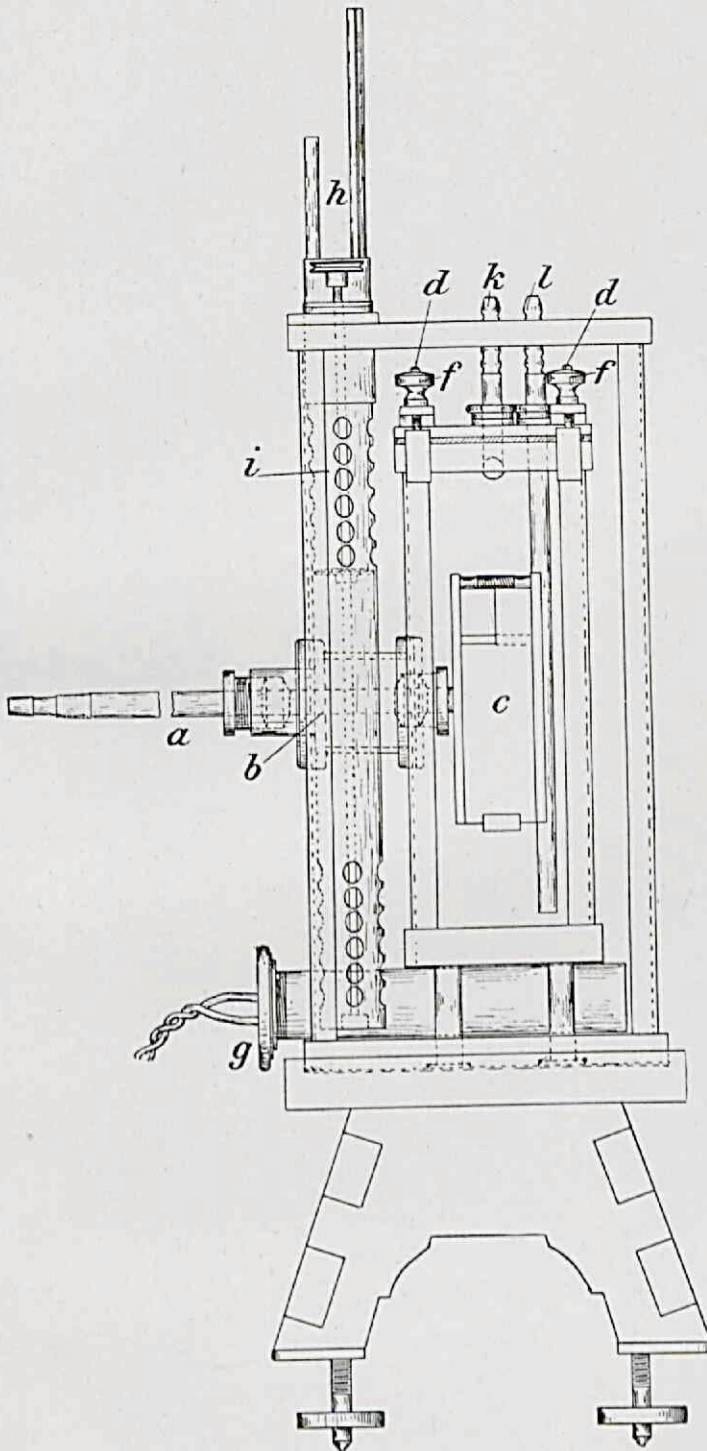
Fig. 4. 10 uur voorverblijf in 4.7 % zuurstof. Hierin phototropisch geprikkeld. Daarna gedurende den reactietijd in lucht.

Fig. 5. 24 uur voorverblijf in 4.7 % zuurstof. Hierin phototropisch geprikkeld. Daarna gedurende den reactietijd in lucht.

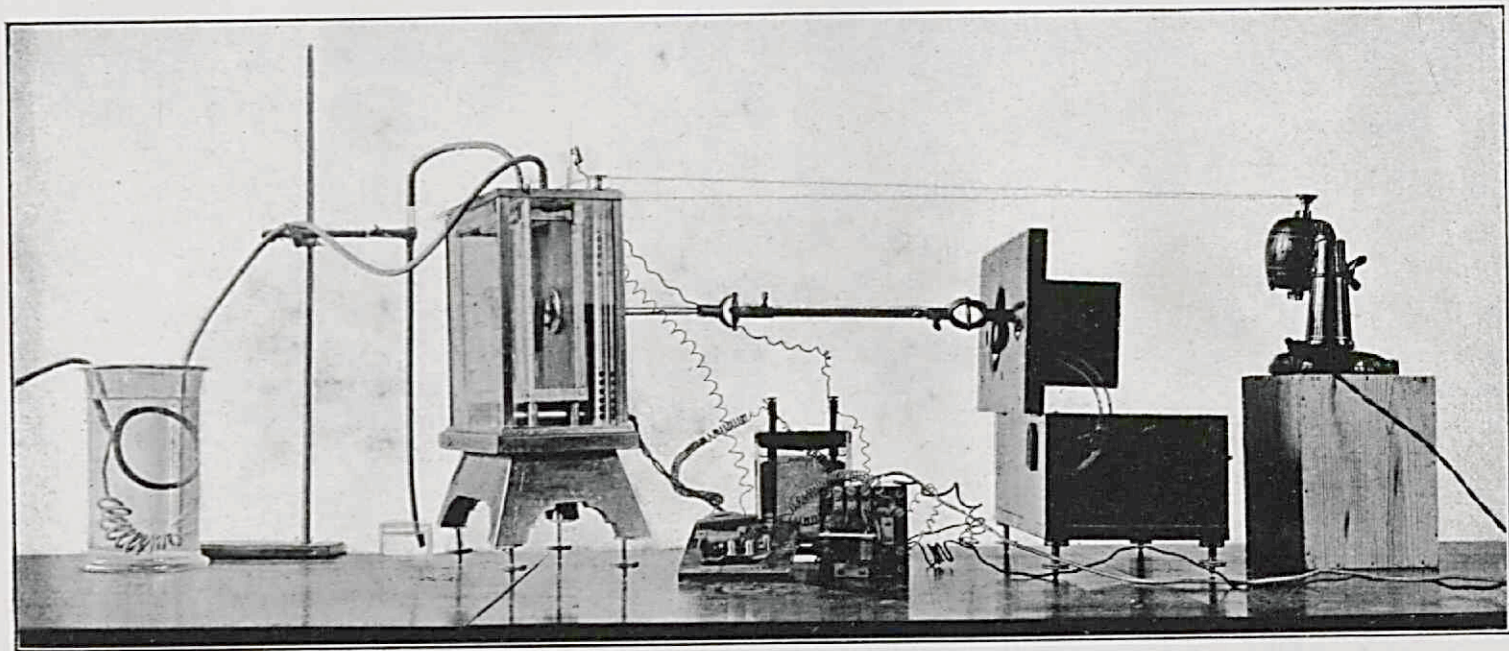


De thermostaat van voren gezien.





De thermostaat van ter zijde gezien.



PLAT III.

PLAAT IV.

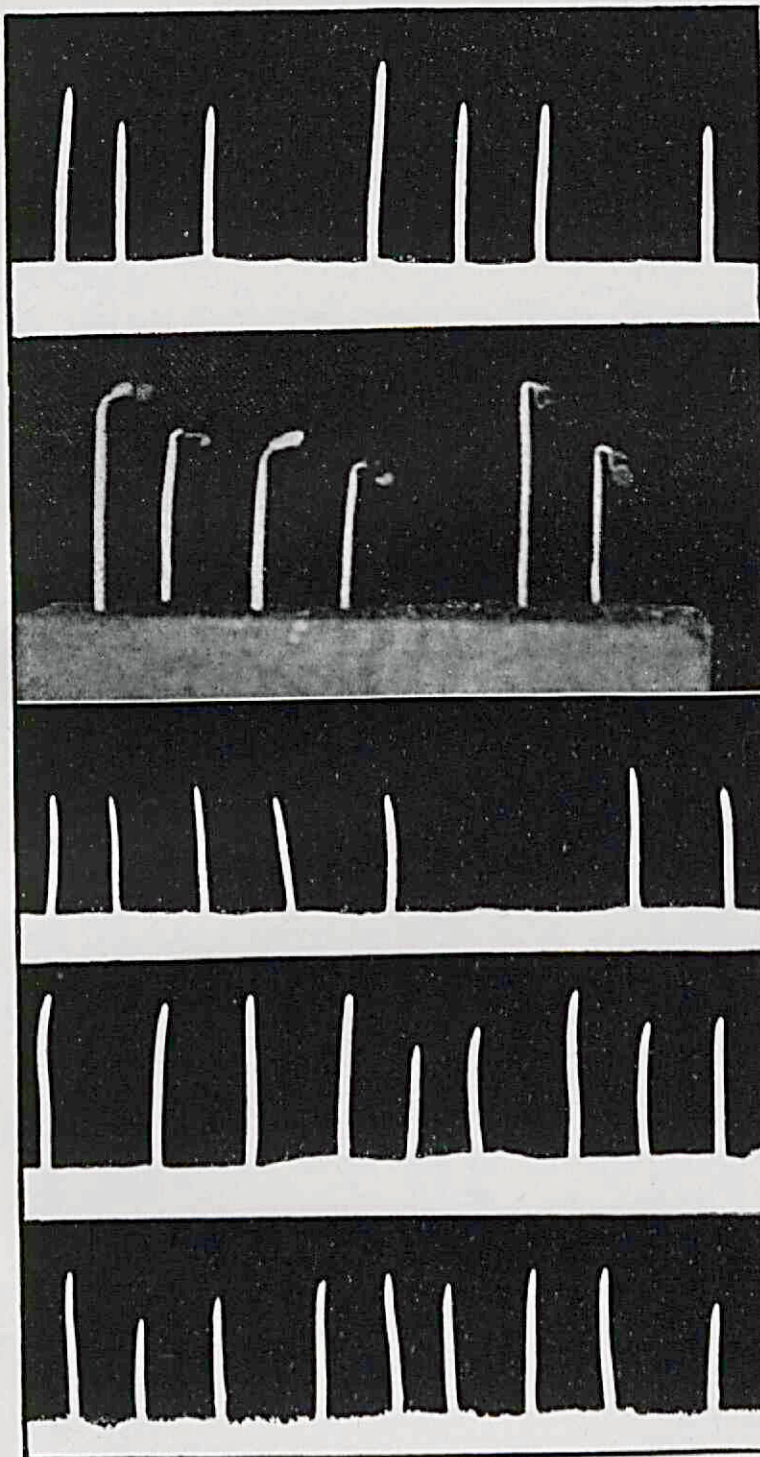


fig. 1

fig. 2

fig. 3

fig. 4

fig. 5

PLAAT V.

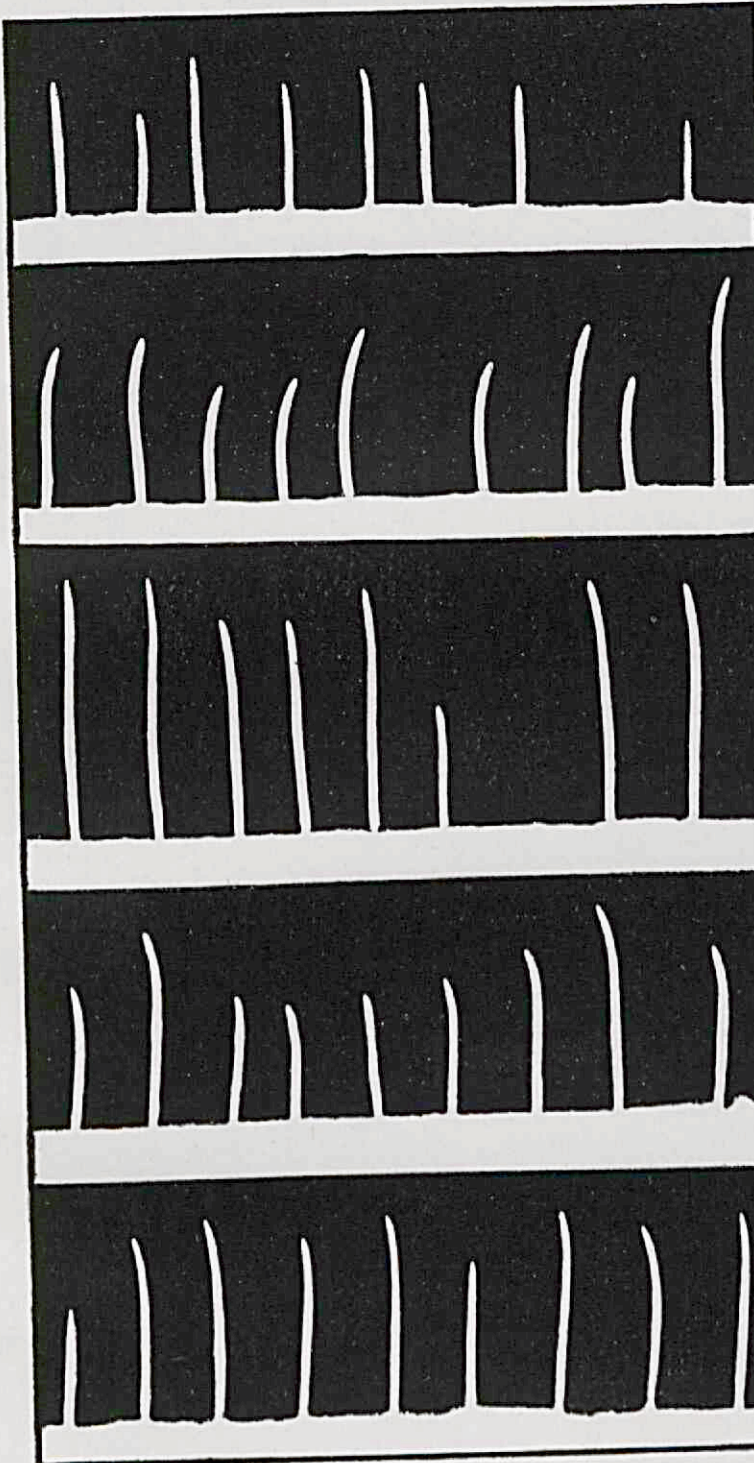


fig. 1

fig. 2

fig. 3

fig. 4

fig. 5

STELLINGEN

I

Zonder aanwezigheid van vrije zuurstof kan geen geotropische of phototropische perceptie noch reactie plaatsvinden.

II

Ten onrechte beweert CORRENS, dat voor het uitvoeren van geotropische prikkelbewegingen minder zuurstof noodig is dan voor phototropische.

III

De reden, dat enzymen niet in staat zijn de cellen te verlaten, mag niet gezocht worden in het feit, dat ze daarin in colloidalen toestand aanwezig zijn.

IV

Het is niet bewezen, dat de wet van WEBER voor phototropie bij de plant geldig is.

V

Licht- en zwaartekrachtprikkels kunnen gesommeerd worden.

VI

De Presence- and Absencetheorie is onvereinigbaar met de evolutieleer (CORRENS. Jahrb. f. wiss. Bot. LVI).

VII

Ten onrechte beweert MEZ, dat een plant bij het bevriezen sterft ten gevolge van afkoeling onder het specifieke minimum (MEZ. Flora 94).

VIII

Er bestaan geen voldoende redenen om *Welwitschia mirabilis* Hook f. wegens het bezit van een tweeslachtige bloem, als een Angiosperm te beschouwen.

IX

De nectariën der bloemen geven in hun ontstaanswijze steun aan de afleiding der Monocotylen van Polycarpicae-achtige voorouders.

X

De Serehziekte van het suikerriet is een infectieziekte.

XI

Tot het „bekken van Parijs" mogen alleen de tertiaire, niet de mesozoische afzettingen gerekend worden.

XII

Tardigraden zijn gereduceerde afstammelingen van primitieve Arthropoden.

XIII

De vogels stammen af van arboricool levende voorouders.

XIV

Bij Protozoën is het algemeene geval van ademhaling de splitsingsademhaling, waarbij geen zuurstof wordt opgenomen, maar de levensenergie door splitsingen geleverd wordt.
