



De invloed der temperatuur op de ademhaling der hogere planten

<https://hdl.handle.net/1874/257070>

A 1° 173

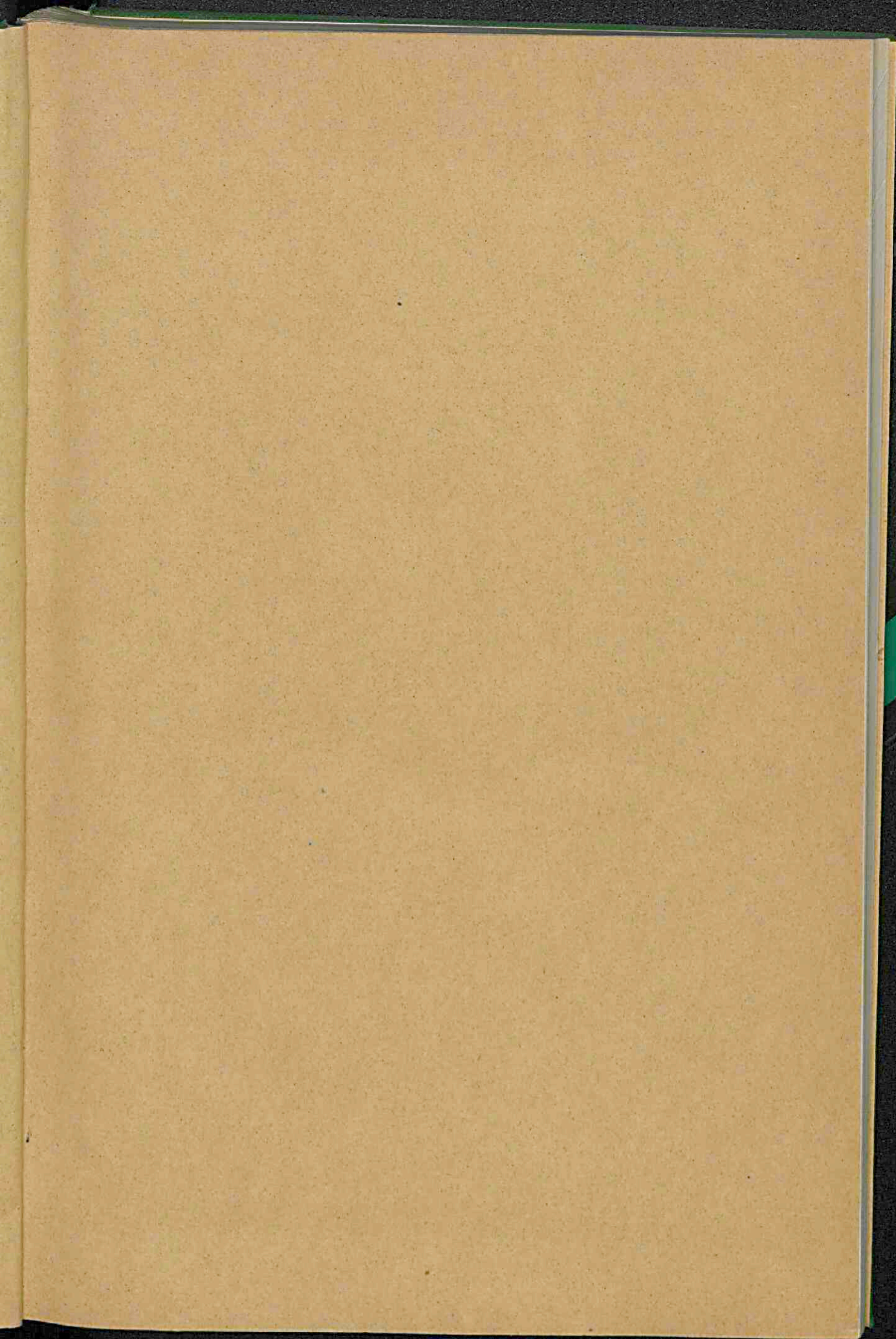
Mus. Civ. 1909

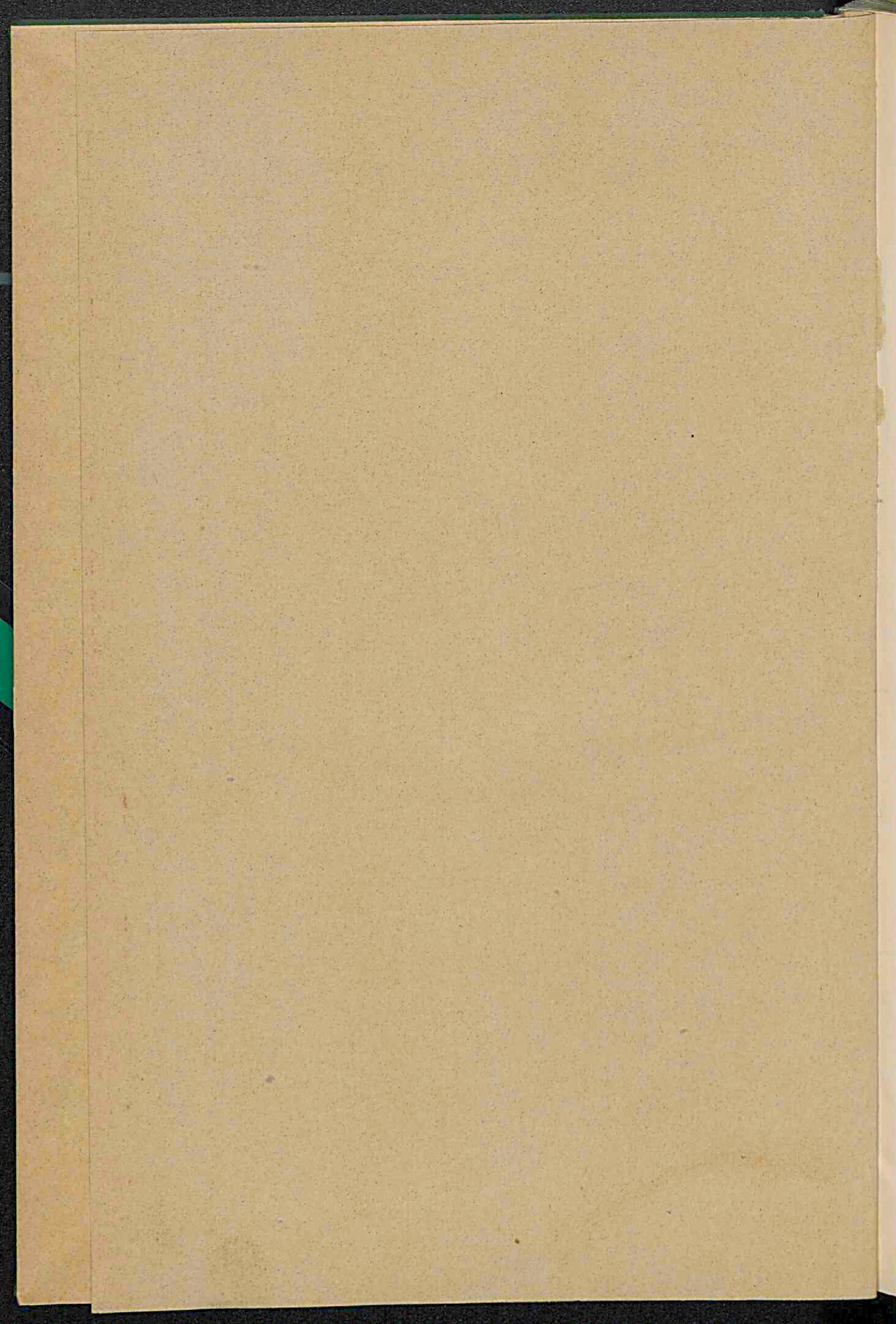
De invloed der temperatuur
op de ademhaling der
hoogere planten.



s.
cht

J. KUIJPER.





Die Einwirkung der Temperatur auf die
Veränderung der Körpergröße

De invloed der temperatuur op de ademhaling der hoogere planten.

PROFESCHRIJF DER VERMIDDELING VAN DEN GRADE
VAN DOCTOR IN DE PLANT- EN DIERKUNDE AAN
DE RIJES-UNIVERSITEIT TE LIRENTE, OP
DEKKE VAN DEN HEER HECTOR MAGNIFICUS DE

De invloed der temperatuur op de
ademhaling der hoogere planten.

Die Wirkung der Temperatur auf die
Abkühlung der flüssigen Massen

Diss Utrecht 1909

De invloed der temperatuur op de ademhaling der hoogere planten.

PROEFSCHRIFT TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD
VAN DOCTOR IN DE PLANT- EN DIERKUNDE, AAN
DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE UTRECHT, OP
GEZAG VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS DR. H.
ZWAARDEMAKER, HOOGLEERAAR IN DE FACUL-
TEIT DER GENEESKUNDE, VOLGENS BESLUIT VAN
DEN SENAAT DER UNIVERSITEIT TEGEN DE BEDEN-
KINGEN VAN DE FACULTEIT DER WIS- EN NATUUR-
KUNDE TE VERDEDIGEN OP DINSDAG DEN 9^{EN}
NOVEMBER 1909, DES NAMIDDAGS TE 4 UUR, DOOR
JAN KUIJPER, GEBOREN TE HEERENVEEN. * * *

AAN MIJN VADER.

Bij het einde mijner academische studie is het mij bijzonder aangenaam op deze plaats, aan het begin van mijn proefschrift, een woord van dank te kunnen richten aan allen, die aan mijn vorming tot op dit oogenblik hebben bijgedragen.

Ik denk daarbij zeker niet het minst aan hen, die mijn leermeesters waren gedurende mijn gymnasiale opleiding.

Aan U, Hooggeleerden in de Faculteit der Wis- en Natuurkunde, betuig ik mijn erkentelijkheid voor hetgeen ik door Uwe kennis heb genoten, in het bijzonder aan U, Hooggeleerde WICHMAN en HUBRECHT, wier colleges mij als bioloog zeer aantrokken.

Maar het meest voel ik mijne verplichtingen tegenover U, Hooggeleerde WENT, Hooggeachte Promotor; de wijze, waarop Gij Uwe leerlingen voortdurend aanmoedigt en bij hen den lust voor wetenschappelijken arbeid tracht aan te wakkeren, zal bij mij steeds in dankbare herinnering blijven. Ik dank U nogmaals voor de hartelijke belangstelling, die gij mij steeds betoond hebt, voor de welwillendheid, waarmee gij het mij mogelijk maaktet gedurende mijn assistentschap mijn proefschrift te voltooien.

U, Hooggeleerde JULIUS, dank ik voor Uwe vriendelijkheid om mij in de gelegenheid te stellen in Uw laboratorium eenige metingen uit te voeren.

Es ist nicht zu bezweifeln, dass die
Bewertung der Güter, die in der
Welt zu finden sind, eine große
Rolle spielt. Die Güter, die in der
Welt zu finden sind, sind in der
Welt zu finden.

Es ist nicht zu bezweifeln, dass die
Bewertung der Güter, die in der
Welt zu finden sind, eine große
Rolle spielt. Die Güter, die in der
Welt zu finden sind, sind in der
Welt zu finden.

Es ist nicht zu bezweifeln, dass die
Bewertung der Güter, die in der
Welt zu finden sind, eine große
Rolle spielt. Die Güter, die in der
Welt zu finden sind, sind in der
Welt zu finden.

Es ist nicht zu bezweifeln, dass die
Bewertung der Güter, die in der
Welt zu finden sind, eine große
Rolle spielt. Die Güter, die in der
Welt zu finden sind, sind in der
Welt zu finden.

INHOUD.

	Pag.
HOOFDSTUK I.	
INLEIDING	1
HOOFDSTUK II.	
BESCHRIJVING VAN DE METHODE VAN ONDERZOEK, HET TOESTEL EN HET MATERIAAL	10
HOOFDSTUK III.	
LITTERATUUROVERZICHT	21
HOOFDSTUK IV.	
EXPERIMENTEEL GEDEELTE	31
§ 1. Proeven met <i>Pisum sativum</i>	31
§ 2. „ „ <i>Lupinus luteus</i>	55
§ 3. „ „ <i>Triticum vulgare</i>	59
§ 4. „ „ <i>Crepis biennis</i>	64
HOOFDSTUK V.	
BESPREKING DER RESULTATEN	67
SAMENVATTING DER RESULTATEN	78
TABELLEN	80
LITTERATUUR	100
VERKLARING DER PLATEN	104

TABLE

CONTENTS

CHAPTER I

THE HISTORY OF THE UNITED STATES

FROM THE FIRST SETTLEMENTS TO THE PRESENT TIME

CHAPTER II

THE HISTORY OF THE UNITED STATES

CHAPTER III

THE HISTORY OF THE UNITED STATES

FROM THE FIRST SETTLEMENTS TO THE PRESENT TIME

CHAPTER IV

THE HISTORY OF THE UNITED STATES

FROM THE FIRST SETTLEMENTS TO THE PRESENT TIME

CHAPTER V

THE HISTORY OF THE UNITED STATES

FROM THE FIRST SETTLEMENTS TO THE PRESENT TIME

THE HISTORY OF THE UNITED STATES

FROM THE FIRST SETTLEMENTS TO THE PRESENT TIME

THE HISTORY OF THE UNITED STATES

FROM THE FIRST SETTLEMENTS TO THE PRESENT TIME

HOOFDSTUK I.

Inleiding.

In de *Annals of Botany*, vol. XIX, 1905, verscheen een stuk van BLACKMAN, getiteld: „Optima and limiting Factors”, waarin een theoretische beschouwing gegeven wordt over physiologische processen in 't algemeen, en over de assimilatie in 't bijzonder; deze laatste beschouwingen steunen op cijfers, ontleend aan een onderzoek van mejuffrouw MATTHAEI.¹⁾

Een korte uiteenzetting van hetgeen BLACKMAN schrijft, zij hier veroorloofd, wegens het verband tusschen dit stuk en de proeven, die hierna zullen worden beschreven.

In de eerste plaats bespreekt BLACKMAN de optima. Bij 't onderzoek naar den invloed van uitwendige omstandigheden op verschillende physiologische processen, onderscheidde men drie hoofdpunten: minimum, optimum en maximum. BLACKMAN toont aan, dat deze beschouwing in zooverre onjuist is, dat men 't optimum niet als een absolute waarde mag beschouwen.

BLACKMAN gaat uit van de veronderstelling, dat een physiologisch proces steeds voor een deel zijn oorzaak vindt in, of wel nauw verbonden is met, de een of andere chemische reactie in de plant, dat dus de regels, van toepassing bij deze laatste, met groote waarschijnlijkheid ook gelden voor verschillende processen,

¹⁾ G. L. C. MATTHAEI. *Phil. Transact. Royal Soc.*, vol. 197 B, pag 47, 1904.

die zich in het plantenleven afspelen. Bij vergelijking van physiologische en chemische processen kan men de eerste beschouwen als zoodanige, waarvan de reactiesnelheid meetbaar is; BLACKMAN spreekt n.l. in 't bijzonder over de physisch-chemische zijde van het vraagstuk.

Volgens den z.g. regel van VAN 'T HOFF-ARRHENIUS ¹⁾ wordt de reactiesnelheid voor elke 10° temperatuurstijging bij chemische processen evenveel maal groter, en wel gewoonlijk 2 à 3 maal. Voor zoover een physiologisch proces vergelijkbaar is met een chemisch moet deze regel opgaan; en hij gaat werkelijk op, maar slechts voor temperaturen van 0° — 20° à 25° C.

Voor hogere temperaturen kan men de intensiteit van een proces (de intensiteit van het physiologische proces wordt dan als maat beschouwd voor de snelheid van de chemische reactie) berekenen door uit te gaan van de bij lage temperatuur (0° — 20°) experimenteel gevonden waarden en gebruik te maken van den factor uit deze waarden afgeleid.

De voor temperaturen boven 20° experimenteel gevonden waarden blijken dan lager te liggen dan de berekende en wel is de afwijking groter, naarmate de temperatuur hoger is.

Door welken factor, vraagt BLACKMAN nu, is deze afwijking in den meest algemeenen zin te verklaren?

Deze factor moet zijn de tijd-factor; in physisch-chemische onderzoekingen is deze voldoende in aanmerking genomen; bij physiologische beschouwingen niet.

Uit de cijfers van mejuffrouw MATTHAEI blijkt nu, dat bij waarneming van de assimilatie bij hogere temperaturen in gelijke, opeenvolgende tijden het bedrag van het geassimileerde CO_2 afneemt, en wel sterker, naarmate de temperatuur hoger is.

¹⁾ J. VAN 'T HOFF. Vorlesungen über theoretische Chemie, 2e Aufl., 1901.

Wanneer men dus de reactiesnelheid bij een bepaalde temperatuur voor een physiologisch proces bepaalt op de gewone wijze, vindt men geen absolute waarde, maar een waarde, die verandert met den tijd van waarneming; een absolute waarde is slechts te vinden door extrapolatie uit een reeks cijfers, gevonden voor opeenvolgende tijden van waarneming; m. a. w. men vindt zoo de reactiesnelheid voor een oneindig korten tijd van waarneming.

Volgens BLACKMAN komen nu de zoo door extrapolatie berekende getallen overeen met die, welke men vindt door toepassing van den regel van VAN 'T HOFF-ARRHENIUS.

Anders gezegd: Men stelt graphisch de intensiteit van een physiologisch proces voor als functie van den tijd (dus bij constante temperatuur). Men legt hiervoor een kromme door een aantal punten, wier ordinaat aangeeft de intensiteit van het proces, terwijl de abscis den tijd aangeeft, waarvoor deze intensiteit gevonden is.

Men teekent zoo de intensiteit gedurende het 1e, het 2e enz. uur in het diagram. Het punt, dat de reactiesnelheid aangeeft, die slechts geldt gedurende een oneindig korten tijd, nadat de temperatuur, waarbij men waarneemt, is ingetreden, heeft een abscis = 0, en een ordinaat gelijk aan de waarde, volgens den regel van VAN 'T HOFF-ARRHENIUS gevonden voor de intensiteit van het proces bij deze temperatuur.

Volgens BLACKMAN moet de lijn, door dit punt en de bovengenoemde door waarneming gevondene gelegd, een vloeiende zijn.¹⁾

Ik maak er hier direkt op opmerkzaam, dat deze beschouwing berust op slechts 12 cijfers uit het onderzoek van mejuffrouw MATTHAEI; van een dezer cijfers zegt BLACKMAN bovendien, dat het „clearly out of place” is.²⁾

¹⁾ BLACKMAN. l. c. diagram op pag. 284.

²⁾ BLACKMAN. l. c. pag. 284. MATTHAEI. l. c. tabel 58, 59, 60.

Ook is verder de beschouwing mathematisch niet juist; de cijfers, waarvan BLACKMAN uitgaat, zijn waarden, gevonden voor de assimilatie *in het eerste uur, in het tweede uur* enz.; men mag daaruit niet afleiden een theoretische waarde voor een tijd 0, een onbestaanbare waarde immers, daar in dit diagram een ordinaat aangeeft de assimilatie in het *voorafgaande* uur.

De voorstelling wordt reeds veel zuiverder, indien men de hoeveelheden CO_2 , gevonden in verschillende uren, beschouwt als maat voor de ademhalingsintensiteit *gedurende* een uur en dus deze waarden uitzet met een abscis $\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$ enz.

Deze onjuistheid doet voor mijn onderzoek weinig ter zake, daar ik evenmin als BLACKMAN de extrapolatie feitelijk heb uitgevoerd; ik heb slechts zijn geheele beschouwing getoetst aan hetgeen ik voor ademhaling vond, en kan dus ook een diagram, volgens zijn methode uit mijn gegevens samengesteld, vergelijken met het zijne.

BLACKMAN knoopt aan deze uiteenzetting eenige beschouwingen vast over de oorzaak van den achteruitgang; als zoodanig neemt hij aan een anti-enzym of de vernietiging van een enzym. ¹⁾

Direkt vergelijkbaar hiermee acht hij het optimum voor enzymwerkingen, en de geleidelijke vernietiging van 't enzym bij supra optimale temperaturen. ²⁾

In het tweede deel van zijn verhandeling bespreekt BLACKMAN de „limiting factors”.

Wanneer van n factoren, die een proces beïnvloeden, $n-1$ in overmaat aanwezig zijn, zal de n^{de} den gang van het proces bepalen; is hij in te geringe mate aanwezig, dan zal ze de andere factoren in hun werking beperken; is dan dus de „limiting factor”. Men kan dit ook beschouwen als een toepassing van de wet van het minimum

¹⁾ BLACKMAN. l. c. pag. 288.

²⁾ BLACKMAN. l. c. pag. 288.

van LIEBIG ¹⁾ op physiologische processen. De wijze, waarop men een dergelijken „limiting factor” kan constateeren, bespreekt BLACKMAN hoofdzakelijk in een latere verhandeling, waarover hieronder nog het een en ander gezegd zal worden.

Na het verschijnen van bovenbedoeld artikel zijn eenige waarnemingen en onderzoekingen gepubliceerd, die er min of meer direct verband mee houden; deze litteratuur is echter nog zeer beperkt.

In de eerste plaats vinden we een publicatie van SMITH: „Application of the theory of limiting factors to growth measurements”. ²⁾

SMITH geeft uitvoerige onderzoekingen over den groei van zeer verschillende plantendeelen, in hoofdzaak van *Agave*, *Furcraea* en *Dendrocalamus*. De metingen zijn uitgevoerd in de botanische tuinen op Ceylon; deze tuinen liggen op verschillende hoogte, waardoor de temperatuur en de vochtigheid der lucht zeer uiteenloopen en men dus een gunstige gelegenheid heeft om door vergelijking den invloed van verschillende factoren na te gaan.

De voornaamste conclusies zijn, dat, wanneer alle andere voorwaarden in overmaat aanwezig zijn, temperatuur en vochtgehalte der lucht dagelijks afwisselend beperkend optreden; 's nachts b.v. de temperatuur, over dag daarentegen de vochtigheid. SMITH vermeldt hier ook de cijfers door LOCK ³⁾ in 1904, dus vóór het verschijnen van het stuk van BLACKMAN, gepubliceerd in hetzelfde tijdschrift. Deze bewijzen, dat voor *Dendrocalamus* en *Gigantochloa* ook vaak de vochtigheid der atmosfeer „limiting factor” is.

¹⁾ Zie: A. MAYER. *Agriculturchemie* I, pag. 323, 5e Auflage.

²⁾ A. M. SMITH. *Annals of the Royal Bot. Gardens Peradeniya*, vol. III, pt. II, pag. 303, 1906.

³⁾ R. H. LOCK. *Annals of the Royal Bot. Gardens Peradeniya*, vol. II, pt. II, pag. 211, 1904.

In 1907 deed SMITH een mededeeling van eenige regels over de ademhaling van *Hydrilla verticillata*.¹⁾ Bij deze plant stijgt de ademhaling van 7° — 50° volgens den regel van VAN 'T HOFF-ARRHENIUS; de coëfficiënt voor 10° temperatuurverschil is 2,2. Hieruit volgt blijkbaar, dat voor de ademhaling bij deze plant binnen de temperatuurgrens van het leven geen schadelijke factor optreedt.

W. LAWRENCE BALLS deelt eenige proeven mede over den groei van een schimmel.²⁾ Hij meent, dat deze groei bij temperaturen van 15° — 30° C. toeneemt volgens den regel van VAN 'T HOFF-ARRHENIUS, en daarna kleiner wordt, tot een maximum bij 37.4° C.³⁾ Bij oudere culturen ligt dit maximum lager, wat hij toeschrijft aan de een of andere schadelijke stof, die bij hogere temperatuur in de hyphen ontstaat en dan gemakkelijker naar buiten diffundeert dan bij lagere.

De conclusie omtrent de schadelijke stof kan waar zijn, ofschoon de cijfers sterke schommelingen vertoonen. In 't algemeen meen ik, dat schimmelhyphen geen zeer geschikt materiaal zijn, daar men omtrent de vergelijkbaarheid van verschillende hyphen geheel in het duister tast.

Wat de conclusie omtrent den regel van VAN 'T HOFF-ARRHENIUS betreft, lijkt het mij toe, dat de methode van onderzoek voor dergelijke gevolgtrekkingen niet bruikbaar is. Men moet, om een onderzoek in den geest van BLACKMAN uit te voeren, waarnemingen doen bij constante temperaturen. De methode van BALLS was, een schimmelcultuur b.v. in 40 min. van 23° op 38° C. te brengen en dan voortdurend de lengte van dezelfde hyphe te meten. Toevallig was de hyphe op het oogen-

¹⁾ A. M. SMITH. Proc. of the Cambridge Phil. Society, vol. XIV, pag. 296, 1907.

²⁾ W. L. BALLS. Annals of Botany, vol. XXII, pag. 557, 1908.

³⁾ l. c. pag. 569.

blik, dat de temperatuur van 30° bereikt was, 2 à 3 maal zoolang als bij 20° , maar de *groei* is *niet* 2 à 3 maal zoo snel geworden! Dit blijkt ook duidelijk uit de kromme, die de schrijver geeft. ¹⁾ BALLS heeft *niet* waargenomen de groeisnelheid bij verschillende constante temperaturen, wat de eerste voorwaarde was voor zijn onderzoek.

Dit stuk is het eenige, dat geheel gebaseerd is op de voorstellingen van BLACKMAN.

In 1908 heeft BLACKMAN ²⁾ zelf in een rede nog eens zijn standpunt uiteengezet en eenige onderzoekingen aangehaald, die zijn beschouwing over beperkende factoren steunen.

Naast de heldere uiteenzettingen over de toepassing der chemie op de plantenphysiologie doet BLACKMAN hier een aanval op de prikkelfysiologie, zooals die vooral door de Deutsche school, met name door PFEFFER is ingevoerd. Het voortdurend en terstond spreken van „prikkelproces” is in vele gevallen onjuist en werkt het verder onderzoeken van dergelijke processen niet in de hand. De opvattingen van BLACKMAN doen dat zeer zeker wel, zij geven de nieuwe richting aan, waarin zich het onderzoek moet bewegen van de processen, waarop die alomvattende naam van toepassing is. Het zal blijken, dat de invloed van een of anderen factor, tot nog toe slechts als zoodanig geconstateerd, *eenigszins* te analyseeren is door toepassing der regels van de physische chemie en juist dit zal maken, dat er meer verband tusschen vele verschijnselen geconstateerd wordt.

BLACKMAN behandelt na deze inleiding de beginselen der physische chemie voor zoover dat in dit verband noodig is, vooral de krommen, die men bij graphische voorstelling van het verloop van een proces zal kunnen verwachten. In de levende plant wordt een groote rol

¹⁾ W. L. BALLS. l. c. pag. 571.

²⁾ F. F. BLACKMAN. Nature, vol. 78, n°. 2031, pag. 556, 1908.

toegeschreven aan katalysatoren, en juist het aannemen hiervan brengt BLACKMAN in strijd met de „prikkel”-opvatting, zooals duidelijk blijkt bij de bespreking van de onderzoekingen van JAVILLIER.¹⁾

JAVILLIER²⁾ herhaalde de proeven van RAULIN over den invloed van zinkzouten in zeer kleine hoeveelheden op den groei van *Aspergillus*. (Hij gebruikte het ondergeslacht *Sterigmatocystis*.) Voor hoeveelheden beneden 0.00001% blijkt de groei direkt evenredig met de toegevoegde hoeveelheid; bij een hooger % verdwijnt dit verband plotseling. BLACKMAN zegt hiervan:³⁾ „This continued enormous effect of so small a trace of substance is possibly to be regarded as an added catalyst to the normal protoplasmic apparatus. This sort of effect is currently labelled „chemical stimulation”, and has been interpreted as an attempt of the fungus to grow away from an unpleasant environment. To me it looks as if such chemical stimulation were really another example of the injudicious extension of the concept of stimulus and reaction”.

Hij wil dus blijkbaar niet meer van prikkelwerking spreken, zoodra een proces chemisch ook maar eenigszins verklaarbaar is, en daar dit „verklaarbaar” zoo moeilijk te bepalen is, lijkt het mij voorloopig beter, deze opvatting niet te ver door te voeren.

Zooals ik zei, bespreekt BLACKMAN eenige krommen, die men kan verwachten bij katalysatorwerkingen. Hij herinnert aan de hydrolyse van rietsuiker; is hier de katalysator in overmaat aanwezig, dan zal zijn werking beperkt worden door de hoeveelheid suiker. 't Resultaat zal kunnen worden voorgesteld door een logaritmische lijn,⁴⁾ en dit geval doet zich blijkbaar ook bij mijn later

¹⁾ BLACKMAN. l. c. pag. 561.

²⁾ M. JAVILLIER. Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, 9 Dec. 1907.

³⁾ BLACKMAN. l. c. pag. 561.

⁴⁾ BLACKMAN. l. c. pag. 559.

te beschrijven proeven voor, d. w. z. het geval, waarin van 2 factoren, de een in overmaat aanwezig is, de andere langzaam verdwijnt en „limiting” wordt, zoodat dus ook een logarithmische kromme het verloop der reactie weergeeft.

Het doel van mijn onderzoek is geweest, na te gaan of de theorie van BLACKMAN ook van toepassing is op de normale ademhaling. Bij de bladeren van *Prunus Lauro-cerasus* meent BLACKMAN ¹⁾ ook voor ademhaling feiten waar te nemen, die voor zijn theorie pleiten; deze meening berust blijkbaar op te weinig gegevens om een publicatie te rechtvaardigen, terwijl juist dit proces volgens zijn eigen woorden aanleiding geeft tot toetsing aan zijn beschouwingen, door de strijdige gegevens over de aanwezigheid en de plaats van een optimum.

Ik heb nu getracht de volgende vragen in de eerste plaats te beantwoorden:

1°. In hoeverre geldt voor 't ademhalingsproces de regel van VAN 'T HOFF-ARRHENIUS?

2°. Is een optimum ten opzichte van temperatuur aanwezig; zoo ja, is het verplaatsbaar door verandering van den tijd van waarneming?

¹⁾ BLACKMAN. l. c. pag. 285.

HOOFDSTUK II.

Beschrijving van de methode van onderzoek, het toestel en het materiaal.

Ik heb de ademhaling waargenomen door als maatstaf het afgescheiden CO_2 aan te nemen. 't Proces is zoo ingewikkeld, dat het mij wenschelijk toescheen een zeer eenvoudigen maatstaf aan te nemen om het te beoordeelen. Tegenover de fouten, die zulk een eenzijdige beoordeeling met zich brengen wat betreft het geheele proces, staat het voordeel, dat de zoo verkregen gegevens bij vergelijking een vrij duidelijk beeld geven; wat minder het geval is, wanneer men b.v. werkt met de verhouding $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ zooals door verschillende onderzoekers

gedaan is, o. a. door: GODLEWSKI, BONNIER et MANGIN, PURIEVITCH e. a. de verandering van dit quotient sluit in zich de verandering van twee grootheden. Ik heb de hoeveelheid CO_2 gemeten en niet de opgenomen zuurstof, omdat de methoden voor CO_2 -bepaling voor serieproeven mij meer vrijheid gaven ten opzichte van de hoeveelheid materiaal, die ik wilde gebruiken en den duur der proeven.

De waarnemingen werden gedaan volgens de methode PETTENKOFER-PFEFFER ¹⁾ met de kleine wijzigingen daarin aangebracht door DETMER en CLAUSEN; de

¹⁾ W. PFEFFER. Untersuchungen aus dem botan. Institut zu Tübingen, Bd. I, pag. 636—645, 1885.

methode en het toestel zijn beschreven in DETMER, „Das pflanzenphysiologische Practicum”; zij bestaat uit het voeren van een CO_2 -vrijen luchtstroom over het ademhalingsmateriaal, en de binding van het gevormde CO_2 in een barytoplossing van bekende sterkte. Ik koos deze methode, omdat het hierdoor mogelijk was de proeven bijna onbeperkt voort te zetten en tevens de hoeveelheid materiaal vrij groot te kiezen, wat natuurlijk belangrijk is met 't oog op de nauwkeurigheid: voordeelen, die in meerdere of mindere mate vervielen bij het gebruik maken van de methode met een constant volumen lucht.

De lucht wordt CO_2 -vrij gemaakt door ze te voeren door een waschflesch met kaliloog en daarna door een U-buis met puimsteen in kaliloog gedrenkt; verdere zuivering had plaats door waschflesschen met zwavelzuur, AgNO_3 en KMnO_4 . Deze zuivering was noodig, daar de doorgezogen lucht, gewone laboratoriumlucht, vaak bestanddeelen bevat, die zeer ongunstig op het plantenorganisme werken.¹⁾

Voordat de lucht het ademhalingsvat binnentreedt, passeert ze een contrôlebuis met barytwater. Ik gebruikte hiervoor een U-buis, waarin onderin een buisje gesmolten zit, dat afgesloten wordt met een caoutchouc buisje met een klemkraan. Door dit onder te dompelen in een bakje met barytwater, en daarna de kraan te openen, zuigt het toestel het barytwater op, zonder dat dit met lucht in aanraking komt en zonder dat lucht in 't toestel treedt, waardoor altijd weer een lichte troebeling optreedt. Ik voerde van tijd tot tijd deze contrôle uit.

De luchtstroom komt nu door een spiraal in het ademhalingsvat. Dit vat en de spiraal staan beide in een bak met water van ongeveer 16 Liter inhoud, die als

¹⁾ O. RICHTER. Berichte d. deutschen botan. Geselsch., Bd. XXI, dag. 180, 1903.

thermostaat dienst doet. Ik heb vat en spiraal beide van metaal laten maken; dit gedeelte wijkt het meest af van het door DETMER beschreven toestel.

De spiraal is van lood gemaakt, wat het voordeel heeft van mindere breekbaarheid en betere warmtegeleiding; de luchtstroom komt dan niet onder, maar boven in het vat; dit ook in tegenstelling met DETMER's toestel. Ik deed dit met 't oog op de zwaarte van het geproduceerde CO₂; de wegvoering aan de onderzijde geeft nog grootere zekerheid.

Het vat zelf bestaat uit een koperen cylinder van 10 c.M. diameter en 16 c.M. hoogte. Het heeft een breede rand, waarop het deksel afgedraaid is. In den rand zitten 8 schroeven, die door gaatjes in het deksel gaan; met 8 moeren is het toestel vlug volkomen luchtdicht te sluiten. Voor zekerheid werd gebruik gemaakt van een gummiring tusschen rand en deksel.¹⁾ De lucht treedt binnen boven midden in het deksel; tegenover deze opening bevindt zich op een halve c.M. afstand een plaatje van 5 c.M. diameter, waardoor de lucht gedwongen wordt zich te verspreiden. De afvoerbuys ligt bijna vlak op den bodem en heeft een opening aan de onderzijde. Hierboven bevindt zich evenals bij de intredingsopening een plaatje, dat tevens de spil draagt van 't eigenlijke toestel, waarop het materiaal ligt. Dit bestaat uit een aantal aluminium platen, die om deze spil passen en waarin 44 gaatjes van $\frac{1}{2}$ c.M. diameter geboord zijn. De platen kunnen op verschillende afstanden van elkaar om de spil gebracht worden met behulp van ringen, waarvan men één of meer er tusschen zet.

Deze inrichting heeft het voordeel, dat de proefobjecten vrij van elkaar kunnen liggen en de lucht vrij

¹⁾ Het toestel werd geleverd door den Heer D. B. KAGENAAR Sr., instrumentmaker te Utrecht.

circuleeren kan. Om schadelijke invloeden van metaal te voorkomen, werd aluminium gebruikt.

De snelheid, waarmee de lucht het vat passeert, is zoo gering, dat er genoeg zekerheid is, dat al het CO_2 door diffusie in den luchtstroom wordt opgenomen en dat niet een bepaalde luchtceylinder tusschen deksel en bodem alleen steeds weggezogen wordt.

Daar bij verschillende proeven bleek van hoeveel belang groote vochtigheid van de lucht in 't vat was, heb ik steeds den wand bekleed met vochtig filtreerpapier en bovendien 2 bakjes water in 't vat gezet.

't Was nu echter noodig de meegenomen hoeveelheid water, die vooral bij hooge temperatuur vrij aanzienlijk was, op te vangen, daar anders het volumen van het barytwater veranderde. Hiervoor plaatste ik voor de buizen met barytoplossing een buisje met CaCl_2 , waarvan de inhoud herhaaldelijk vernieuwd moest worden.

De mogelijkheid bestond verder, dat de luchtstroom door meevoering van waterdamp uit de barytbuizen, het hierin aanwezige volumen merkbaar zou doen veranderen. Ik heb daarom ook achter de buizen met barytoplossing een paar keer een buisje met CaCl_2 aangebracht; de gewichtsvermeerdering, die moest correspondeeren met het meegevoerde water, was echter minimaal, zoodat deze factor gerust veronachtzaamd bleek te mogen worden.

Het barytwater bevindt zich in PETTENKOFER'sche buizen; ik wijzigde dit model door in de bocht van de buis, het dichtst bij de plaats, waar de luchtstroom intreedt, een glazen buis met kraan eraan te laten zetten, waardoor 't uitschenken van de buis veel gemakkelijker wordt, en daardoor de kans op opnemen van CO_2 uit de lucht dus geringer. Het bleek mij later, dat RISCHAVI ¹⁾

¹⁾ L. RISCHAVI. Landwirtsch. Versuchsstationen, Bd. XIX, pag. 325, 1876.

deze verbetering reeds heeft voorgeslagen, waarvan men echter blijkbaar geen gebruik heeft gemaakt.

Door 2 T-buizen, in welker dwarsstukken zich kranen bevinden, is het mogelijk 2 barytbuizen tegelijkertijd in te schakelen; op deze wijze kan de verwisseling der buizen zonder eenige onderbreking van den luchtstroom, eenvoudig door openen en sluiten der kranen, plaats vinden.

Achter de barytbuizen bevindt zich weer een U-buis, van het reeds vroeger beschreven model om te contrôleren, of alle CO_2 opgenomen is.

Op deze plaats sluit het toestel aan bij den aspirator, die den luchtstroom tot stand brengt. Ik gebruikte hiervoor een gashouder van 22 L. inhoud. Deze is geheel gevuld met water, dat door een aan den onderkant aangebrachte buis kan afstroomen. In deze afvoerbuis bevindt zich een kraan, die ik door een glasstaaf verlengde, zoodat ze gemakkelijk te stellen is. De luchtstroom is op deze manier een paar uren vrij constant te houden bij een snelheid van 3 L. in het uur, wegens de geringe daling van het niveau.

Toch vulde ik na elk uur den watervoorraad aan, omdat dit anders na eenige uren moest gebeuren en dan lang duurde, waardoor de daaropvolgende proef niet te vergelijken zou zijn met de vorige.

Natuurlijk moet van tijd tot tijd gecontrôleerd worden of het toestel luchtdicht sluit.

Het barytwater werd bereid volgens de opgave van DETMER, n.l. 21 gr. $\text{Ba}(\text{OH})_2$ en 3 gr. BaCl_2 op 1 L. water. Er werd voor gezorgd, dat het barytwater in de flesch, waarin het bewaard werd, afgesloten bleef van de lucht door KOH ; de buret was op dezelfde wijze afgesloten. Voor elke proef werd 80 c.M.³ gebruikt, waarvan 2 keer 20 c.M.³ getitreerd werd.

De titratie geschiedde met HCl van ongeveer $\frac{1}{20}$ normaal, zoodat elke c.M.³ ongeveer overeen kwam met

1 mgr. CO_2 . Ik maakte steeds een hoeveelheid zoutzuur van ongeveer 6 L. om lang met dezelfde oplossing te kunnen werken. Het zoutzuur werd gesteld op een kaliloogoplossing, die weer gesteld werd met behu'p van een barnsteenzuur-oplossing van $\frac{1}{20}$ normaliteit. Ik controleerde de HCl-oplossing dagelijks met de loogoplossing.

Als indicator gebruikte ik phenolphthaleïne, ofschoon dit theoretisch niet geheel juist is bij de titratie van een basis door een zuur. Daar echter hier een sterke basis gebruikt werd, is het bezwaar niet zoo ernstig en bovendien is de kleuromslag zoo bijzonder scherp waarneembaar, dat dit praktische voordeel wel den doorslag mag geven. Ook WINKLER ¹⁾ geeft dezen indicator aan voor titratie met oxaalzuur. De resultaten der 2 titraties toonden dan ook steeds een zeer groote overeenstemming.

Door blinde proeven heb ik de fout bepaald, die de methode als zoodanig aankleeft. Ik vond voor proeven op zeer verschillende tijden: 0.4, 0.5, 1.0, 0.6, 0.8, 0.4, 0.6 mgr. Ik heb echter niet bij alle uitkomsten een constante fout in rekening gebracht, omdat de verschillen, voortkomende uit individueele eigenaardigheden van het materiaal veel grooter zijn, zooals blijkt uit de cijfers voor dezelfde temperatuur bij zooveel mogelijk gelijk behandeld materiaal verkregen.

Een van de belangrijkste punten bij deze proeven is het op temperatuur brengen van het materiaal. Zooals vroeger reeds gezegd is, gebruikte ik als thermostaat een zinken bak van 16 Liter inhoud. Door het deksel ging een roerinrichting, die gedreven werd door een watermotor. De temperatuur werd waargenomen door middel van een thermometer met een verdeling tot 0.1° . De verwarming geschiedde door een gaskomfoor, dat in staat was in ongeveer 40 minuten het water van kamertemperatuur op 50° te brengen.

¹⁾ C. WINKLER. Practische Uebungen in der Maassanalyse, 3e Aufl., Leipzig, 1902.

Was eenmaal de gewenschte temperatuur bereikt, dan diende verder voor verwarming een microbrander met een thermoregulator volgens REICHERT.

De temperatuur in het ademhalingsvat werd aangewezen door een Anschütz-thermometer, die door het deksel ging, zoodat de kwikkolom zich bevond bij den intredenden luchtstroom. Deze thermometer wees 0.2° aan. Door deze inrichting was 't mogelijk de temperatuur op 0.1° constant te houden, waarvoor echter noodig was, dat men herhaaldelijk op het toestel lette; als normaal bij lange proeven, waar dit niet steeds mogelijk was, kan ik aangeven een constant zijn op 0.2° .

De ideale methode voor 't waarnemen van de temperatuur der objecten is de thermoëlectrische; bij de inrichting van het botanisch laboratorium was het echter zeer moeilijk, deze methode te gebruiken; daarom heb ik mij er mee tevreden gesteld eenige keeren op het physisch laboratorium onder geheel dezelfde omstandigheden het verloop der temperatuur na te gaan. Ik gebruikte daarvoor een staal-constantaan thermoëlectrisch element. De eene soldeerplaats bevond zich in het meest ademende deel van de kiemplant, de andere in het water van de thermostaat, in een buisje met paraffine-olie.

De thermometer binnen het vat geeft natuurlijk bij eenigszins hooge temperatuur een iets lagere aanwijzing dan die buiten, daar de intredende luchtstroom er langs strijkt en deze iets onder de temperatuur van het water blijft; de objecten blijven eveneens iets achter en vooral tijdens de verwarming zijn deze verschillen vrij groot. Van 't oogenblik af, dat de microbrander 't water op constante temperatuur houdt, wordt dit verschil kleiner, totdat het constant wordt. Ik ging nu na, in hoeverre de binnenste thermometer een maat was voor de temperatuur der objecten; het bleek mij, dat voor de hoogste gebruikte temperatuur, dus 50° , na 10 à 12 minuten de thermometer deze temperatuur geheel aangaf; wanneer

ik dus een proef nam bij deze hoogere temperaturen ving ik eerst CO_2 op, nadat de thermometer minstens 10 à 12 minuten constant was gebleven. Bij de latere bespreking der proeven zal blijken, hoe ook de praktijk nog een zeer geschikt middel geeft om het juiste oogenblik van het begin der proef te bepalen; daarbij blijkt ook, dat dit oogenblik gewoonlijk iets later gekozen moet worden.

De lage temperaturen verkreeg ik door eerst het waterbad met ijs af te koelen tot op het gewenschte punt; dan hield ik het water constant door het met meerdere of mindere snelheid te laten doorstroomen van ijswater. Voor 5° was dit vrij lastig, maar met eenige moeite was ook hier de foutengrens van 0.2° bereikbaar.

Ik heb mijn proeven gedaan met *Pisum sativum*, *Triticum vulgare*, *Lupinus luteus* en *Crepis biennis*. Behalve van *Crepis biennis*, waarvan bloemhoofdjes gebruikt werden, nam ik kiemplantjes van deze verschillende soorten, omdat ik daarmee in elk geval voedselgebrek uitschakelde. Ik liet de zaden kiemen door ze eerst één dag in water te leggen, daarna twee of meer dagen in vochtig zaagsel, waardoor ze geheel bedekt waren, wat meer zekerheid voor voldoende vochtigheid bleek te geven. Gedurende dien kiemingstijd stonden ze in de laboratoriumkas in het donker, terwijl de temperatuur wisselde van 19° — 23° . Zelfs zoo was 't resultaat na denzelfden kiemingstijd nog vrij uiteenlopend; ik zocht uit de groote hoeveelheid plantjes het benoodigde aantal uit, waarbij ik de meest gelijk ontwikkelden koos. Ik heb steeds met hetzelfde aantal gewerkt, voorzoover het *Pisum* en *Lupinus* betreft; dit leek mij een minstens even goede maat als het gewicht, daar een tamelijk groot aantal individuen een gemiddeld gelijke ademhaling zal vertoonen, en men bij de gewicht-methode afhankelijk is van watergehalte, en vooral van water, dat bij 't schoonmaken aan de plantjes blijft

hangen. Men kan dit wel is waar met filtreerpapier trachten te verwijderen, maar dit is tijdroovend, terwijl het bovendien groote kans voor beschadiging oplevert. Om echter na te gaan of gewicht groteren invloed heeft dan getal, heb ik na elke proef het gewicht bepaald, daar dan een van de genoemde bezwaren, n.l. beschadiging, niet meer gold. Deze cijfers zijn vermeld in de hierachter gevoegde tabellen, waaruit ook blijkt, dat de afhankelijkheid van de ademhaling van het gewicht niet overwegend is. Berekent men de hoeveelheid uitgeademd koolzuur per constant gewicht, en vergelijkt men de zoo gevonden waarden voor eenzelfde temperatuur, dan blijken de laagste en hoogste getallen procentsgewijs evenveel van het gemiddelde af te wijken, als dit het geval is bij de waarden, die bij een constant aantal gevonden zijn.

Van *Triticum* gebruikte ik een vast gewicht, omdat daarbij tellen een te tijdroovend werk zou zijn.

De gekiemde zaden werden van zaagsel bevrijd door ze eenige malen te schudden op een zeef met wijde openingen, die in een bak met water stond, zoodat het zaagsel los kon weeken en op den bodem zakken.

De meeste proeven heb ik gedaan met *Pisum*, en hier deed zich een groot bezwaar voor, daar het bleek, dat het materiaal met den tijd veranderde, d. w. z. dat het verschil maakt, hoelang de erwten bewaard zijn. Aan dit bezwaar was niet te ontkomen, daar elke proef gemiddeld zes uur duurde en dus een dag in beslag nam, waardoor een in korten tijd afwerken onmogelijk werd. De eerste proeven werden gedaan in November 1908, de laatste in September 1909, in welken tijd de snelheid van kieming en intensiteit van ademhaling veranderde en wel in hoofdzaak toenam. Ook de andere zaden veranderen, naar ik meen, maar hier is het minder merkbaar geweest, daar ik er korter mee werkte.

Met bloemhoofdjes van *Crepis* deed ik slechts enkele

proeven, zoodat ik hier moeilijker over het materiaal kan oordeelen.

Het aantal factoren, dat het absoluut bedrag van het uitgeademde CO_2 zoo verschillend doet zijn, is zeer groot; het meerendeel is zeer moeilijk constant te houden of zelfs precies te bepalen. Het zijn in hoofdzaak die invloeden, die optreden tijdens de kieming b.v. vochtigheid van het zaagsel, om er maar één te noemen. Deze is zeer moeilijk te regelen; wel heb ik getracht de bakken met zaagsel zooveel mogelijk gelijk te behandelen, maar verschillen hierin zijn vrijwel niet te voorkomen. Ook de temperatuur tijdens de kieming levert moeilijkheden op. Ik heb getracht de kieming te doen plaats hebben in een kamer voor constante temperatuur, die door middel van gas verwarmd werd. De verbrandingsproducten konden niet voldoende afgevoerd worden, tengevolge waarvan de plantjes allerlei abnormale verschijnselen vertoonden. Het is trouwens bekend, dat kiemplanten voor dergelijke invloeden zeer gevoelig zijn.¹⁾

Ik gebruikte daarom de laboratoriumkas in den Hortus te Utrecht, die als regel een temperatuur had, die dagelijks schommelde tusschen 19° en 23° als uitersten; gewoonlijk waren de grenzen 20° en 22° . Eén zonnige dag, of één dag van onverwacht sterke vorst had echter toch veel invloed. Vandaar, dat groote schommelingen bijna niet te voorkomen waren; maar daar ik in hoofdzaak het verloop van de ademhaling tijdens de opeenvolgende uren bestudeerde, was 't verschil in intensiteit tusschen verschillende partijen erwten niet zoo ernstig; erger werd dit echter, wanneer ik de waarnemingen van verschillende dagen wilde vergelijken. Ik heb nu weliswaar gemiddelden van alle waarnemingen gebruikt, maar na de voorgaande uiteenzettingen zal 't duidelijk zijn, dat men niet te groote waarde aan deze getallen

¹⁾ O. RICHTER. Berichte der deutschen botan. Geselsch., Bd. XXI, pag. 180, 1903.

moet hechten; de vergelijkbaarheid der cijfers van elke proef is daarentegen veel grooter, daar ik meen, dat bij de inrichting van mijn proeven een vrij groote nauwkeurigheid is bereikt.

Ten slotte een paar woorden over den duur der proeven; de gemiddelde duur van 6 uur is tamelijk willekeurig gekozen of liever: ze werd om verschillende redenen de uiterste grens, die als regel te bereiken was. Gemiddeld was voor 't uitzoeken van 't materiaal, het wasschen, het in gang zetten en het op temperatuur brengen $1\frac{1}{2}$ uur noodig, zoodat elke proef ongeveer 8 uur duurde. Daar 't nemen van vele proeven noodzakelijk was en het verder van belang was om bovengenoemde redenen, de proeven zoo kort mogelijk na elkaar te nemen, was het mij ook om fysieke redenen onmogelijk de proeven geregeld langer te laten duren.

HOOFDSTUK III.

Litteratuuroverzicht.

De litteratuur over den invloed van de temperatuur op de ademhaling is vrij schaarsch.

Wel zijn er tal van oudere onderzoekingen, maar deze zijn grootendeels onvolledig, terwijl de nauwkeurigheid veel te wenschen overlaat. Het trekt zeer de aandacht, dat een zoo fundamenteel proces in de plantenphysiologie, waarover tal van kleine, zich op zijwegen begevende onderzoekingen zijn uitgevoerd, zoo weinig systematisch bestudeerd is.

De in de meeste handboeken overgenomen opvatting, dat voor ademhaling optimum en maximum bijna samenvallen, berust op één onderzoek van KREUSLER, dat toch werkelijk wel reden tot kritiek geeft.

De oudere publicaties lijden bijna alle aan dezelfde kwaal, n.l. dat nooit systematisch een reeks temperaturen onderzocht is; dat de temperatuur vaak zeer sterk schommelt; dat de proeven met weinig objecten genomen worden en dan, om toch een flinke opbrengst te krijgen, lang worden voortgezet, waardoor vaak de bacteriënontwikkeling aanzienlijk is.

BÖHM ¹⁾ geeft zeer vage aanwijzingen, dat de hoeveelheid CO₂, die afgegeven wordt, stijgt naarmate de waarnemingstemperatuur hooger is; in hoofdzaak haal ik hem aan ter illustratie van het bovenstaande, daar hij

¹⁾ J. BÖHM. Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, Bd. 67, 1873.

klaagt over gisting. Hij laat n.l. levende bladeren vaak 2 dagen in een afgesloten en zeer beperkt volumen lucht, zoodat zeer zeker intramoleculaire ademhaling moet optreden; een ander deel van het onderzoek is gewijd juist aan de CO_2 -afscheiding in een waterstof-atmosfeer. Ik begin hier met deze verhandeling, omdat het werk van BÖHM het begin vormt van een reeks onderzoekingen; met hem vangt een nieuw tijdperk van onderzoek aan op dit gebied, nadat er in 't algemeen een stadium van rust in de geheele botanie is geweest. De oudere onderzoekingen hebben slechts geconstateerd, dat hoogere temperatuur de ademhaling doet toenemen; in dit nieuwe tijdperk tracht men een regel te vinden voor den samenhang van beide. De cardinale vraag in vele publicaties is dan ook: neemt ademhaling geregeld met de temperatuur toe, of is de toeneming grooter naarmate de temperatuur stijgt?

De eerste opvatting is die van DÉHÉRAIN en MOISSAN; ¹⁾ zij werken met bladeren van *Nicotiana* en andere planten en vatten hun resultaat samen in deze woorden: „Les expériences indiquent clairement, que la quantité de CO_2 émise augmente régulièrement avec l'élévation de température”. Het is niet geheel duidelijk, wat de onderzoekers met „régulièrement” bedoelen; naar mijn meening bedoelen zij, dat er een directe proportionaliteit tusschen de hoeveelheid CO_2 en de temperatuur is, en dit is dan slechts het geval voor de gemiddelde temperaturen, niet voor de uiterste.

Uit de cijfers is moeilijk veel te concludeeren, daar de temperatuurintervallen zeer onregelmatig gekozen zijn. Een groote fout der proeven is de lange duur; er zijn er bij van 160 uur met afgesneden bladeren.

WOLKOFF en MAYER ²⁾ komen in hetzelfde jaar 1874

¹⁾ P. DÉHÉRAIN et H. MOISSAN. Annales des Sciences naturelles, 5e série, t. 19, pag. 321, 1874.

²⁾ A. v. WOLKOFF en A. MAYER. Landwirtsch. Jahrbücher, Bd. 3, pag. 481, 1874.

tot een ander resultaat; d. w. z. hun cijfers vertoonen ongeveer dezelfde verhoudingen, maar hun conclusies zijn juist. Zij constateeren een stijging tot ongeveer 34° , en daarna een minder sterke stijging of zelfs een constant blijven.

Hun methode is nauwkeuriger en staat hooger dan de voorgaande, maar het werken met weinig plantjes, vaak 4, het lang laten duren der proeven en het verwonden der objecten maken de uitkomsten weinig bruikbaar. PEDERSEN ¹⁾ komt tot dergelijke resultaten als de voorgaande onderzoekers; ik heb zijn verhandeling niet kunnen krijgen, zoodat ik van de betrouwbaarheid der cijfers niets kan zeggen.

MAYER ²⁾ alleen zet zijn onderzoekingen voort en stelt nog eens als resultaat vast, dat bij 35° 't optimum ligt; dus een dergelijke conclusie, als hij met WOLKOFF reeds had uitgesproken.

Hij vestigt er de aandacht op, dat de stijging van de ademhaling doorgaat, wanneer de lengtegroei reeds optimaal is.

Het verband tusschen groei en ademhaling is trouwens een punt, dat de meeste onderzoekers in hunne beschouwingen opnemen, en dat ook vaak het geregeld onderzoek van een van beide tegengaat.

Ook BORODIN ³⁾ komt tot de overtuiging, dat er een optimum bestaat. Uit het referaat, dat mij ten dienste stond, is niet alles op te maken over de methodiek; deze schijnt zeer goed, daar hij gewerkt heeft en met de baryt-methode en met het toestel van WOLKOFF en MAYER, maar 't werken met afgesneden bladeren en de lange duur

¹⁾ PEDERSEN. Mittheilungen aus dem Carlsbader Laboratorium, Bd. 1, 1878. (Geciteerd in Detmer. Vergleichende Physiologie des Keimungsprocesses der Samen, 1880.)

²⁾ A. MAYER. Landwirtsch. Versuchsstationen, Bd. 19, 1876.

³⁾ J. BORODIN. Arbeiten der St. Petersburger Gesellschaft der Naturforscher, Bd. VII, 1876. (Russisch) Referaat in Just. Botanischer Jahresbericht, Bd. IV, 2e Abt., pag. 919, 1876.

der proeven stemmen tot voorzichtigheid. 't Komt mij voor, dat BORODIN het meest systematisch onderzocht heeft; merkwaardig is vooral, dat hij duidelijk constateert, dat 38° de hoogste intensiteit aangeeft, als men kort waarneemt, dat bij lange waarnemingen echter deze temperatuur een achteruitgang doet zien. In zooverre geeft dit stuk een belangrijken vooruitgang, dat n.l. gedurende de langdurige proeven het verloop eenigszins gecontrôleerd wordt en dat BORODIN zich in hoofdzaak met de ademhaling en den invloed van de temperatuur daarop bezighoudt.

Nog een Rus werkt in dezen tijd over hetzelfde onderwerp, n.l. RISCHAVI; ¹⁾ hij werkt alleen met de methode van den constanten luchtstroom en neemt een geregelde reeks temperaturen waar. Hij vindt geen optimum, maar zijn hoogste waarneming is bij 40° , en blijkbaar heeft hij telkens gedurende 1 uur waargenomen.

Al deze laatste onderzoekingen stemmen dus hierin overeen, dat de kromme bij ongeveer 15° eenigszins convex, daarna bij 30° concaaf is, gerekend van de zijde der abscissenas. (Er wordt dan verondersteld, dat de abscissen de temperatuur aangeven.)

Wanneer men op enkele waarnemingen beneden 20° bij de verschillende auteurs let, dan vindt men bij:

MAYER	{	$4^{\circ}.4$ C.	38 mgr.	, RISCHAVI	{	10°	5.2 mgr.
		$15^{\circ}.6$ C.	100 „			20°	12.5 „
PEDERSEN	{				{	8°	10.8 mgr.
						18°	24.3 „

m. a. w.: 10° stijging van temperatuur heeft tengevolge een 2 tot 3maal grooter worden der ademhalingsintensiteit, een resultaat geheel in overeenstemming met de feiten, die ik zelf later zal meedeelen.

¹⁾ L. RISCHAVI. Schriften der neurussischen Gesellschaft der Naturforscher, Bd. V, 1877. (Russisch) Referaat in Just. Botanischer Jahresbericht, Bd. V, pag. 721, 1877.

De eerste belangrijke onderzoeken, die nu volgen, zijn neergelegd in twee stukken van BONNIER en MANGIN. ¹⁾ Ik kan ook hier kort zijn, daar deze onderzoekers feitelijk een ander doel hadden. Van dit oogenblik af gaat het quotient $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ een groote rol spelen, en dit maakt juist, dat deze onderzoeken, die overigens een groote mate van nauwkeurigheid bezitten, voor het hier besproken onderwerp van minder belang zijn. BONNIER en MANGIN trekken in beide verhandelingen de conclusie, dat de ademhaling stijgt met de temperatuur. Hun proeven zijn niet zoo genomen, dat er een verhouding voor 10° temperatuurverschil uit te berekenen is, omdat nooit het verschil bij proeven beneden 20° zoo groot is; uit de hoogere waarnemingen met een Basidiomycet, *Daedalea*, blijkt, dat geen optimum waargenomen wordt met bepalingen van 1 uur. Ook de proeven van GODLEWSKI ²⁾ en PURIEVITCH ³⁾ zijn hoofdzakelijk gewijd aan het quotient $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$, waarbij ook de afhankelijkheid van de kiemingsperiode nagegaan wordt.

We zijn nu gekomen tot de meest aangehaalde publicatie, n.l. tot die van KREUSLER. ⁴⁾ Dit onderzoek is zeer nauwkeurig uitgevoerd, al zijn er in de methode zwakke punten aan te wijzen. KREUSLER gebruikt de methode PETTENKOFER-PFEFFER, de barytmethode.

Als object dienen afgesneden takken van *Rubus fruticosus*, die volgens vroegere onderzoeken tegen allerlei schadelijke invloeden goed bestand zijn. Er

¹⁾ G. BONNIER et L. MANGIN. *Annales des Sciences naturelles*, 6e série, t. 17, pag. 210, 1884. G. BONNIER et L. MANGIN. *Annales des Sciences naturelles*, 6e série, t. 18, pag. 293, 1884.

²⁾ E. GODLEWSKI. *Beiträge zur Kenntnis der Pflanzenatmung*, Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XIII, pag. 491, 1882.

³⁾ K. PURIEVITCH. *Annales des Sciences naturelles*, 9e série, t. 1, pag. 1, 1905.

⁴⁾ U. KREUSLER, *Landwirtsch. Jahrbücher*, Bd. 16, pag. 711, 1887.

wordt bijzonder zorg gedragen voor het frisch houden der takken, die dan ook, volgens den schrijver, na één week nog spruiten voortbrengen.

De thermostaatinrichting is nog zeer gebrekkig, of liever gezegd de methode om de temperatuur af te lezen. Als thermostaat gebruikt hij een dubbelwandigen bak, die echter aan één zijde door een glasplaat gesloten wordt.

De binnenste bak kan dus geheel met een waterlaag omgeven worden op die eene zijde na. KREUSLER bepaalt nu de temperatuur van het water, die hij zeer constant houdt, en de temperatuur aan de binnenzijde tegen de glasplaat. Het gemiddelde hiervan geeft hij als temperatuur van de plant. Dat deze waarden nog al uiteenloopen mag uit de volgende cijfers blijken: ¹⁾

thermometer in het water	{	0°	10°	20°	30°	40°	50°
thermometer bij de glasplaat	{	4°.25	12°.67	20°.90	28°.50	35°.14	42°.70

Voor al bij de laatste groote verschillen is het gemiddelde van zeer twijfelachtige waarde.

Ook hier wordt nog de fout van te lange proeven gemaakt: de duur is van 5—8 uur; bovendien lijkt de vergelijkbaarheid van bebladerde takken, ondanks vele voorzorgen, zeer twijfelachtig, en zou daartegenover een grooter aantal proeven gewenscht geweest zijn. Het ergst is wel, dat KREUSLER blijkbaar één tak voor een geheele reeks proeven gebruikt, daar hij tabellen geeft voor *Rubus I* en *Rubus II* (l. c. pag. 743 en pag. 736).

Toch is zeker dit stuk door zijn geheelen opzet en de bespreking van de bronnen van fouten een der meest betrouwbare. KREUSLER vindt, wanneer hij voor 2°.3 de ademhaling 1 noemt, het volgende:

¹⁾ KREUSLER. l. c. pag. 734.

2°.3	7°.5	11°.3	15°.8	20°.6	25°	29°.3	33°	37°.3	41°.7	46°.6
1	1.8	3.0	4.6	4.8	7.8	8.8	12.1	14.4	19.1	26.4

De verhouding tusschen de intensiteit bij 2°.3 en 11°.3, bij 7°.5 en 15°.8 ligt tusschen 2 en 3; zeer eigenaardig treft dan de geringe vooruitgang bij 20°.6, die zoo afwijkend is, dat men hier aan een onjuistheid denkt.

Maar laat ik KREUSLER zelf citeeren, waar hij over de resultaten spreekt. Hij zegt l. c. pag. 746: „Das Optimum für die Athmung der Pflanzen scheint — soweit Beobachtungsfristen von 5—6 Stunden hierüber entscheidend sein können — bei Temperaturgraden zu liegen, welche von der Tödtungstemperatur nicht mehr weit entfernt sind; die maximale Beobachtungstemperatur (46°.4 C) repräsentierte zugleich für den nach dieser Richtung geprüften Brombeerspross das Maximum der Athmung. (*Dass längeres Verweilen der Pflanzen bei solch hoher Temperatur die Athmung auf entsprechender Höhe erhalten würde, darf hieraus noch nicht gefolgert werden, ist vielmehr wenig wahrscheinlich.*”) ¹⁾ Het treft hier bijzonder, dat iemand, die de laatste, door mij gecursiveerde woorden gebruikt, toch de ademhalings-intensiteit bij 50° bepaalt uit een proef, die 5 uur duurt.

Tot hetzelfde oordeel komt KREUSLER ²⁾ in een volgend onderzoek, waarbij hij zijn toestel zoodanig gewijzigd heeft, dat de temperatuur beter te bepalen en constant te houden is. De hoogste opbrengst aan CO₂ vindt hij iets hooger dan 45°, wat ook hier de temperatuurgrens van het leven blijkt te zijn. Bij 50° vindt hij aanmerkelijk minder, maar de bladeren rollen zich op en worden bruin.

Kort na het zooeven bedoelde, in hetzelfde jaar 1890, verschijnt een zeker even belangrijk stuk van CLAUSEN, ³⁾ die dezelfde methode als KREUSLER gebruikt, nu geheel in den vorm, zooals die door DETMER is aangegeven en ook

¹⁾ Cursiveering van mij.

²⁾ U. KREUSLER. Landwirtsch. Jahrbücher, Bd. 19, pag. 649, 1890.

³⁾ H. CLAUSEN. Landwirtsch. Jahrbücher, Bd. 19, pag. 893. 1890.

door mij is gekozen. CLAUSEN heeft dus het voordeel, dat bij hem de temperatuur praktisch constant is, en dat hij kan werken bij elke door hem gewenschte temperatuur.

Voor de proeven worden gebruikt kiemplanten van *Lupinus luteus*, van *Triticum vulgare* en bloemen van *Syringa chinensis*. Hier worden voor het eerst bepalingen van 1 uur en $\frac{1}{2}$ uur gedaan, vaak direkt na elkaar, terwijl goed gelet wordt op het kiezen van gelijk materiaal.

De resultaten worden samengevat in de volgende tabel, waar de getallen berekend zijn per uur en per 10 gram drooggewicht: ¹⁾

<i>Lupinus luteus</i>	{	0°	5°	10°	15°	20°	25°
		3.18	6.06	7.92	15.03	19.06	25.72
		30°	35°	40°	45°	50°	55°
		37.20	43.76	50.72	45.71	20.22	17.75
<i>Triticum vulgare</i>	{	0°	5°	10°	15°	20°	25°
		5.08	9.42	14.52	22.62	30.90	43.59
		30°	35°	40°	45°	50°	55°
		50.53	54.22	55.12	48.02	32.05	5.34
<i>Syringa chinensis</i>	{	0°	5°	10°	15°	20°	25°
		8.05	13.84	20.83	33.65	49.90	64.79
		30°	35°	40°	45°	50°	55°
		75	101.92	122.29	113.96	106.11	30.55

Ook uit deze cijfers blijkt een vrij constante verhouding tusschen de intensiteiten bij temperaturen beneden 20°, die 10° verschillen.

Verder vindt hij een uitgesproken optimum voor alle drie de objecten bij 40°, een geheel ander resultaat dan KREUSLER dus. Daar beide proevenreeksen even nauwkeurig zijn genomen, en CLAUSEN nog het voordeel van korteren waarnemingstijd heeft, moet men wel tot de conclusie komen, dat het gedrag der objecten werkelijk zeer verschillend is.

¹⁾ H. CLAUSEN. l. c. pag. 911.

Wel dient men acht te slaan op de mededeeling van CLAUSEN, dat hij, alvorens waar te nemen, de plantjes 2—3½ uur op de hooge temperatuur liet. Hij zegt dan in een noot (l. c. pag. 909), dat de daling tusschen optimum en maximum niet toe te schrijven is aan *afsterven* van deelen der planten, maar dat het meer te beschouwen is als een werking van de hooge temperatuur, een meening, die ik hierna bij de behandeling van mijn eigen proeven nader zal bespreken.

Dit onderzoek is verricht onder leiding van DETMER, onder wiens toezicht nog een dergelijk werk werd uitgevoerd door ZIEGENBEIN.¹⁾ Deze heeft verschillende zaken onderzocht, zoodat de gegevens, die hier van belang zijn, eenigszins beknopt worden meegedeeld en daardoor minder goed bruikbaar zijn dan die van CLAUSEN. Vooral is het moeilijk de cijfers te beoordeelen, daar ZIEGENBEIN slechts waarden geeft, omgerekend voor 1 uur, en niet de oorspronkelijke cijfers met den tijd van waarneming, opeenvolging der proeven enz.

Overigens komen zijn resultaten overeen met die van CLAUSEN; dus hij vindt een optimum bij ongeveer 40°.

Hiermee is een overzicht gegeven van het voornaamste, dat er over dit onderwerp geschreven is. Alleen de laatste onderzoeken zijn van een dergelijke nauwkeurigheid, dat de daarin gegeven cijfers geheel betrouwbaar zijn. In geen der onderzoeken is echter voldoende rekening gehouden met de mogelijkheid, dat de ademhaling bij hoogere temperatuur aanzienlijk zou kunnen achteruitgaan in opeenvolgende uren, terwijl dit, volgens hetgeen ik in de inleiding over de opvatting van BLACKMAN heb gezegd, een totale verandering in de conclusies met zich zou kunnen brengen. Daarom juist vond ik aanleiding genoeg om een onderzoek uit te voeren, geheel gebaseerd op deze nieuwere opvatting; ik kon daarbij natuurlijk niet volstaan met het bestudeeren van hoogere

¹⁾ E. ZIEGENBEIN. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XXV, pag. 365, 1893.

temperaturen, maar moest, om een goeden indruk van het geheele proces te krijgen, ook waarnemingen beneden het optimum, dus van 0° — 40° , doen. Trouwens, een overbodige weelde zijn deze gegevens niet, daar zoowel KREUSLER als CLAUSEN een zeer gering aantal waarnemingen deden.

HOOFDSTUK IV.

Experimenteel gedeelte.

§ 1. Proeven met *Pisum sativum*.

Ik gebruikte voortdurend eenzelfde partij erwten van de varieteit „Kaapsche groenen”.

Voor ik de temperatuurbepalingen (zie blz. 16) uitvoerde, was het noodig vast te stellen, hoeveel elk gedeelte van de kiemplanten bijdroeg in de totale ademhaling. Ik heb daartoe vergeleken onbeschadigde kiemplanten, verwonde kiemplanten (er werd een diepe insnijding in het bovineinde van den wortel gemaakt) en cotylen afzonderlijk. De middelste proef diende genomen te worden, omdat de kans bestond, dat de verwonding de ademhaling bij de cotylen alleen zou kunnen verhoogen.

Ik vond voor:

intacte kiemplanten	19.4 mgr.
dezelfde verwond	19.4 „
dezelfde alleen cotylen	13.0 „

alles per uur bij 16°. Hieruit blijkt, dat ongeveer $\frac{2}{3}$ der ademhaling op rekening der cotylen komt; en dat dus ook speciaal op de temperatuur der cotylen gelet moest worden. Bij het nagaan van het temperatuurverloop werd dus de thermoëlectrische naald gestoken in een der cotylen. Het resultaat van deze metingen is reeds meegedeeld op blz. 16.

Reeds eenige malen wees ik op de noodzakelijkheid om te zorgen voor groote vochtigheid in het ademhalingsvat. Bij mijn voorloopige proeven bleek de invloed van vocht zeer overtuigend, voornamelijk in onregelmatigheden

der CO_2 -productie bij 20° , een temperatuur, waarvan geenerlei schadelijke invloed was te verwachten. Zonder toevoeging van vocht vond ik in opeenvolgende uren:

1e proef 31, 29, 27.6, 28.2 mgr.

2e proef 28, 30.7, 32, 28.8, 28.8 mgr.

Na aanbrenging van vochtig filtreerpapier en twee bakjes water:

26.4, 26.8, 28.2, 27.4, 28.8 mgr.

De schadelijke invloed van te weinig vocht blijkt duidelijk in het dalen van de ademhaling na korten tijd; het tijdstip, waarop de daling intreedt, wordt verschoven door toevoeging van vocht. Men zou kunnen verwachten een constant blijven, of wel een stijging, daar de plantjes ouder worden tijdens de proef, en vaak de ademhaling toeneemt met den kiemingstijd. Later bespreek ik dit verloop uitvoeriger.

Ook KREUSLER¹⁾ wijst reeds op het groote belang van vochtigheid en toont door cijfers het verband aan; BONNIER en MANGIN²⁾ deelen mede, dat de ademhaling van paddestoelen bij grootere vochtigheid toeneemt.

Zooals aan het einde van het vorige hoofdstuk werd aangetoond, was er voldoende reden de ademhaling ook bij lagere temperaturen nog eens waar te nemen. Mijn eerste reeks proeven heeft dan ook hierin bestaan, dat ik bepalingen deed van 0° — 50° om de 5° . Met het oog op de verandering van de erwten, waarop ik op blz. 18 doelde, geef ik in de volgende tabel de resultaten van proeven, die met zoo kort mogelijken tusschentijd zijn genomen. In de volledige lijst mijner proeven, die men achterin vindt, heb ik ook om deze reden den datum vermeld, zoodat men kan nagaan, welke cijfers het meest vergelijkbaar zijn.

¹⁾ U. KREUSLER. Landwirtsch. Jahrbücher, Bd. 16, pag. 711, 1887.

²⁾ G. BONNIER et L. MANGIN. Annales des Sciences Naturelles, 6e série, t. 17, pag. 210, 1884.

Zooals reeds gezegd is, werden voor elke proef 100 plantjes gebruikt, terwijl deze plantjes ook slechts voor die eene proef dienst deden. De erwten werden 1 dag in water gelegd en daarna 2 dagen in zaagsel, terwijl de temperatuur tijdens deze kieming wisselde van 19°—23°.

TABEL I.

Temp.	Hoeveelheid CO ₂ in mgr. afgescheiden gedurende het						Gemidd. mgr. per uur
	1e	2e	3e	4e	5e	6e uur	
0°	4.0	4.0	3.6	4.0	3.8		3.9
5°	6.7	6.0	5.6	5.7	5.8		6.1
10°	12.0	11.2	11.1	11.4	11.4	11.3	11.4
15°	18.6	19.0	19.4	19.4	20.0	20.2	19.4
20°	28.6	30.3	30.3	30.6	30.4		30.0
25°	43.3	42.4	42.2	41.7	40.7	40.9	42.0
30°	51.7	50.9	52.2	53.6	53.5	53.5	52.6
35°	68.7	62.8	60.1	61.7	60.9	60.9	
40°	73.3	55.2	49.0	45.3	43.0	41.2	
45°	73.5	48.4	41.9	35.9	31.9	28.6	
50°	74.0	38.8	17.8	12.0	8.0	5.9	
55°	35.7	12.8	9.7	5.4			

Uit deze cijfers blijkt in de eerste plaats, dat bij 0°, 5° en 10° de ademhaling constant is. (Fig. 1). De schommelingen liggen bij deze temperaturen geheel binnen de grens van 1 mgr.; men zal er dus geen verdere conclusies uit kunnen trekken.

De fout van het toestel, ongeveer 0.6 mgr., heb ik om vroeger opgegeven redenen niet in rekening gebracht (blz. 15), maar toch dient men te overwegen, dat de waarneming voor 0° er het meest door is beïnvloed. Bij de lage temperaturen, ziet men meestal, dat de ademhaling gedurende het eerste uur nog het hoogst is, terwijl er toch bij die proeven 1 uur verliep tusschen het oogenblik, dat de binnenste thermometer het gewenschte aantal graden aan-

wees en het begin der waarneming. Hier duurt het dus bijzonder lang eer de temperatuur der erwten geheel met die

der omgeving gelijk is, waarschijnlijk een gevolg daarvan, dat de eigen warmte der planten de afkoeling tegenwerkt.

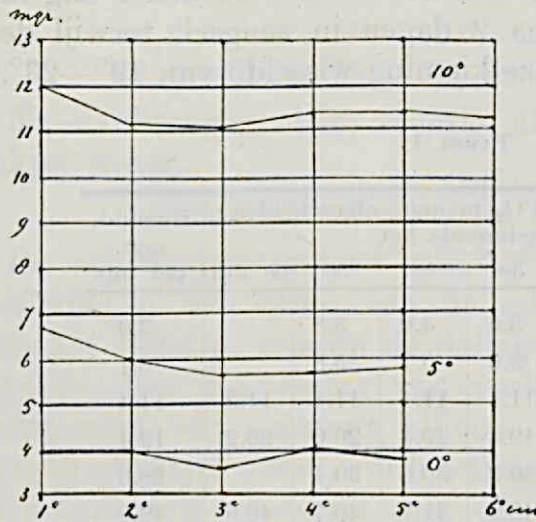


Fig. 1. Ademhaling bij 0°, 5° en 10° C.

dat te laag is om er eenige beteekenis aan te hechten. Zeker is het wel, dat bij deze lage temperatuur de ademhaling minimaal is.

Daar tot 10° de ademhaling constant is, kan dus zonder eenigen twijfel een gemiddelde bepaald worden uit alle waar-

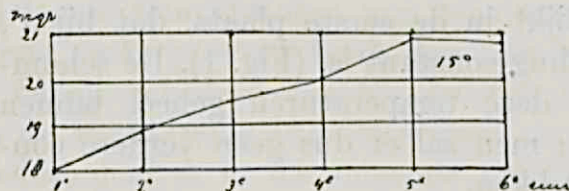


Fig. 2. Ademhaling bij 15° C.

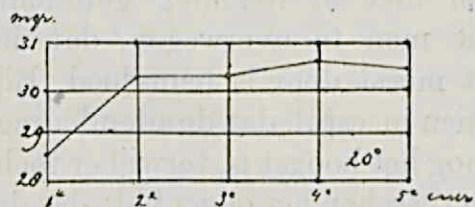


Fig. 3. Ademhaling bij 20° C.

Gedurende den winter 1908-1909 heb ik een proef bij 7° C. genomen; het ademhalingsvat stond buiten en de temperatuur bleef constant.

De opbrengst in 4 uur was 3.2 mgr., per uur dus 0.8 mgr.; een getal,

dat te laag is om er eenige beteekenis aan te hechten. Zeker is het wel, dat bij deze lage temperatuur de ademhaling minimaal is. Daar tot 10° de ademhaling constant is, kan dus zonder eenigen twijfel een gemiddelde bepaald worden uit alle waarnemingen. Eenigszins anders is het geval bij 15° en 20° (Fig. 2 en 3). Al zijn de verschillen tusschen twee opeenvolgende waarnemingen zeer gering, toch meen ik, dat in 't algemeen een zekere stijging is waar te nemen. Ik bespreek het verschijnsel later nog, maar, zooals gezegd,

meen ik te mogen constateeren, dat hier in elk geval een verschil bestaat met de reeks cijfers voor 0° — 10° gevonden en tevens met die boven 20° .

Deze stijging is echter zeer gering, en gaat niet eens altijd geregeld door, zoodat ik ook hier eenvoudig een gemiddelde bepaald heb.

Bepaal ik nu uit *alle* gegevens de gemiddelden voor de besproken temperaturen, dan vind ik: ¹⁾

0°	5°	10°	15°	20°
4.3 mgr. (10)	5.9 (10)	10.3 (17)	18.5 (17)	29.1 (35)

Uit deze cijfers blijkt nu, dat de verhouding bij 10 graden verschil is:

$$\frac{A_{10}}{A_0} = 2.4 \quad \frac{A_{15}}{A_5} = 3.1 \quad \frac{A_{20}}{A_{10}} = 2.8.$$

Om ook de verhouding te kennen door getallen, die voor dezelfde erwten gelden, heb ik bovendien proeven genomen, waarbij ik eerst waarnam bij de laagste, daarna bij de hoogste temperatuur.

B.v. proef LXII	5° . . 6.0 mgr.	} verhouding 2.8
	15° . . 16.7 „	
proef LXIII	10° . . 9.8 mgr.	} verhouding 3.1
	20° . . 30.5 „	

Ook hier dus een verhouding, die dicht bij 3 ligt. Daarentegen geeft proef CXXXV het volgende resultaat:

13° . . . 17.8 mgr. 23° . . . 40.3 mgr. verhouding 2.2
terwijl het gemiddelde voor 25° 37.7 mgr. is, en de verhouding $\frac{A_{25}}{A_{15}}$ dus 2 wordt.

Uit deze getallen blijkt wel, dat de regel van VAN 'T HOFF-ARRHENIUS geldt van 0° — 20° . De verhoudingen

¹⁾ De getallen tusschen haakjes geven het aantal waarnemingen aan, waaruit het gemiddelde is berekend.

bij 23° en 25° laten duidelijk zien, dat er een daling intreedt boven 20°. Bij de lage waarde voor het quotient $\frac{A_{10}}{A_0}$ moet men wel bedenken, dat hier de fout der methode het sterkst optreedt; brengt men de fout van 0.6 mgr. in rekening, dan stijgt dit quotient tot 2.6; men moet dus in elk geval bedenken, dat, indien de verhouding eenigszins onzuiver is, ze eerder te laag dan te hoog is. Ik heb de coëfficiënt voor 10° volgens den regel van VAN 'T HOFF-ARRHENIUS steeds in rekening gebracht als 2.8, daar dit de verhouding is, die berekend is naar de meeste waarnemingen en naar de meest betrouwbare.

Op pag. 24 heb ik aangehaald de gegevens, die af te leiden zijn uit de onderzoekingen van MAYER, RISCHAVI en PEDERSEN voor temperaturen beneden 20°, die 10° verschillen, waaruit blijkt, dat ook daar de verhouding ligt tusschen 2 en 3. Uit de cijfers van KREUSLER en CLAUSEN vindt men hetzelfde getal, zoodat men wel mag besluiten, dat de bovengenoemde regel op de ademhaling van toepassing is.

Gaan wij nu verder het verloop der ademhaling na bij de verschillende temperaturen. Bij 25° en 30° is het noodig, dat men ongeveer een uur laat verlopen tusschen de verwarming en het begin der waarnemingen, daar men anders het eerste uur een zeer lage opbrengst aan CO₂ vindt. Waaraan dit precies is toe te schrijven heb ik niet met zekerheid kunnen uitmaken; blijkbaar is de CO₂-productie niet dadelijk op de hoogte, die met den graad van verwarming overeenstemt, hoewel de objecten reeds 10—12 min. na het constant worden van het waterbad de temperatuur der omgeving hebben aangenomen.

Voor 25° vind ik eenigszins uiteenlopende resultaten; de proef die in tabel 1 op blz. 33 is opgenomen, vertoont een kleine daling, maar daarnaast nam ik het volgende waar:

	1e	2e	3e	4e	5e
proef XIV	34.8	34.6	36.2	37.2	35.2
„ LVI	47	46.4	46.4	45.8	47.3 (Fig. 4).

Beide proeven geven een eenigszins onregelmatig verloop; men krijgt een indruk van een zeker op en neer gaan, zonder dat een bepaalde richting is waar te nemen in de cijfers. Ditzelfde geldt voor de waarnemingen bij 30°, alleen zijn hier de

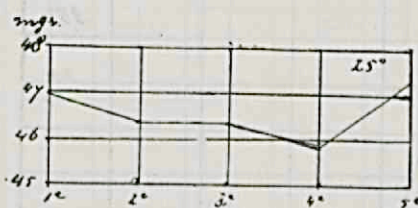


Fig. 4. Ademhaling bij 25° C.

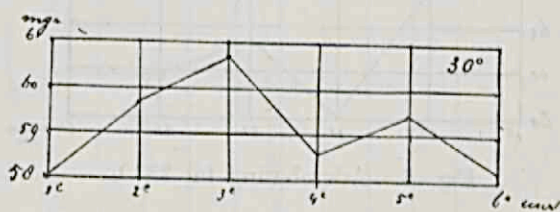


Fig. 5. Ademhaling bij 30° C.

schommelingen nog sterker, en geven de verschillende proeven meer hetzelfde beeld te zien. (Fig. 5). Juist in verband met deze gevallen meen ik te mogen concludeeren, dat bij 15° en 20° werkelijk een stijging plaats vindt. Uit de figuren 1—5 is dit verschillend gedrag, meen ik, ook duidelijk waar te nemen.

Alle waarnemingen bij de temperaturen beneden 30° staan nu weer geheel in tegenstelling met hetgeen bij hogere temperatuur gebeurt. Daar zien we een uitgesproken achteruitgang in de ademhalingsintensiteit optreden; 35° geeft tusschen het 1e en 2e uur een groot verschil, vervolgens daalt de CO₂-afscheiding gewoonlijk nog iets (Fig. 6), maar in de 4 volgende uren samen is deze daling geringer dan in het eerste, en zelfs is soms, zooals in proef LIV, in de latere uren weer een kleine stijging te zien. Hier vond ik n.l. de volgende hoeveelheden CO₂ in de opeenvolgende uren:

68.7 62.8 60.1 61.7 60.9 60.9.

Bij deze waarnemingen en alle volgende boven 35° is het nu van het grootste belang het juiste oogenblik voor

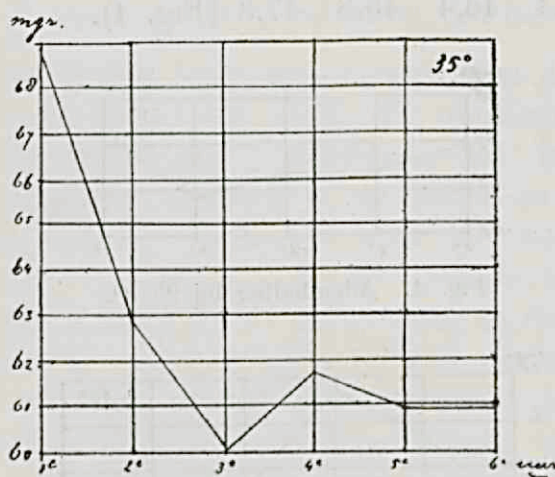


Fig. 6. Ademhaling bij 35° C.

het begin van de proef te kiezen.

't Meest juiste beeld van het verloop der CO_2 -productie krijgt men, als men een zoo groot mogelijke opbrengst gedurende het 1e uur waarneemt, immers het blijkt uit de proeven beneden 35° , dat

eerst eenigen tijd, nadat de erwten op de vereischte temperatuur zijn gekomen, de daarmee overeenkomende intensiteit van de CO_2 -afscheiding bereikt is. Uit 't verloop der kromme voor 35° blijkt verder, dat de ademhaling gedurende het eerste uur vrij snel daalt; dus benadert men het best de werkelijke opbrengst voor 35° door de hoogste waarde, de resultante van den vooruitgang en achteruitgang waar te nemen. Dit oogenblik is experimenteel te bepalen; een paar minuten vroeger krijgt men een mindere opbrengst, omdat men een te laag punt in de stijgende lijn waarneemt, een paar minuten later wordt de waarde kleiner, doordat de achteruitgang den vooruitgang overwint.

De daling in de ademhaling is van 40° — 50° niet alleen in de eerste uren, maar gedurende den geheelen tijd merkbaar, zooals uit tabel 1 blijkt. Deze waarnemingen werden begonnen ongeveer 25 minuten, nadat de gewenschte temperatuur door den thermometer in het vat aangewezen werd. Vergelijken we de getallen voor 40° , 45° en 50° en bezien we de krommen van Fig. 7,

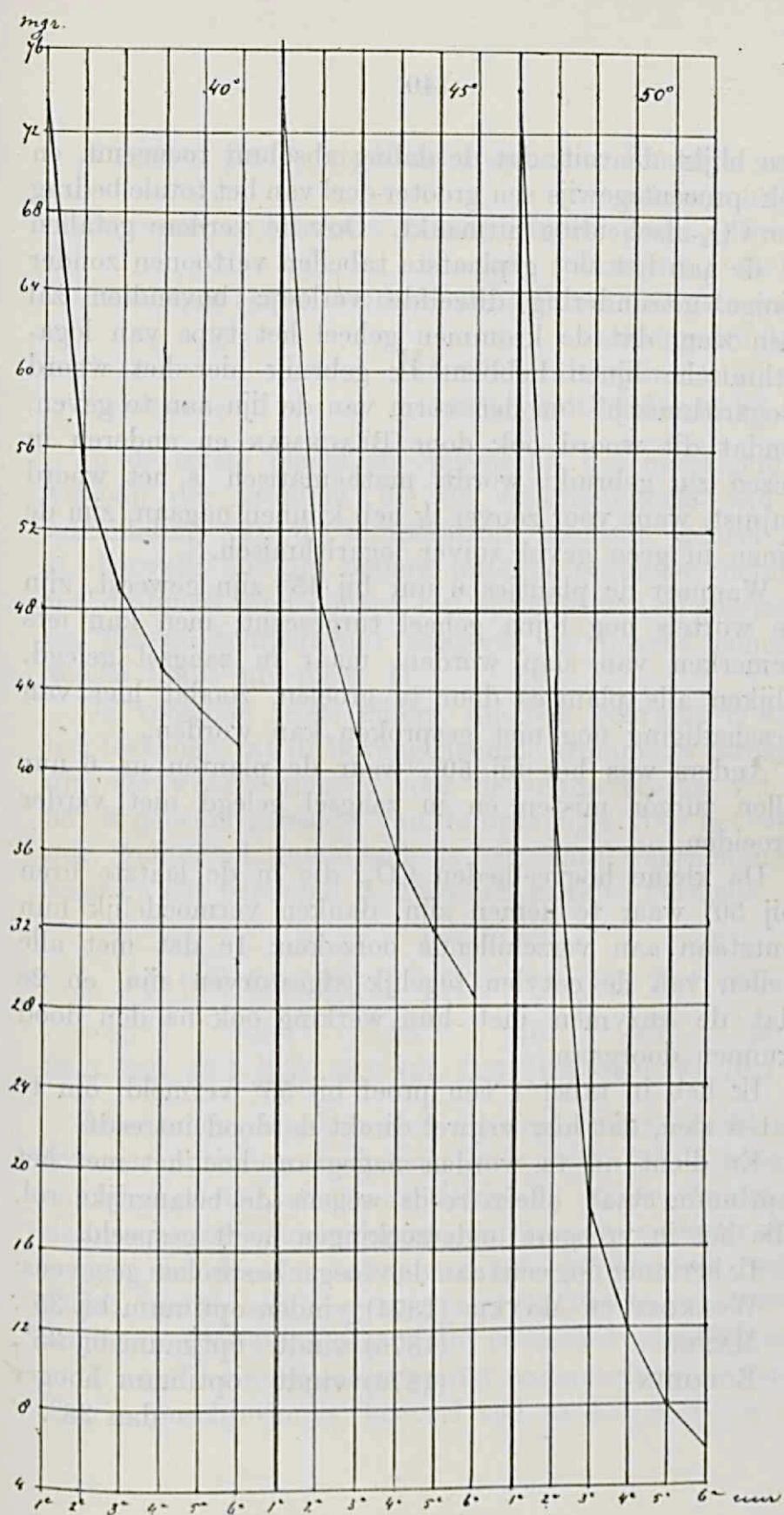


Fig. 7. Ademhaling bij 40°, 45° en 50° C.

dan blijkt daaruit, dat de daling absoluut toeneemt, en ook procentsgewijs een grooter deel van het totale bedrag der CO_2 -afscheiding uitmaakt. Ook de verdere getallen in de aan het slot geplaatste tabellen vertoonen zonder eenige uitzondering ditzelfde verloop; bovendien zal men zien, dat de krommen geheel het type van logaritmische lijnen hebben. Ik gebruik hier het woord „logaritmisch” om den vorm van de lijn aan te geven, omdat dit woord ook door BLACKMAN en anderen in dezen zin gebruikt wordt; mathematisch is het woord onjuist, want voor zoover ik heb kunnen nagaan, zijn de lijnen in geen geval zuiver logaritmisch.

Wanneer de plantjes 6 uur bij 45° zijn geweest, zijn de wortels nog bijna geheel turgescient; men kan iets bemerken van slap worden, maar in zaagsel gelegd, blijken alle plantjes door te groeien, zoodat hier van beschadiging nog niet gesproken kan worden.

Anders was het bij 50° , waar de planten na 6 uur allen turgor misten en in zaagsel gelegd niet verder groeiden.

De kleine hoeveelheden CO_2 , die in de laatste uren bij 50° waar te nemen zijn, danken vermoedelijk hun ontstaan aan verschillende oorzaken: 1e dat niet alle cellen van de cotylen tegelijk afgestorven zijn, en 2e dat de enzymen met hun werking ook na den dood kunnen doorgaan.

Ik heb in tabel 1 één proef bij 55° vermeld, om te laten zien, dat hier vrijwel direkt de dood intreedt.

Er dient nu te worden nagegaan, hoe het met het optimum staat, alleen reeds wegens de belangrijke rol, die het in vroegere onderzoekingen heeft gespeeld.

Ik herinner nog eens aan de vroeger besproken gegevens:

WOLKOFF en MAYER	(1874)	vinden optimum bij 35° .
MAYER	(1876)	vindt optimum bij 35° .
BORODIN	(1876)	vindt optimum hooger dan 38° .

RISCHAVI (1877) vindt geen optimum (hoogste waarneming 40°).

BONNIER en MANGIN (1884) vinden geen optimum (hoogste waarneming 54°).

KREUSLER (1887) vindt geen optimum (hoogste waarneming $46^{\circ}.6$).

CLAUSEN (1890) vindt optimum bij 40° .

ZIEGENBEIN (1893) vindt optimum bij 40° .

In de eerste plaats zij opgemerkt, dat het algemeen verloop der kromme, die de afhankelijkheid van de ademhaling van de temperatuur aangeeft, geheel dat is, hetwelk ook de oudere auteurs gevonden hebben, n.l. de lijn is eerst convex ten opzichte van de abscissen-as, die de temperatuur aangeeft, en daarna concaaf, zooals blijkt uit plaat II.

De volgende reeks cijfers, die ook gebruikt is voor het teekenen van de bovengenoemde kromme, is berekend uit *alle* waarnemingen; voor de temperaturen van af 35° is gebruik gemaakt van de opbrengst voor het eerste uur. Achter elk gemiddelde is het aantal waarnemingen, waaruit het berekend is, tusschen haakjes vermeld.

0°	5°	10°	15°	20°	
4.3 (10)	5.9 (10)	10.3 (17)	18.5 (17)	29.1 (35)	
25°	30°	35°	40°	45°	50°
39.5 (22)	56.1 (23)	68.9 (5)	77.7 (15)	73.0 (8)	76.4 (6)

Zooals men ziet, kan men uit deze cijfers feitelijk niet tot een optimum besluiten; wel geeft 40° 't hoogste aantal mgr. CO_2 , maar de daling bij 45° en de stijging daarna bij 50° duiden er op, dat men hier eerder moet zeggen, dat de ademhaling van 40° — 50° ongeveer gelijk blijft; vooral ook mag men niet te veel concludeeren, omdat de waarnemingen bij 40° tweemaal zoo talrijk zijn.

Ik wijs hier nu speciaal op dat onderzoek, waar nauwkeurig omschreven is, hoeveel tijd na het bereiken der

gewenschte temperatuur in het ademhalingsvat, waargenomen werd.

Dat is het onderzoek van CLAUSEN. Deze deelt mede, hoe hij bij 40° — 50° de objecten een paar uur op de temperatuur laat, voor hij waarneemt.¹⁾ Het is natuurlijk niet precies na te gaan, welke tijd van waarneming in mijn proeven met dien van hem overeenkomt, maar waarschijnlijk zal dat ongeveer het 3e uur zijn. Gaat men nu na, waar dan het optimum ligt, dan vind ik een duidelijk maximale intensiteit bij 35° (zie: Tabel 1). Op deze wijze ziet men, dat de resultaten van dat onderzoek wel degelijk met de mijne in overeenstemming zijn, maar dat de plaats van het optimum afhangt van den tijd, waarop waargenomen is.

Nog duidelijker blijkt dit, wanneer men in aanmerking neemt de getallen, die gevonden zijn voor het eerste half uur en het eerste kwartier, en de waarden vergelijkt, die men vindt voor de ademhaling gedurende 1 uur voor 100 planten, berekend naar kortere en langere waarnemingen:

TABEL II.

CO ₂ -afscheiding bij	per uur berekend naar waarnemingen van:			
	2 uur	1 uur	$\frac{1}{2}$ uur	$\frac{1}{4}$ uur
40°	67.7	77.7	79.2	82.0
45°	59.9	73.0	82.0	91.6
50°	56.0	76.4	92.6	100.0

Berekent men dus de CO₂-afscheiding naar waarnemingen van 2 uur, dan wordt ze van af 40° steeds minder; berekend naar 1 uur, schommelen de hoeveelheden een weinig op en neer, zooals reeds besproken is, terwijl de kortere waarnemingen een stijging geven tot aan de

¹⁾ CLAUSEN. l. c. pag. 903 en pag. 905.

temperatuurgrens van het leven. In dit opzicht is de theorie van BLACKMAN dus geheel van toepassing, en hier is met cijfers aangetoond, wat voor hem feitelijk theorie was, daar voor assimilatie de verkregen hoeveelheden te klein waren om waarnemingen van zoo korten duur te kunnen doen.

Ook bij deze bepalingen gedurende opeenvolgende halve en kwart uren blijkt de achteruitgang aanwezig te zijn, die beschreven is voor de 1 uur-waarnemingen. De lijnen van Fig. 8 en 9 geven dit duidelijk aan; het verloop bij opeenvolgende temperaturen is geheel vergelijkbaar met dat van de krommen van Fig. 7; de helling der lijnen wordt met stijgende temperatuur steeds grooter. Het zeer regelmatig verloop dezer lijnen, waarbij de hoeveelheden CO_2 betrekkelijk gering zijn, zijn m. i. bovendien een bewijs voor de bruikbaarheid en betrouwbaarheid der methode.

Proef LVIII voor 40° geeft een veel ongelijkmatiger verloop; het was een der eerste proeven, die ik met zulk een korten waarnemingstijd nam. Een paar voorloopige proeven

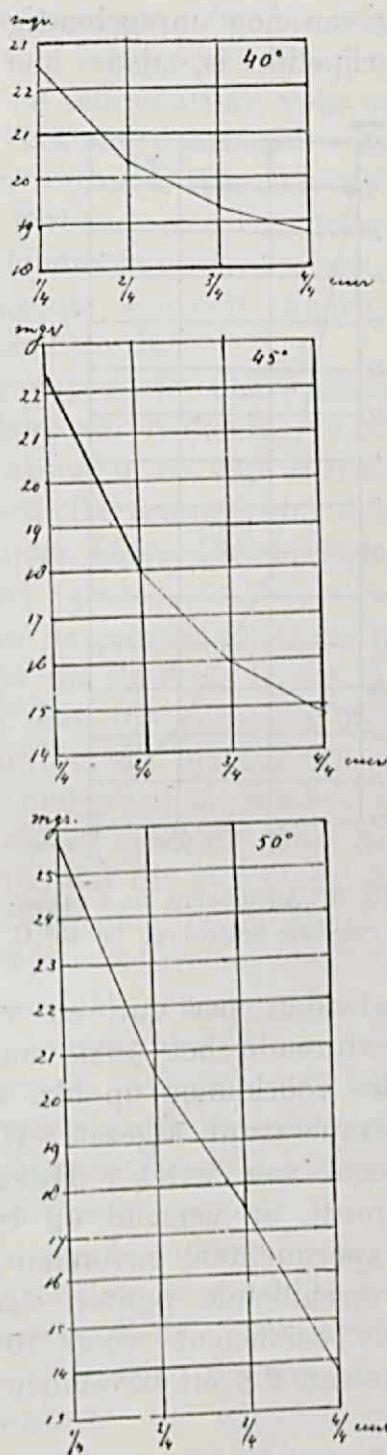


Fig. 8. Ademhaling gedurende 4 opeenvolgende kwartieren bij 40° , 45° en 50° C.

gaven nog onregelmatiger uitkomsten, hetgeen zeer begrijpelijk is, daar hier kleine schommelingen in de

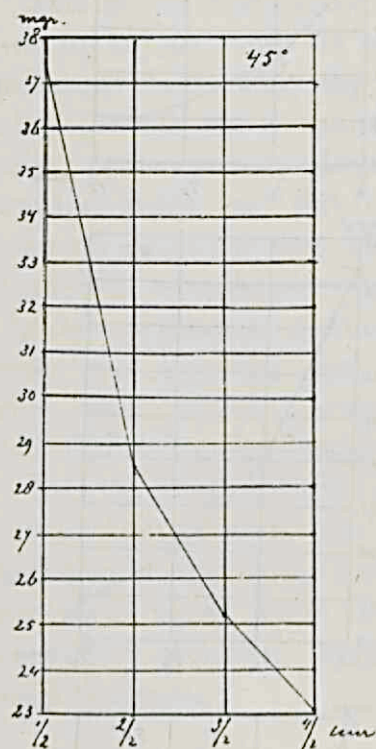


Fig. 9. Ademhaling in 4 opeenvolgende halve uren bij 45° C.

temperatuur natuurlijk veel meer invloed hebben, omdat de duur ervan veel grooter percentage van den totalen waarnemingstijd uitmaakt dan bij lange waarnemingen. Bovendien treedt hier sterk op den voorgrond de op blz. 38 beschreven moeilijkheid, om het juiste oogenblik van begin te vinden. Het verloop der lijnen is een voldoende waarborg, dat dit tijdstip goed bepaald is.

Er blijft nu over de theorie van BLACKMAN te toetsen aan het geheele verloop der ademhaling. De figuur op plaat II is geheel geconstrueerd naar het diagram van BLACKMAN.¹⁾

De lijn AF is geconstrueerd, door als ordinaten te nemen de hoeveelheden CO₂ afgescheiden per uur, en voor temperaturen van af 35° gedurende het eerste uur, dus dezelfde hoeveelheden, die voorkomen op blz. 41. Op de abscissenas is de temperatuur afgezet. Het stuk AE voldoet aan den regel van VAN 'T HOFF-ARRHENIUS, maar van af E treedt er verschil op tusschen de theoretisch en de experimenteel gevonden waarden. De ordinaten van de verschillende punten van lijn EB zijn berekend, door als coëfficiënt voor 10° temperatuurverschil aan te nemen 2.8 en bovendien door de waarden van 10°, 15°

¹⁾ BLACKMAN. l. c. pag. 284.

en 20° als standaardwaarden te beschouwen (zie blz. 36).

In het vlak van teekening is dus aangegeven een verband tusschen reactiesnelheid en temperatuur; volgens de voorstelling van BLACKMAN bestaat daarnaast voor elke constante temperatuur een verband tusschen tijd en ademhalingsintensiteit. Dit verband wordt gegeven door lijnen, die liggen in een vlak loodrecht op de abscissen-as, in het punt, dat de temperatuur aangeeft, waarbij het gewenschte verband gezocht wordt.

Dit tweede vlak is omgeslagen gedacht naar rechts volgens de snijlijn met het vlak van teekening; deze snijlijn heeft voor den tijd een abscis 0, en van af deze lijn geeft de abscissenas dus voor elke temperatuur den tijd aan. Op deze wijze zijn de lijnen D_1D_6 , C_1C_6 en B_1B_6 geconstrueerd met de cijfers uit tabel 1.

Volgens BLACKMAN zouden nu de punten D, C en B te vinden zijn door extrapolatie uit de reeks D_1 tot D_6 enz., maar hij zelf voegt er bij, dat zijn gegevens niet talrijk en nauwkeurig genoeg zijn om dit mathematisch zuiver te doen. Hij legt dus eenvoudig een vloeiende lijn door alle punten, wat bij zijn cijfers mogelijk blijkt te zijn. In mijn geval is het duidelijk, dat dit niet mogelijk is; de lijnen D D_6 enz. zijn niet vloeiende lijnen, hoewel niet ontkend kan worden, dat er een zekere regelmatigheid is in het verloop der stukken DD_1 enz., vergeleken met dat der stukken D_1D_6 enz.; de meerdere of mindere helling der eerste stukken komt n.l. overeen met die der laatstgenoemde. Voor een mathematische behandeling geldt hetzelfde, wat BLACKMAN gezegd heeft: de gegevens zijn niet talrijk en niet precies genoeg.

Het komt mij voor, dat deze figuur voldoende vergelijkbaar is met die van BLACKMAN om te mogen concludeeren, dat ook voor ademhaling diens opvattingen *in het algemeen* juist zijn; het van toepassing zijn van den regel van VAN 'T HOFF-ARRHENIUS, de regelmatige achteruitgang bij hogere temperatuur en ook zelfs

de vorm der lijnen DD_6 enz. zijn allen punten van overeenstemming.

Aan den anderen kant geeft juist de quaestie van de mogelijke extrapolatie om D, C en B te vinden een groot onderscheid aan. Hier kan men die extrapolatie *niet* toepassen, maar toch meen ik te mogen aannemen, dat een betere kennis van het ademhalingsproces, b.v. 't kunnen splitsen van dit proces in verschillende deelen, die naast elkaar verlopen, dit onderscheid aanmerkelijk kleiner kan maken. Bij de bespreking van verdere waarnemingen zal blijken in hoeverre er aanleiding is voor een dergelijke analyse van het proces.

Uit de cijfers voor 40° en hooger blijkt voldoende de sterke daling der CO_2 -afscheiding. 't Is wel zeer eigenaardig, dat van een dergelijke sterke daling in de gegevens van vorige onderzoekers bijna niets te zien is. Bij ZIEGENBEIN¹⁾ is het niet duidelijk, of hij zijn waarnemingen in opeenvolgende uren heeft gedaan; de voor elke temperatuur meegedeelde cijfers laten in elk geval geen geregelde daling zien. Het belangrijkste zijn ook hier weer de proeven van CLAUSEN,²⁾ daar deze de nauwkeurigste opgaven doet. Hier vinden we voor *Lupinus* voor 40° een zeer geringe daling in één geval, een zwakke stijging in twee gevallen; voor 45° in één geval stijging, in twee gevallen daling, voor 50° steeds daling. Deze daling bedraagt dan hoogstens 1 à 2 mgr.; dus zelfs als men bedenkt, dat CLAUSEN lang verwarmde, voordat hij waarnam, en men zijn cijfers dus moet vergelijken met die, welke bij mij voor ongeveer het 3e en 4e halfuur gevonden zijn, zijn die verschillen bijzonder klein.

Zooveel is zeker uit de meegedeelde cijfers op te maken, dat bij hogere temperaturen de een of andere schadelijke invloed zich doet gelden en de intensiteit der CO_2 -af-

¹⁾ ZIEGENBEIN. l. c. pag. 594—598.

²⁾ CLAUSEN. l. c. pag. 902—906.

scheiding daardoor achteruit gaat. Deze achteruitgang is het eerst aan te toonen bij 35° , maar ik meen in het eigenaardig verloop der krommen bij 25° en 30° (zie blz. 37) aanleiding te vinden tot de veronderstelling, dat ook daar reeds een dergelijke factor werkt, die een stijging der ademhaling tegengaat.

Ik heb nu getracht op een andere wijze de schadelijkheid van een temperatuur na te gaan, n.l. door te onderzoeken of verwarming gedurende eenigen tijd op die temperatuur, daarna invloed heeft op de ademhaling bij b.v. 20° , waar geen kans op schadelijke werking is. Ik voerde deze proeven zoo uit, dat ik eerst waarnam, hoe hoog de ademhaling bij 20° voor de gebruikte partij erwten was, daarna ze verwarmde tot op de gewenschte hoogte, en ze vervolgens eenige opeenvolgende uren weer bij 20° waarnam.

In de eerste plaats diende hierbij uitgemaakt te worden, of temperatuurwisseling als zoodanig invloed heeft, vooral daar de litteratuur hierover zeer tegenstrijdige resultaten vermeldt.

ZIEGENBEIN ¹⁾ deelt eenige proeven mee, waarbij hij kiemplanten van *Vicia Faba* en *Lupinus luteus* 5 uur lang verwarmde op 30° of op 42° — 45° . Bij de verwarming op 30° bleek de ademhalingsintensiteit gelijk te blijven; er was geen duidelijk onderscheid te constateeren tusschen de CO_2 -afgave voor en na de verwarming. Anders was het voor 42° — 45° ; hier bleek het, dat de ademhaling sterk gedaald was onder den invloed der hooge temperatuur.

PALLADIN ²⁾ gaat denzelfden invloed onderzoeken op een eenigszins andere manier. Hij wil werken met weinig groeiende plantendeelen, omdat dan de cijfers voor en na de verwarming beter vergelijkbaar zijn; 't is volkomen juist, dat hij dit vooropstelt, maar het lijkt mij minder goed gezien, dat hij nu afgesneden stengels van *Vicia Faba*

¹⁾ E. ZIEGENBEIN. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XXV, pag. 603, 1893.

²⁾ W. PALLADIN. Revue générale de botanique, t. XI, pag. 241, 1899.

gaat gebruiken. Bovendien houdt hij de temperatuur weinig constant, want hij geeft aan:

18°—20°, 35°—37°.5.

't Resultaat van zijn proeven is, dat *elke* temperatuurwisseling een toeneming van de ademhaling ten gevolge heeft en wel van 40 %—50 %. De methode, die hij volgde was deze, dat hij drie partijen stengel 3—5 dagen respectievelijk bij kamertemperatuur, lage temperatuur en hooge temperatuur kweekte op saccharose-oplossing. Daarna nam hij de drie partijen gedurende eenige uren bij dezelfde temperatuur waar, en wel bij kamertemperatuur. 't Lijkt mij twijfelachtig, of de veranderingen, die hier optreden, werkelijk 't gevolg van temperatuurwisseling zijn; zeer zeker is dit geval niet vergelijkbaar met dat, wat zich bij mijn proeven voordeed.

Ten slotte is er een onderzoek van ZALENSKI ¹⁾, waarover ik alleen een referaat kon lezen, daar het stuk in het Russisch geschreven is. Bijzonderheden ontbreken daardoor geheel. De schrijver komt tot het resultaat, dat 2½ uur verwarmen op 38°.8 de ademhaling sterk doet stijgen, indien men ze beoordeelt naar waarnemingen, die 4—6 uur na de verwarming gedaan worden bij kamertemperatuur; de stijging wordt steeds minder naarmate men deze waarnemingen later doet, en na 6 dagen is het resultaat weer hetzelfde als te voren. Als object dienden de bollen van *Gladiolus*. „Bei längere Zeit dauerndem Erwärmen bis 38°—40° C fängt die Atmungsenergie der Zwiebeln an langsam abzunehmen,” zegt ZALENSKI in zijn referaat verder. Alleen de methode van ZIEGENBEIN is dus eenigszins vergelijkbaar met de mijne, en zijn resultaten komen dan ook met de mijne overeen.

¹⁾ W. ZALENSKI. Memoiren des Instituts für Land- und Forstwirtschaft in Nowo-Alexandria, Bd. XV. (Russisch) Referaat in: Botan. Centralblatt, Bd. XCV, pag. 251, 1904.

Ik heb in de eerste plaats den invloed van verandering van temperatuur nagegaan bij temperaturen, waar geen enkele kans op een schadelijke werking aan te nemen is, n.l. door eerst waar te nemen bij 5° , daarna bij 25° en dan weer bij 5° . Ik geef hier de tijden, waarop verschillende temperaturen bereikt waren, om te laten zien, hoe snel de verandering plaats greep:

om 11 u. 17'	temp. 5°
„ 11 u. 40'	„ 20°
„ 11 u. 45'	„ 25°
van 11 u. 45'—12 u. 45'	„ 25°
om 12 u. 50'	„ 20°
„ 1 uur	„ 10°
„ 1 u. 6'	„ 6°
om 1 u. 53'—2 u. 53'	„ 5°

Zooals men ziet, was door het vervangen van warm water door koud, de temperatuur in 15 min. 15° gedaald.

De ademhaling bedroeg $\left\{ \begin{array}{l} \text{vóór verwarming 7.8 mgr.} \\ \text{na verwarming 8.4 „} \end{array} \right.$
 dus een zeer onbelangrijke stijging, totaal verschillend van wat PALLADIN waarnam; de overeenkomst tusschen de beide hoeveelheden is zoo, dat men mag concluderen, dat geen invloed bestaat.

Een proef, waarbij verwarming van 20° op 30° plaats had, gaf hetzelfde resultaat; daarentegen zag men bij stijging der temperatuur tot 40° een aanmerkelijken achteruitgang, zooals tabel IV (blz. 50) aantoonst. Het was nu bovendien noodig na te gaan, hoelang na de verwarming het minimum van CO_2 -afscheiding optrad, omdat dit het punt is, dat in de verschillende proeven vergelijkbaar is. Ik heb daartoe de ademhaling gedurende langen tijd vervolgd met het volgende resultaat:

TABEL III. PROEF LXXIV.

Waarnemings- tijd.	Temp.	mgr. CO ₂
8.05— 9.05	20°	31.6
9.40—10.40	40°	
11.40—12.40	20°	26.6
12.40— 1.40	„	23.7
1.40— 2.40	„	25.0
3.13— 4.13	„	27.0
4.13— 5.13	„	28.3
5.13— 6.13	„	28.9

Hieruit blijkt, dat het derde uur na het einde der periode van hooge temperatuur een minimum bereikt wordt; dat daarna de intensiteit langzaam toeneemt, en dat ongeveer 8 uur na dat einde de oorspronkelijke hoogte weer bereikt is, zooals trouwens nog duidelijker is in proef LXXI.

Ik laat hier volgen een tabel, waaruit de invloed van verschillende temperaturen op te maken is:

TABEL IV.

Verwarmd gedurende 1 uur op:	Mgr. CO ₂ afgescheiden per uur bij 20°	
	voor de verwarming	na de verwarming
45°	28.1	12.9
43°	29.5	14.8
40°	28.1	22.5
35°	29.5	28.1
30°	27.6	30.4

Voor de derde kolom is in deze tabel gebruik gemaakt van het laagst waargenomen getal. Een temperatuur van 40° werkt nog duidelijk ongunstig, 35° heeft zeer geringen invloed en 30° een gunstigen, zoodat ook hier van een schadelijke werking van temperaturen beneden 35° niets merkbaar is. Ten opzichte van den invloed van temperatuurwisseling blijkt wel, dat mijn waarnemingen overeenstemmen met die van ZIEGENBEIN, n.l.: verwarming tot niet schadelijke temperaturen (30° — 35°) heeft geen, tot hoogere een ongunstigen invloed. De kleine stijging bij 30° zou ik nog niet direkt als bewijs van gunstigen invloed willen opvatten; het is best mogelijk, dat 27.6, de opbrengst vóór de verwarming, laag is door te spoedig waarnemen, terwijl 30.4 een getal is, dat geheel normaal ook voor 20° gevonden kan worden.

Ik veronderstelde nu, dat de invloed, dien verschillende *tijd* van verwarmen zou hebben, ongeveer op dezelfde wijze met dien tijd moest samenhangen als de achteruitgang bij opeenvolgende waarnemingen onder den invloed van een constante temperatuur, dat dus de graphische voorstelling hetzelfde type lijn zou geven.

Ik koos om dit na te gaan 43° als temperatuur, daar hier de invloed zeer sterk is, en er aan den anderen kant geen sprake van afsterven van cellen is, waarvoor de kans bij 45° tenminste grooter is.

't Is zeer moeilijk te bepalen, wanneer precies 43° bereikt is; daardoor vormt de duur der verwarming geen mooie reeks; ik heb eenvoudig aangenomen, dat 12 minuten, nadat de thermometer in het vat 43° aanwees, de erwten ook op deze temperatuur waren, zooals uit de thermoëlectrische waarnemingen volgde. 't Hindert bovendien uiterst weinig bij deze proeven of de objecten 0.1° à 0.2° lager blijven. Natuurlijk moest het op temperatuur brengen zoo snel mogelijk geschieden, daar anders de reeds schadelijke temperatuur van 35° — 43° te veel invloed zou hebben.

De eerste bepaling werd dan ook zoo uitgevoerd, dat eenvoudig tot 43° verhit werd en terstond daarop afgekoeld; deze proef geeft dus den achteruitgang voor een tijd 0.

Het afkoelen geschiedde door warm water door koud te vervangen en verliep zeer snel; ik geef hier als voorbeeld nog eens de tijdstippen, waarop in bovenbedoelde proef verschillende temperaturen bereikt werden.

Tijdstip	11.07	11.21	11.27	11.37	11.39	11.45	11.55
Temp.	20°	35°	41°	43°	40°	30°	22°

In de volgende tabel zijn voor het gemak de cijfers zoo omgerekend, dat de ademhaling vóór de verwarming op 30 mgr. is gesteld:

TABEL V.

Verwarming op 43° gedurende	mgr. CO_2 afgescheiden per uur bij 20°	
	voor de verwarming	na de verwarming
0 min.	30	26.4
20 „	30	20.7
40 „	30	17.0
72 „	30	15.0
95 „	30	13.9

Stelt men het verband tusschen tijd en opbrengst van het ademhalingsproces na verwarming graphisch voor, dan ziet men uit fig. 10, dat hier zich weer de logaritmische lijn vertoont. De abscis geeft den tijd aan van verwarming, de ordinaat de hoeveelheden, omgerekend als in de laatste kolom van bovenstaande tabel.

Zooals reeds boven meegedeeld is, wordt de schadelijke invloed langzamerhand weer opgeheven, zoodat na 8 uur de oorspronkelijke hoogte weer bereikt is, tenminste bij verwarming op 40° gedurende 1 uur.

Bij $1\frac{1}{2}$ uur verwarmen op 43° duurt dit blijkbaar veel langer; ik vond daar het volgende:

de temperatuur was 43° van 11.08'—12.40'

ademhaling bij 20° „ 2.45'— 3.45' 13.2 mgr. CO_2

„ „ 3.45'— 4.45' 13.6 „ „

„ „ 8.03'— 9.03' 15.2 „ „

Na 8 uur was dus nog maar een kleine vooruitgang merkbaar.

Ik heb hetzelfde nog eens nagegaan voor verwarming

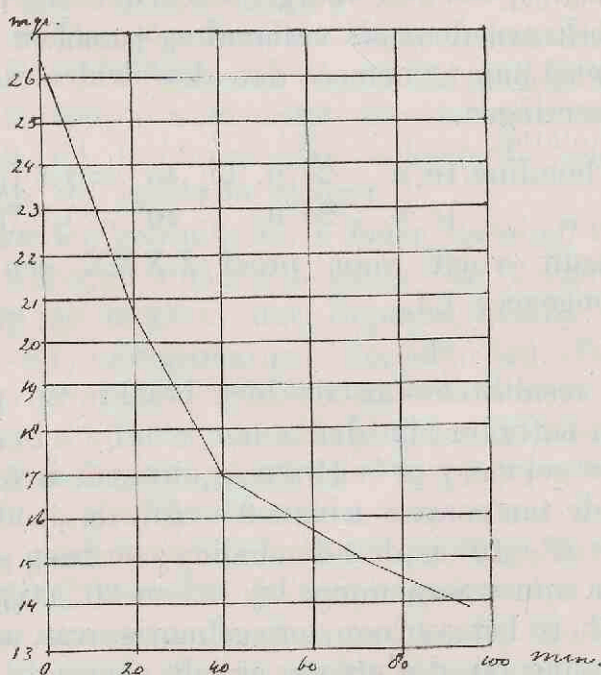


Fig. 10. Ademhaling bij 20° na verschillend lange verwarming op 43° C.

op 40° gedurende een half uur, en vond daar als tijd, noodig voor herstel der oorspronkelijke intensiteit, 7 uur.

Blijkbaar heeft de hoogte van de temperatuur meer invloed op dezen tijd dan de duur der verwarming.

Aan den anderen kant stemmen alle proeven daarin overeen, dat na 2 uur 't minimum wordt bereikt en daarna de stijging begint. Gedurende dien tijd blijft het ademhalingsmechanisme dus blijkbaar in zijn beschadigden toestand. Ik heb dit ook geconstateerd door erwten eerst te verwarmen op 43° , daarna $2\frac{1}{2}$ uur op 20° te laten en dan weer bij 43° waar te nemen (proef LXXX).

De hoeveelheid, die ik gedurende deze laatste waarneming constateerde, komt vrij wel overeen met die, welke ik kon verwachten, wanneer ik direct het 2de uur bij 43° had waargenomen; deze hoeveelheid is n.l. te berekenen door als verhouding tusschen 1e en 2e uur een getal aan te nemen, dat af te leiden is uit vroegere waarnemingen.

Verhouding 1e u. : 2e u. bij $45^{\circ} = 1.5$ (proef XLIV).

„ 1e u. : 2e u. „ $40^{\circ} = 1.3$ (proef XI).

Hieruit volgt voor proef LXXX een verhouding van ongeveer 1.4.

De resultaten van de hier beschreven proeven met *Pisum sativum* zijn dus:

De regel van VAN 'T HOFF-ARRHENIUS is van toepassing voor de temperaturen van 0° — 20° ; de coëfficiënt is 2.8.

Van 0° — 10° is de ademhaling constant gedurende de 6 uren van waarneming; bij 15° en 20° stijgt ze, bij 25° en 30° is het verloop onregelmatig, van af 35° treedt een daling op, die grooter wordt naarmate de temperatuur stijgt. De achteruitgang in opeenvolgende uren vertoont een logarithmische kromme.

Deze logarithmische val is ook te constateeren bij opeenvolgende kortere waarnemingstijden.

Het optimum verschuift met den tijd van waarneming, en valt voor half-uur-waarnemingen reeds samen met het maximum.

Temperatuurswisseling heeft als zoodanig geen invloed; ze heeft een achteruitgang in ademhalingsintensiteit ten gevolge, indien de temperatuur op zich zelve schadelijk is.

§ 2. Proeven met *Lupinus luteus*.

De zaden werden op dezelfde wijze behandeld als die van *Pisum*, terwijl ik ook verschillende bijzonderheden, die ik voor *Pisum* eerst moest onderzoeken, heb toegepast op *Lupinus*, voor zoover dit punten betrof, die op de methode sloegen.

De zaden werden gebruikt na 4 dagen kieming, waarvan 1 dag in water en 3 dagen in zaagsel. In 't algemeen meende ik op te merken, dat *Lupinus* minder goed kiemde en veel onregelmatiger groeide dan *Pisum*. Ik zaaide dus grootere hoeveelheden, waardoor ik beter gelegenheid had om 100 gemiddelde plantjes uit te kiezen. Ik gebruikte ook hier weer telkens 100 plantjes, waarvan ik later het gewicht bepaalde. *Lupinus* is bovendien minder goed tegen hooge temperatuur bestand; na 6 uren bij 45° b.v. was de turgor gedeeltelijk reeds verdwenen en waren de wortels eenigszins bruin; in zaagsel gelegd, groeide slechts een klein deel door, terwijl de wortels bij allen bijna ten gronde gingen.

Ik heb nagegaan, of de bij *Pisum* verkregen resultaten ook golden voor *Lupinus*. Er zijn hier minder proeven genomen, daar slechts noodig was het algemeen verloop vast te stellen.

In onderstaande tabel geef ik de cijfers, verkregen bij verschillende temperaturen in opeenvolgende uren.

TABEL VI.

Temp.	Hoeveelheid CO ₂ in mgr., afgescheiden gedurende het						Gemidd. mgr. per uur
	1e uur	2e uur	3e uur	4e uur	5e uur	6e uur	
5°	5.2	5.4	5.0	4.5	4.5		4.9
10°	8.0	7.8	7.8	8.2	8.5	8.2	8.1
15°	11.2	12.2	13.4	13.4	13.6	13.2	12.9
20°	20.9	21.9	22.9	22.5	21.1	21.5	21.8
25°	30.5	31.6	30.5	29.9	28.3	27.9	
30°	37.9	37.1	34.7	34.6	32.4	31.8	
35°	43.8	43.3	42.1	41.4	41.0	39.3	
40°	58.0	49.7	45.1	41.8	42.3	42.1	
45°	57.1	42.3	35.8	34.9	34.0	31.4	
50°	49.9	12.0	5.7				

Doordat veel minder proeven genomen werden, zijn de uitkomsten ook minder betrouwbaar.

Bij 5° en 10° blijkt ook hier de ademhaling constant te zijn. Bij 15° daarentegen is een zeer duidelijke stijging te zien; dit verloop komt dus geheel overeen met dat bij *Pisum*. Bij 20° vertoont zich een eenigszins andere lijn, n.l. eerst treedt stijging op, dan daling; nu is dit wel 't verschijnsel, dat zich ook eenigermate bij *Pisum* voordoet, maar daar treedt het hoogtepunt eerst later op, gewoonlijk na 6 uur. Toch heb ik bij 20° voor berekening van het gemiddelde alle cijfers van een reeks van 6 uur gebruikt. Ik vind nu voor de temperaturen van 5°—20° uit *alle* gegevens de volgende waarden:

5°	4.9 mgr.
10°	8.3 „
15°	12.9 „
20°	21.2 „

Hieruit volgen de verhoudingen:

$$\frac{A_{15}}{A_5} = \frac{12.9}{4.9} = 2.6. \quad \frac{A_{20}}{A_{10}} = \frac{21.2}{8.3} = 2.6.$$

Wanneer we verder de verhouding $\frac{A_{25}}{A_{15}}$ bepalen, en voor A_{25} nemen 't gemiddelde van de in het eerste uur waargenomen hoeveelheden, blijkt hier het quotiënt 2.5 te zijn, zoodat voor *Lupinus* de regel van VAN 'T HOFF-ARRHENIUS opgaat van 0°—25° met een coëfficiënt 2.6. Bepalen we dezelfde verhoudingen uit de gegevens van CLAUSEN ¹⁾, dan vinden we:

$$\frac{A_{10}}{A_0} = 2.5 \quad \frac{A_{15}}{A_5} = 2.5 \quad \frac{A_{20}}{A_{10}} = 2.4 \quad \frac{A_{25}}{A_{15}} = 1.7.$$

Dus is de coëfficiënt vrijwel dezelfde, maar de verhouding voor 25° is veel lager. Misschien heeft CLAUSEN langer gewacht, voordat hij waarnam, zoodat hij eerst een lagere waarde vond, of is misschien het verschil hieraan toe te schrijven, dat hij oudere kiemplanten gebruikte, en deze andere verhoudingen gaven?

Bovendien bestaat nog een andere kans. Bij 25° verloopt de ademhaling vaak onregelmatig; hij kan nu b.v. juist een van de laagste waarden waargenomen hebben.

Eén keer heb ik dezelfde plantjes eerst waargenomen bij 10°, daarna bij 20° (proef XCVIII); ik vond daar het quotiënt = 2.7. Blijkbaar is hier 25° de temperatuur, waar het onregelmatig verloop zich het meest vertoont; de cijfers in tabel VI geven b.v. een vrij geregelde achteruitgang, maar een geheel ander beeld geeft proef CVIII. Daar vindt men:

voor 25° 33.7 29.5 32.1 29.5 mgr.
in 4 opeenvolgende uren.

¹⁾ CLAUSEN. l. c. pag. 901.

Bij hogere temperatuur vinden we constant een achteruitgang; bij 30° en 35° is deze vrij regelmatig; de kromme wijkt betrekkelijk weinig van een rechte lijn af, en eerst bij 40° treedt een val op, die aan een logaritmisch verloop doet denken. De krommen zijn hier veel minder vloeiend, wat ik voor een deel toeschrijf aan het geringere aantal proeven, waardoor ik niet zoo goed over dit materiaal kon oordeelen, en dat ik voor een deel ook in verband breng met het onregelmatig verloop der kieming, enz.

De gemiddelden van al mijn waarnemingen geven voor de verschillende temperaturen de volgende opbrengst:

voor	25°	30°	35°	40°	45°	50°
mgr. CO_2	32.3	37.9	49.5	54.5	55.0	49.9

Hieruit volgt een optimum tusschen 40° en 45° . Wanneer ik echter naast het gemiddelde telkens de hoogste en de laagste waarden aangeef, waartusschen de ademhaling schommelt, dan zal men zien, dat ook hier bij waarnemingen van 1 uur het optimum zeer twijfelachtig is.

TABEL VII.

temp.	min.	max.	gemidd.
35°	43.2	55.2	49.5
40°	51.1	58.0	54.5
45°	53.7	57.1	55.0

De laagste grens ligt dus het hoogst voor 45° , de hoogste voor 40° , terwijl de gemiddelde waarde weer het hoogst is bij 45° .

Ook een beschouwing der cijfers op deze wijze pleit nog het meest voor een optimum bij 45° .

Ook half-uur-waarnemingen geven de hoogste opbrengst bij 45°; n.l. 40° . . 26.9 mgr.

45° . . 30.1 „

Zooals ik reeds opmerkte is 6 uur verblijf in een temperatuur van 45° voor het meerendeel der planten dooddelijk; blijkbaar ligt dus de hoogste opbrengst vlak bij de temperatuurgrens van het leven.

Waarnemingen gedurende het tweede uur geven een optimum bij 40°. Dit is ook hetgeen CLAUSEN vindt, waarbij dient opgemerkt te worden, dat bij hem de opbrengst bij 50° bijzonder veel lager ligt, omdat hij de objecten eerst 2 uren op die temperatuur hield.¹⁾

In twee opzichten past dus het verloop der ademhaling ook bij *Lupinus* in de opvatting van BLACKMAN.

Er blijft over na te gaan, hoe groot de overeenstemming in het derde punt is: n.l. in hoeverre uit de cijfers, gevonden voor opeenvolgende uren bij 40°, 45° en 50°, door extrapolatie waarden kunnen worden berekend, die overeenkomen met de volgens den regel van VAN 'T HOFF-ARRHENIUS theoretisch bepaalde. Ook hier geldt volkomen hetgeen ik voor *Pisum* heb gezegd: een figuur, geconstrueerd als plaat II voor *Pisum* geeft geheel hetzelfde beeld; alleen heeft de stijging der theoretische waarden niet zoo snel plaats, daar de coëfficiënt voor 10° lager is. Plaat III, hoewel voor *Triticum* geconstrueerd, geldt in het algemeen ook voor *Lupinus*.

§ 3. Proeven met *Triticum vulgare*.

Om van deze plantensoort geschikte kiemplantjes te krijgen, volgde ik een eenigszins andere methode dan bij de vorige objecten. Eerst werden de korrels één dag in water gelegd en daarna op zaagsel gebracht. Dit

¹⁾ CLAUSEN. l. c. noot op pag. 903.

zaagsel bevond zich in platte geglazuurde schalen, waardoor het mogelijk was het zeer vochtig te houden. Ik gebruikte zooveel water, dat bij schuinhouden der schotels zich zeer spoedig vloeistof aan de laagste zijde verzamelde. Op dit zaagsel werden de geweekte korrels uitgespreid, zonder dat ze daarna bedekt werden, daar 't dan later moeilijkheden opleverde de kiemplantjes vlug in grooten getale eruit te halen. Als de vochtigheidstoestand nu goed is, dringen de wortels niet in het zaagsel, maar tillen integendeel de korrels omhoog, zoodat men nu na 3 dagen de geheele gekiemde massa bij stukken van de schalen kan verwijderen, doordat bovendien de wortels door elkaar heen zijn gegroeid en zoo de plantjes onderling verbonden zijn. Door schudden op een zeef reinigde ik deze massa weer, liet dan 't water een poosje afdruipen en stortte alles uit op filtreerpapier, waardoor nog weer een hoeveelheid water weggenomen werd. Hierna woog ik 50 gram af.

Ik gebruikte bij *Triticum* minder aluminiumplaten in het ademhalingsvat en nam grootere tusschenruimten; op deze wijze toch kan de lucht goed circuleeren. *Triticum* is een veel constanter materiaal dan *Lupinus*.

Daar ik noch met *Lupinus*, noch met *Triticum* proeven heb genomen, die over een lang tijdsverloop verdeeld waren, kan ik geen oordeel uitspreken over de vraag of deze zaden tijdens het bewaren veranderen; daar de tijd, die verliep tusschen de eerste en laatste proef korter is dan bij *Pisum*, doet het ook minder ter zake.

De *Triticum*-kiemplanten bereiken door de fijne wortels en kleinere afmeting der korrels waarschijnlijk eerder de temperatuur der omgeving dan de andere gebruikte planten; ook bij hooge temperaturen liet ik gewoonlijk maar 10—15 minuten verloopen tusschen het begin der proef en 't oogenblik, dat de thermometer in het vat tot de gewenschte hoogte gestegen was.

Ook met *Triticum* heb ik betrekkelijk weinig proeven

genomen; ik wilde slechts de feiten, bij Pisum verkregen, verifieeren aan een zaad, dat bijzonder zetmeelrijk was.

Ik geef hier weer een overzicht van de ademhaling bij temperaturen, die telkens met 5° opklimmen. De gemiddelden zijn voor 15° , 20° , 25° en 30° bepaald uit de cijfers der eerste drie uren.

TABEL VIII.

Temp.	Hoeveelheid CO ₂ in mgr., afgescheiden gedurende het						Gemidd. mgr. per uur
	1e uur	2e uur	3e uur	4e uur	5e uur	6e uur	
0°	4.4	4.4					4.4
5°	7.6	7.2					7.4
10°	11.0	11.2					11.1
15°	21.3	22.0	22.0	22.9	22.4	22.4	21.8
20°	26.9	27.3	27.1	28.1	28.7		27.1
25°	36.4	36.4	36.4	39.2	40.8	40.8	36.4
30°	45.7	46.1	47.3	50.3	49.7	50.5	46.1
35°	48.2	44.6	49.7	46.2	47.7	46.8	
40°	51.8	45.4	42.4	38.2	36.4	35.8	
45°	48.7	40.4	33.7	29.7	26.7	24.8	
50°	42.2	22.0	12.4	10.0	9.2	8.8	

Bepalen we in de eerste plaats weer de verhouding der intensiteiten voor temperaturen, die 10° verschillen, dan vinden we:

$$\frac{A_{10}}{A_0} = \frac{11.4}{4.4} = 2.6. \quad \frac{A_{15}}{A_5} = \frac{19.6}{8.2} = 2.4.$$

$$\frac{A_{20}}{A_{10}} = \frac{26.4}{11.4} = 2.3. \quad \frac{A_{25}}{A_{15}} = \frac{37.4}{19.6} = 1.9.$$

De gemiddelden zijn berekend uit alle beschikbare cijfers.
Bij CLAUSEN ¹⁾ vinden we:

$$\frac{A_{10}}{A_0} = 2.9 \quad \frac{A_{15}}{A_5} = 2.4 \quad \frac{A_{20}}{A_{10}} = 2.1 \quad \frac{A_{25}}{A_{15}} = 1.9.$$

In 't algemeen is het resultaat dus hetzelfde: de regel van VAN 'T HOFF-ARRHENIUS geldt voor *Triticum* van 0°—20°. De eenigszins andere verhoudingen bij CLAUSEN zijn misschien het gevolg van het gebruik van iets oudere planten. Het trekt hier de aandacht, dat zoowel bij mij als bij CLAUSEN de quotiënten dalen, naarmate de temperatuur stijgt; bij geen der andere objecten is deze daling zoo geregeld als hier.

De verhoudingen zijn vrij betrouwbaar, daar in proef CXIX dezelfde plantjes voor bepalingen bij 5° en 15° werden gebruikt, in proef CXVII en CXVIII dezelfde voor 10° en 20° en hier dezelfde quotiënten gevonden werden, terwijl de vergelijkbaarheid der cijfers grooter is.

Voor de ademhaling bij 0°—10° heb ik niet meer dan 2 bepalingen achter elkaar gedaan; over het constant blijven kan ik dus niet oordeelen, maar naar analogie met de andere objecten meen ik daartoe wel te mogen concludeeren.

De waarnemingen bij 15°, 20°, 25° en 30° geven allen hetzelfde beeld n.l. een stijging, die toeneemt met de temperatuur. Omdat deze stijging zoo belangrijk is, heb ik hier het gemiddelde uit de eerste drie waarnemingen berekend.

Bij 35° verandert plotseling het verloop; de figuren 11 en 12 geven krommen, die geteekend zijn naar de twee bij die temperatuur uitgevoerde bepalingen. Figuur 11 geeft een typisch op- en neergaande kromme; hier is duidelijk een schommelen om een gemiddelde waar te nemen, waarvan de hoogte ongeveer aan-

¹⁾ CLAUSEN. l. c. pag. 904.

gegeven wordt door de drie laatst waargenomen hoeveelheden. Figuur 12 vertoont een lijn, waaruit die sterke uitwijkingen verdwenen zijn, die praktisch stijgt noch daalt.

Bij 40° vertoont zich de steeds weer optredende geregelde logarithmische val, hoewel hier ook wel in de laatste uren schommelingen optreden (proef CXIII), die doen denken aan hetgeen bij *Pisum* bij ongeveer 35° of 37°.4 te zien is.

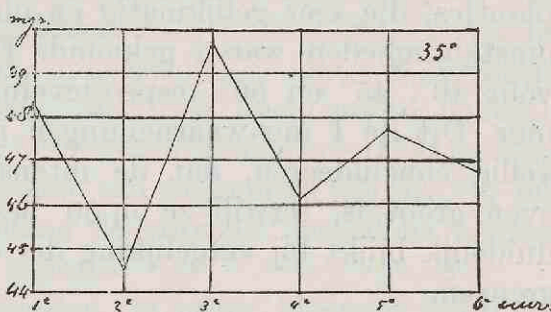


Fig. 11. Ademhaling bij 35° C.

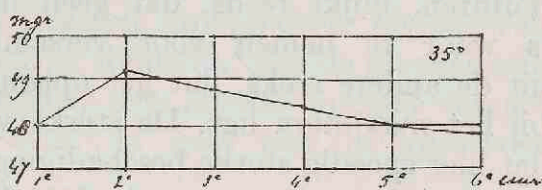


Fig. 12. Ademhaling bij 35° C.

De logarithmische achteruitgang is bij 45° en 50° geheel regelmatig.

Voor het beoordeelen van de quaestie van een optimum geef ik hier voor 40°, 45° en 50° alle waarnemingen, die ik daarvoor heb.

TABEL IX.

Temp.	Hoeveelheid CO ₂ waargenomen in het 1 ^e uur	Gemiddelde hoeveelheid	Hoeveelheid CO ₂ in het 1 ^e halfuur
40°	47.3	53.8	31.9
	51.8		
	60.5		
45°	48.7	52.4	31.0
	48.6		
	59.8		
50°	42.2	46.8	31.1
	52.8		
	45.5		

De waarnemingen, die in de laatste kolom vermeld zijn, werden gedaan in 2 opeenvolgende dagen met plantjes, die zeer gelijkmatig en onder bijzonder gelijke omstandigheden waren gekiemd. Een andere reeks gaf voor 40° , 45° en 50° respectievelijk 25.2, 25.6 en 29.2 mgr. Uit de 1 uur-waarnemingen mag men, dunkt me, veilig concludeeren, dat de intensiteit bij 40° en 45° even groot is, terwijl ze bij 50° beslist lager is, wat ook duidelijk blijkt bij vergelijking der onderste en bovenste grenzen.

Uit de eene reeks cijfers, vastgesteld voor de eerste halfuren, blijkt reeds, dat geen belangrijk onderscheid is waar te nemen voor verschillende temperaturen; uit de andere reeks, dat het optimum, indien aanwezig, bij het maximum ligt. De sterke val bij 50° toont aan, dat hier spoedig sterke beschadiging optreedt; de plantjes toonden dit na 6 uur ook duidelijk. Waarschijnlijk is dit object ook zeer geschikt om bij kortere waarnemingen de volledige verschuifbaarheid van het z.g. optimum aan te toonen. CLAUSEN vindt, dank zij zijn lang verwarmen op 40° enz. vóór het opvangen van het CO_2 ¹⁾, een duidelijk optimum bij 40° .

Plaat III geeft het gedrag weer van *Triticum*, vergeleken met de theorie van BLACKMAN. Het beeld is hetzelfde als voor *Pisum*; de coëfficiënt voor 10° is slechts lager.

§ 4. Proeven met *Crepis biennis*.

Om met een geheel ander object te werken, heb ik ten slotte een aantal proeven gedaan met bloemhoofdjes van een Composiet. Hier heeft men niet meer groeiende deelen, die weinig reservevoedsel bevatten. Ik gebruikte bloemhoofdjes, die pas open waren, en knipte ze

¹⁾ CLAUSEN. l. c. pag. 905.

af, zoodat er nog ongeveer $\frac{1}{2}$ cM. steel aan zat. Mijn bedoeling ging niet verder dan te onderzoeken of hier een achteruitgang merkbaar was; ik heb dus slechts bij hoogere temperatuur onderzocht. Voor een geregeld onderzoek is 't noodig, dat men over groote hoeveelheden materiaal kan beschikken, zoodat men niet de kans loopt, dat dit te eeniger tijd afgemaaid wordt. Bij mij was juist het afmaaien de oorzaak, waardoor verdere proeven onmogelijk waren.

Voor elke proef werden 50 gram bloemen gebruikt. Beschadiging treedt reeds na een of twee uur bij 45° op, na 6 uur waren de bloemen grootendeels afgestorven. De resultaten toonen zeer duidelijk, dat de proeven lang niet zuiver genoeg genomen zijn; allerlei vreemde onregelmatigheden komen voor. Ik geef hier de resultaten van al mijn proeven:

TABEL X.

Temp.	Hoeveelheid CO ₂ in mgr., afgescheiden in het:					
	1e uur	2e uur	3e uur	4e uur	5e uur	6e uur
30°	82.2	77.2	71.3	67.7	67.8	65.8
35°	101.6	99.8	92.1	86.5	85.3	80.7
40°	105.1	95.8	86.9	78.8	72.7	71.7
	117.6	114.9	85.8	82.7	79.7	
45°	132.7	93.3	53.1	26.5	11.5	4.4
50°	70.5	10.8				

Overall treedt een daling op; ook bij 30° is deze nog vrij sterk. Bij 40° en 45° is het verloop ervan vrijwel rechtlijnig; van een logarithmischen val is niets te zien. Volgens de waarnemingen in de eerste uren gedaan, ligt het optimum bij 45° , dus weer hoger dan het ge-

vonden werd door CLAUSEN¹⁾ en ZIEGENBEIN²⁾ voor bloemen; deze geven beide 40° aan.

Zooals reeds gezegd is, hadden deze proeven slechts ten doel te onderzoeken, of zich groote afwijkingen van de andere objecten voordeden; het is met deze weinige waarnemingen voldoende bewezen, dat dit niet het geval is.

¹⁾ H. CLAUSEN, l. c. pag. 906.

²⁾ E. ZIEGENBEIN, l. c. pag. 597.

HOOFDSTUK V.

Bespreking der resultaten.

Bij de objecten, waar ik ook bij lagere temperaturen heb waargenomen, in 't algemeen beneden 25° , doet zich overal in meerdere of mindere mate hetzelfde verschijnsel voor, n.l. de ademhaling blijft constant, wanneer men gedurende 6 opeenvolgende uren bij een constante temperatuur beneden 10° waarneemt; doet men hetzelfde bij constante temperaturen van 15° — 20° , dan vindt men voor het laatste uur een grootere intensiteit dan voor het eerste; de opeenvolgende uren vertoonen een geleidelijke stijging. Bij *Pisum* en *Lupinus* is die vooruitgang zwak, bij *Triticum* sterker.

Vroeger heb ik reeds besproken, dat ik ook zeer kleine verschillen hier als vooruitgang meen te mogen aanmerken, wegens het verschil, dat men waarneemt bij vergelijking van hetgeen bij verschillende groepen van temperaturen gebeurt. De vraag, wat deze stijging beteekent, trok reeds heel spoedig mijn aandacht, daar de voorloopige proeven, waarbij steeds *Pisum* gebruikt werd, alle bij 20° of 21° genomen werden. Zooals ik reeds in het vorige hoofdstuk besprak (blz. 32), vertoonde de ademhaling bij 20° een kromme met een maximum; de vochtigheidstoestand bleek op dit verschijnsel invloed te hebben, want na het plaatsen van bakjes water in het ademhalingsvat, verschoof dit hoogste punt tot aan het einde van het 6^{de} uur.

Werd misschien dit verloop ook beïnvloed door het

verblijf der erwten in het toestel? Om dit te onderzoeken, nam ik proeven, waarbij ik de planten 3 uur in het toestel liet, voordat waarnemingen werden gedaan; positief resultaat verkreeg ik niet. De uitkomsten waren te wisselvallig om iets te concluderen; de hoofddruk was, dat deze tijd van voorloopig verblijf in het toestel, weinig invloed had; d. w. z., dat men daarna in de waargenomen uren toch weer een maximum zag. Meer pleitte er voor een andere hypothese, dat n.l. het verschijnsel berust op een bepaald verloop der ademhaling op den vierden kiemingsdag, dat dus de intensiteit der ademhaling samenhangt met het stadium der kieming.

Op grond van al mijn verdere proeven vind ik geen reden om aan een invloed van het toestel te denken; een gunstige invloed van de temperatuur is niet gemakkelijk aan te nemen, want waarom zou dan later een daling optreden? Dat deze optreedt, blijkt uit proeven, die ik 10 uur en zelfs 13 uur liet duren; de laatste uren gaven dan gewoonlijk een opbrengst, die onder het in het begin bereikte maximum lag; bij onderlinge vergelijking vertoonden deze uren een gelijk blijven of een geringe daling. Ten slotte heb ik één keer de ademhaling gedurende 24 uur vervolgd; gedurende het eerste gedeelte nam ik uur na uur waar, daarna met tusschenpoozen van 2 uur. Ziehier het resultaat:

8 Sept.	10.01—11.01	30.8 mgr.
	11.01—12.01	33.0 „
	12.01— 1.01	33.4 „
	1.01— 2.01	33.9 „
	2.01— 3.01	35.4 „
	4.01— 5.01	35.2 „
	7.04— 8.04	34.8 „
	10.23—11.23	32.1 „
9 Sept.	1.39— 2.39	32.1 „
	4.50— 5.50	30.8 „
	8.00— 9.00	29.9 „

Het begin komt geheel overeen met wat ik vroeger gevonden heb: een stijging tot het 5^{de} uur; daarna gaat de CO₂-afscheiding langzaam achteruit, totdat ze ten slotte lager is dan bij het begin.

Ditzelfde resultaat verkreeg ik ook in 2 andere proeven.

In proef CXXXVI vond ik: $\left\{ \begin{array}{l} 20 \text{ Aug. } 29.8 \text{ mgr. bij } 20^{\circ}. \\ 21 \text{ „ } 29.2 \text{ „ „ } 20^{\circ}. \end{array} \right.$

De plantjes waren 20 Augustus na afloop der proef voorzichtig in zaagsel gelegd, en daarna den volgenden dag opnieuw gebruikt.

Voor proef CXLI vond ik: $\left\{ \begin{array}{l} 26 \text{ Aug. } 33.9 \text{ mgr.} \\ 27 \text{ „ } 31.2 \text{ „} \end{array} \right.$

Hier waren tegelijkertijd 2 bakken met erwten uitgezaaid; ze werden geheel in dezelfde omstandigheden gehouden, maar de eene een dag na de andere gebruikt. Zoo werd dus op verschillende manieren zooveel mogelijk vergelijkbaar materiaal verkregen, en steeds zag ik ten slotte den geringen achteruitgang.

Over het verloop der ademhaling gedurende de kieming vond ik slechts opgaven bij GODLEWSKI¹⁾, en deze zijn zeer beperkt. In zijn proef XIII is de CO₂-afscheiding den 4^{den} dag grooter dan den 5^{den}; in proef XIV is het andersom. Bovendien zijn de zaden geheel anders behandeld, zoodat deze opgave zeer weinig waarde heeft voor dit geval.

RISCHAVI²⁾ deelt mee, dat bij *Vicia* gedurende de kieming ongeveer 14 dagen de ademhaling constant blijft; misschien is dit uit te breiden over meerdere Papilionaceae.

Al valt 't maximum van CO₂-productie niet altijd op hetzelfde oogenblik, toch meen ik, dat 't aannemen van een verband met het kiemingsstadium vrij aannemelijk is. Om zekerheid te krijgen zouden veel meer en vooral

¹⁾ E. GODLEWSKI. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XIII, pag. 491, 1882.

²⁾ L. RISCHAVI. Landwirtsch. Versuchsstationen, Bd. XIX, 1876.

veel langere proeven gedaan moeten worden, waarvoor een automatische verwisseling der barytbuizen dan feitelijk noodig zou zijn, daar het anders onmogelijk is eenige etmalen achter elkaar geregeld waar te nemen. De tijd ontbrak mij om aan dit vraagstuk speciale aandacht te wijden. Voor *Lupinus* heb ik de zaak niet apart onderzocht; m. i. bestaat er groote kans, dat deze plant als *Papilionacea* zich evenzoo gedraagt. *Triticum* vertoont iets anders; dit bleek uit eigen waarnemingen en uit de litteratuur. RISCHAVI ¹⁾ en GODLEWSKI ²⁾ constateeren beiden, dat de ademhaling bij *Triticum* gedurende langen tijd met de kieming toeneemt. Zelf vond ik voor den 5^{den} dag 28.8 mgr.; met dezelfde plantjes voor den 6^{den} dag 36.4 mgr.

Beschouwen we voorloopig verder alleen het geval van *Pisum*. Bij 15° en ook bij 20° zien we dus een vooruitgang, bij 25° en 30° is die niet meer te constateeren. Daar vertoont zich het op- en- neerschommelen, dat op blz. 37 besproken is. Het ligt, dunkt me, voor de hand, aan te nemen, dat daar reeds optreedt de schadelijke invloed, wat die ook zij, die bij nog hoogere temperatuur de daling tengevolge heeft. Hier zou men dan twee invloeden hebben, die elkaar vrijwel in evenwicht houden.

Zooals ik reeds op blz. 37 vermeldde, is bij 25° en vooral bij 30° de groei zoo sterk, dat die na 6 uur met het bloote oog gemakkelijk te constateeren is. ³⁾ In 't algemeen gaat sterke groei met verhoogde ademhalingsintensiteit gepaard, zoodat de kans niet is buitengesloten, dat de twee zooeven genoemde invloeden zijn: sterke groei en beschadiging door hoogere temperatuur. Ik vermeld deze veronderstelling hier alleen, omdat de

¹⁾ RISCHAVI. l. c.

²⁾ GODLEWSKI. l. c.

³⁾ Ook volgens SACHS en KÖPPEN ligt het optimum voor groei tusschen 25° en 30°.

groei zoo opvallend sterk is. Bij 35° was reeds zeer duidelijk de achteruitgang te constateeren. Ik heb nu een aantal proeven gedaan tusschen 30° en 40° om juist het optreden van dien schadelijken invloed geleidelijk te kunnen waarnemen. Plaat I geeft hiervan een beeld. Laat ik hier eerst mijn indruk weergeven over het ontstaan van deze lijnen, en daarna deze opvatting aan elk geval demonstreeren.

M. i. hebben we hier te doen met twee over elkaar grijpende processen, die te samen de oorzaken zijn van de CO_2 -afscheiding bij de normale ademhaling. Het eene wordt door hooge temperatuur benadeeld en wel bijna direkt zeer sterk, het andere daarentegen neemt tamelijk geleidelijk toe tijdens het verblijf onder de hooge temperatuur. Fig. 1 voor $32^{\circ}.6$ vertoont nog hetzelfde, dat men bij 30° ziet, maar met veel sterker schommelingen, en het eerste uur geeft een flinke daling. Bij 34° is die eerste daling nog veel belangrijker, maar reeds na het eerste uur treedt een heftige strijd tusschen de beide neigingen, die van stijging en daling, op. Bij 35° duurt de daling reeds als regel 2 uur, soms gaat ze door, soms wordt ze ongeveer in evenwicht gehouden door de neiging in tegengestelde richting. Bij $37^{\circ}.4$ neemt de ongunstige werking der temperatuur toe, en overheerscht reeds gedurende bijna 3 uur; daarna treedt de periode in, gedurende welke de twee tendenzen tegen elkaar opgewassen zijn. Dit oogenblik valt nog later bij 39° , waar de lijn bijna logaritmisch verloopt; de twee laatste uren geven dezelfde waarden in proef CXXXII. Bij 40° vertoont zich, zooals uit alle tot nu toe besproken proeven volgt, de geregelde logaritmische achteruitgang. Ik heb nu echter deze proeven eens langer voortgezet en gezien, dat na 7 uur een stijging was waar te nemen, die tot het einde, tot het 9^{de} uur, doorging (proef CXXX). Bij 43° ten slotte ging de achteruitgang gedurende 10 uur geregeld door.

Het is bovendien noodig in mijn hypothese op te nemen, dat de stijging van het tweede proces, die een functie van den tijd is, beïnvloed wordt door de temperatuur, en als zoodanig geringer wordt bij hoogere temperatuur. Ik heb ook deze verschijnselen speciaal bij *Pisum* bestudeerd; in de proeven voor *Lupinus* en *Triticum* vind ik ten hoogste aanwijzingen van iets dergelijks. Proef XCV geeft voor *Lupinus* bij 40° de volgende reeks getallen in 6 uur:

58, 49.7, 45.1, 41.8, 42.3, 42.1 mgr.

De drie laatste cijfers zijn weer zoowat even hoog.

Triticum vertoont hetzelfde in proef CXIII; de cijfers zijn daar:

47.3, 41.8, 38.6, 36.2, 38.2, 36.5 mgr.

Hier zouden dus bij 40° na 3 uur de twee invloeden reeds tegen elkaar opwegen.

Voor al voor *Lupinus* echter is het geheele verloop eenigszins afwijkend, daar hier van 25°—35° een meer rechtlijnige daling optreedt; *Triticum* geeft in 't algemeen een beeld, dat volkomen met *Pisum* overeenkomt, behalve daarin, dat alle kritische temperaturen, als ik het zoo mag uitdrukken, eenigszins hoger liggen.

Bij alle drie objecten komen drie wijzen voor, waarop de ademhaling in opeenvolgende uren verloopt, die tamelijk scherp zijn te onderscheiden: 1° er doet zich een stijging voor, 2° de intensiteit schommelt op en neer, 3° er heeft duidelijk daling plaats. Bepaalt men de temperaturen, waarbij dit gebeurt, dan vindt men voor de drie objecten een geregelde opklimming. De volgende tabel toont dit aan; als temperatuur voor stijging heb ik die gekozen, waarbij *nog* stijging merkbaar is, dus de hoogste.

TABEL XI.

Object	Lupinus	Pisum	Triticum
Stijging nog waar te nemen bij	15°—20°	20°—25°	30°
Op en neer gaan bij	20°—25°	30°	35°
Achteruitgang bij	25°—30°	35°	40°

Zooals men ziet is er een geregelde opklimming merkbaar van Lupinus tot Triticum. Ik heb na Pisum de twee andere soorten gekozen als proefobject, in hoofdzaak met het oog op het verschillende reservevoedsel, dat deze zaden bevatten. Eerst nadat ik de opklimming bij de kritische temperaturen zag, heb ik nauwkeuriger het gehalte aan zetmeel en eiwit nagegaan. Dit leidde tot het volgende resultaat: ¹⁾

TABEL XII.

Reservevoedsel bij	Lupinus	Pisum	Triticum
eiwit	37½%	22 0/0	12 0/0
zetmeel	niet aanwezig	54 0/0	74 0/0

Bij Lupinus is mikroskopisch geen zetmeel aan te toonen.

Pisum en Triticum bevatten beide een zeer belangrijke hoeveelheid zetmeel; ook in ademhaling vertoonen ze veel overeenkomst. Lupinus staat veel meer geïsoleerd door het verschijnsel, dat reeds bij 25° of zeker bij 30° een rechtlijnige achteruitgang begint.

Door vergelijking der beide tabellen ziet men, dat

¹⁾ De cijfers zijn ontleend aan: HARZ. Landwirtschaftliche Samenkunde, en geven het % van het drooggewicht aan.

bij een hooger eiwitgehalte de hier bedoelde temperaturen lager liggen; dat hooger zetmeelgehalte samengaat met hogere temperaturen. Pisum neemt wat reservevoedsel betreft een intermediaire plaats in, eveneens wat de temperaturen betreft.

Men mag waarschijnlijk wel aannemen, dat een proces als de ademhaling in verband staat met enzymwerkingen, dat tenminste een deel der omzettingen, die leiden tot de CO_2 -afscheiding, tot stand komt door enzymen; en zoo zijn verschillen, die bij de ademhaling optreden, in verband met verschillend reservevoedsel, zeer begrijpelijk. Al naar mate de zaden veel eiwit of veel zetmeel bevatten, zullen proteolytische of diastatische enzymen een grootere rol spelen, want in elk geval zullen toch de primaire splitsingen door verschillende enzymen moeten geschieden. Misschien is zoo ook een verband te leggen tusschen het eerder beginnen van een achteruitgang bij *Lupinus* dan bij de andere en het lager liggen van het optimum der proteolytische enzymen dan dat der diastatische.

LAFAR ¹⁾ b.v. geeft aan, dat proteolytische enzymen waarschijnlijk een optimum vertoonen bij 30° — 40° ; voor diastatische wordt dit gewoonlijk hooger aangegeven, b.v. 50° bij DUCLAUX ²⁾, of 63° volgens KJELDAHL. ³⁾

Het geheele verloop der CO_2 -afscheiding vertoont trouwens overeenkomst met dat van enzymwerking onder invloed der temperatuur.

De lijn, die de afhankelijkheid van het proces van verschillende temperatuur weergeeft, vertoont evenals die voor enzymwerkingen een minimum, optimum en maximum, wat niet bijzonder merkwaardig is, daar juist dit het kenmerk van een physiologische kromme is.

¹⁾ F. LAFAR. Handbuch der technischen Mykologie, Bd. III, pag. 124, 1905—1908.

²⁾ E. DUCLAUX. Traité de Microbiologie, Tome II, chap. X. 1899.

³⁾ KJELDAHL. Mittheilungen fra Carlsberg Labor., I, 1879.

Merkwaardiger is echter, dat ook bij enzymen geconstateerd is, of althans aanwijzingen voorhanden zijn, dat bij temperaturen, die nog ver onder de optimale liggen, geringe achteruitgang te constateeren is. DUCLAUX l.c. pag. 184 geeft hierover eenige beschouwingen. Hij neemt aan, dat reeds bij lage temperatuur langzamerhand achteruitgang bij het enzym optreedt, en dat deze steeds sneller intreedt, totdat in een minimalen tijd de achteruitgang volledig is, d. w. z. totdat de temperatuur het enzym direct vernietigt.

Toch mag men deze feiten slechts uiterst voorzichtig hier toepassen, want voor een verdere behandeling van dit vraagstuk zouden veel meer gegevens aanwezig moeten zijn. Wanneer men quantitatief de enzymwerking wil nagaan in planten, zou men o.a. moeten kennen de verschillende stoffen, die in reactie treden. Hiervan nu weet men eigenlijk niets. Men kan absoluut niet beoordeelen, hoeveel enzym deelneemt aan de omzetting; men beoordeelt de hoeveelheid enzym naar de werking van een uittreksel uit een plant op een bekende hoeveelheid stof, maar er is niet de minste zekerheid of diezelfde hoeveelheid enzym nu ook in de plant werkt, want men weet niet, *waar* het enzym zich bevindt in de cel, en of de geheele aanwezige hoeveelheid in aanraking komt met de stoffen, waarvan het de reactie beïnvloedt. Van den anderen factor bij de reactie, de stof, die omgezet wordt, geldt hetzelfde; verder weet men volstrekt niet nauwkeurig, hoe het medium is, waarin de reactie plaats vindt, terwijl dit ook zeer belangrijken invloed uitoefent.

Daardoor is het m. i. ook niet mogelijk eenige betrouwbare veronderstelling te opperen omtrent de processen, die aanleiding geven tot de typische logaritmische lijnen, die de CO_2 -afgifte bij hogere temperatuur aangeven.

In 't algemeen duidt zoo'n lijn op een reactie, waarbij een der zich in reactie bevindende stoffen, als „limiting

factor'' werkt.¹⁾ Men zou dan hier niet van een stof moeten spreken, die zich in reactie bevindt, maar van een deel van het ademhalingsproces of van dit proces als geheel. Men zou zich moeten voorstellen, dat b.v. de eerste omzettingen niet genoeg materiaal leveren om de CO₂-afscheiding op de oorspronkelijke hoogte te houden. Maar dan zou er geen reden zijn, waarom ook de opbrengst bij 20° na een verwarming op 40° daalt; immers na één uur bij 40° is de CO₂-afscheiding in een tweede uur bij 40° hoger dan in een volgend uur bij 20°. In die daling, na verwarming, van de intensiteit bij niet schadelijke temperatuur, zou ik eerder een aanwijzing willen zien voor het ontstaan van een schadelijken factor, b.v. van een anti-enzym, een anti-stof of de beschadiging van het werkende enzym.

Dit is tenminste een opvatting, waarmee m. i. geen der feiten in strijd is.

In verband met hetgeen ik gezegd heb over de ademhaling bij 30°—43°, waar ik twee elkaar tegenwerkende processen aannam, of tenminste twee processen, die afzonderlijk beïnvloed worden, wijs ik op beschouwingen van PALLADIN.²⁾ Deze neemt twee processen aan; het eerste werkt speciaal bij intramoleculaire ademhaling, terwijl hij het enzym, dat hierin hoofdzakelijk werkt, *carbonase* noemt; het tweede, dat hij aan oxydasen³⁾ toeschrijft, verwerkt speciaal de tusschenproducten, gevormd door het eerste. Het eene proces kan nu b.v. veel meer beïnvloed worden door de temperatuur dan het andere, waardoor een daling tot een bepaald punt kan verklaard worden; de zaak wordt dan nog gecompliceerder, doordat PALLADIN aanneemt, dat de twee enzymen elkaar beïnvloeden. Hij laat n.l. de twee enzymwerkingen als 't ware na elkaar plaats hebben, door eerst

¹⁾ F. F. BLACKMAN. *Nature*, vol. 78, pag. 556, 1908.

²⁾ W. PALLADIN. *Zeitschrift für physiol. Chemie*, Bd. 47, pag. 407, 1906.

³⁾ W. PALLADIN. *Biochem. Zeitschrift*, Bd. 18, pag. 151, 1909.

in een waterstof-atmosfeer te werken, en daarna in gewone lucht. De zoo geleverde hoeveelheid CO_2 is grooter dan die, welke wordt afgegeven, wanneer de planten dienzelfden tijd zich voortdurend in atmosferische lucht bevinden. Hij schrijft dit hieraan toe, dat de oxydassen ¹⁾ de carbonasen kunnen aantasten. ²⁾

Misschien is zoo iets ook hier mogelijk. De stijging, die optreedt na de eerste daling bij de temperaturen van 35° — 40° zou dan toe te schrijven zijn aan het niet meer, of minder beïnvloed worden van het eene enzym door het andere, doordat b.v. het beschadigende juist het sterkst benadeeld wordt door de temperatuur.

Verdere theoretische beschouwingen lijken mij overbodig. Meer onderzoekingen zijn noodig, en dan meen ik, dat door deze proeven uit te breiden, wel feiten zullen gevonden kunnen worden, die een aanvulling geven voor hetgeen PALLADIN behandelt, of wel door diens opvatting kunnen verklaard worden. 't Is ook deze splitsing van het ademhalingsproces, die, naar ik op blz. 46 zeide, misschien eens de afwijkingen van de theorie van BLACKMAN, zooals ik die vond, zal kunnen verklaren.

¹⁾ Oxydase wordt door PALLADIN in bijzonderen zin gebruikt. Zeitschr. f. phys. Chemie, Bd. 47, pag. 408.

²⁾ W. PALLADIN. Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. 47, pag. 417.

Samenvatting der resultaten.

Na onderzoek der drie soorten kiemplanten, kan vastgesteld worden, dat de opvatting van BLACKMAN voor de ademhaling gedeeltelijk van toepassing is.

Wanneer men de ademhaling bij verschillende constante temperaturen gedurende 6 opeenvolgende uren bepaalt, vindt men voor alle objecten voor temperaturen tot 10° , steeds dezelfde hoeveelheid uitgeademd CO_2 ; de ademhaling is dus constant; voor hogere temperatuur, tot 20° , vindt men een stijging der intensiteit; dan volgt een periode, waarin de CO_2 -productie op- en neer schommelt. Hooger dan 40° ziet men steeds hetzelfde n.l. een geregelden achteruitgang, die graphisch voorgesteld, een ongeveer logarithmische lijn vertoont.

De temperatuur, waarbij de overgang van de eene wijze van verloop der ademhaling in de andere plaats heeft, verandert met den aard van het reservevoedsel; zij stijgt met het zetmeelgehalte, daalt met het eiwitgehalte.

De regel van VAN 'T HOFF-ARRHENIUS geldt voor *Pisum* en *Triticum* van 0° — 20° , voor *Lupinus* tot 25° ; de coëfficiënt voor 10° temperatuurverschil ligt tusschen 2 en 3.

Uit den achteruitgang der ademhaling boven 40° volgt ook de conclusie van BLACKMAN, dat het optimum een punt is, dat verschuifbaar is door den tijd van waarneming te veranderen.

BLACKMAN meent uit de cijfers, die gevonden zijn voor de CO_2 -afscheiding gedurende opeenvolgende, gelijke

tijden bij hogere temperatuur, door extrapolatie de intensiteit te kunnen berekenen, die het proces heeft gedurende een oneindig korten tijd, nadat de planten die temperatuur hebben aangenomen. Deze intensiteit zou overeenkomen met die, welke men kan berekenen door toepassing van den regel van VAN 'T HOFF-ARRHENIUS. In dit opzicht bleek de theorie niet op te gaan voor het ademhalingsproces.

Behalve deze toetsing van de theorie van BLACKMAN, vond ik, dat temperatuurwisseling niet als prikkel werkt op de ademhaling; dat het geheele ademhalingsproces slechts ongunstig beïnvloed wordt, wanneer de hooge temperatuur op zich zelf reeds schadelijk is.

De planten herstellen zich na eenigen tijd van dezen schadelijken invloed.

TABELLEN.

De volgende tabellen geven bijna al mijn proeven weer. De nummers der proeven zijn aangegeven met Romeinsche cijfers; elke proef werd genomen met een zelfde hoeveelheid erwten, die ook slechts voor die eene proef diende. De proeven zijn gerangschikt naar de temperatuur, behalve die, waarin dezelfde planten werden gebruikt voor waarnemingen bij verschillende temperatuur. Dergelijke proeven zijn alleen met *Pisum* genomen; ze zijn geplaatst achter de geheele reeks proeven bij ééNZelfde temperatuur genomen.

Bij elke proef is de datum opgegeven, zoodat gemakkelijk na te gaan is, welke uitkomsten in dit opzicht het meest vergelijkbaar zijn. In kolom 6 zijn de hoeveelheden CO_2 gegeven, berekend *per uur* naar de waarnemingen uit kolom 5.

Van *Pisum* en *Lupinus* werden steeds 100 $\frac{1}{2}$ plantjes gebruikt, van *Triticum* en *Crepis* 50 gr. materiaal.

De volgorde, waarin de proeven behandeld zijn, is de volgende:

<i>Pisum sativum</i>	blz. 81
<i>Lupinus luteus</i>	blz. 93
<i>Triticum vulgare</i>	blz. 96
<i>Crepis biennis</i>	blz. 99

PROEVEN met *Pisum sativum*. 100 zaden, die
3 dagen gekiemd hebben, 1 dag in water en
2 dagen in zaagsel. Kiemingstemperatuur 19°—23°.

Temp.	Nummer der proef	Datum	Tijd	mgr. CO ₂	mgr. CO ₂ per uur	Gewicht in grammen
7°	XXIV	29/12 '08	12.15—4.15	3.2	0.8	
0°	XXIII	29/12 '08	11.36—12.36	4.0	4.0	72
			12.36—1.36	4.0	4.0	
			1.36—2.36	3.6	3.6	
			2.36—3.36	4.0	4.0	
			3.36—4.36	3.8	3.8	
	LV	17/2 '09	12.45—1.45	4.9	4.9	76
			2.45—3.45	4.6	4.6	
			3.45—4.45	4.8	4.8	
	LXXXI	6/4 '09	1.42—3.42	9.4	4.7	83
5°	XXI	22/12 '08	11.15—12.15	6.7	6.7	72
			12.15—1.15	6.0	6.0	
			1.15—2.15	5.6	5.6	
			2.15—3.15	5.7	5.7	
			3.15—4.15	5.8	5.8	
	XXIX	6/1 '09	12.09—2.09	12.4	6.2	77
			2.09—3.09	6.2	6.2	
			3.09—4.09	5.7	5.7	
	LXII	25/2 '09	10.16—11.16	6.4	6.4	72
			11.16—12.16	5.6	5.6	
10°	XXII	24/12 '08	10.15—11.15	9.1	9.1	72
			11.15—12.15	9.2	9.2	
			12.15—1.15	9.2	9.2	
			1.15—3.15	20.2	10.1	
	XXVII	4/1 '09	10.12—11.12	12.0	12.0	77
			11.12—12.12	11.2	11.2	
			12.12—1.12	11.1	11.1	
			1.12—2.12	11.4	11.4	
			2.12—3.12	11.4	11.4	

Temp.	Nummer der proef	Datum	Tijd	mgr. CO ₂	mgr. CO ₂ per uur	Gewicht in grammen
10°	XXVIII	5/1 '09	10.05—11.05	10.7	10.7	76
			11.05—12.05	10.3	10.3	
			12.05—1.05	10.3	10.3	
			1.05—2.05	10.0	10.0	
			2.05—3.05	10.0	10.0	
			3.05—4.05	11.4	11.4	
15°	LXIII	26/2 '09	10.09—11.09	10.0	10.0	72
			10.09—12.09	9.6	9.6	
	XXV	3/12 '08	11.46—12.46	17.5	17.5	73
			12.46—1.46	17.3	17.3	
			1.46—3.46	37.6	18.8	
	XXX	8/1 '09	10.00—11.00	18.0	18.0	76
			11.00—12.00	18.9	18.9	
			12.00—1.00	19.5	19.5	
			1.00—2.00	20.0	20.0	
			2.00—3.00	20.9	20.9	
			3.00—4.00	20.8	20.8	
	XXXI	9/1 '09	10.05—11.05	18.6	18.6	76
			11.05—12.05	19.0	19.0	
			12.05—1.05	19.4	19.4	
			1.05—2.05	19.4	19.4	
			2.05—3.05	20.0	20.1	
20°	LXII	25/2 '09	1.53—2.53	16.5	16.5	72
			2.53—3.53	16.9	16.9	
	VI ¹⁾	28/11 '08	10.07—11.07	30.2	30.2	
			11.07—12.07	28.2	28.2	
			12.07—1.07	28.9	28.9	
			1.07—2.07	30.0	30.0	
	VII ¹⁾	1/12 '09	12.17—1.17	32.0	32.0	
			1.17—2.17	30.4	30.4	
			2.17—3.17	27.6	27.6	
			3.17—4.17	29.6	29.6	
			6.19—7.19	28.8	28.8	
			7.19—8.19	28.8	28.8	
			8.19—9.19	28.4	28.4	

¹⁾ Nog geen water in het ademhalingsvat aanwezig.

Temp.	Nummer der proef	Datum	Tijd	mgr. CO ₂	mgr. CO ₂ per uur	Gewicht in grammen
20°	X ¹⁾	8/12 '09	12.20—1.20	29.2	29.2	
			1.20—2.20	32.0	32.0	
			2.20—3.20	33.4	33.4	
			3.20—4.20	30.0	30.0	
			4.20—5.20	30.0	30.0	
	XXVI	31/12 '09	11.20—12.20	29.0	29.0	75
			12.20—1.20	30.7	30.7	
			1.20—2.20	30.3	30.3	
			2.20—3.20	31.0	31.0	
	XXXII	11/1 '09	10.51—11.51	28.6	28.6	75
			11.51—12.51	30.3	30.3	
			12.51—1.51	30.3	30.3	
			1.51—2.51	30.6	30.6	
			2.51—3.51	30.4	30.4	
	CXLIII	8/9 '09	10.01—10.01	30.8	30.8	89
			11.01—12.01	33.0	33.0	
			12.01—1.01	33.4	33.4	
			1.01—2.01	33.9	33.9	
			2.09—3.09	36.1	36.1	
			4.01—5.01	35.2	35.2	
			7.04—8.04	34.8	34.8	
			10.23—11.23	32.1	32.1	
			1.39—2.39	32.1	32.1	
			4.50—5.50	30.8	30.8	
			8.00—9.00	29.9	29.9	
25°	XIV	12/12 '08	10.52—11.52	34.8	34.8	
			11.52—12.52	34.6	34.6	
			12.52—1.52	36.2	36.2	
			1.52—2.52	37.2	37.2	
			2.52—3.52	35.2	35.2	
	XX	21/12 '08	2.28—3.28	32.6	32.6	69
			3.28—4.28	33.3	33.3	
	XXXIII	12/1 '09	11.02—12.02	40.0	40.0	78
			12.02—1.02	41.4	41.4	
			1.02—2.02	41.3	41.3	
			2.02—3.02	40.9	40.9	

¹⁾ Geen water in het ademhalingsvat aanwezig.

Temp.	Nummer der proef	Datum	Tijd	mgr. CO ₂	mgr. CO ₂ per uur	Gewicht in grammen
25°	XXXIV	14/1 '09	10.42—11.42	43.3	43.3	75
			11.42—12.42	42.4	42.4	
			12.42—1.42	42.2	42.2	
			1.42—2.42	41.7	41.7	
			2.42—3.42	40.7	40.7	
	LVII	19/2 '09	9.48—10.48	45.0	45.0	78
			10.48—11.48	47.0	47.0	
			11.48—12.48	46.4	46.4	
			12.48—1.48	46.4	46.4	
			1.48—2.48	46.6	46.0	
			2.48—3.48	47.3	47.3	
	XV	15/12 '09	10.58—11.58	43.0	43.0	74
			11.58—12.58	44.6	44.6	
			12.58—1.58	43.4	43.4	
			1.58—2.58	46.1	46.1	
			2.58—3.58	42.8	42.8	
			3.58—4.58	44.1	44.1	
30°	XXXV	15/1 '09	10.40—11.40	51.7	51.7	75
			11.40—12.40	50.9	50.9	
			12.40—1.40	52.2	52.2	
			1.40—2.40	53.6	53.6	
			2.40—3.40	53.5	53.5	
			3.40—4.40	53.5	53.5	
	XXXVI	16/1 '09	10.39—11.39	53.7	53.7	77
			11.39—12.39	50.9	50.9	
			12.39—1.39	53.3	53.3	
			1.39—2.39	53.1	53.1	
			2.39—3.39	54.3	54.3	
	LVI	18/2 '09	9.46—10.46	57.0	57.0	76
			10.46—11.46	59.7	59.7	
			11.46—12.46	60.7	60.7	
			12.46—1.46	58.6	58.6	
			1.46—2.46	59.4	59.4	
			2.46—3.46	58.2	58.2	
32°.6	LXIV	4/3 '09	10.02—11.02	65.6	65.6	80
			11.02—12.02	61.6	61.6	
			12.02—1.02	64.5	64.5	
			1.02—2.02	64.9	64.9	
			2.02—3.02	65.3	65.3	
			3.02—4.02	61.5	61.5	

Temp.	Nummer der proef	Datum	Tijd	mgr. CO ₂	mgr. CO ₂ per uur	Gewicht in grammen
34°	CXXXIII	17/8 '09	10.00—11.00	72.6	72.6	86
			11.00—12.00	62.5	62.5	
			12.00—1.00	64.9	64.9	
			1.00—2.00	59.9	59.9	
			2.00—3.00	64.8	64.8	
			3.00—4.00	63.6	63.6	
35°	XVI	16/12 '08	10.24—11.24	57.6	57.6	72
			11.24—12.24	53.2	53.2	
			12.24—1.24	51.6	51.6	
			1.24—2.24	50.2	50.2	
			2.24—3.24	51.8	51.8	
			3.24—4.24	48.2	48.2	
	XXXVII	21/1 '09	10.39—11.39	66.1	66.1	78
			11.39—12.39	60.0	60.0	
			12.39—11.39	59.4	59.4	
			1.39—2.39	58.4	58.4	
			2.39—3.39	58.2	58.2	
	XXXVIII	22/1 '09	10.36—11.36	67.0	67.0	77
			11.36—12.36	59.4	59.4	
			12.36—1.36	59.6	59.6	
			1.36—2.36	57.6	57.6	
			2.36—3.36	57.8	57.8	
	LIV	16/2 '09	3.36—4.36	54.9	54.9	76
			9.51—10.51	68.7	68.7	
			10.51—11.51	62.8	62.8	
			11.51—12.51	60.1	60.1	
			12.51—1.51	61.7	61.7	
			1.51—2.51	60.9	60.9	
37°.4	CXXIX	10/8 '09	2.51—3.51	60.9	60.9	84
			10.17—11.17	71.3	71.3	
			11.17—12.17	61.2	61.2	
			12.17—1.17	59.8	59.8	
			1.17—2.17	60.1	60.1	
			2.17—3.17	63.4	63.4	
39°	CXXXII	16/8 '09	3.17—4.17	60.7	60.7	84
			9.57—10.57	77.7	77.7	
			10.57—11.57	66.2	66.2	
			11.57—12.57	57.0	57.0	
			12.57—1.57	54.1	54.1	
			1.57—2.57	53.5	53.5	
			2.57—3.57	53.5	53.5	

Temp.	Nummer der proof	Datum	Tijd	mgr. CO ₂	mgr. CO ₂ per uur	Gewicht in grammen
40°	XVII	17/12 '08	9.55—10.55	59.5	59.5	74
			10.55—11.55	56.7	56.7	
			11.55—12.55	51.0	51.0	
			12.55—1.55	48.9	48.9	
			1.55—2.55	46.9	46.9	
			2.55—3.55	48.0	48.0	
	XXXIX	23/1 '09	10.02—11.02	71.7	71.7	77
			11.02—12.02	58.2	58.2	
			12.02—1.02	50.8	50.8	
			1.02—2.02	48.6	48.6	
			2.02—3.02	45.7	45.7	
	XL	28/1 '09	9.58—10.58	73.3	73.3	78
			10.58—11.58	55.2	55.2	
			11.58—12.58	49.0	49.0	
			12.58—1.58	45.3	45.3	
			1.58—2.58	43.0	43.0	
	LXI	23/2 '09	2.39—3.39	79.7	79.7	78
	LXXIII	20/3 '09	9.31—10.31	71.2	71.2	74
	CXXX	11/8 '09	7.39—8.39	86.5	86.5	88
			8.39—9.39	67.1	67.1	
			1.39—2.39	47.3	47.3	
			2.39—3.39	49.1	49.1	
			3.39—4.39	50.2	50.2	
	CXXXI	12/8 '09	10.02—11.02	86.5	86.5	84
			11.02—12.02	67.3	67.3	
			12.02—1.02	54.8	54.8	
			1.02—2.02	50.4	50.4	
			2.02—3.02	47.3	47.3	
	XLVIII	6/2 '09	3.02—4.02	45.8	45.8	77
			1.50—2.05	18.8	75.2	
			2.05—2.20	17.8	71.2	
			2.20—2.35	16.9	67.6	
			2.35—2.50	16.7	66.8	
			2.50—3.20	30.2	60.4	
			3.20—3.50	27.4	54.8	

Temp.	Nummer der proef	Datum	Tijd	mgr. CO ₂	mgr. CO ₂ per uur	Gewicht in grammen
40°	IL	9/2 '09	2.00—2.15	21.5	86.0	77
			2.15—2.30	21.5	86.0	
			2.30—2.45	20.6	82.4	
			2.45—3.00	19.0	76.0	
			3.00—3.15	18.8	75.2	
			3.15—3.30	16.7	66.8	
	LVIII	20/2 '09	9.45—10.00	22.5	90.0	77
			10.00—10.15	20.4	81.6	
			10.15—10.30	19.4	77.6	
			10.30—10.45	18.8	75.2	
43°	CXLII	30/8 '09	7.30—12.18	niet opgevangen		
			12.18—1.18	42.7	42.7	
			1.18—2.18	40.9	40.9	
			2.18—3.18	39.2	39.2	
			3.18—4.18	38.1	38.1	
			4.18—5.18	35.9	35.9	
45°	XVIII	18/1 '09	9.32—10.32	61.2	61.2	75
			10.32—11.32	43.2	43.2	
			11.32—12.32	40.2	40.2	
			12.32—1.32	33.9	33.9	
			1.32—2.32	31.8	31.8	
			2.32—3.32	30.2	30.2	
	XLIII	29/1 '09	9.45—10.45	72.1	72.1	77
			10.45—11.45	48.0	48.0	
			11.45—12.45	39.0	39.0	
			12.45—1.45	36.1	36.1	
			1.45—2.45	30.2	30.2	
	XLIV	30/1 '09	9.42—10.42	73.5	73.5	77
			10.42—11.42	48.4	48.4	
			11.42—12.42	41.9	41.9	
			12.42—1.42	35.9	35.9	
			1.42—2.42	31.9	31.9	
			2.42—3.42	28.6	28.6	
	L	11/2 '09	9.54—10.24	39.4	78.8	75
			10.24—10.54	30.1	60.2	
			10.54—11.24	24.4	48.8	
			11.24—11.54	22.3	44.6	

Temp.	Nummer der proef	Datum	Tijd	mgr. CO ₂	mgr. CO ₂ per uur	Gewicht in grammen
45°	LI	11/2 '09	1.52—2.22	37.4	74.8	73
			2.22—2.52	28.5	57.0	
			2.52—3.22	25.2	50.4	
			3.22—3.52	23.1	46.2	
	LIX	20/2 '09	11.28—11.43	22.3	89.2	76
			11.43—11.58	18.0	72.0	
			11.58—12.13	15.9	63.6	
			12.13—12.28	14.7	58.8	
	LXVI	6/3 '09	9.52—10.07	24.5	98.0	78
			10.07—10.22	20.2	80.8	
			10.22—10.37	17.7	70.8	
			10.37—10.52	16.0	64.0	
	LXXIII	20/3 '09	11.12—12.12	67.3	67.3	74
50°	XIX	19/12 '08	9.35—10.35	61.4	61.4	74
			10.35—11.35	38.3	38.3	
			11.35—12.35	19.0	19.0	
			12.35—1.35	10.0	10.0	
			1.35—2.35	6.3	6.3	
	XLV	4/2 '09	9.41—10.41	77.4	77.4	76
			10.41—11.41	32.5	32.5	
			11.41—12.41	16.1	16.1	
			12.41—1.41	11.4	11.4	
			1.41—2.41	7.6	7.6	
	XLVI	5/2 '09	9.41—10.41	74.0	74.0	75
			10.41—11.41	38.8	38.8	
			11.41—12.41	17.8	17.8	
			12.41—1.41	12.0	12.0	
			1.41—2.41	8.0	8.0	
			2.41—3.41	5.9	5.9	
	LIII	13/2 '09	9.45—10.15	46.0	92.0	77
			10.15—10.45	31.5	63.0	
			10.45—11.15	19.2	38.4	
			11.15—11.45	12.2	24.4	
	LX	20/2 '09	2.25—2.40	25.0	100.0	78
			2.40—2.55	20.6	82.4	
			2.55—3.10	17.7	70.8	
			3.10—3.25	13.8	55.2	

Temp.	Nummer der proef	Datum	Tijd	mgr. CO ₂	mgr. CO ₂ per uur	Gewicht in grammen
50°	LXX	16/3 '09	2.45—3.15	48.2	96.4	70
			3.15—3.45	30.8	61.6	
	LXXIII	20/3 '09	2.26—3.26	73.3	73.3	75
55°	LII	12/2 '09	9.40—10.10	35.7	71.4	77
			10.10—10.40	12.8	25.6	
			10.40—11.40	9.7	19.4	
			11.40—12.40	5.4	10.8	

PROEVEN, waarin dezelfde erwten bij verschillende temperaturen zijn waargenomen.

Nummer der proef	Datum	Tijd	Temp.	mgr. CO ₂	mgr. CO ₂ per uur	Gewicht in grammen
LXII	25/2 '09	10.16—11.16	5°	6.4	6.4	72
		11.16—12.16	5°	5.6	5.6	
		1.53—2.53	15° .2	16.5	16.5	
		2.53—3.53	15° .2	16.9	16.9	
LXIII	26/2 '09	10.09—11.09	10°	10.0	10.0	72
		11.09—12.09	10°	9.6	9.6	
		1.38—2.38	20°	30.4	30.4	
		2.38—3.38	20°	30.6	30.6	
CXXXV	19/8 '09	10.00—11.00	13°	17.8	17.8	84
		11.00—12.00	13°	17.8	17.8	
		1.58—2.58	23°	39.8	39.8	
		2.58—3.58	23°	40.9	40.9	
LXV	5/3 '09	9.40—10.40	20° .4	28.1	28.1	79
		11.25—12.25	45°	85.9	85.9	
		1.56—2.56	20° .4	14.1	14.1	
		2.56—3.56	20° .4	12.9	12.9	
LXVII	11/3 '09	9.25—10.25	20°	27.7	27.7	72
		11.12—12.12	40°	81.2	81.2	
		1.09—2.09	20°	21.8	21.8	
		2.09—3.09	20°	22.9	22.9	
CXXXIV	18/8 '09	3.09—4.09	20°	23.2	23.2	84
		9.33—10.33	20°	30.1	30.1	
		11.27—11.57	40°			
		1.53—2.53	20°	27.7	27.7	
		2.53—3.53	20°	28.1	28.1	
		3.53—4.53	20°	29.9	29.9	
		6.53—7.53	20°	30.4	30.4	
		7.53—8.53	20°	30.8	30.8	

Nummer der proef	Datum	Tijd	Temp.	mgr. CO ₂	mgr. CO ₂ per uur	Gewicht in grammen
LXXI	18/3 '09	10.01—11.01	20°	28.1	28.1	77
		11.41—12.41	40°	83.0	83.0	
		1.47—2.47	20°	22.8	22.8	
		2.47—3.47	20°	22.5	22.5	
		8.13—9.13	20°	28.7	28.7	
LXXIV	25/3 '09	8.05—9.05	20°	31.6	31.6	76
		9.40—10.40	40°	82.0	82.0	
		11.40—12.40	20°	26.6	26.6	
		12.40—1.40	20°	23.7	23.7	
		1.40—2.40	20°	25.0	25.0	
		3.13—4.13	20°	27.0	27.0	
		4.13—5.13	20°	28.3	28.3	
		5.13—6.13	20°	28.9	28.9	
LXVIII	12/3 '09	9.25—10.25	20°	26.8	26.8	78
		11.04—12.04	35°	72.2	72.2	
		12.57—1.57	20°	28.9	28.9	
		1.57—2.57	20°	28.3	28.3	
		2.57—3.57	20°	28.1	28.1	
LXXII	19/3 '09	10.14—11.14	20°	29.5	29.5	77
		11.38—12.38	35°	70.3	70.3	
		1.31—2.31	20°	28.1	28.1	
		2.31—3.31	20°	28.7	28.7	
		3.31—4.31	20°	28.1	28.1	
		7.42—8.42	20°	30.4	30.4	
LXIX	13/3 '09	9.49—10.49	20°	27.6	27.6	78
		11.18—12.18	30°	59.9	59.9	
		1.15—2.15	20°	30.8	30.8	
		2.15—3.15	20°	30.4	30.4	
LXXVIII	2/4 '09	10.07—11.07	20°	28.3	28.3	75
		11.37	43°			
		12.37—1.37	20°	26.2	26.2	
		1.37—2.37	20°	25.0	25.0	
		2.37—3.37	20°	25.6	25.6	
LXXVII	1/4 '09	10.05—11.05	20°	30.3	30.3	76
		11.40—12.00	43°			
		1.30—2.30	20°	20.8	20.8	
		2.30—3.30	20°	20.8	20.8	

Nummer der proef	Datum	Tijd	Temp.	mgr. CO ₂	mgr. CO ₂ per uur	Gewicht in grammen
LXXVI	27/3 '09	10.15—10.45 11.28—12.04 1.19—2.19 2.19—3.19	20° 43° 20° 20°	13.9 16.8 16.0	27.8 16.8 16.0	75
LXXV	26/3 '09	10.10—11.10 11.47—12.47 2.00—3.00 3.00—4.00	20° 43° 20° 20°	29.5 78.0 15.2 14.8	29.5 78.0 15.2 14.8	76
LXXIX	3/4 '09	10.07—11.07 11.08—12.40 2.45—3.45 3.45—4.45 8.03—9.03	20° 43° 20° 20° 20°	28.3 13.2 13.6 15.2	28.3 13.2 13.6 15.2	75
LXXXII	7/4 '09	10.17—11.17 11.45 1.53—2.53 2.53—3.53	5° 25° 5° 5°	7.8 9.1 8.4	7.8 9.1 8.4	83
LXXX	5/4 '09	10.04—11.04 1.22—2.22 3.01—4.01	43° 20° 43°	88.5 16.9 62.3	88.5 16.9 62.3	88

PROEVEN met *Lupinus luteus*. 100 zaden, die 1 dag
in water en 3 dagen in zaagsel gekiemd zijn.
Kiemingstemperatuur 19°—23°.

Temp.	Nummer der proef	Datum	Tijd	mgr. CO ₂	mgr. CO ₂ per uur	Gewicht in grammen
5°	LXXXIII	28/4 '09	10.30—11.30	5.2	5.2	47
			11.30—12.30	5.4	5.4	
			12.30—1.30	5.0	5.0	
			1.30—3.30	4.5	4.5	
10°	LXXXIV	30/4 '09	10.24—11.24	8.0	8.0	46
			11.24—12.24	7.8	7.8	
			1.24—2.24	8.2	8.2	
			2.24—3.24	8.5	8.5	
15°	XCVIII	15/6 '09	10.01—11.01	8.1	8.1	48
			11.01—12.01	8.9	8.9	
	LXXXV	1/5 '09	9.49—10.49	11.2	11.2	45
			10.49—11.49	12.2	12.2	
			11.49—12.49	13.4	13.4	
			12.49—1.49	13.4	13.4	
			1.49—2.49	13.6	13.6	
			2.49—3.49	13.2	13.2	
	LXXXVI	6/5 '09	10.03—11.03	20.9	20.9	47
			11.03—12.03	21.9	21.9	
			12.03—1.03	22.9	22.9	
			1.03—2.03	22.5	22.5	
			2.03—3.03	21.1	21.1	
			3.03—4.03	21.5	21.5	
20°	XCVIII	15/6 '09	1.19—2.19	23.0	23.0	48
			2.19—3.19	23.8	23.8	
	CIII	21/6 '09	9.59—10.59	20.2	20.2	50
			1.57—2.57	22.6	22.6	
			2.57—3.57	20.8	20.8	

Temp.	Nummer der proef	Datum	Tijd	mgr. CO ₂	mgr. CO ₂ per uur	Gewicht in grammen
25°	LXXXVII	7/5 '09	9.45—10.45	30.5	30.5	46
			10.45—11.45	31.6	31.6	
			11.45—12.45	30.5	30.5	
			12.45—1.45	29.9	29.9	
			1.45—2.45	28.3	28.3	
			2.45—3.45	27.9	27.9	
30°	CVIII	25/6 '09	11.10—12.10	33.7	33.7	47
			12.10—1.10	29.5	29.5	
			1.10—2.10	32.1	32.1	
			2.10—3.10	29.5	29.5	
35°	XCIII	2/6 '09	9.47—10.47	37.9	37.9	45
			10.47—11.47	37.1	37.1	
			11.47—12.47	34.7	34.7	
			12.47—1.47	34.6	34.6	
			1.47—2.47	32.4	32.4	
			2.47—3.47	31.8	31.8	
40°	LXXXIX	13/5 '09	9.40—10.40	51.4	51.4	46
			10.40—11.40	51.6	51.6	
			11.40—12.40	47.2	47.2	
			12.40—1.40	48.0	48.0	
			1.40—2.40	46.7	46.7	
			2.40—3.40	45.1	45.1	
	XCIV	10/6 '09	10.55—11.55	48.2	48.2	48
			11.55—12.55	47.8	47.8	
			12.55—1.55	44.3	44.3	
			1.55—2.55	44.0	44.0	
	XCVII	14/6 '09	10.01—11.01	43.8	43.8	46
			11.01—12.01	43.3	43.3	
			12.01—1.01	42.1	42.1	
			1.01—2.01	41.4	41.4	
			2.01—3.01	41.0	41.0	
			3.01—4.01	39.3	39.3	
	CHH	21/6 '09	11.58—12.58	55.2	55.2	50
	XC	14/5 '09	9.44—10.44	51.0	51.0	45
			10.44—11.44	45.3	45.3	
			11.44—12.44	44.0	44.0	
			12.44—1.44	40.1	40.1	
			1.44—2.44	37.3	37.3	

Temp.	Nummer der proof	Datum	Tijd	mgr. CO ₂	mgr. CO ₂ per uur	Gewicht in grammen
40°	XCV	11/6 '09	10.00—11.00	58.0	58.0	48
			11.00—12.00	49.7	49.7	
			12.00—1.00	45.1	45.1	
			1.00—2.00	41.8	41.8	
			2.00—3.00	42.3	42.3	
			3.00—4.00	42.1	42.1	
	CI	18/6 '09	10.58—11.58	58.0	58.0	45
44°	CIV	22/6 '09	9.59—10.29	26.9	73.8	49
			10.29—10.59	24.2	48.4	
	XCVI	12/6 '09	10.05—11.05	57.1	57.1	48
			11.05—12.05	42.3	42.3	
			12.05—1.05	35.8	35.8	
			1.05—2.05	34.9	34.9	
			2.05—3.05	34.0	34.0	
			3.05—4.05	31.4	31.4	
45°	XCI	15/5 '09	9.53—10.53	54.3	54.3	44
			10.53—11.53	40.7	40.7	
			11.53—12.53	35.8	35.8	
			12.53—1.53	31.2	31.2	
			1.53—2.53	24.4	24.4	
	CV	22/6 '09	12.46—1.16	30.4	60.8	50
			1.16—1.46	23.8	47.6	
50°	XCII	22/5 '09	9.44—10.44	49.9	49.9	48
			10.44—11.44	12.0	12.0	
			11.44—12.44	5.7	5.7	

PROEVEN met *Triticum vulgare*. 50 gr.
kiemplanten, die 1 dag in water en 3 dagen
op zaagsel gekiemd hebben. Kiemings-
temperatuur 19°—23°.

Temp.	Nummer der proef	Datum	Tijd	mrg. CO ₂	mrg. CO ₂ per uur
0°	CXXVII	15/7 '09	12.40—2.40	8.8	4.4
5°	CXXVII	15/7 '09	10.15—11.15	9.0	9.0
	CXIX	8/7 '09	10.10—11.10	7.4	7.4
10°	CXVII	6/7 '09	9.49—10.49 10.49—11.49	11.0 11.2	11.0 11.2
	CXVIII	7/7 '09	9.38—10.38 10.38—11.38	11.8 11.8	11.8 11.8
15°	CXIX	8/7 '09	1.01—2.01 2.01—3.01	19.9 20.4	19.9 20.4
	CXX	9/7 '09	9.33—10.33 10.33—11.33	18.0 19.6	18.0 19.6
	CXXVIII	16/7 '09	9.45—10.45 10.45—11.45	19.0 20.6	19.0 20.6
	CXXXVII	23/8 '09	9.46—10.46 10.46—11.46 11.46—12.46 12.46—1.46 1.46—2.46 2.46—3.46	21.3 22.0 22.0 22.9 22.4 22.4	21.3 22.0 22.0 22.9 22.4 22.4
20°	CIX	26/6 '09	10.07—11.07 11.07—12.07 12.07—1.07 1.07—2.07 2.07—3.07	26.9 27.3 27.1 28.1 28.7	26.9 27.3 27.1 28.1 28.7

Temp.	Nummer der proef	Datum	Tijd	mgr. CO ₂	mgr. CO ₂ per uur.	
20°	CXVII	6/7 '09	1.01—2.01	22.6	22.6	
			2.01—3.01	24.6	24.6	
			3.01—4.01	25.2	25.2	
	CXVIII	7/7 '09	12.51—1.51	26.6	26.6	
			1.51—2.51	28.0	28.0	
			2.51—3.51	27.0	27.0	
	CXXV	13/7 '09	3.26—4.26	28.8	28.8	
	25°	CX	28/6 '09	9.58—10.58	36.4	36.4
				10.58—11.58	36.4	36.4
11.58—12.58				36.4	36.4	
12.58—1.58				39.2	39.2	
1.58—2.58				40.8	40.8	
2.58—3.58				40.8	40.8	
CXX		9/7 '09	12.46—1.46	38.4	38.4	
			1.46—2.46	38.6	38.6	
			2.46—3.46	38.6	38.6	
30°		CXI	29/6 '09	9.52—10.52	45.7	45.7
				10.52—11.52	46.1	46.1
				11.52—12.52	47.3	47.3
	12.52—1.52			50.3	50.3	
	1.52—2.52			49.7	49.7	
	2.52—3.52			50.5	50.5	
35°	CXII	30/6 '09	9.50—10.50	48.2	48.2	
			10.50—11.50	44.6	44.6	
			11.50—12.50	49.7	49.7	
			12.50—1.50	46.2	46.2	
			1.50—2.50	47.7	47.7	
			2.50—3.50	46.8	46.8	
	CXXI	10/7 '09	9.52—10.52	48.0	48.0	
			10.52—11.52	49.2	49.2	
			11.52—12.52	48.8	48.8	
			12.52—1.52	48.4	48.4	
			1.52—2.52	48.0	48.0	
			2.52—3.52	47.8	47.8	

Temp.	Nummer der proef	Datum	Tijd	mgr. CO ₂	mgr. CO ₂ per uur
40°	CXIII	1/7 '09	9.50—10.50	47.3	47.3
			10.50—11.50	41.8	41.8
			11.50—12.50	38.6	38.6
			12.50—1.50	36.2	36.2
			1.50—2.50	38.2	38.2
			2.50—3.50	36.5	36.5
	CXXII	12/7 '09	9.46—10.16	25.2	50.4
			10.16—10.46	26.6	53.2
			10.46—11.46	45.4	45.4
			11.46—12.46	42.4	42.4
			12.46—1.46	38.2	38.2
			1.46—2.46	36.4	36.4
			2.46—3.46	35.8	35.8
	CXXXVIII	24/8 '09	9.39—10.09	31.9	63.8
			10.09—10.39	28.6	57.2
			10.39—11.09	27.3	54.6
45°	CXIV	2/7 '09	9.43—10.43	48.7	48.7
			10.43—11.43	40.4	40.4
			11.43—12.43	33.7	33.7
			12.43—1.43	29.7	29.7
			1.43—2.43	26.7	26.7
			2.43—3.43	24.8	24.8
	CXXIII	13/7 '09	9.45—10.15	25.6	51.2
			10.15—11.45	23.0	46.0
	CXXXIX	24/8 '09	2.22—2.52	31.0	62.0
			2.52—3.22	26.8	53.6
50°	CXVI	5/7 '09	9.54—10.54	42.2	42.2
			10.54—11.54	22.0	22.0
			11.54—12.54	12.2	12.2
			12.54—1.54	10.0	10.0
			1.54—2.54	9.2	9.2
			2.54—3.54	8.8	8.8
	CXXIV	13/7 '09	12.07—12.37	29.2	58.4
			12.37—1.07	23.6	47.2
	CXL	25/8 '09	10.14—10.44	31.1	62.2
			10.44—11.14	24.4	48.8
			11.14—11.44	14.5	29.0

PROEVEN met *Crepis biennis*, 50 gr. bloemhoofdjes.

Temp.	Nummer der proef	Datum	Tijd	mgr. CO ₂ per uur
30°	CVII	24/6 '09	9.42—10.42	82.2
			10.42—11.42	77.2
			11.42—12.42	71.3
			12.42—1.42	67.7
			1.42—2.42	67.8
			2.42—3.42	65.8
35°	CII	19/6 '09	9.36—10.36	101.6
			10.36—11.36	99.8
			11.36—12.36	92.1
			12.36—1.36	86.5
			1.36—2.36	85.3
			2.36—3.36	80.7
40°	XCIX	16/6 '09	9.36—10.36	105.1
			10.36—11.36	95.8
			11.36—12.36	86.9
			12.36—1.36	78.8
			1.36—2.36	72.7
			2.36—3.36	71.7
	CVI	23/6 '09	9.38—10.38	117.6
			10.38—11.38	114.9
			11.38—12.38	85.9
			12.38—1.38	82.7
45°	C	17/6 '09	10.03—11.03	132.7
			11.03—12.03	93.3
			12.03—1.03	53.1
			1.03—2.03	26.5
			2.03—3.03	11.5
			3.03—4.03	4.4
50°	CXV	3/7 '09	9.57—10.57	70.5
			10.57—11.57	10.8

Litteratuur.

- W. L. BALLS. Temperature and Growth, *Annals of Botany*, vol. XXII, pag. 557, 1908.
- F. F. BLACKMAN. Optima and limiting Factors, *Annals of Botany*, vol. XIX, pag. 281, 1905.
- F. F. BLACKMAN. The Manifestations of the Principles of chemical Mechanics in the living Plant, *Nature*, vol. 78, pag. 556, 1908.
- J. BOEHM. Ueber die Respiration von Landpflanzen, *Sitzungsberichte der Kais. Akad. der Wissenschaften zu Wien*, Bd. 67, 1873.
- G. BONNIER et L. MANGIN. Recherches sur la respiration et la transpiration des Champignons, *Annales des Sciences naturelles, Botanique*, 6e série, tome XVII, pag. 210, 1884.
- G. BONNIER et L. MANGIN. Recherches sur la respiration des tissus sans chlorophylle, *Annales des Sciences naturelles, Botanique*, 6e série, tome XVIII, pag. 293, 1884.
- J. BORODIN. Physiologische Untersuchungen über die Athmung der beblätterten Sprosse, *Arbeiten der St. Petersb. Ges. der Naturforscher*, Bd. 7, 1876. (Referaat in: *Just. Botan. Jahresbericht*, Bd. IV, 2e Abt., pag. 919, 1876).
- H. CLAUSEN. Beiträge zur Kenntniss der Athmung der Gewächse und des pflanzlichen Stoffwechsels, *Bd. 19*, pag. 893, 1890.
- P. DÉHÉRAIN et H. MOISSAN. Recherches sur l'absorption

- d'oxygène et l'émission d'acide carbonique par les plantes, maintenues dans l'obscurité. *Annales des Sciences naturelles, Botanique*, 5e série, tome XIX, pag. 321, 1874.
- W. DETMER. *Vergleichende Physiologie des Keimungsprocesses der Samen*, Jena, 1880.
- W. DETMER. *Das pflanzenphysiologische Practicum*, 2e Aufl., Jena, 1905.
- E. DUCLAUX. *Traité de Microbiologie*, Paris, 1899.
- E. GODLEWSKI. Beiträge zur Kenntniss der Pflanzenatmung, *Jahrb. f. wiss. Botanik*, Bd. XIII, pag. 491, 1882.
- C. D. HARZ. *Landwirtschaftliche Samenkunde*, Berlin, 1885.
- J. H. VAN 'T HOFF. *Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie*, 2e Auflage, Braunschweig 1901.
- M. JAVILLIER. Sur l'influence favorable de petites doses de zinc sur la végétation du *Stérigmatocystis nigra* v. Thgh. *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 9 Déc., 1907.
- KJELDAHL. *Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet*, Bd. 1, pag. 121, 1879.
- U. KREUSLER. Beobachtungen über die Kohlensäure-Aufnahme und Ausgabe (Assimilation und Athmung) der Pflanzen, *Landwirtsch. Jahrbücher*, Bd. 16, pag. 711, 1887.
- U. KREUSLER. Beobachtungen über Assimilation und Athmung der Pflanzen, *Landwirtsch. Jahrbücher*, Bd. 19, pag. 649, 1890.
- F. LAFAR. *Handbuch der technischen Mykologie*, 3er Bd., Jena, 1905—1908.
- R. H. LOCK. On the Growth of Giant Bamboos, with special Reference to the Relation between Conditions of Moisture and the Rate of Growth, *Annals of the Royal Botan. Gardens Peradeniya*, vol. II, pag. 211, 1904.

- G. L. C. MATTHAEI. On experimental Researches on vegetable Assimilation and Respiration, Philosophical Transactions, vol. 197 B, pag. 47, 1905.
- A. MAYER. Die Abhängigkeit der Pflanzenathmung von der Temperatur, Landwirtsch. Versuchsstationen, Bd. XIX, 1876.
- A. MAYER. Agriculturchemie, 5e Auflage, Heidelberg, 1902.
- W. PALLADIN. Influence des changements de température sur la respiration des plantes, Revue générale de Botanique, vol. XI, pag. 241, 1899.
- W. PALLADIN. Die Arbeit der Atmungsenzyme der Pflanzen unter verschiedenen Verhältnissen, Zeitschrift f. physiol. Chemie, Bd. 47, pag. 407, 1906.
- W. PALLADIN. Ueber das Wesen der Pflanzenatmung, Bioch. Zeitschrift, Bd. XVIII, pag. 151, 1909.
- PEDERSEN. Mittheilungen aus dem Carlsbader Laboratorium, H. 1, pag. 59, 1878. Geciteerd uit: W. DETMER. Vergleichende Physiologie des Keimungsprocesses der Samen, 1880.
- W. PFEFFER. Ueber intramoleculare Athmung, Untersuchungen aus dem bot. Institut zu Tübingen, Bd. 1, pag. 636, 1885.
- K. PURIEVITCH. Influence de la température sur la respiration des plantes. Annales des Sciences naturelles, Botanique, 9e série, tome 1, pag. 1, 1905.
- O. RICHTER. Pflanzenwachstum und Laboratoriumsluft, Berichte d. d. botan. Gesellsch., Bd. XXI, pag. 180, 1903.
- L. RISCHAVI. Einige Versuche über die Athmung der Pflanzen, Landwirtsch. Versuchsstationen, Bd. XIX, 1876.
- L. RISCHAVI. Zur Frage über die Athmung der Pflanzen, Schriften der neurussischen Gesellschaft der Naturforscher, Bd. V, 1877. (Referaat in: Just. Botan. Jahresbericht, Bd. V. pag. 721, 1877.)
- A. M. SMITH. The Application of the Theory of limiting

- Factors to Growth Measurements, Annals of the Royal Botan. Garden Peradeniya, vol. III, pt. II, pag. 303, 1906.
- A. M. SMITH. Respiration of *Hydrilla verticillata*, Proceedings of the Cambridge Phil. Soc., vol. XIV, pag. 296, 1907.
- C. WINKLER. Practische Uebungen in der Maassanalyse, 3e Aufl., Leipzig, 1902.
- A. v. WOLKOFF und A. MAYER. Beiträge zur Lehre über die Athmung der Pflanzen, Landwirthsch. Jahrbücher, Bd. 3, pag. 481, 1874.
- W. ZALENSKI. Zur Frage über die Wirkung von Reizen auf die Athmung der Pflanzen, Memoiren des Instituts für Land- und Forstwirthschaft in Novo-Alexandria, Bd. XV, 1902. (Referaat in: Botan. Centralblatt, Bd. 95, pag. 251, 1904.)
- E. ZIEGENBEIN. Untersuchungen über den Stoffwechsel und die Athmung keimender Kartoffelknollen, sowie anderer Pflanzen, Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XXV, pag. 563, 1893.

Verklaring der platen.

Plaat I.	Fig. 1.	Ademhaling bij	32°.6 C.
	Fig. 2.	„	„ 34° C.
	Fig. 3.	„	„ 35° C.
	Fig. 4.	„	„ 37°.4 C.
	Fig. 5.	„	„ 39° C.
	Fig. 6.	„	„ 40° C.
	Fig. 7.	„	„ 43° C.

De gestippelde gedeelten der krommen in fig. 6 en 7 zijn geconstrueerd volgens gegevens uit vroegere proeven; slechts de getrokken gedeelten zijn in deze proeven waargenomen.

In deze figuren geven de ordinaten de hoeveelheid uitgeademd CO_2 in mgr. aan, de abscissen den tijd.

Plaat II. Voorstelling van de ademhaling van *Pisum* volgens de theorie van BLACKMAN. Verklaring in den tekst op blz. 44.

Plaat III. Dezelfde voorstelling voor *Triticum*.

STELLINGEN.

STELLINGEN.

STELLINGEN.

I.

Het optimum van de temperatuur ten opzichte van de ademhaling is verschuifbaar met den tijd van waarneming.

II.

De invloed van de temperatuur op de ademhaling der planten hangt af van den aard van het reservevoedsel.

III.

De ijzerbacteriën gebruiken geen ijzer in hun stofwisseling.

IV.

Het is niet bewezen, dat de werking van invertase reversibel is.

V.

De omzetting buiten de cel van CO_2 tot formaldehyde door chlorophyl is niet bewezen.

VI.

Bij Phaeophyceae komt generatiewisseling voor.

VII.

De opvatting van CHODAT en LENDNER over de bloem der Cruciferen verdient aanbeveling boven die van LIGNIER.

VIII.

De theorie van FRECH-ARRHENIUS geeft een aanmerkelijke verklaring voor het ontstaan der ijstijden.

IX.

Er is geen reden een vroegere monding der Maas bij Bonn aan te nemen.

X.

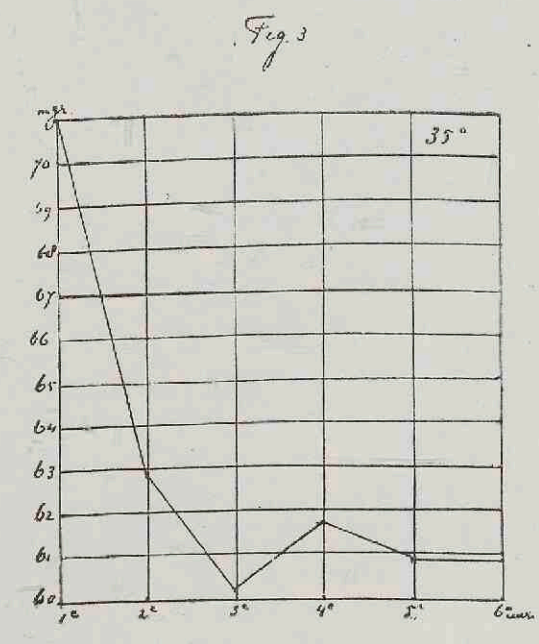
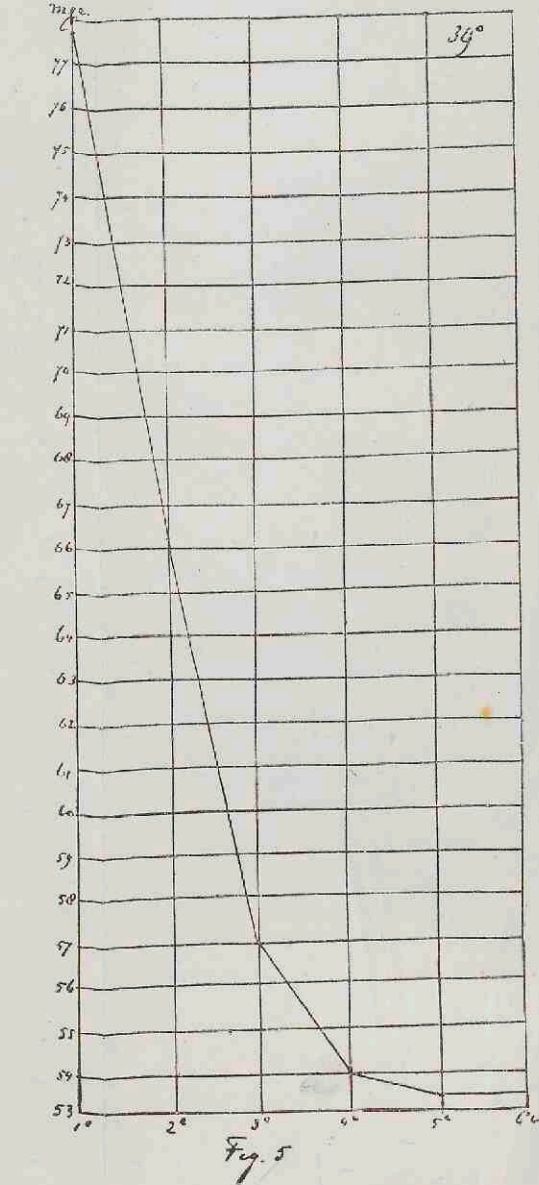
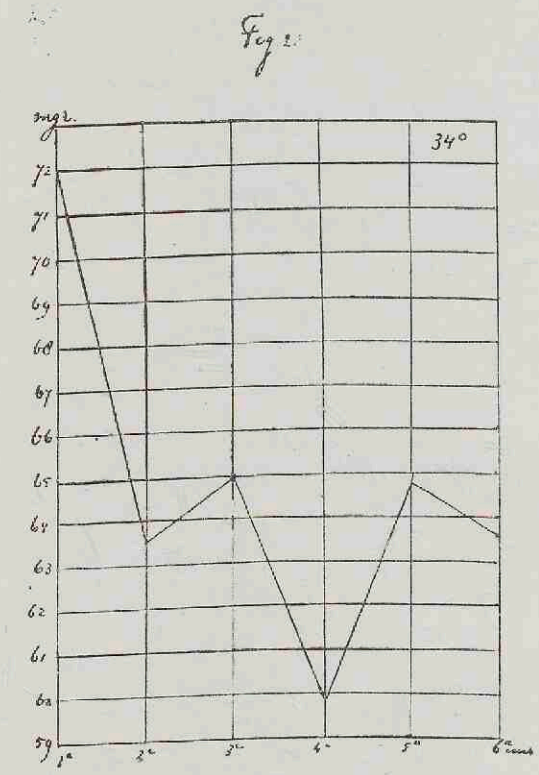
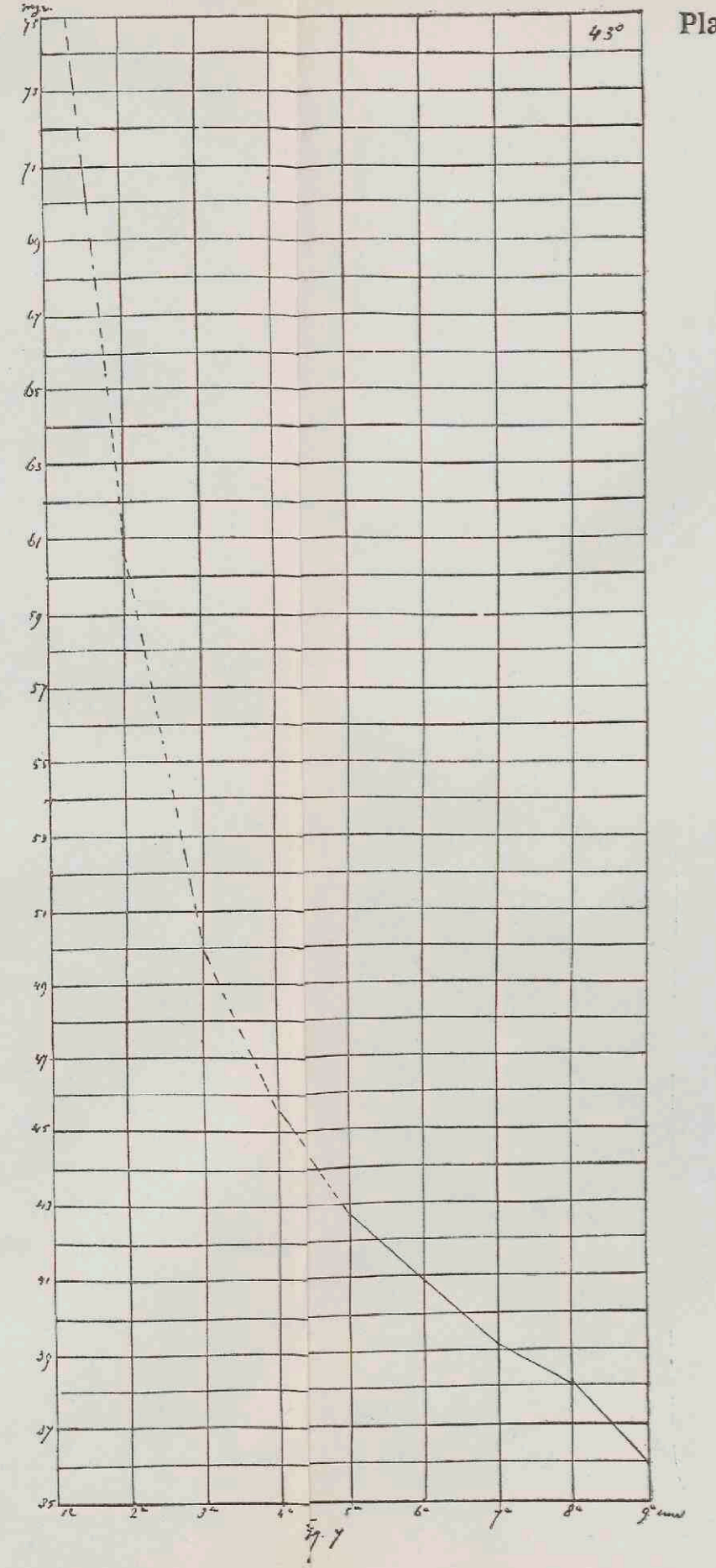
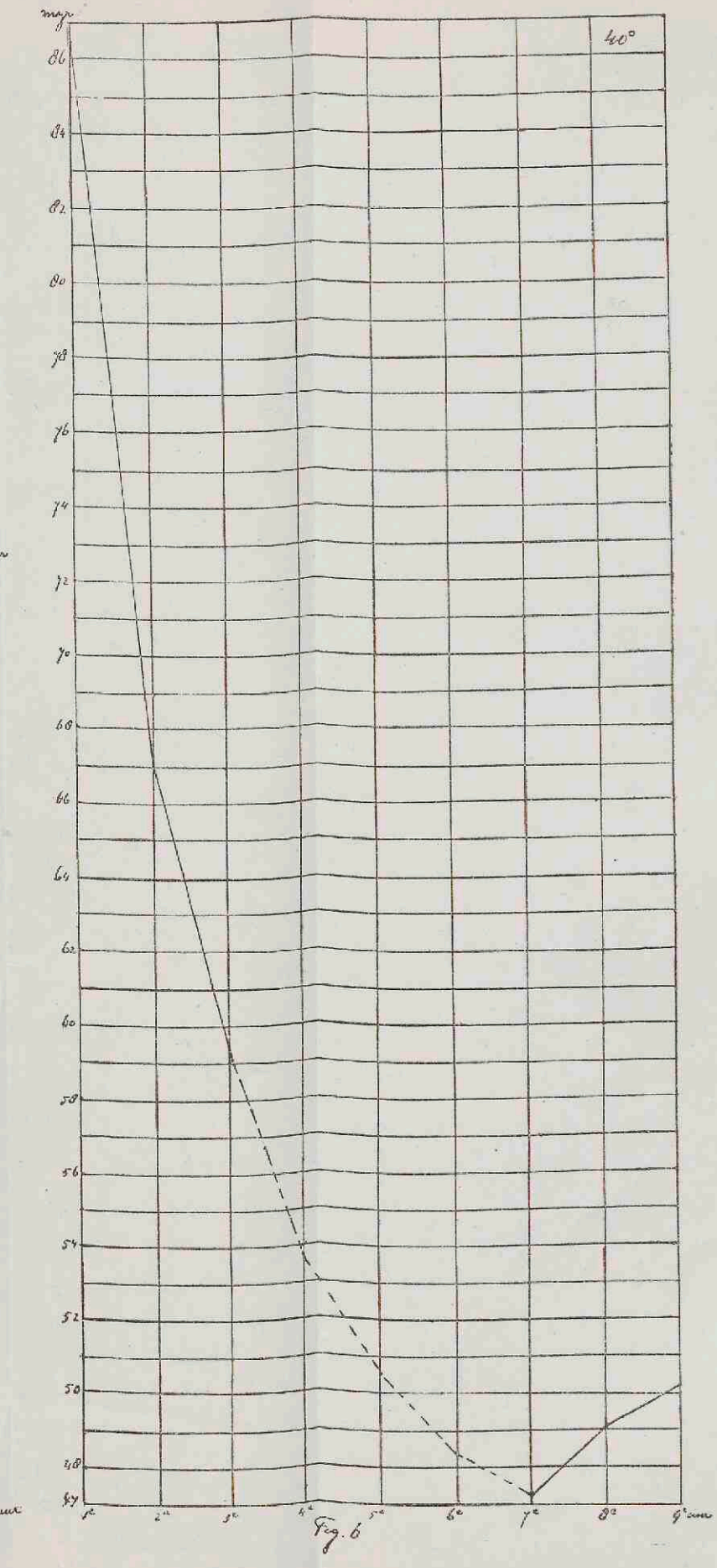
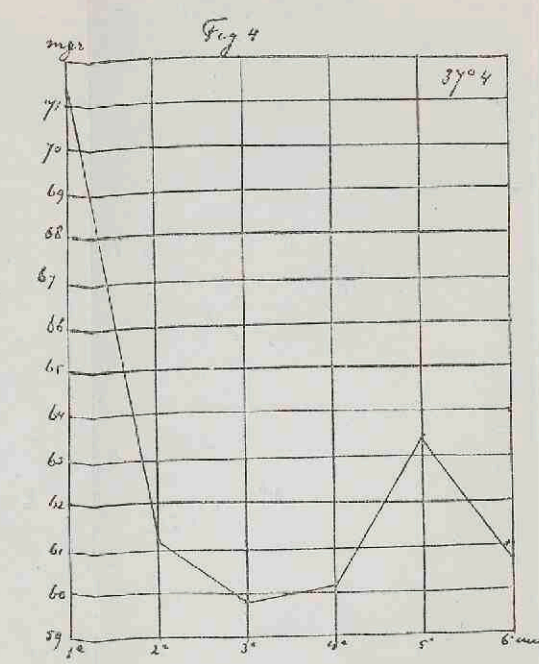
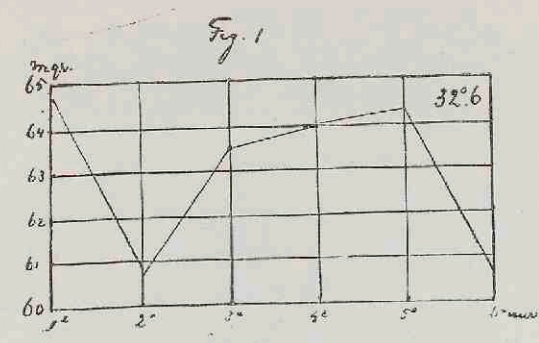
De palaeontologie geeft geen bewijzen, dat soorten door mutatie zijn ontstaan.

XI.

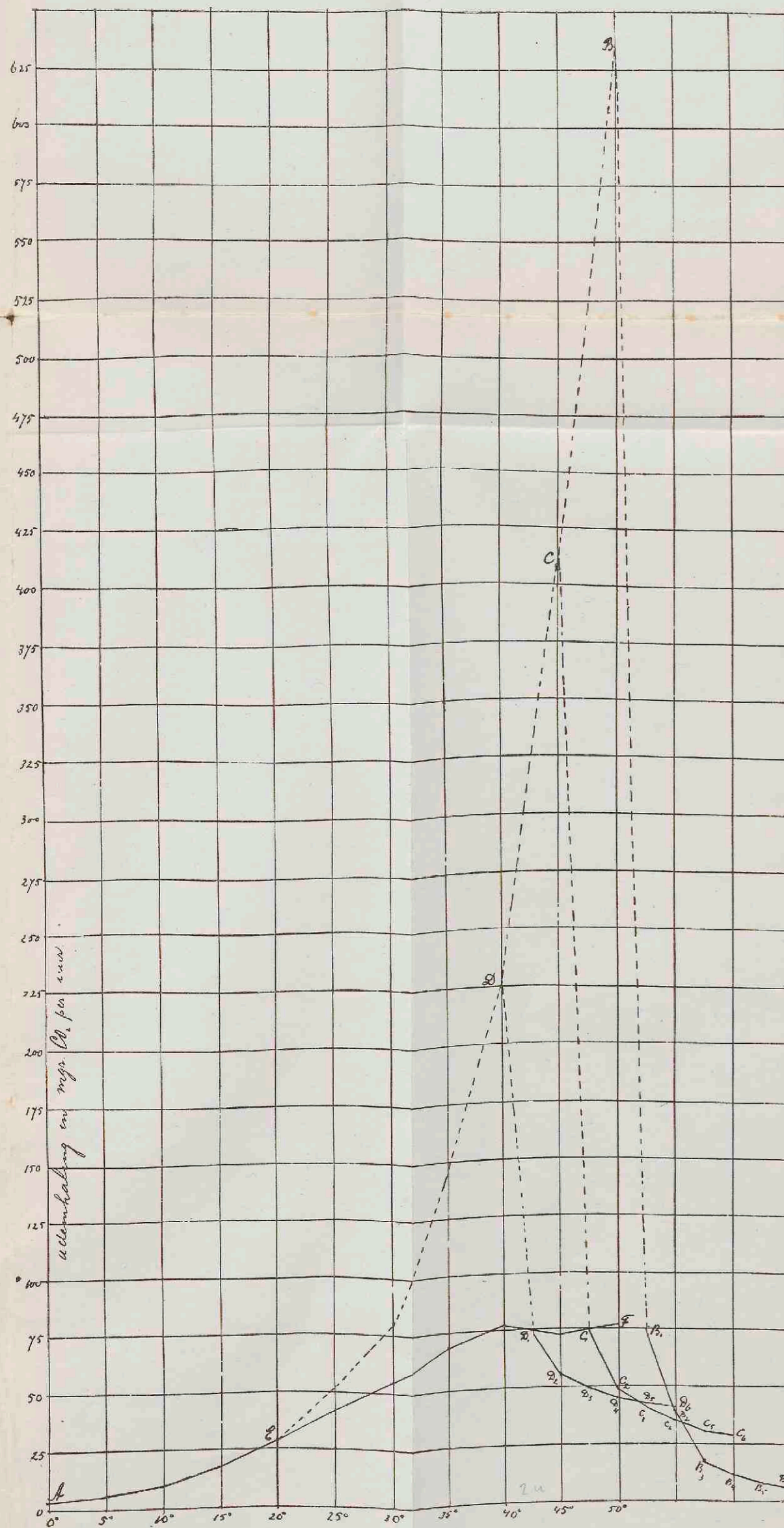
De kieuwen der Enteropneusten zijn niet homolog met die van Amphioxus.

XII.

De Cetaceae stammen af van zoogdieren, die geen hyperphalangie vertoonden.



Plaat II.



Plaat III.

